30 農 振 第 437 号
平成 30 年 5 月 22 日

写

各 地 方 農 政 局 長 殿

内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿

国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 長 殿

農林水産省農村振興局長

# 土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の運用について

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」（平成 18 年３月 17 日付け 17 農振第 1745 号農林水産事務次官依命通知）の遵守すべき具体的な運用について別添のとおり定めたので、国営土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の運用について（平成 18 年３月 17 日付け 17 農振第 1746 号農林水産省農村振興局長通知）は廃止する。

30 農 振 第 438 号
平成 30 年 5 月 22 日

写

各 地 方 農 政 局 農 村 振 興 部 長　殿

内閣府沖縄総合事務局農林水産部長　殿

国土交通省北海道開発局農業水産部長　殿

農林水産省農村振興局整備部設計課長

# 土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」基準及び運用の解説、技術書について

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の運用について（平成 30 年 5 月 22 日付け 30 農振第 437 号農林水産省農村振興局長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の基準及び運用の解説、技術書について別添のとおり作成したので、国営土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の基準及び運用の解説、技術書について（平成 18 年 3 月 17 日付け 17 農振第 1747 号農林水産省農村振興局整備部設計課長通知）は廃止する。

# 改定の要旨

## １　改正の背景及び必要性

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」は、昭和 57 年 12 月に当初の基準が制定されて以降、平成９年１月にポンプ設備の技術革新によるポンプ場システムの簡素化や信頼性の向上が図られるとともに、ポンプ仕様の改善及びポンプ規模の適用範囲が拡大されたことに加え、ポンプ場を構成する土木、建築施設の施設設計の見直し等が必要となったことから全面改定を行うとともに、「基準書」と「技術書」に区分し基準の再編を行った。また同年 11 月に吸・吐水槽及び建屋の設計事例を「技術書」の追補版として掲載した。その後、平成 18 年３月にポンプ設備設計にかかる性能規定を追記するとともに、環境との調査に配慮したポンプ場設計手法を明記した。

前回の改定から 11 年が経過し、東日本大震災の経験、戦略的な保全管理の取組や省エネルギー化等の時代の要請、技術の進展等を踏まえて改定を行ったものである。

主要改定内容は次のとおりである。

（１） 河川の氾濫、高潮、津波等に対する対策
（２） 施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減
（３） 関連する法令等の反映
（４） 送水路（パイプライン）を含めた最適設計
（５） 新技術等の反映

## ２　検討経緯

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」の改定については、平成 28 年３月に食料・農業・農村政策審議会から技術小委員会に付託され、３回の調査審議を経て、平成 30 年３月に同審議会へ技術小委員会から結果の報告がなされた。なお、本基準の改定に当たっては、ポンプ場に関する専門的な知識を有する学識経験者等を構成員とする土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」改定検討委員会（以下、改定検討委員会という。）を設置し、改定原案の検討を行った。

なお、検討に当たっては、本基準を事業現場で活用している技術者に査読を依頼するとともに、農林水産省のホームページを通じて広く国民から意見・情報の募集を行うことにより、改定案に対する意見・要望等を反映することに努めた。

改定検討委員会及び改定作業に参画したメンバーは、以下のとおりである。

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 委員長 | 青山　咸康 | | | | | | | |
| 委　員 | 内田　義弘 | 緒方　英彦 | 木村　匡臣 | 桐　博英 | | | | |
| | 髙木　強治 | 姫野　俊雄 | 吉川　夏樹 | （五十音順） | | | | |

## ３　改定検討委員会等における検討経緯検討

| | |
|---|---|
| 平成 18 年　３月 17 日 | 現行基準制定 |
| 平成 28 年 11 月 15 日 | 平成 28 年度第１回改定委員会（通算１回目） |
| 平成 29 年　２月 14 日 | 平成 28 年度第２回改定委員会（通算２回目） |
| 平成 29 年　８月 10 日 | 平成 29 年度第１回改定委員会（通算３回目） |
| 平成 29 年　９月 25 日 | 第１回技術小委員会 |
| 平成 29 年 10 月 31 日 | 平成 29 年度第２回改定委員会（通算４回目） |
| 平成 29 年 11 月　６日～ 12 月１日 | 全国査読（地方農政局、国営事業（務）所等） |
| 平成 29 年 11 月 28 日 | 第２回技術小委員会 |
| 平成 29 年 12 月 17 日～ 12 月 28 日 | 意見・情報（パブリック・コメント）の募集（12 日間） |
| 平成 30 年　２月 13 日 | 平成 29 年度第３回改定委員会（通算５回目） |
| 平成 30 年　２月 22 日 | 第３回技術小委員会 |
| 平成 30 年　３月 14 日 | 食料・農業・農村政策審議会<br>平成 29 年度第４回農業農村整備部会（報告） |

これ以降、意見等を踏まえて一部修正し、農林水産省内の調整を終えた後、平成 30 年５月 22 日付けで施行された。

## ４　主な改定内容

（１） 河川の氾濫、高潮、津波等に対する対策

東日本大震災において、最高吸込水位を超える津波により、ポンプ設備が浸水し、復旧に時間を要する事態が発生したため、最高吸込水位を超える河川の氾濫や津波等の発生リスクを想定して事前に講じておくべき対策について追記。

（２） 施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減

老朽化が進行する既存の農業水利施設の機能を将来にわたって安定的に発揮させるためには、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る必要がある。

ポンプ場の設計においては、ポンプ場の設置目的・使用条件に適合した機能を確保し、施設建設費用だけでなく、ライフサイクルコストの観点からも経済的となるよう設計することが重要なことから、ポンプ場におけるストックマネジメントの概念や保全管理の考え方を記載。

（３） 関連する法令等の反映

① トップランナー制度

ポンプ設備の主電動機に多く用いられている「三相誘導電動機」が「エネルギー使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）に基づくトップランナー制度※の対象機器として

指定され、製造事業者等は平成 27 年度以降に販売する製品について、目標基準値を達成することが求められるため、トップランナー制度に適合した三相誘導電動機（トップランナーモータ）の規格、適用上の留意点等を追記。

（※特定の機器を対象として、エネルギー消費効率の高い製品を基に機器のエネルギー消費効率の基準値を設定し、製造業者に製品の省エネ化を求めるもの）

② 木材利用の促進

「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」（平成 22 年 10 月 1 日施行）に基づき国が定めた「公共建築物における木材利用の促進に関する基本方針」（最終改正：平成 29 年 6 月 16 日 農林水産省、国土交通省告示）において、① 低層の公共建築物について、原則として全て木造化を図る、② 木造化が困難な場合でも内装等の木質化を促進することを規定。

これを踏まえ、建屋構造の木造化、内装等の木質化について追記。

（４） 送水路（パイプライン）を含めた最適設計

畑地かんがい地区などで導入されている直送式ポンプ場の設計において、ポンプ場及び送水管路に係る全体のコストを最適化する考え方を追記。

（５） 新技術等の反映

① 不同沈下対策

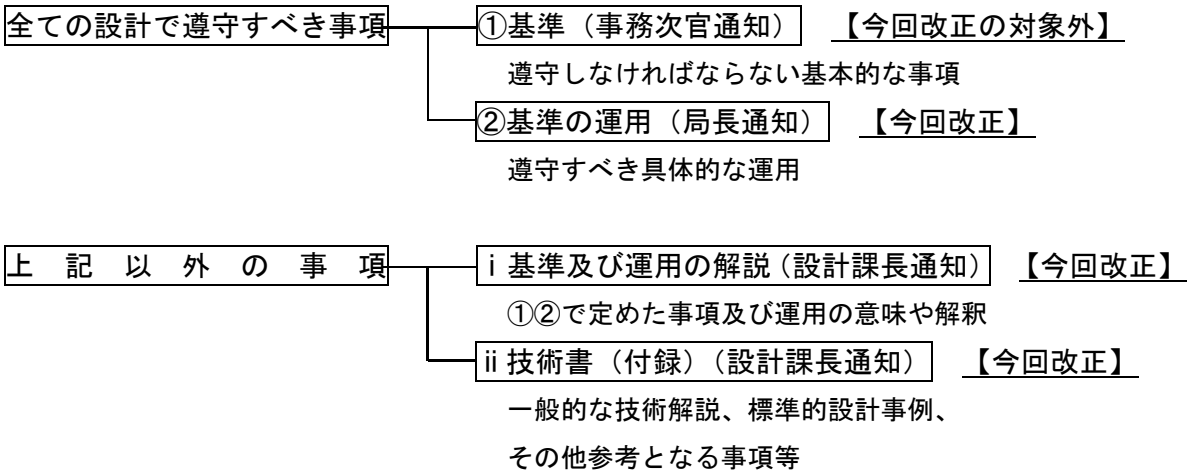
地震動によりポンプ場の据付床に不同沈下が発生した場合においても、ポンプ設備の致命的な損傷を防止し、復旧が容易な構造となる対策の例を追記。

② 軸受

水中軸受については、従来、ゴム、セラミック等が多く用いられてきたが、近年、耐衝撃性に優れた材質（樹脂製）の軸受が開発されたことから、水中軸受に関する参考資料として、新材質を含めた材質ごとの特性に関する比較表を追記。

## ５ 土地改良事業計画設計基準・設計の構成

本基準の構成は、以下のとおりである。



# 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

## 設　　計

## 「ポ ン プ 場」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

# 基　準　書　目　次

＜基準（事務次官通知）＞　　＜基準の運用（農村振興局長通知）＞


1　基準の位置付け ― 1　運用の位置付け ..... 4

2　ポンプ場の定義 ― 2　ポンプ場の定義と基準の適用範囲 ..... 6

3　設計の基本 ― 3　設計の基本 ..... 8

4　関係法令の遵守 ― 4　関係法令の遵守 ..... 10

5　設計の手順 ― 5　設計の手順 ..... 12

6　調査 ― 6－1　調査項目 ..... 14
6－2　気象・水象・海象調査 ..... 14
6－3　河川･湖沼･海浜の状況調査 ..... 14
6－4　地形調査 ..... 14
6－5　地盤調査 ..... 14
6－6　立地条件調査 ..... 14
6－7　環境調査 ..... 14
6－8　管理関係調査 ..... 16
6－9　工事施工条件に関する調査 ..... 16

7　基本設計 ― 7－1　基本設計の項目 ..... 18
7－2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程 ..... 18
7－3　揚水量の決定 ..... 24

8　細部設計 ― 8　細部設計 ..... 26

9　ポンプ設備の設計 ― 9－1　ポンプ設備の設計 ..... 28
9－2　主ポンプの設計 ..... 28
9－3　主原動機の設計 ..... 38
9－4　動力伝達装置 ..... 38
9－5　吸込管及び吐出し管 ..... 40
9－6　弁類 ..... 42
9－7　補機設備 ..... 42
9－8　監視操作制御設備及び電源設備 ..... 44

**10　吸込水槽及び吐出し水槽の設計**
10－1　吸込水槽の水理設計 ..... 48
10－2　吐出し水槽の水理設計 ..... 50
10－3　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計 ..... 52
10－4　基礎工の設計 ..... 52

**11　建屋の設計**
11－1　建屋設計の基本 ..... 54
11－2　各室の設計 ..... 54
11－3　建屋の構造 ..... 54

**12　附帯設備の設計**
12－1　水門設備 ..... 56
12－2　除じん設備 ..... 56
12－3　クレーン設備 ..... 56
12－4　換気設備 ..... 56
12－5　屋内排水設備 ..... 56

**13　管理設備の設計**
13　管理設備の設計 ..... 58

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **1　基準の位置付け**<br>この基準は、国営土地改良事業の実施に当たりポンプ場の設計を行う際に、遵守しなければならない基本的な事項を定めるものである。 | **1　運用の位置付け**<br>この基準の運用（以下「運用」という。）は、国営土地改良事業の実施に当たり、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」（以下「基準」という。）を適用する際の運用について定めるものである。<br>ポンプ場の設計は、基準に定められた基本的な事項を遵守し、個々の設計及び施工の際には、その目的、位置、規模、自然的、社会的諸条件及び施工条件等の実情に即し、かつ、環境との調和や景観に配慮しつつ、この運用に沿って適切に行わなければならない。 |

基準及び運用の解説

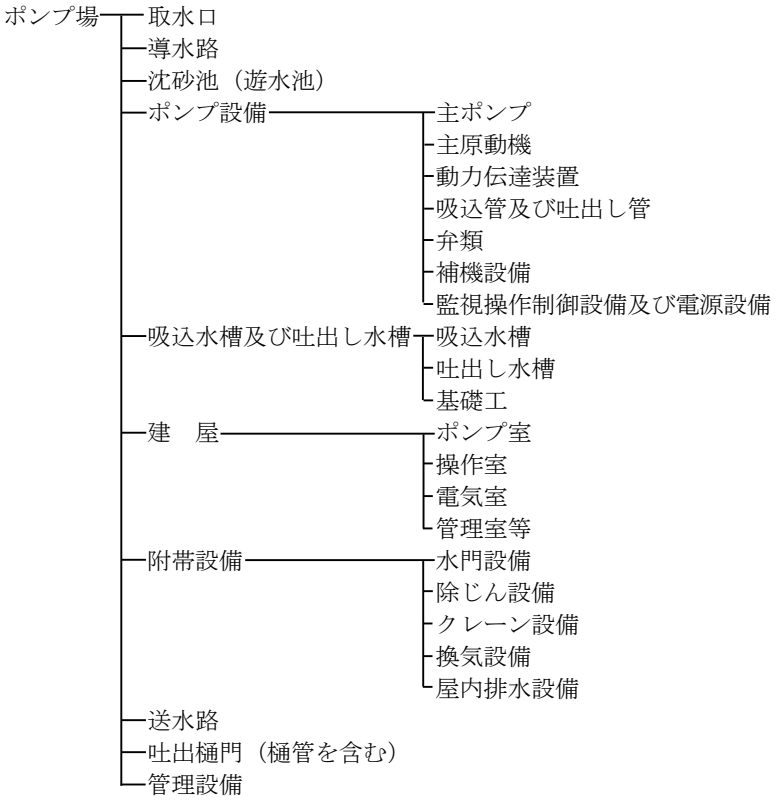
**基準１**及び**運用１**では、この基準及び運用の適用対象となる事業及び行為を規定するとともに、基準及び運用の性格を明らかにしている。

この基準は、国営土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令（最終改正昭和 52 年農林省訓令第 19 号）に基づいて位置付けられるものであり、適用範囲は、国営土地改良事業における工事の実施設計である。したがって、国営土地改良事業以外の事業における工事（補助事業等）や、工事の実施設計以外の行為（計画調査等）については、この基準及び運用の適用を受けるものではないが、その場合においてもそれぞれの事業主体やその行為を行うものが、独自の判断のもとに、この基準及び運用を準用することができる。

ただし、ポンプ場建設の計画段階に必要とする計画上の基本的数値等（計画基準内外水位、計画用水量、計画排水量等）の検討は別途制定されている土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（水田）」、「農業用水（畑）」、「排水」等によるものとする。

なお、この基準及び運用はあくまでもポンプ場の設計に当たっての一般的な技術基準を定めたものであり、個々のポンプ場の設計に当たっては、その設置目的、位置、規模、ポンプ場の機能、自然的、社会的諸条件及び施工条件等の実情に即して、適切な運用を図る必要がある。

したがって、ポンプ場の設計を行う上で必要となる事項のうち、この基準及び運用で定めていない事項については、現地の個別の諸条件を反映して、関連技術書等を参考にしながら、的確な判断により決定することがそれぞれの設計者に求められる。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
|---|---|
| **2　ポンプ場の定義**<br>この基準でいうポンプ場は、農地の用水改良又は排水改良の目的で設置するポンプ施設の総称で、ポンプ設備、吸込水槽及び吐出し水槽、建屋、附帯設備、管理設備等から構成される。 | **2　ポンプ場の定義と基準の適用範囲**<br>⑴　ポンプ場の定義<br>**基準 2** でいうポンプ場には用水改良又は排水改良の目的以外（上・下水道、都市排水等）のポンプ場は含まない。<br>なお、管路の途中に取付け、主として圧力を増大させることを目的とした増圧ポンプ場及び畑地かんがい等で使用される圧力水槽式及び直送式ポンプ場等のかんがい用水を揚水するポンプ場については、この基準及び運用を適用し、あわせて関連する他の設計基準との整合を図るものとする。<br>⑵　ポンプ場の構成<br>ポンプ場の構成は、基本的には次の施設からなり、これら施設の設計に当たっては相互の調和が図られたものとする。<br>なお、これら施設のうち取水口、導水路、沈砂池（遊水池）、送水路及び吐出樋門（樋管を含む）の設計については、この基準では取扱っていないので、関連技術書等を適宜適用し、的確な設計を行うものとする。<br>  <br> |

基準及び運用の解説

**基準2**及び**運用2**では、この基準及び運用で取扱うポンプ場の定義と適用範囲を示すことにより、この基準及び運用の適用が及ぶ範囲を明らかにしている。

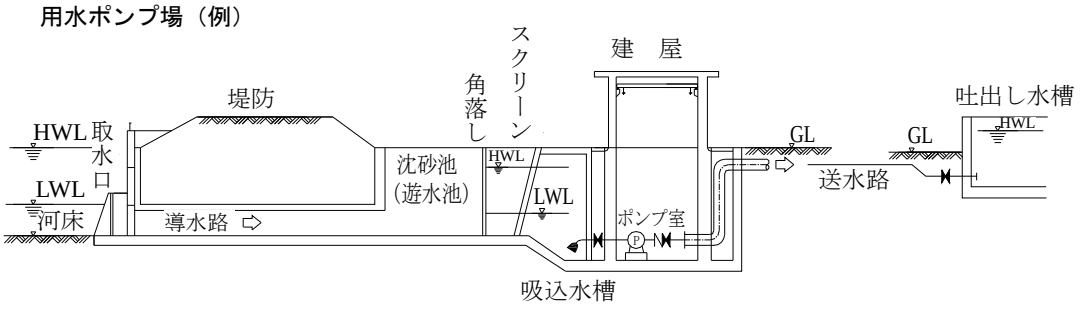
その第一は、ポンプ場の設置目的が農地の用水改良又は排水改良であることである。たとえその外見がポンプ場と同類のものであっても、農地の用水改良又は排水改良以外の水利用目的で設置されるものについては、この基準及び運用で定める以外の要素を考慮する必要があるため、この基準及び運用の適用範囲外である。

第二は、農地の用水改良又は排水改良目的以外で設置されるものについては、水理的な現象をはじめとしたあらゆる面で基準2及び運用2で定義するポンプ場と異なるので、この基準及び運用の規定以外に、別途の検討が必要になることを明確にしている。

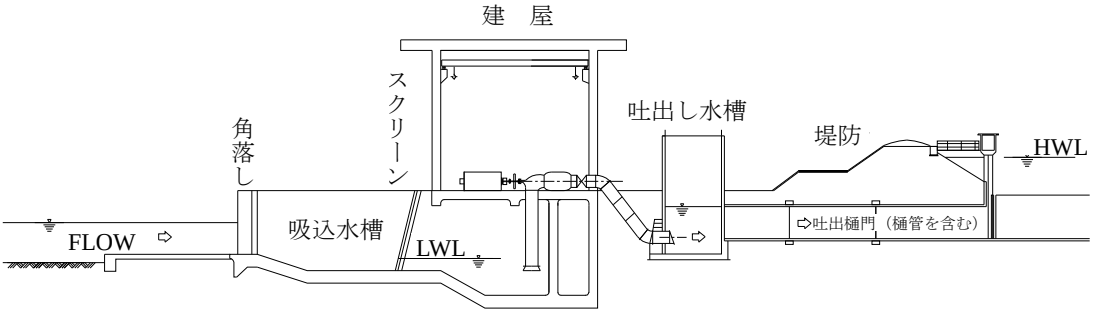
第三は、ポンプ場を構成する要素についてであるが、ここに掲げる五つの構成要素（①ポンプ設備　②吸込水槽及び吐出し水槽 ③建屋　④附帯設備　⑤管理設備[注)]）の細目については、以降の各節においてそれぞれ詳述される。また、増圧ポンプ場、圧力水槽式ポンプ場、直送式ポンプ場についても、ポンプ場に属し、システムの最適化のため関連する他の設計基準（特に土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」）との整合を図りつつ、この基準及び運用の適用を受けることを明確にしている。

なお、建屋については本体施設（たとえば、吸込水槽）と一体的に設けられ、構成上は本体施設の一部と見なされるが、設計技術上は独立しているため、基準の運用においては便宜上、吸込水槽及び吐出し水槽とは分離して取扱うことにした。

**用水ポンプ場（例）**




**排水ポンプ場（例）**




注）　管理設備とは、当該ポンプ場の管理の用に供する施設である。
本基準書において「管理」とは、「運転管理」と「保守管理」を総称するものとする。
「運転管理」とは、水利状況等に応じた運転操作の開始、停止の時期及び水位の設定、所要揚水量の変動に応じた主ポンプの台数制御等、ポンプ設備の運転に関する行為をいう。
「保守管理」とは、管理体制を確立し、主ポンプ設備及びその他の設備について、十分な保守点検計画を立て施設の機能を保全する行為をいう。「保守管理」には、点検整備も含まれる。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **3　設計の基本**<br>設計は、一連の用排水系においてポンプ場が必要とされる機能を確保し、安全で、かつ、管理や施工に関する条件を勘案して経済的な施設となるように行うとともに、ポンプ場周辺の環境との調和や景観に配慮しつつ行わなければならない。 | **3　設計の基本**<br>ポンプ場の設計は、ポンプ場の設置目的、使用条件に適合した機能を確保し、安全にして経済的かつ、環境との調和や景観に配慮した施設となるよう行う必要がある。このため、設計に当たっては、ポンプ場を構成する各施設が全体として満たすべき水利条件、環境条件、運転管理条件等の総合的な関係を十分把握して、ポンプ場の位置、構造形式、ポンプ形式、附帯設備等について検討するとともに、これらの設備の運用上の省エネルギー対策等についても検討を行わなければならない。また、新技術の導入に当たっては十分な技術的検討のほか、運転管理費も含めた経済性の検討を行わなければならない。 |

基準及び運用の解説

**基準 3** 及び**運用 3** では、ポンプ場の設計の基本的な姿勢について明らかにしている。

ポンプ場に限らず、公共事業で建設する土木構造物設計の基本は、所定の機能と安全性を確保した上で、できるだけ経済的な施設とすることである。

さらに、経済性の検討の際には、施設建設費用だけでなく、ライフサイクルコストについても併せて総合的な検討を行う必要がある。

また、本項でポンプ場の設計に当たり、機能性、安全性、経済性の追求のみでなく、環境との調和や景観にも配慮して行う必要があるとしている。ここで、「環境との調和や景観にも配慮する」としている意味は、当該ポンプ場の設置が、ミティゲーション 5 原則[注)] に基づき環境や景観に対して著しいマイナスの影響を与えることがないようにすると同時に条件が整えば、環境の保全や景観整備に積極的に貢献することについても検討を行う必要があるということである。これらの機能の確保は、設計を行う際に経済性や維持管理性等と相反する部分があるため、地域条件に応じた適切なものとなるように農家、地域住民、予定管理者、有識者等（以下「地域住民等」という。）の意見を踏まえ、地域の合意形成を図りつつ、総合的な検討を行う必要がある。

また、新技術の導入に当たっては、安全性、信頼性、耐久性等の技術的検討のほか、経済的な検討が必要であることを明示している。

注）ミティゲーション（mitigation）とは、事業が環境に与える影響を回避や軽減等の措置により緩和する措置をいう。米国国家環境政策法（NEPA）に基づき環境諮問委員会が作成した NEPA 施行規則においては、ミティゲーションとして、回避（avoidance）、最小化（minimization）、修正（rectifying）、軽減／除去（reduction／elimination）及び代償（compensation）が示されている。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **4　関係法令の遵守**<br>設計に当たっては、関係する各種の法令を遵守するとともに、関連する他の計画と整合を図らなければならない。 | **4　関係法令の遵守**<br>ポンプ場の設計に当たっては、ポンプ場の位置及び工事の内容により、河川法、道路法、建築基準法、消防法等に関する規制を受けるので、関係法令等に規定する事項について関係機関と事前に協議しなければならない。 |

基準及び運用の解説

**基準 4** 及び**運用 4** では、ポンプ場を設計する際の関係法令の遵守や、関連する他の計画との調整の必要性について明らかにしている。

ポンプ場の建設に関係する可能性のある法律には、次のようなものがある。

規　制　法

| 分　類 | 根　拠　法 | 主　な　規　制　事　項 | 制定年度 |
|---|---|---|---|
| 環境保全関係 | ・環境基本法 | ・環境の保全に関する施策の基本事項を規定 | 平成 5 年 |
| | ・自然環境保全法 | ・自然環境保全地域内の行為の制限 | 昭和 47 年 |
| | ・自然公園法 | ・国立公園、国定公園、都道府県立自然公園内の行為の制限 | 昭和 32 年 |
| | ・文化財保護法 | ・史跡、名勝、天然記念物、埋蔵文化財包蔵地内の行為の制限 | 昭和 25 年 |
| | ・森林法 | ・保安林指定区域内の行為の制限 | 昭和 26 年 |
| | ・鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律 | ・特別保護地区内の行為の制限 | 平成 14 年 |
| | ・都市緑地保全法 | ・緑地保全地区内の行為の制限 | 昭和 48 年 |
| | ・首都圏近郊緑地保全法 | ・近郊緑地保全区域内の行為の制限 | 昭和 41 年 |
| | ・近畿圏の保全区域の整備に関する法律 | ・近郊緑地保全区域内の行為の制限 | 昭和 42 年 |
| | ・都市の美観風致を維持するための樹木の保存に関する法律 | ・保存樹又は保存樹林に関する規則 | 昭和 37 年 |
| | ・古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法 | ・歴史的風土保存区域内の行為の制限 | 昭和 41 年 |
| | ・絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律 | ・棲息地等保護区等に指定された区域での行為の制限 | 平成 4 年 |
| | ・建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法） | ・建設物の分別解体と廃材の再資源化を義務づけ | 平成 12 年 |
| | ・国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法） | ・環境負荷の少ない製品の調達の推進 | 平成 12 年 |
| | ・景観法 | ・景観計画区域内における行為の規制 | 平成 16 年 |
| 公害防止関係 | ・水質汚濁防止法 | ・河川、湖沼、海等の公共用水域に排出される水に関する規制 | 昭和 45 年 |
| | ・大気汚染防止法 | ・燃料の燃焼に伴い発生する有害物質の規制 | 昭和 43 年 |
| | ・振動規制法 | ・特定建設作業及び道路交通振動に関する規制 | 昭和 51 年 |
| | ・騒音規制法 | ・特定建設作業及び自動車騒音に関する規制 | 昭和 43 年 |
| | ・悪臭防止法 | ・悪臭物質の排出の規制 | 昭和 46 年 |
| | ・農用地の土壌の汚染防止等に関する法律 | ・排出水に関する規制 | 昭和 45 年 |
| | ・工業用水法 | ・地盤沈下に関する規制 | 昭和 31 年 |
| | ・建築用地下水の採取の規制に関する法律 | ・地盤沈下に関する規制 | 昭和 37 年 |
| | ・廃棄物の処理及び清掃に関する法律 | ・廃棄物の処理に関する規制 | 昭和 45 年 |
| | ・土壌汚染対策法 | ・土壌汚染の状況把握、健康被害の防止に関する措置 | 平成 14 年 |
| 災害防止関係 | ・砂防法 | ・砂防指定地内の行為の制限 | 明治 30 年 |
| | ・宅地造成等規制法 | ・宅地造成工事規制区域内の行為の制限 | 昭和 36 年 |
| | ・地すべり等防止法 | ・地すべり防止区域内の行為の制限 | 昭和 33 年 |
| | ・急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律 | ・急傾斜崩壊による災害防止指定区域内の行為の制限 | 昭和 44 年 |
| 危険防止関係 | ・火薬類取締法 | ・火薬類の取扱いに関する規制 | 昭和 25 年 |
| | ・消防法 | ・防火地域内の行為の制限 | 昭和 23 年 |
| | ・高圧ガス保安法 | ・高圧ガスの取扱いに関する規制 | 昭和 26 年 |
| 河 川 関 係 | ・海岸法 | ・海岸保全区域内の行為の制限 | 昭和 31 年 |
| | ・河川法 | ・河川区域内の行為の制限 | 昭和 39 年 |
| | ・港湾法 | ・港湾区域内の行為の制限 | 昭和 25 年 |
| | ・公有水面埋立法 | ・河川、湖沼、海等公共用水流又は水面の占有及び行為の制限 | 大正 10 年 |
| | ・水産資源保護法 | ・保護水面の区域内の行為の制限 | 昭和 26 年 |

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **5　設計の手順**<br>設計は、ポンプ場周辺の自然的、社会的諸条件をもとにして、骨格となるものから順次細部のものへと適切かつ合理的な手順で行わなければならない。 | **5　設計の手順**<br>ポンプ場の設計は、一般に次の手順で行われるが、それぞれの段階の作業は相互に関連させながら合理的に進めなければならない。<br>①　現地条件の把握（調査）及び要求される機能・性能の把握<br>②　基本設計（ポンプ場の構成、吸込水位、吐出し水位、実揚程及び全揚程、揚水量、主ポンプ台数、主ポンプ形式等の決定）<br>③　細部設計（基本設計で決定したポンプ場を構成する各施設の設計）<br>ただし、各段階で採用し得る複数の案が考えられる場合には、適宜、総合的な比較検討を行い、その結果から最適なものを選定しなければならない。<br>なお、その際には地域住民等の意向を十分踏まえて検討しなければならない。 |

基準及び運用の解説

| 分　類 | 根　拠　法 | 主　な　規　制　事　項 | 制定年度 |
|---|---|---|---|
| 都市計画関係 | ・都市計画法 | ・都市計画区域、風致地区及び土地区画整理事業施行区域内の行為の制限 | 昭和 43 年 |
| | ・都市公園法 | ・都市公園内の行為の制限 | 昭和 31 年 |
| 公共工事関係 | ・建築基準法 | ・建築物に関する制限 | 昭和 25 年 |
| | ・電気事業法 | ・電気供給区域内の行為の制限 | 昭和 39 年 |
| 労働関係 | ・労働基準法 | ・労働条件に関する制限 | 昭和 22 年 |
| | ・労働安全衛生法 | ・労働災害の防止に関する制限 | 昭和 47 年 |
| その他 | ・道路法 | ・道路の占有行為の制限 | 昭和 27 年 |
| | ・鉱業法 | ・鉱業権が設定された区域内の行為の制限 | 昭和 25 年 |
| | ・道路交通法 | ・資機材等の運搬の制限 | 昭和 35 年 |
| | ・電波法 | ・無線局及び無線設備に関する制限 | 昭和 25 年 |
| | ・有線電気通信法 | ・有線電気通信設備の制限 | 昭和 28 年 |

**基準 5** 及び**運用 5** では、ポンプ場の設計の一般的な手順について規定している。

設計の作業は、本項に定めるように、把握した現地条件及びポンプ設備の機能・性能をもとにして、ポンプ場の構成、主ポンプ形式等の基本設計から、順次、細部設計へと進めていくが、ある段階で設計上の条件を満足しない等の不都合が生じれば、その都度前の段階に検討結果をフィードバックしたり、後の段階で生じる可能性のある問題をあらかじめ予測しながら試行を繰返すなど、それぞれの段階の作業を相互に関連させながら進める必要がある。

なお、設計に当たっては、地域住民等からの意見、意向を踏まえて、できる限り設計に反映させることが重要である。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
|---|---|
| **6　調査**<br>設計の基礎資料とするために必要となるポンプ場周辺の自然的、社会的諸条件に関する事項について、適切な調査を行い、これらを的確に把握しなければならない。 | **6－1　調査項目**<br>調査は、ポンプ場の設置条件及び土地条件等に応じて、設計、施工及び管理に関する資料を得るため必要な項目を選定して行うものとする。<br>⑴　気象・水象・海象調査<br>⑵　河川・湖沼・海浜の状況調査<br>⑶　地形調査<br>⑷　地盤調査<br>⑸　立地条件調査<br>⑹　環境調査<br>⑺　管理関係調査<br>⑻　工事施工条件に関する調査<br><br>**6－2　気象・水象・海象調査**<br>ポンプ場計画対象地域の降水量、水位、潮位、流量等を把握するため気象・水象・海象を調査する。<br><br>**6－3　河川・湖沼・海浜の状況調査**<br>ポンプ場計画地点の河川・湖沼・海浜の河床等の状況、塵芥、水質等を把握するため河川・湖沼・海浜の状況調査を行うものとする。<br><br>**6－4　地形調査**<br>ポンプ場計画地点及び計画対象地域の地形状況を把握するため地形調査を行うものとする。<br><br>**6－5　地盤調査**<br>ポンプ場計画地点の基礎地盤の性質について、その構成、支持力、地下水位等を把握するため地盤調査を行うものとする。<br><br>**6－6　立地条件調査**<br>ポンプ場計画地点及びその周辺における現場的条件及びその他の立地条件を把握するため立地条件調査を行うものとする。<br><br>**6－7　環境調査**<br>ポンプ場造成に伴う周辺住民の生活環境及び自然環境の保全対策について必要な環境調査（振動、騒音、生物、生態系、水質、景観調査等）を行うとともに、地域住民等の意向を把握する |

基準及び運用の解説

**基準 6** 及び**運用 6－1** では、ポンプ場の設計のために必要な調査について明らかにしている。

**運用 6－1** では、ポンプ場の設計を行う上で必要な調査及び調査項目について規定しているが、ここでは設計に必要な項目を掲げているのであって、現地の状況によっては、これ以外にも適宜調査を必要とする場合がある。

この場合には、設計者の判断により適宜調査項目を追加設定し、現地条件のきめ細かな設計への反映に努める必要がある。

**運用 6－2～6－5** では、自然的諸条件に関する事項について、**運用 6－6～6－8** では、社会的諸条件に関する事項について、**運用 6－9** では、工事施工条件に関する事項について、調査項目ごとに、それぞれ把握すべき条件の内容を規定しているが、各調査の具体的な調査方法、手順、取りまとめ方法等については、関連技術書等を参考にしながら、適切に判断して決定することが必要である。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **6－8　管理関係調査**<br>　ポンプ設備の規模、運転方式を把握し、合理的な管理が図れる適正な設備計画を行うため、管理に関する調査を行うものとする。<br><br>**6－9　工事施工条件に関する調査**<br>　工事施工条件に関する調査では、ポンプ場の建設工事が合理的に行える設計となるように、工事用資材及び機材の搬出入条件、工事用動力源、工事に必要な用地の確保条件、工事に伴う補償物件の有無や条件、工事に伴う振動騒音や交通阻害等が、周辺住民の生活環境及び生態系等の自然環境に及ぼす影響について、適切な方法により把握する。 |

基準及び運用の解説

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
|---|---|
| **7　基本設計**<br>　把握したポンプ場周辺の自然的、社会的諸条件をもとにして、細部の設計の基礎となる基本設計を行わなければならない。<br>　この設計においては、ポンプ場が備えるべき基本的な機能に関する条件を定め、これに基づいてポンプ場の基本的な諸元を決定する。 | **7－1　基本設計の項目**<br>　**基準 7** に規定する基本設計において定めるポンプ場が備えるべき基本的な機能に関する条件とは、吸込水位、吐出し水位、実揚程、用排水量である。<br>　また、基本設計において決定するポンプ場の基本的な諸元とは、ポンプ場の位置、主ポンプ台数、主ポンプ形式、ポンプ場を構成する各施設の規模及び配置である。<br><br>**7－2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程**<br>　吸込水位、吐出し水位及び実揚程は、水利計画上要求される水位条件に対し、所要の揚水量を確保するよう用排水計画及びポンプ運転計画を十分検討して適切に決定する。<br>　かんがいポンプ及び排水ポンプの水位設定は、次のとおりとする。<br>1．かんがいポンプ<br>⑴　吸込水位<br>①　計画吸込水位：10 年確率の渇水位 －吸込水槽までの計画用水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>②　最高吸込水位：河川等の水源取水地点の最高の水位<br>③　最低吸込水位：河川等の水源取水地点の最低水位－吸込水槽までの導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>④　常時吸込水位：河川等の平水位等による平均水位－吸込水槽までの導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>⑵　吐出し水位<br>吐出し水槽を設置する場合は次のとおりとする。<br>①　計画吐出し水位：（農地面標高＋送水諸損失水頭）が最大となる吐出し水位<br>②　最高吐出し水位：最大揚水量時の最高の吐出し水位<br>③　最低吐出し水位：最小揚水量時の最低の吐出し水位<br>④　常時吐出し水位：平均揚水量時の吐出し水位<br>※　吐出し水槽を設けないで直送する場合は、別途検討を行う必要がある。 |

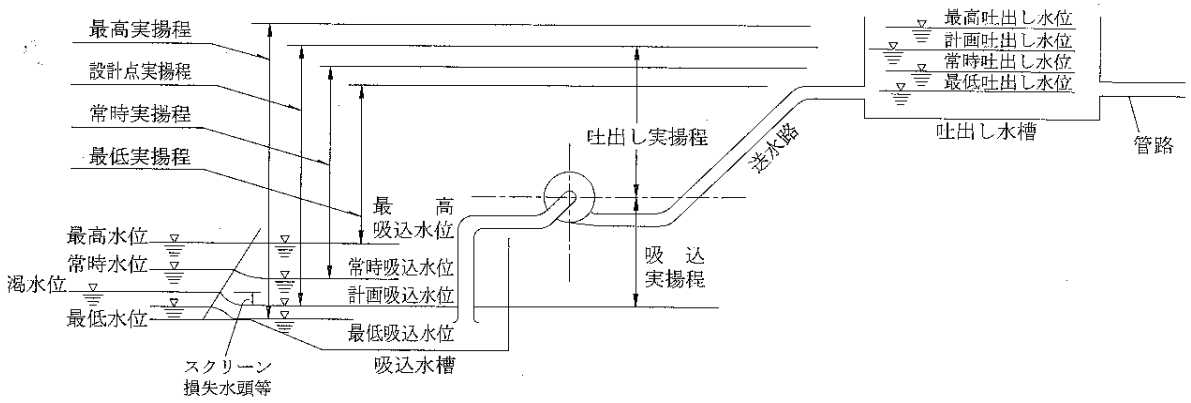
基準及び運用の解説

**基準 7** 及び**運用 7−1** は、ポンプ場の基本設計について規定している。

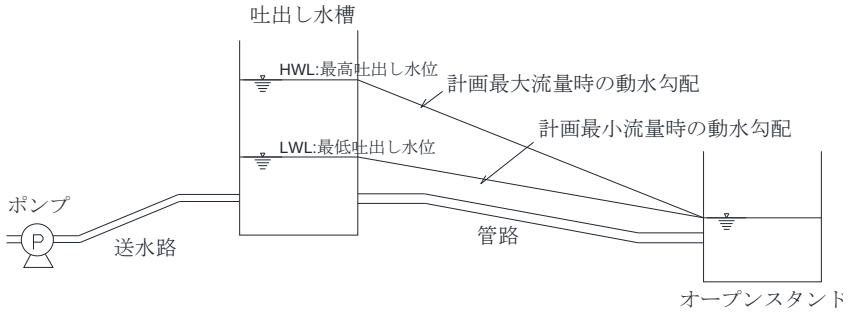
**基準 7** では、基本設計の位置付けと内容について明らかにしている。すなわち、基本設計はその後に行う詳細の設計の基礎となるもので、当該ポンプ場に求められる機能に関する条件と、これを満足するためのポンプ場の概略諸元を決定するものであることを明記している。ここでいうポンプに求められる機能とは、「用水では適切な水需要量の供給を、また排水では排水地域の洪水流出量を確実に排水させること」であって、その具体的条件は、**運用 7−1** に定める吸込水位、吐出し水位、実揚程、用排水量の 4 つの主要諸元を適切に定めることによって確保される。

**運用 7−2** は、吸込水位、吐出し水位及び実揚程の決定について規定している。

ポンプは、水源及び排水河川等の水位変化に応じて、用水又は排水の水利計画上要求される各種の水位条件のもとで所要の揚水量を確保する必要があるので、ポンプ場の吸込側と吐出し側について適切な水位を設定し、これをもとに実揚程を決定する必要がある。




かんがいポンプの設計水位及び実揚程




（配水系パイプラインがオープンパイプライン方式の場合）

吐出し水槽以降に接続される送水管の延長が長い場合には、最小送水量時には吐出し水槽内の最低水位が大幅に低下することがあるので、この最低吐出し水位付近でのポンプ運転の必要性も検討して吐出し水槽の形状と関係寸法を決定する。

また、吐出し水槽への流入管と流出管の据付け高さを決定するものとする。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | ⑶ 実揚程<br>① 設計点実揚程：計画吐出し水位と計画吸込水位との差<br>② 最高実揚程：最高吐出し水位と最低吸込水位との差<br>③ 最低実揚程：最低吐出し水位と最高吸込水位との差<br>④ 常時実揚程：常時吐出し水位と常時吸込水位との差<br><br>2．排水ポンプ<br>⑴ 吸込水位<br>① 洪水時初期吸込水位<br>湛水を許容する場合：計画基準内水位－0.3m 程度－吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>湛水をさせない場合：計画基準内水位－0.5m 程度－吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>② 常時初期吸込水位：常時排水の計画基準内水位－吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）<br>③ 最低吸込水位<br>洪水時排水ポンプ：洪水時初期吸込水位－0.5m 程度<br>常時排水ポンプ：常時初期吸込水位－0.5m 程度<br>④ 最高吸込水位：ポンプ場地点の最高の水位<br>⑵ 吐出し水位<br>① 洪水時計画ピーク吐出し水位：外水位ハイドログラフのピーク水位＋送水諸損失水頭<br>② 常時計画吐出し水位<br>河川又は湖沼の場合：平水位＋送水諸損失水頭<br>海　の　場　合：平均潮位＋送水諸損失水頭<br>③ 洪水時最高吐出し水位<br>河川又は湖沼の場合：計画高水位＋送水諸損失水頭<br>海　の　場　合：設計高潮位＋送水諸損失水頭<br>④ 常時最高吐出し水位<br>河川又は湖沼の場合：豊水位＋送水諸損失水頭<br>海　の　場　合：大潮平均高潮位＋送水諸損失水頭 |

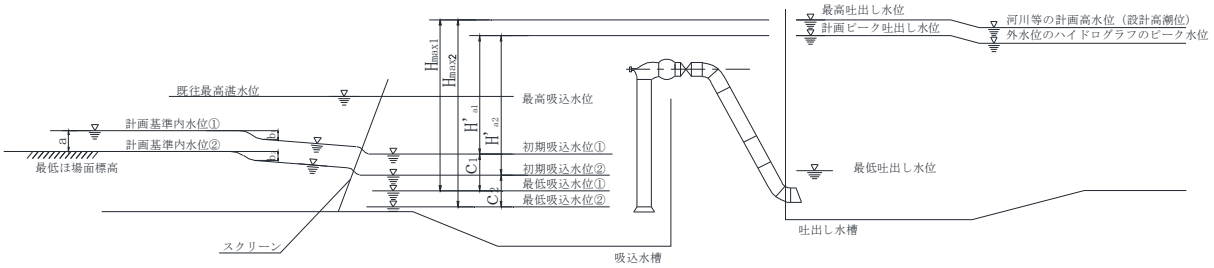
| 基準及び運用の解説 |
| --- |
| |

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | ⑤　最低吐出し水位：吐出し水槽に接続する送水路の敷高又は最低外水位<br>※　送水諸損失水頭とは、吐出樋門等損失水頭である。<br>⑶　実揚程<br>①　洪水時排水ポンプ<br>イ．計画最高実揚程：洪水時計画ピーク吐出し水位と洪水時初期吸込水位との差<br>ロ．設計点実揚程：湛水解析による内水位条件を満足し、適正かつ効率的なポンプ運転が可能となる揚程に導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）と送水諸損失水頭を加えた値<br>ハ．最高実揚程：洪水時最高吐出し水位と最低吸込水位との差<br>②　常時排水ポンプ<br>イ．設計点実揚程：常時計画吐出し水位と常時初期吸込水位との差<br>ロ．最高実揚程：常時最高吐出し水位と最低吸込水位との差 |

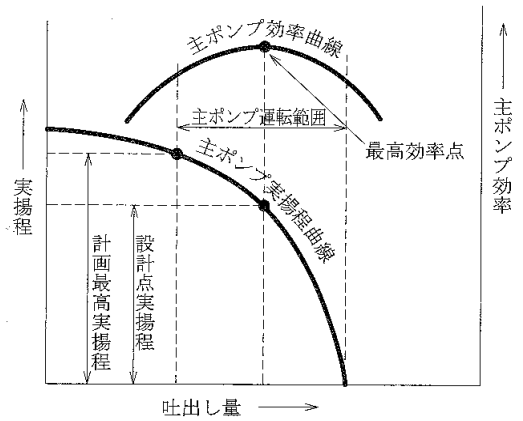
## 基準及び運用の解説

### ① 洪水時排水ポンプ

設計点実揚程：湛水解析による内水位条件を満足し、適正かつ効率的なポンプ運転が可能となる揚程に導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）と送水諸損失水頭を加えた値とする。
なお、設計点実揚程を仮定する場合は内外水位差の 80%程度に導水諸損失とスクリーン損失と吐出樋門等損失を加えた値とする。

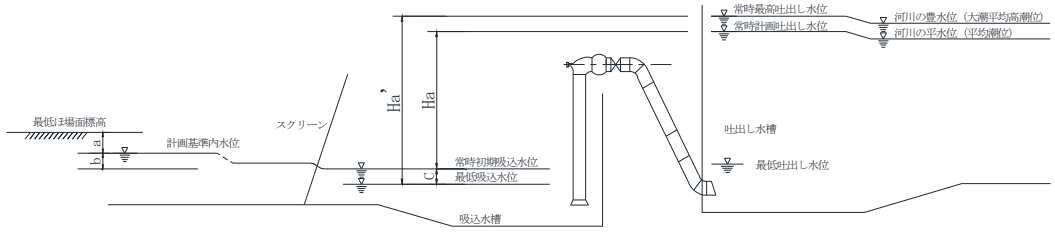



①受益区域内に湛水を許容する場合　　$H_{max1}$：最高実揚程（①の場合）　　$H'_{a1}$：計画最高実揚程（①の場合）
②受益区域内に湛水をさせない場合　　$H_{max2}$：最高実揚程（②の場合）　　$H'_{a2}$：計画最高実揚程（②の場合）
a ：許容湛水深（0.3m程度）
$b_1$：0.3m程度　　設計点実揚程の仮定（①の場合）：$H_{a1}$＝0.8×内外水位差(1)＋導水路損失＋スクリーン損失＋吐出樋門等損失
$b_2$：0.5m程度　　設計点実揚程の仮定（②の場合）：$H_{a2}$＝0.8×内外水位差(2)＋導水路損失＋スクリーン損失＋吐出樋門等損失
$C_1$・$C_2$：0.5m程度　　内外水位差(1)＝外水位ハイドログラフのピーク水位－（計画基準内水位－$b_1$）
内外水位差(2)＝外水位ハイドログラフのピーク水位－（計画基準内水位－$b_2$）
最高吸込水位は、既往最大級の洪水時の資料や記録等から求めた既往最高湛水位又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位を基に決定




洪水時排水ポンプの計画最高実揚程と設計点実揚程の概念図

### ② 常時排水ポンプ




a ：一般的には0.5～1.0m程度
b ：吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失（スクリーン損失含む）
c ：0.5m程度
$H_a$：最高実揚程
Ha：設計点実揚程

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **7－3　揚水量の決定**<br>ポンプ場の計画揚水量は、地区の用水計画又は排水計画に基づくとともに年間を通じての揚水量の変動等についても十分対応できるよう決定する。<br>1．用水ポンプ場<br>用水ポンプ場の計画揚水量は、地区のかんがい方式、かんがい期間等を考慮して計画基準年次と平年次について、それぞれ期別用水量をもとに計画最大揚水量と常時揚水量を決定する。<br>⑴　計画最大揚水量<br>計画基準年次における計画地区の期別用水量のうち最大水量に基づいて決定する。<br>⑵　常時揚水量<br>過去10ヵ年の有効雨量をもとに毎年の期別用水量の検討を行い、最も頻度の高い年間の期別用水量を常時揚水量とする。<br>2．排水ポンプ場<br>排水ポンプ場の計画排水量は、地区の排水方式、流出特性等を考慮して洪水時における排水量と常時における排水量をもとに決定する。<br>⑴　洪水時排水量<br>洪水時の排水ポンプの計画排水量の基礎となる流出量は、適当な波形を持った連続降雨を計画基準降雨としてハイドログラフの形で推定する。<br>⑵　常時排水量<br>常時排水量は原則として実測値から求め、水田地帯においては、かんがい期、非かんがい期に分けて検討する。常時排水量は日平均排水量を実測して、その度数分布から求めることを原則とする。 |

基準及び運用の解説

**運用 7－3** では、ポンプ場の計画揚水量の決定について規定している。
ポンプ場の計画揚水量は、年次別、期別等の変動が大きいので、計画基準年次、平年次、かんがい期、非かんがい期、洪水時、常時等における揚水量の変動及びその継続期間等について十分検討し、経済的なポンプ設計を行うための基礎条件を明らかにする必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **8　細部設計**<br>基本設計において定めたポンプ場の基本的な機能に関する条件及び諸元に基づき、ポンプ場を構成する施設について、細部設計を行う。<br>細部設計は、各施設それぞれが水理的、構造的諸元を満足するとともに、ポンプ場全体として調和のとれたものとなるよう行わなければならない。 | **8　細部設計**<br>細部設計は、基本設計で決定した施設について行う。 |

基準及び運用の解説

**基準 8** は、細部設計の規定で、ポンプ場を構成する各部の設計について順を追って必要な事項を規定している。

細部設計とは、**基準 7** において決定される基本的諸元（吸込水位、吐出し水位、実揚程、用排水量）が与条件として決定されているという前提で、その構造、寸法等の詳細な設計を進めることであり、その際には、常にポンプ場としてのバランスに対する配慮が必要であることを明記している。

なお、関連する取水口、導水路、沈砂池（遊水池）、送水路及び吐出樋門（樋管を含む。以下「樋門」という）の設計については、本基準では取扱っていないので、関連技術書等を参照し水理的、構造的な細部設計を行う必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
|---|---|
| **9　ポンプ設備の設計**<br>ポンプ設備については、基本設計で定めた条件下で、揚水が確実かつ安全に行えるよう地区の用排水計画及びポンプ管理計画を十分検討の上、適切に設計しなければならない。 | **9－1　ポンプ設備の設計**<br>⑴　ポンプ設備の基本条件<br>ポンプ設備は、設置目的や使用条件等に適合した性能、信頼性、安全性及び経済性を備えたものとする。また、所定の性能を長期にわたって発揮できるよう、建屋及び附帯設備等と相互に調整が図られたものとする。<br>なお、ここでいう性能とは、施設の設置目的又は要求に応じて果たす役割や働き（機能）を目的ごとに具体的数値（性能指標値）で表されるものであり、その数値は施工後に確認できるものでなければならない。<br>⑵　ポンプ設備の性能指標<br>ポンプ設備の性能は必要な水量を必要な高さに揚水することであり、その性能指標は下記のとおりとする。<br>①　必須の性能指標<br>必須の性能指標は主ポンプの全揚程と吐出し量とする。<br>②　必要に応じて定める性能指標<br>①に定める性能指標のほか、地域特性等により、必要に応じて性能指標を設定するものとする。<br>⑶　ポンプ設備の性能指標の値<br>ポンプ設備の性能指標の値は、原則として施工直後における数値とする。<br><br>**9－2　主ポンプの設計**<br>主ポンプの設計に当たっては、次の事項を検討し、合理的で、かつ、経済的なものとする。<br>⑴　台数割<br>⑵　主ポンプの設計点吐出し量<br>⑶　全揚程<br>⑷　主ポンプ形式 |

基準及び運用の解説

**運用 9－1** では、ポンプ設備の設計に必要な基本事項を明らかにしている。

⑴では、ポンプ設備の設計について規定している。

ポンプ設備は、設置目的や特性により、確実な始動や需要水量の変動に対する追随性及び内外水位の変動等の使用条件に対しても支障なく運転できる信頼性や安全性を備えたものとするとともに、経済性の面からは、建設コストのみでなく管理・更新等ライフサイクルコスト等を含めて総合的に検討するものとする。

また、ポンプ場はポンプ設備、建屋、附帯設備等が一体となって所定の性能を発揮するものであることから、各設備は相互に連携し、調和がとれた形態で構成しなければならない。

⑵では、設計に当たってポンプ設備が備えるべき性能指標を規定している。

ポンプ設備に求められる性能とは「水需要に応じた用水を適切に供給、あるいは洪水等を確実に排水」できることであって、設置目的や地域特性、予定管理者等からの具体的要求によって設定するものとする。なお、性能指標及びその値はポンプ場ごとに定めるものとする。

①では、必ず設定しなければならない性能指標を示している。

ポンプ設備の性能は揚程と吐出し量で表されるが、基準として示すべき必須の性能指標は主ポンプの全揚程と吐出し量としている。ここでいう全揚程は、実揚程に諸損失水頭を加えたものである。

なお、ここで主ポンプの性能指標を全揚程としているのは、性能確認において実揚程と損失水頭を区分することができないためであり、全揚程は実揚程にポンプ場を構成する土木構造物及びポンプ設備等の吸込側損失と、吐出し側損失を加えたものである。また、この性能指標は、主ポンプの性能であり、ポンプ設備としての性能設計を行う場合は、諸損失水頭及び実揚程を明確にする必要がある。

②では、気象・水象・地形・地盤等自然的諸条件やポンプ場周辺の騒音・振動等環境を含めた社会的諸条件の地域特性によるもの、あるいは予定管理者からの要求によるもの等、上記①以外に必要があるものを設定することとしている。

⑶では、性能指標の確認時期について規定している。

本基準において規定している性能指標の値は原則として施工直後の値であって、修理・改修の要否の判断基準等、管理段階における目標値ではない。

なお、性能指標の値はポンプ設備の運転により測定するものとする。また、施工直後とは、ポンプ設備の据付を完了した後とするが、ポンプ場の立地条件等（揚水の手当、放流先の確保等）により、これによりがたい場合は、ポンプ製作完了時も施工直後とみなすことができる。

**運用 9－2** では、主ポンプの設計に当たっての検討事項を規定している。

運用で規定している検討事項は、相互に関連しているため、ある段階で設計上の条件を満足しない等の不都合が生じたときは、その都度前の段階に検討結果をフィードバックしたり、それぞれの段階の検討を相互に関連させながら適正な主ポンプを設計する必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | ⑸　主ポンプの据付高さと回転速度<br>⑹　主ポンプの材料<br><br>⑴　台数割の決定<br>①　かんがいポンプ<br>水田用水の場合は、普通期の常時運転用の主ポンプ吐出し量をもとにして、代かき期等の計画最大揚水量まで対応できるよう主ポンプ吐出し量と台数を決定するが、危険分散を考慮して極めて小容量の場合を除き2台以上とすることが望ましい。<br>畑地用水の場合は、水需要の変動が大きいことや、用水の多目的利用及び少量用水需要等への対応について十分検討し、常時運転用の主ポンプ吐出し量をもとに台数割の決定を行うものとする。<br>②　排水ポンプ<br>洪水時のポンプ稼働では、長時間連続した運転は必ずしも毎年発生するとは限らないので、計画洪水量の他に 1/2 年確率程度の中小洪水量等についても考慮し、常時排水量（主にかんがい期の常時排水量）をベースにして、それぞれの規模の排水量に見合った主ポンプ吐出し量と台数の組合わせを検討し、主ポンプの運転効率を高める必要がある。このため主ポンプ吐出し量は、常時用と洪水時用との 2 種類程度に区分することが多く、主ポンプ台数は 2 台以上とし、計画排水量の規模に応じて台数を増加させるのが一般的である。<br>⑵　主ポンプの設計点吐出し量の決定<br>①　かんがいポンプ<br>かんがいポンプ 1 台当たりの設計点吐出し量は、期別に計画最大揚水量を確保する必要があるため、一般に台数割の決定における揚水量変動域の 1 台当たりの各分割幅のうち最大揚水量をもって設計点吐出し量とする。<br>②　常時排水ポンプ<br>常時排水ポンプ 1 台当たりの設計点吐出し量は、台数割決定における排水量変動域の 1 台当たりの各分割幅に該当する計画排水量の平均値をもって設計点吐出し量とする。 |

基準及び運用の解説

⑴　台数割の決定

主ポンプの台数割及び吐出し量の決定は、揚水量と揚程の変動に対し効率よく追従して運転する必要があるため、揚水量及び揚程の変動の範囲とその継続期間、主ポンプ効率等を検討の上、ポンプ場の建設費及び管理費が最も経済的となるように主ポンプの吐出し量を概定し、台数を決定しなければならないが、万一の故障等に対する危険分散を考慮して、台数はできるだけ複数とする必要がある。

⑵　主ポンプの設計点吐出し量の決定

主ポンプの吐出し量は、計画揚水量を基に台数の組合せにより決定する必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | ③　洪水時排水ポンプ<br>洪水時排水ポンプ１台当たりの設計点吐出し量は、計画洪水時における流入量による内水位を計画基準内水位以下とするか、又は許容湛水深以上の湛水時間を許容湛水時間以内にするために必要な主ポンプの平均所要排水量をもとに主ポンプ吐出し量及び台数の組合わせにより求められる1台当たりの計画吐出し量とする。<br>⑶　全揚程の決定<br>全揚程は、実揚程に諸損失水頭を加えて決定する。<br>諸損失水頭の算定に当たっては、主ポンプの形式と吐出し量、吸込・吐出し管及び弁の配置等を十分検討し決定する。<br>設計条件に応じて、次の各種諸損失水頭を考慮する。<br><br>・摩擦損失水頭<br>・流入損失水頭<br>・流出損失水頭<br>・急拡損失水頭<br>・漸拡損失水頭<br>・急縮損失水頭<br>・漸縮損失水頭<br>・湾曲損失水頭<br>・屈折損失水頭<br>・分流損失水頭<br>・合流損失水頭<br>・弁損失水頭 |

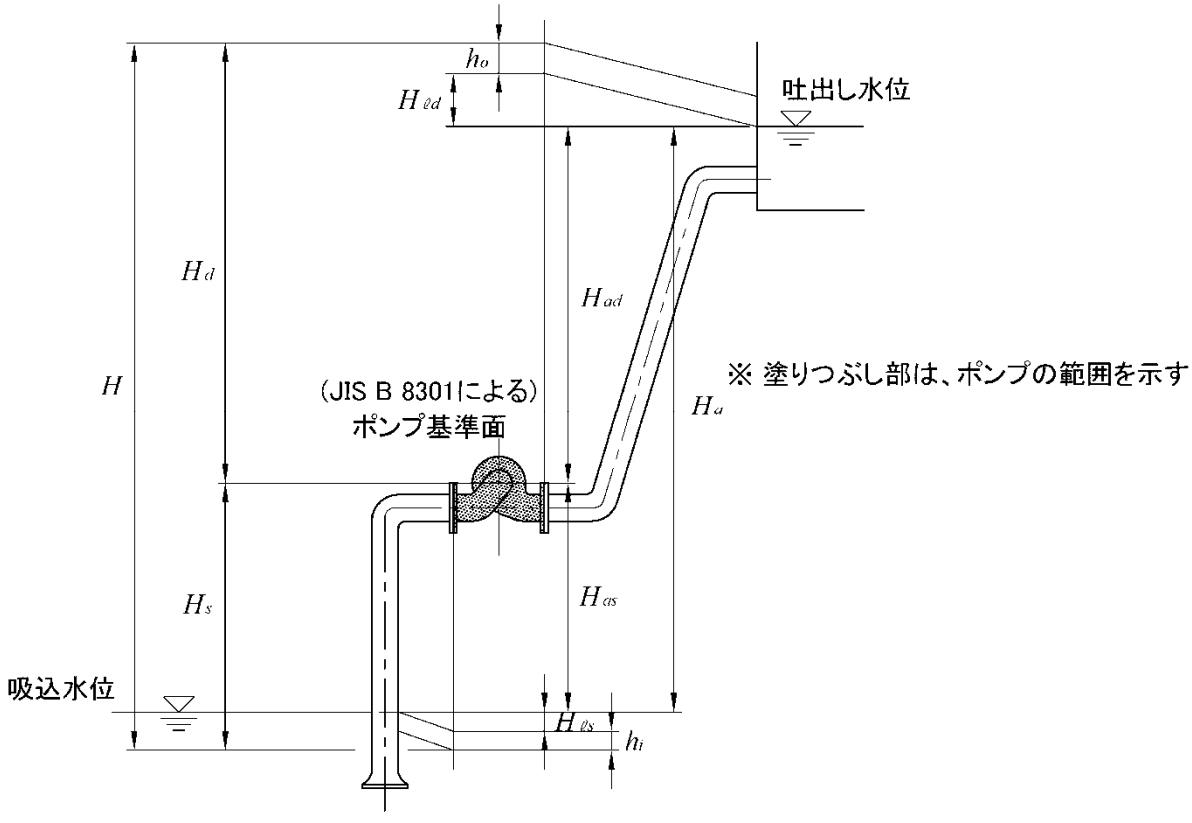
基準及び運用の解説

⑶　全揚程の決定

全揚程は、主ポンプ形式及び主原動機の容量等を決める重要な値であることから、関連技術書等を参考に検討し、決定する必要がある。

横軸ポンプの場合

全揚程（$H$）＝吸込全揚程（$H_s$）＋吐出し全揚程（$H_d$）
＝[吸込実揚程（$H_{as}$）＋吸込管損失水頭（$H_{\ell s}$）＋流入損失水頭（$h_i$）]
＋[吐出し実揚程（$H_{ad}$）＋吐出し管損失水頭（$H_{\ell d}$）＋流出損失水頭（$h_0$）]
＝実揚程（$H_a=H_{as}+H_{ad}$）＋諸損失水頭（$H_{\ell s}+h_i+H_{\ell d}+h_0$）



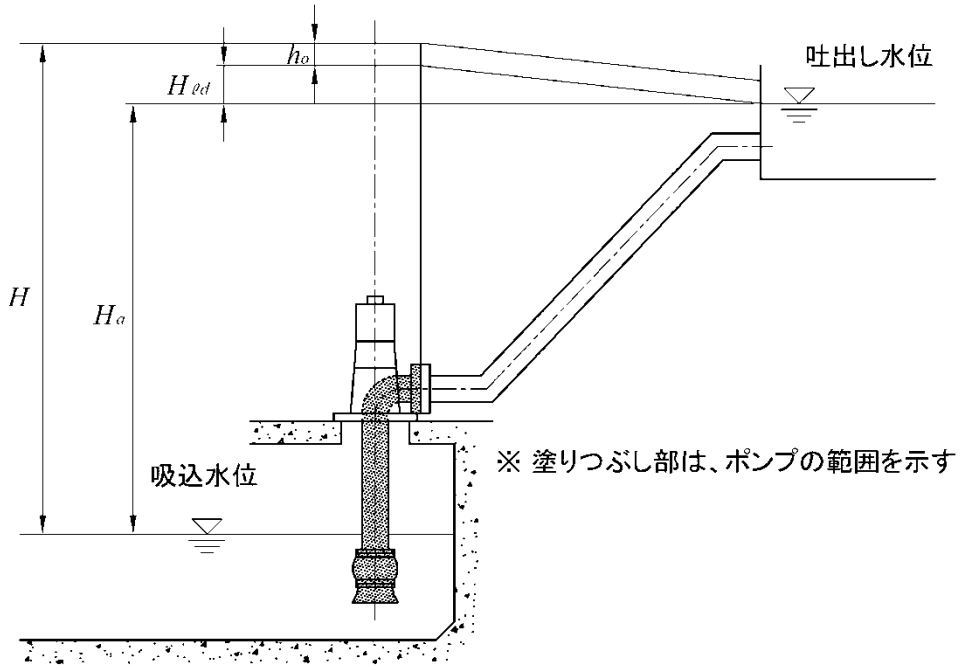

全揚程と実揚程（横軸ポンプ/吸上げ方式の場合）

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | |

基準及び運用の解説

立軸ポンプの場合

立軸ポンプの場合は、全揚程（$H$）＝実揚程（$H_a$）＋管路損失水頭（$H_{\ell d}$）
＋流出損失水頭（$h_o$）




全揚程と実揚程（立軸ポンプの場合）

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | ⑷　主ポンプ形式の決定<br>主ポンプ形式は、設計点における吐出し量及び全揚程から、軸形式、機種形式及び据付形式を検討して決定する。<br>また、主ポンプの設置条件及び管理の容易性、騒音、振動等も併せて検討する。<br>なお、一般に土地改良事業で設置される主ポンプ形式を示せば、次のものがある。<br>①　高揚程ポンプ<br>・横軸両吸込単段渦巻ポンプ<br>・横軸片吸込単段渦巻ポンプ<br>・横軸両吸込多段渦巻ポンプ<br>・横軸片吸込多段渦巻ポンプ<br>・立軸片吸込単段渦巻ポンプ<br>・立軸斜流ポンプ<br>②　低揚程ポンプ<br>・横軸及び立軸軸流ポンプ<br>・横軸及び立軸斜流ポンプ<br>・軸流及び斜流形チューブラポンプ<br><br>⑸　主ポンプの据付高さと回転速度の決定<br>主ポンプの据付高さと回転速度は、吸込高さと運転範囲を勘案して有害なキャビテーションを起こさないように決定する。<br>なお、キャビテーションの検討におけるポンプ設備の据付高さについては、洪水時の浸水によりポンプ運転に支障をきたさないように、機器の配置及び建屋構造等についても考慮し決定する。<br><br>⑹　主ポンプの材料の決定<br>主ポンプの主要部に使用する材料は、主ポンプの性能を十分発揮できるものとし、設置条件、使用条件を検討し、安全で耐久性に優れ、経済的な材料を選定する。 |

基準及び運用の解説

⑷　主ポンプ形式の決定

主ポンプ形式は、設計点吐出し量と全揚程から決定することになるが、立軸や横軸の軸形式、渦巻・斜流・軸流の機種形式、吸上げや押込み等据付形式等を検討することによって、より適正な主ポンプ形式を決定できる。

ここでいう設置条件とは、主ポンプの据付高さ、ポンプ場の用地、地盤等であり、運転管理の容易性とは、主ポンプ運転操作方式及び操作形態等の考慮である。

主ポンプの使用条件や設置条件によっては、さらに詳細な比速度及び吸込水槽形状等の検討を行うことにより、より条件に合致した主ポンプ形式等を選定できることもある。

大容量の主ポンプ等は模型実験等の特殊な技術を必要とするため、設計に当たってはさらに特別な検討を行う必要がある。

ポンプ場においては、流体音（主ポンプの騒音）、機械音（主原動機等の騒音）が発生することから、周辺に及ぼす騒音、振動等の生態系を含む環境条件への影響も、関係法令等を遵守し検討する必要がある。

水中モータポンプの採用に当たっては、吐出し量、管理、信頼性、耐用年数等を検討する必要がある。

⑸　主ポンプの据付高さと回転速度の決定

キャビテーションの発生を防止する方法の一つとして、主ポンプの据付高さをなるべく低くすることが有利であるが、洪水時の浸水により運転不能に陥ることは許されない。

水位が上昇しても浸水しないよう、既往最高湛水位又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位に基づき設定する最高吸込水位を考慮して据付高さを決定する必要がある。

また、選定された主ポンプ形式について、最高吸込水位以上の高さに据付けた時に吸込性能上支障がなければ、これによって主ポンプの据付高さを決定し、支障のある場合は土木建築構造を水密構造とし、主ポンプ据付高さを低くしたり、立軸ポンプにして主原動機を最高吸込水位以上に据付ける等、土木建築構造と主ポンプ形式の両面から検討しなければならない。

さらに、想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生する水位についても検討し、最高吸込水位を超える場合には、ポンプ設備の早期の機能回復及び浸水被害の軽減を可能とする対策を講じる必要がある。

⑹　主ポンプの材料の決定

主ポンプの主要部とは、ケーシング、インペラ、主軸、揚水管等を指すが、これらに使用する材料は、河口付近、田園山間部等の設置場所の水質や運転時間の長短等の使用条件等を検討し、耐久性に優れ、保守管理も考慮した経済的な材料を選定する必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **9－3　主原動機の設計**<br>主原動機は、動力源の立地条件、主ポンプの運転状況、管理及び環境条件等を検討し信頼性が高く、また、主ポンプの回転速度に見合う回転速度が確保できる動力伝達装置を含めた検討を行うとともに、主ポンプ運転範囲に過負荷が生じない出力を有するものとする。<br><br>**9－4　動力伝達装置**<br>動力伝達装置は、主原動機の動力を確実に主ポンプに伝達できるものとする。<br>主ポンプと主原動機は直結が望ましいが、両者の回転速度及び軸方向が異なる場合、減速機を検討するものとする。ただし、主原動機が電動機の場合、減速機を介さず電動機の極数の増減により主ポンプ回転速度に合わせる方法もある。<br>また、主原動機の動力伝達時に緩衝作用及びねじり振動防止等が必要となる場合、又は始動機能の向上や速度制御等が要求される場合に流体継手等を検討する必要がある。<br>なお、動力伝達装置の選定に当たっては、主原動機の形式、減速比、伝達容量等により、信頼性、経済性を検討し決定する必要がある。 |

基準及び運用の解説

**運用 9－3** では、主原動機の設計について規定している。

主原動機の種類選定は、ポンプ場の立地条件、主ポンプの運転状況、信頼性、管理費等によって異なると考えられる。

立地条件及び運転状況については、電源が簡単に得られ、しかも常時運転を必要とするような所では電動機を選び、電源が乏しい地区、あるいは年間の運転時間が非常に短いような地区では内燃機関を選定するのが一般的である。

信頼性の面から平時の降雨に際しても排水不良であり、豪雨時には直ちに湛水被害を及ぼし、しかも異常に高い外水位が長時間にわたって継続するような地区にあっては、電源の故障に備え、電動機と内燃機関を併用することも考慮する必要がある。

運転費用については、用水の場合は比較的年間の運転時間は長いが、排水の場合は用水に比べて運転時間が短い。これらの条件を勘案し、比較検討の上経済的な方式を選定するものとする。

また、揚水パターンで短時間運転の主ポンプに対しては内燃機関を使用し、長時間運転の主ポンプに対しては電動機を使用するような併用の方式は、基本電力料金の関係から有利となる場合もあるので検討する必要がある。

なお、電動機については、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（昭和 54 年 6 月 22 日法律第 49 号)」に基づく「トップランナー制度」の対象機器に指定されていることを踏まえ、同法律等に基づき地球温暖化防止等を推進する観点から、各設備の設計においてはトップランナーモータの適用を考慮するものとする。

**運用 9－4** では、動力伝達装置についての運用を規定している。

減速機を介することによる信頼性及び効率を始めとする機能面を考慮すると、電動機駆動の場合は、極数増減による直結が望ましいが、方式選定に当たっては、経済性も含めて総合的に検討を行った上で決定する必要がある。

なお、この経済性の検討に当たっては、単に極数増減に伴う電動機価格上昇分と減速機価格を比較するのではなく、たとえば立軸ポンプでも直交軸傘歯車減速機を介することにより電動機が立軸から横軸になる価格低減分も考慮する等、総合的な経済性の検討を行う必要がある。

また、主原動機が特に内燃機関の場合のねじり振動に対する緩衝作用の必要性、及び主原動機の種類を問わず、始動性、速度制御、無負荷運転等が要求される場合に、遠心クラッチ、油圧クラッチ等の流体継手の検討を行うことが必要であることを明示している。

動力伝達装置の選定に当たっては、機能・用途等を考慮し、検討する必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **9－5　吸込管及び吐出し管**<br>吸込管及び吐出し管は、主ポンプの流水を円滑に導くものとして、主ポンプの運転に支障のないものとする。また、将来の保守管理や建屋等の不同沈下対策として必要に応じて目的に合った継手を設けるものとする。<br>1．吸込管の設計<br>吸込管の継手から空気を漏入させないよう、また、吸込管に空気溜りを作らないようにする必要がある。<br>2．吐出し管の設計<br>吐出し管の管径は、必ずしもポンプ吐出し口径に合わせる必要はなく、材料費、設備費、管理費を含めた総合的な検討を行って決定する必要がある。<br>吐出し水槽がポンプのすぐ近くにある場合には、吐出し水槽までの配管が一般的に、吐出し管と呼ばれる。このほか、パイプライン計画において、送水ポンプから地区内高位部に設けられた配水槽までの送水管も、ここでいう吐出し管に含まれている。<br>吐出し水槽に接続する送水路は急激な屈曲をなるべく避け、計画最大流量を流しうる十分な機能を持たせるとともに、安全かつ経済的な設計としなければならない。<br>吐出し水槽に接続するパイプライン、あるいは吐出し水槽に接続する送水路（開水路）のいずれの場合にも、計画最大流量を安全に送水できることが必要である。<br>かんがいポンプ設備において、送水管路が長い場合、又は実揚程が大きい場合には、管路内に生じる水撃現象を解析し、必要に応じてその軽減対策を講じる。 |

基準及び運用の解説

**運用 9－5** では、吸込管及び吐出し管について規定している。

吸込管及び吐出し管は、主ポンプを含めた水の流れが円滑となるように設計しなければならない。特に吸込管及び吐出し管に空気溜り等の流水阻害が生じないよう設計・施工しなければならない。

主ポンプ設備の保守管理のため、分解等を容易にするための継手の設置や、建屋等の不同沈下対策としての継手の設置等、目的に応じた継手を選定する。

かんがいポンプで送水管路が長い場合は、送水管での弁の急開閉、あるいはポンプの急激な始動、停止を行うと、水の運動量が短時間に変化し、管路内に異常に大きな圧力波が発生する水撃作用が生じることによって、次のような被害が生じるため、水撃作用の軽減対策を講じるものとする。

① 管内圧力の上昇及び下降による管体、弁、主ポンプ等の機器の破損
② 水面動揺による分水工や吐出し水槽からの溢水
③ 主ポンプ及び主原動機等が逆回転することによる機器等の破損

排水ポンプは、主ポンプの急停止時に吐出し水槽でサージングが生じるため、吐出し水槽からの溢水が生じないか確認が必要である。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **9－6　弁類**<br>流量調節、遮水、逆流防止等の目的で設置する弁類は、設置場所、使用条件及び管理等を検討して用途に合致した形式のものを選定する。<br><br>**9－7　補機設備**<br>ポンプ設備の正常な運転を確保するために設置する各種の補機設備は、主ポンプの形式、主原動機種別、規模及び運転条件に適合した構成とし、それぞれ適切な補機設備を選定する。<br>補機設備には、次の系統補機設備及び小配管類がある。<br>①　満水系統補機設備<br>②　給水系統補機設備<br>③　燃料系統補機設備<br>④　始動系統補機設備<br>⑤　潤滑油系統補機設備<br>⑥　吸排気系統補機設備 |

基準及び運用の解説

**運用 9－6** では、弁の選定について規定している。

ポンプ場に用いられる弁としては、一般に仕切弁、バタフライ弁、逆止め弁、フラップ弁、コーン弁及びフート弁がある。このうち吸込側に設置されるものとしては、仕切弁、バタフライ弁及びフート弁であり、吐出し側に設置されるものとしては、仕切弁、バタフライ弁、逆止め弁及びフラップ弁、コーン弁である。

弁の設置に当たっては、配管ルートの条件、設置場所、水撃作用の有無等の使用条件、管理等を検討し、選定する必要がある。

**運用 9－7** では、補機設備類の選定について規定している。

補機設備は、その用途によって主ポンプ複数台に用いる共通補機と、主ポンプ１台ごとに設備されるユニット方式の直属補機とに区分されている。このうち、共通補機の故障は、直接主機の停止原因となるので、重要度により予備機を設けるか、又はバックアップを考慮する必要がある。

補機設備は、主ポンプ形式、台数、主原動機種別、規模及び運転条件を考慮し、効率よく全負荷運転ができるように選定する必要がある。

補機設備を機能（目的）ごとの系統に分類すると、次のとおりである。

① 満水系統補機設備：主ポンプ内を所要の時間内で満水可能とするための設備
② 給水系統補機設備：主ポンプの封水及び原動機、減速機等に冷却水を供給する設備
③ 燃料系統補機設備：内燃機関の運転に必要な燃料を供給する設備
④ 始動系統補機設備：内燃機関の始動に必要な動力を供給する設備
⑤ 潤滑油系統補機設備：原動機、減速機等に潤滑油を供給する設備
⑥ 吸排気系統補機設備：内燃機関への吸気及び排気を屋外に排除する設備

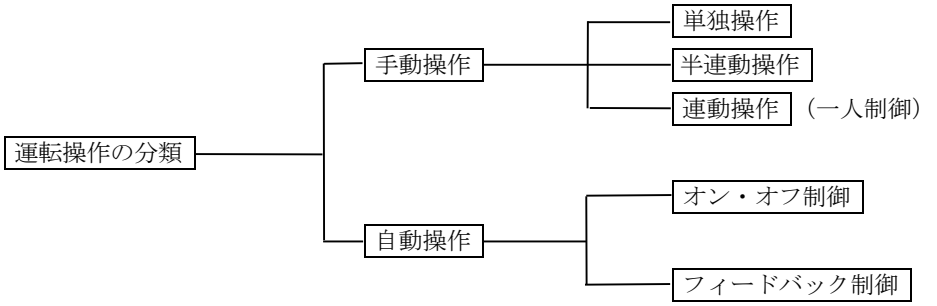
| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **9－8　監視操作制御設備及び電源設備**<br>監視操作制御設備は、ポンプ設備の規模、使用条件、運転管理等を総合的に勘案して、主ポンプの運転が安全に、合理的、かつ、経済的に行われるよう主ポンプの運転方式を決定し、これに必要な監視操作制御設備を設けるものとする。<br>電源設備は、受変電設備及び配電設備からなり、ポンプ場の規模、立地条件、運転管理の容易性及び経済性を考慮して設けるものとする。<br>1．監視操作制御設備<br>⑴　主ポンプの運転方式<br>主ポンプの運転方式は、ポンプ場を設置する目的とその果たすべき機能について十分把握した上で、水管理システム、ポンプ場諸設備の性能特性、運転条件等を総合的に検討し、安全かつ経済的な計画を立て、その適正な運用が図られる設備設計にしなければならない。<br>⑵　始動条件<br>主ポンプの始動条件は、ポンプ設備に及ぼす損傷の発生防止を考慮して決定する。<br>⑶　保護装置<br>ポンプ設備には、主要機器に異常が生じた場合に機器の損傷を防止するための保護装置を設けるものとする。<br>保護装置には、主要機器等に重大な故障が生じ、直ちに停止させる必要のある重故障に対しては非常停止、警報及び重故障表示を行い、しばらくの間運転を続行しても支障のない軽故障に対しては、警報及び軽故障表示を行うものとする。<br>⑷　監視操作制御設備の機能<br>監視操作制御設備には、必要に応じ次の機能を設けるものとする。<br>①　監視操作機能<br>②　制御機能<br>③　運転支援機能<br>④　計測機能<br>⑤　安全確認機能 |

基準及び運用の解説

**運用 9－8** では、監視操作制御設備及び電源設備について規定している。

1．監視操作制御設備

(1)　かんがい及び排水系におけるポンプ運転方式は、その系の水管理方式決定のための重要な要素となる。また逆に、系全体の水管理方式のあり方からポンプ運転方式への制約がでることもある。ポンプ場の設計に当たっては、あらかじめポンプ場完成後に行われる運転管理方法及び保守管理方法の内容を把握しておき、運転操作（下図）の容易性等の面から必要とされる設備計画の条件に適合した設備設計を行う必要がある。




操作場所による運転方式には次のような方式があるが、本基準では、遠方操作については取り扱っていないので、他の技術書を適用し、的確な設計を行うものとする。

機側操作：主ポンプ等を直接監視することのできる場所で操作監視するもの。

遠隔操作：主ポンプ等の位置から離れた操作室等から操作監視するもの。

遠方操作：ポンプ場から離れた、中央管理所等から操作監視するもの。

(2)　始動条件は、その設備が始動する場合に不具合が生じないようにインターロックするもので、設備の目的、機器構成等を検討して決定する。

(3)　保護装置に組み込む異常状態は、主ポンプ形式、機器構成により異なるため、設備の機能と保護のバランスを検討して決定する。

(4)　監視操作制御設備は、主ポンプ設備及び附帯設備を監視、操作及び制御するもので、監視操作機能、制御機能、運転支援機能、計測機能、安全確認機能を有するものとする。これらの機能は、ポンプ設備の規模、使用条件、主ポンプの運転方式等から決定される。監視操作制御設備は、一般に遠隔監視操作室に設置される。

各機能を示すと、次のとおりである。

監視操作機能：機場の状態・故障表示や計測値の表示を行う監視と始動、停止操作方法の切替等を行う。

制御機能：連動運転及び自動運転に必要な保護、インターロックを行う。

運転支援機能：運転操作支援、故障対応支援、記録・情報管理を行う。

計測機能：運転操作する上で必要な情報（水位、圧力、流量等）の計測を行う。

安全確認機能：運転操作する際に画像監視や音声警報等により安全の確保を行う。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | 2．電源設備<br>電源設備は、対象機器に動力電源の供給を行うもので、ポンプ設備及び附帯設備の安全確実な運転及び機場の保守管理を考慮して構成、容量等を決定する。<br>洪水時排水ポンプ設備においては、通常の保守管理上必要な電力は商用電源によるものとするが、出水時に商用電源が停電した場合にも運転管理できるよう、予備発電設備の設置を検討する。<br>主原動機に電動機を選定したかんがいポンプ及び常時排水ポンプ設備においては、運転に必要な動力用電源は商用電源とし、予備の動力電源の要否は、揚水の中断による影響度を考慮して決定する。<br>⑴ 受変電設備<br>受変電設備は、電力会社の変電所又は配電線路から特別高圧、高圧又は低圧で受電し、設備に適合した電圧に変電して、負荷設備に電力を供給できるものとする。<br>⑵ 配電設備<br>配電設備は、ポンプ場の設備規模、主原動機の種類、運転操作・制御方法等から盤の構成を決定し、ポンプ場の機器全体を総括制御できるものとする。<br>⑶ 自家発電設備<br>自家発電設備は、保守管理上必要な電源を供給するものであり、安全かつ確実に発電できるものとする。 |

基準及び運用の解説

2．電源設備

電源設備は、電力会社から特別高圧、高圧又は低圧で受電し、負荷の要求する電圧に変圧する受変電設備と、各負荷への電力供給と運転方式に応じた、運転操作を組み立てる配電設備から構成される。

⑴ 受変電設備は、受電方式、受電電圧を検討し決定するものとする。

⑵ 配電設備は、運転操作・制御方式等を検討し、盤の構成を決定するものとする。

電源設備には、主要機器に異常が生じた場合に、機器の損傷を防止及び事故の拡大を防止するための保護装置を設けるものとする。

⑶ 自家発電設備は、常時負荷容量、始動時負荷容量及び始動時電圧降下を検討し、必要な容量を決定するものとする。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **10　吸込水槽及び吐出し水槽の設計**<br>吸込水槽及び吐出し水槽については、用排水が水理的に安定した流況で、安全に揚水できるよう適切に設計しなければならない。 | **10－1　吸込水槽の水理設計**<br>吸込水槽は、導水路からの流水について吸込管に空気を吸引することなくポンプ運転ができるよう、安定した水位と円滑な流れを確保し、水槽内に渦流や旋回流が発生しないよう設計する。 |

基準及び運用の解説

**運用 10－1** では、吸込水槽の水理設計について検討すべきことを規定している。
吸込水槽の設計に当たっては、次の事項を検討する必要がある。

1．接続導水路の設計
　導水路は、吸込水槽に向かう流れに、急激な方向変化又は著しい流速変化を生じさせることがないような形状寸法にする必要がある。

2．吸込水槽の設計
　吸込水槽の設計に当たっては、ポンプ場の機能、立地条件及び運転条件等を考慮して、規模形状等を検討し、導水路からの円滑な流れを引き継げるように設計する必要がある。

3．吸込水槽までの水理設計
　用排水幹線水路等から接続導水路を通り、吸込水槽内に至る流れの水理設計は、原則として計画最大流量について行い、十分な安全性及び経済性を確保するように努める必要がある。

吸込水槽内の渦流や旋回流が主ポンプに与える影響には、次のようなものがある。
・主ポンプ吸込管に旋回流が生じ、水量不足又は水量過大となり、主ポンプの性能低下を起こす。なお、水量過大においては、主原動機の過負荷現象が発生する。
・振動、騒音を発生させる。
・吸込管から空気吸込が行われ性能低下を起こす。

この防止対策として、次の点に注意する。
・水槽内の流れは一様に主ポンプ吸込管に達するようにし、偏流や旋回流の発生を防ぐ。
・吸込管の没水深さを十分大きくとり、吸込管の下端から吸込水槽底面までの距離を適切にとる。

なお、吸込水槽には次の施設を原則として設置するものとする。
・スクリーン …… ごみ詰まりによる主ポンプ性能低下及びインペラ損傷の防止
・角落し等の水門設備 … 吸込水槽内の清掃及び主ポンプの点検整備

また、次の施設については必要性を検討の上、設置するものとする。
・遊水池 …… 水位変動による断続運転の解消
・沈砂池 …… 土砂の多いところでの土砂吸込防止
・溜ます …… 吸込水槽内清掃時の水替え用
・迷入防止装置 …… 魚類等生物の迷入や有害な外来種水生生物の拡散等の防止

吸込水槽の形式には次の種類があり、その採用に当たっては、主ポンプの吐出し量、高流速ポンプ採用の適否等を検討し、決定するものとする。

(1) オープン形
　① 標準流速オープン形
　② 高流速オープン形

⑵クローズ形
　① セミクローズ形
　② クローズピット形

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **10－2　吐出し水槽の水理設計**<br>吐出し水槽は、吐出し管から放出された水流の減勢が急速に行われ、接続する水路へ水流が円滑に移行できるよう設計する。<br>吐出し水槽の設計に当たっては、次の事項を検討する必要がある。<br>⑴　吐出し水槽に接続する送水路の形態に応じて、吐出し水槽の形状を適切に決定しなければならない。<br>⑵吐出し水槽は、適切な流速で円滑に接続する送水路に導水できるよう設計しなければならない。<br>⑶吐出し水槽の機能に応じた適切な関係寸法を決定しなければならない。<br>⑷　吐出し水槽は、原則として吐出し管端が没水するように設計しなければならない。<br>⑸　排水ポンプにあっては、吐出樋門（樋管を含む）を有する場合には原則として吐出し水槽を設けるものとする。<br>⑹　河川管理施設等構造令等に規定された堤防との位置関係等も考慮して設計しなければならない。<br>⑺　吸込水槽又は吐出し水槽内の水位制御等が要求される場合にあっては、ポンプ特性、弁特性、送水管特性、電気設備の許容始動頻度等関連機器の特性と運転制御方式等を検討し、必要に応じ詳細な設計を行うものとする。 |

基準及び運用の解説

**運用 10－2** では、吐出し水槽の水理設計について、検討すべきことを規定している。
吐出し水槽の設計に当たっては、次の事項を検討する必要がある。

⑴については、吐出し水槽に接続する送水路がポンプ専用の水路か、他からの流入がある水路か、さらには吐出し水槽が開水路に直接接続するのか等によって吐出し水槽の形状が異なることがある。

⑵については、吐出し水槽内の流速が速いと水槽内に部分的な水面上昇や形状損失等が多くなるため、吐出し水槽内では流速を減速させた後、水流方向を変換し水路へ導入するようにする必要がある。

⑶については、吐出し水槽の関係寸法が小さ過ぎる場合や、形状が適正でない場合には、吐出し管端の反対側の側壁に反射波や段波が発生し、フラップ弁があおられて故障となる場合がある。これを避けるために、吐出し管端の反対側の側壁までの距離を適正にとることと、さらには側壁に傾斜を付け、あるいは吐出し水槽底面に勾配等を付けて流れの方向変換を図る必要がある。また、反対側の側壁に発生した反射波等が隣のポンプ吐出し管端に直接向かないようにする必要がある。

⑷については、吐出し水槽は吐出し管端が没水するように設計する必要があり、特に横軸ポンプ本体に呼び水が必要な場合には、吐出し管端を没水させておくことが必要である。ただし、吐出し側に弁があって将来にわたり確実に気密が保持される場合や、立軸ポンプ等で吐出し管端がサイホン形状でない場合には、吐出し管端を没水させておく必要はない。

⑸については、排水ポンプにあって吐出樋門（樋管を含む）を有する場合には原則として吐出し水槽を設けるものとする。吐出し水槽の設置目的は、主ポンプの振動による堤防や樋門、周辺の住家等への影響を緩和すること、吐出し水を静水圧の状態で必要なヘッドをもって堤外に排出すること等であるため、これらの影響が無視できる場合にあっては、必ずしも設置する必要はない。

かんがいポンプ等でフート弁や逆止め弁があって吐出し水槽内にフラップ弁を設置していない場合には、排水機場の場合よりも吐出し水槽の幅をさらに狭く経済的に設計することができるので、吐出し管端の寸法と施工時の作業性及び将来の保守管理等の容易性を考慮して適切な形状と寸法を決定するものとする。

⑹については、吐出し水槽の設置について河川管理施設等構造令等に規定された堤防との位置関係等も考慮して設計する必要がある。

⑺については、吸込水槽又は吐出し水槽内の水位制御等が要求される場合にあっては、ポンプ特性、弁特性、送水管特性、電気設備の許容始動頻度等関連機器の特性と運転制御方式等を検討し、さらに詳細な設計を行うものとするが、その具体的な設計諸元（吐出し水槽の容量や表面積等）については、別途制定されている土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」を参照するものとする。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| | **10－3　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計**<br>吸込水槽及び吐出し水槽の設計は、主ポンプの吸込及び吐出し性能を満足するとともに、予想される荷重に対して安全な構造とする。<br>また、取付水路等との調和及び管理の容易性を考慮したものとする。<br><br>**10－4　基礎工の設計**<br>基礎工の設計は、上部構造の形状、規模、構造、剛性等を考慮して、上部構造を安全に支持し、有害な沈下等を生じないものとする。<br>また、基礎工は良質な地盤に支持させることを原則とし、不同沈下を防ぐため異種基礎の併用はできるだけ避けるものとする。 |

基準及び運用の解説

**運用 10－3～10－4** では、ポンプ場の構造設計について検討すべきことを規定している。

構造計算に当たっては、鉛直荷重、水平荷重について適切に考慮しなければならない。鉛直荷重としては、土木構造物の自重・建屋荷重・主ポンプ荷重・主原動機荷重・管及び弁荷重・載荷重・内水重・浮力・揚圧力がある。また、水平荷重には、土圧荷重・水圧荷重・地震荷重がある。

ポンプ場の構造は、主ポンプの形式と主原動機の種類により、水理的・構造的条件を異にするので、これらの条件を満足するものであると同時に、現場の地形に適合させる必要がある。また、ポンプ送水時に発生する推力を確実に支持できる構造とするとともに、主ポンプ、主原動機とその他機器類、建屋の諸荷重、土木構造物の自重、並びに土圧力、地震力に対し、調査結果に基づく地盤の支持力及び耐力が十分安全であることが必要である。

さらに、構造物は経済的なものでなければならないが、これに必要な比較設計は、技術書によるほか関連技術書等に基づき構造設計の初期に十分な検討を行う必要がある。

基礎工の設計は荷重の規模によって異なるが、良質な支持層とは、砂・砂礫で $N$ 値 30 以上、粘土で $N$ 値 20 以上と考えてよい。良質と思われても層が薄かったり、その下に弱い層や、圧密層がある場合は、支持力と沈下についての影響を検討しなければならない。地下水で飽和している緩い砂質土では、地震時の液状化現象についてチェックする必要がある。支持杭の場合、杭の周辺地盤の沈下が考えられるところでは、負の周辺摩擦力についても検討が必要である。

地盤、上部構造及び基礎構造は一体的に取り扱うべきものであるため、基礎構造を選択する段階で、上部構造の設計があまりに固定化していると、適切な基礎工の設計とならない場合がある。このため、上部構造を軽量構造にすることや、偏荷重のかからないよう単純な形状にする等、基礎工の設計を考慮した上部構造とすることも検討する必要がある。

異種基礎の併用は、構造物のずれ、破損等ポンプ場に悪い影響を与えるので、極力避けるものとするが、やむを得ない場合は、その境界部にエキスパンションジョイントを設ける等の対策が必要である。ポンプ場に附帯する取付擁壁等は、構造物の重要度及び主要目的が異なるので、違った基礎となってもやむを得ない。ただし、基礎工の選定に当たっては、不同沈下による構造物のずれ、破損のないよう十分注意して選定する必要がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **11　建屋の設計**<br>建屋については、ポンプ設備等を収容保護し、管理が安全かつ容易に行えるよう、適切な構造及び規模をもつものとして設計しなければならない。 | **11－1　建屋設計の基本**<br>建屋の設計に当たっては、土木構造物、ポンプ設備等、ポンプ場を構成する他の施設との関連及び管理も十分考慮する必要がある。搬入口の位置、吸込水槽及び吐出し水槽と建屋の位置、建屋の基礎、柱の配置、管が壁を貫通するときの振動と防水の処置、ポンプの組立と分解による床のスペース、ポンプ設備の搬入・搬出、送水時に発生する推力の支持及び荷重等を十分検討し設計する。<br><br>**11－2　各室の設計**<br>ポンプ室、操作室、電気室、自家発電機室等の各室の設計に当たっては、ポンプ場の規模、目的、管理等を総合的に検討して機能的に優れ、かつ経済的な設計とする。<br><br>**11－3　建屋の構造**<br>建屋の構造は、ポンプ設備の規模等に応じて適正な構造形式を選定するとともに、屋根、壁等の主要構造は、立地条件、外力条件、景観及び生態系を含む周辺環境との調和等を考慮して決定する。 |

基準及び運用の解説

**運用 11－1** では、建屋の設計の基本的事項について規定している。

建屋の設計、施工に当たっては、別途定められている建築基準法・同施行令及び消防法・同施行令等関連法規と各種構造計算基準又は地方公共団体の条例等を事前に調査して確認し、これらを遵守する必要がある。

なお、建屋はポンプ送水時に発生する推力を確実に支持できる構造とする。

また、ポンプ設備を最高吸込水位より低い高さ据付ける場合には、ポンプ設備が運転不能に陥らないよう、建屋を水密構造にする。さらに、想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生する浸水位が最高吸込水位を超える場合には、ポンプ設備の早期の機能回復及び浸水被害の軽減を可能とする対策を講じる必要がある。

**運用 11－2** では、ポンプ室等の各室の設計における基本的事項について規定している。

各室は、換気及び採光を図るとともに次に示す内容を検討する必要がある。

① ポンプ室は、主にポンプ設備、付属機器の搬入設置等に当たり機能的で、管理等が容易に行われるよう配慮するとともに、周囲の環境条件によっては騒音対策を行うことが必要である。

② 操作室は、ポンプ設備、吸込水槽等の場内外設備を見渡せる位置に設けることが好ましい。また、操作に必要な広さとする。

③ 電気室は、点検ができる広さとする。

④ 自家発電機室は、運転操作のできる広さとする。
また、周囲の環境条件によっては騒音対策を行うことが必要である。

**運用 11－3** では、建屋構造の選定について規定している。

① 建屋の構造形式

建屋の構造形式には、鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造、木構造がある。

② 屋根の形式

屋根の形式には、切妻、片流れ、寄せ棟、ろく屋根等がある。

③ 壁体の形式

壁体の形式には、フレーム式壁体、一体式壁体、組積式壁体等がある。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **12　附帯設備の設計**<br>　附帯設備については、ポンプ場周辺の自然的、社会的諸条件を考慮し、安全で経済的なものとなるよう適切に設計しなければならない。 | **12－1　　水門設備**<br>　水門設備は、確実に開閉し、必要な水密性及び耐久性を有し、かつ予想される荷重に対して安全な構造とする。<br><br>**12－2　　除じん設備**<br>　除じん設備は、用水源又は排水流域の塵芥量及びその処理方法等を検討し、適切な形式及び規模のものを設けるものとする。<br><br>**12－3　　クレーン設備**<br>　クレーン設備は、ポンプ設備の形式と規模、その保守管理等の使用頻度を検討し、適切な形式及び容量のものを必要に応じて設けるものとする。<br><br>**12－4　　換気設備**<br>　換気設備は、主ポンプの据付方式、主原動機の規模、種類等により決定するものとし、換気量は、各機器の放熱の排出、燃料の燃焼及び運転操作員の健康衛生に必要な空気量を確保するものとする。<br><br>**12－5　　屋内排水設備**<br>　屋内排水設備は、ポンプ室内の排水を自然排水できない場合に設置するものとする。 |

基準及び運用の解説

**運用 12－1** では、水門設備の選定及び設計について規定している。

ポンプ場に設置される水門設備には、ローラゲート、スライドゲート及び角落しがあり、その使用目的は取水口用、水路切替用、吐出樋門用、ポンプ点検・修理用等である。水門設備の設計に当たっては、使用目的に合致した形式を選定する必要がある。

**運用 12－2** では、除じん設備の設計において検討すべき基本的事項について規定している。

ポンプ場に適用される除じん設備には、スクリーン、除じん機があるが、設置によりポンプの運転に支障をきたさないよう設計するとともに、畑地かんがいの場合は、末端機器の故障発生を防ぐため、流着するごみの量及び質に見合った施設とする必要がある。また、保守管理、耐久性、操作の難易性等を十分検討し、発生したごみの処理方法も併せて考慮する必要がある。

**運用 12－3** では、クレーン設備の選定について規定している。

クレーン設備は、定格荷重に基づいて選定するものとし、その方法として、①柱の受台にレールを設置し天井クレーンを設ける場合、②屋根の梁にフック等を設け、天井クレーンを必要としない場合、③建屋にＩ型鋼を設置し、これにチェーンブロック等を取付ける場合、④ポンプ室の上に操作室等を設けず橋形クレーンを設置する場合、⑤建屋に開口部を設け移動式クレーンでその都度対応する場合があり、これらの方式の選定に当たっては、ポンプ設備の形式と規模、その保守管理等の使用頻度を検討し、適切に決定する必要がある。

**運用 12－4** では、換気設備について規定している。

換気設備は、機械電気設備から要求される条件と運転操作員の健康衛生上から要求される条件について検討する必要がある。

**運用 12－5** では、屋内排水設備について規定している。

屋内排水設備は、各機器からの吐出し水及びドレーンの排水について自然排水できない場合に設置される。

| 基準（事務次官通知） | 基準の運用（農村振興局長通知） |
| --- | --- |
| **13　管理設備の設計**<br>　管理設備は、ポンプ設備の規模、運転方式、使用条件等を総合的に勘案してポンプの運転が安全、かつ確実にできることと併せ、合理的で経済的に行われるよう適切に設計しなければならない。 | **13　管理設備の設計**<br>　管理設備は、ポンプ場の管理を適切かつ安全に行うため、ポンプ設備の規模、運転方式、使用条件等を検討の上設計するものとし、必要に応じ管理運転が行える設備等を設けるものとする。 |

基準及び運用の解説

**基準 13** 及び**運用 13** では、管理設備の設計について規定している。

管理設備は、ポンプ場が果たすべき機能を満足するとともに、設置されたポンプ場の施設能力を最大限に発揮させ、最も効率的にポンプの運転目的を達成し各設備の機能を常に良好な状態にするよう設計することが重要である。

このため、特に洪水時排水ポンプは、長時間停止状態の場合が多く、また洪水時に運転不能となることは地域や流域等に与える影響が大きいことから、確実な運転を確認するための設備又は装置を必要に応じて設けるものとする。

また、ポンプ場の保守管理を安全かつ適切に行うための管理所、管理用道路、保安設備等の保守管理設備を必要に応じて設けるものとする。

# 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

## 設　　計

## 「ポ ン プ 場」

付録　技術書

# 目　次
## （技術書）


第 1 章　総　論 ····· 67

1.1　ポンプ場の変遷 ····· 67
1.2　技術書の目的 ····· 69
1.3　設計の基本 ····· 70
1.3.1　ポンプ場の施設構成 ····· 70
1.3.2　設計の基本 ····· 73
1.3.3　ポンプ場の標準的な設計手順 ····· 77
1.3.4　環境との調和に配慮した設計に関する基本的な考え方 ····· 78
1.3.5　性能規定の基本的な考え方 ····· 79

第 2 章　ポンプ場の設計に必要な各種調査 ····· 81

2.1　気象・水象・海象調査 ····· 81
2.2　河川・湖沼・海浜の状況調査 ····· 82
2.3　地形調査 ····· 84
2.4　地盤調査 ····· 85
2.5　立地条件調査 ····· 91
2.6　環境調査 ····· 92
2.7　管理関係調査 ····· 93
2.8　工事施工条件に関する調査 ····· 93

第 3 章　基本設計 ····· 94

3.1　吸込水位、吐出し水位及び実揚程の決定方法 ····· 94
3.1.1　かんがいポンプ ····· 94
3.1.2　排水ポンプ ····· 96
3.2　揚水量の決定 ····· 100
3.3　排水解析 ····· 100

第 4 章　ポンプ設備の設計 ····· 109

4.1　一般事項 ····· 109
4.2　ポンプ設備の基本条件 ····· 109
4.3　ポンプ設備の性能指標 ····· 110
4.4　性能の確認（性能照査） ····· 113

第 5 章　主ポンプの設計 ····· 115

5.1　台数割の決定 ····· 115
5.2　主ポンプの設計点吐出し量 ····· 119
5.3　全揚程の決定方法 ····· 120
5.3.1　管路の摩擦損失水頭 ····· 120
5.3.2　流入による損失水頭 ····· 121
5.3.3　流出による損失水頭 ····· 122
5.3.4　断面変化による損失水頭 ····· 122
5.3.5　湾曲及び屈折による損失水頭 ····· 125
5.3.6　分流による損失水頭 ····· 129
5.3.7　合流による損失水頭 ····· 131
5.3.8　T 字形分流（90°、90°）、合流（180°、90°）による損失水頭 ····· 132
5.3.9　弁による損失水頭 ····· 133
5.3.10　管内クーラによる損失水頭 ····· 134
5.4　主ポンプ形式の決定 ····· 135
5.4.1　主ポンプの分類 ····· 135
5.4.2　主ポンプ形式の決定手順 ····· 140
5.4.3　主ポンプの性能 ····· 148
5.4.4　主ポンプの適用線図及び参考寸法 ····· 153

5.5　主ポンプの据付高さと回転速度 ····· 202
5.5.1　据付高さと主ポンプ形式の関係 ····· 202
5.5.2　キャビテーション（空洞現象） ····· 202
5.5.3　主ポンプの据付高さと回転速度 ····· 203
5.6　主ポンプの構造と材料 ····· 229
5.6.1　主ポンプの構造と材料 ····· 229
5.6.2　主ポンプのスラスト支持方法と軸封装置 ····· 237
5.6.3　不同沈下対策 ····· 239
5.6.4　基礎ボルトの耐震設計 ····· 240

**第 6 章　主原動機の設計 ····· 253**

6.1　主原動機の選定 ····· 253
6.1.1　主原動機の種類 ····· 253
6.1.2　主ポンプ用内燃機関 ····· 259
6.2　主原動機の回転速度及び出力 ····· 265
6.2.1　主原動機の回転速度 ····· 265
6.2.2　主原動機の出力 ····· 266

**第 7 章　動力伝達装置の設計 ····· 272**

7.1　動力伝達装置の機能と配置例 ····· 272
7.2　減速機 ····· 274
7.2.1　減速機の形式と構造 ····· 274
7.2.2　減速機搭載型立軸ポンプ ····· 276
7.2.3　減速機の冷却方式 ····· 276
7.2.4　減速機選定に必要な伝達容量 ····· 276
7.2.5　減速機の選定 ····· 277
7.3　クラッチの形式と構造 ····· 344
7.4　軸継手の形式と構造 ····· 346

**第 8 章　吸込管及び吐出し管の設計 ····· 347**

8.1　吸込管及び吐出し管の材料 ····· 347
8.2　吐出し管のスラスト支持 ····· 347
8.3　吸込管及び吐出し管の管厚 ····· 351
8.4　管継手 ····· 351
8.5　吸込管の設計上の留意点 ····· 354
8.6　吐出し管の設計上の留意点 ····· 356
8.7　水撃作用の軽減方法 ····· 359
8.7.1　水撃作用による被害 ····· 359
8.7.2　水撃作用の軽減方法 ····· 359
8.7.3　水撃作用の計算 ····· 362

**第 9 章　弁類の設計 ····· 399**

9.1　弁の種類と設置位置 ····· 399
9.2　弁の駆動方式 ····· 401
9.3　弁の取付位置 ····· 401

**第 10 章　補機設備の設計 ····· 409**

10.1　補機設備の種類と構成 ····· 409
10.2　給水系統補機設備 ····· 410
10.3　満水系統補機設備 ····· 419
10.4　燃料系統補機設備 ····· 424
10.5　始動系統補機設備 ····· 430
10.6　潤滑油系統補機設備 ····· 431
10.7　給排気系統補機設備 ····· 432
10.8　小配管類 ····· 433
10.9　配線 ····· 443

**第 11 章　監視操作制御設備及び電源設備の設計 ····· 451**

11.1　監視操作制御設備 ····· 451
11.1.1　運転方式 ····· 451
11.1.2　始動条件 ····· 454
11.1.3　保護装置 ····· 456
11.1.4　監視操作制御設備の機能 ····· 495
11.2　電源設備 ····· 498
11.2.1　電源設備の構成機器 ····· 498
11.2.2　自家用発電設備（補機用） ····· 507
11.2.3　配電設備 ····· 512

**第 12 章　吸込水槽及び吐出し水槽の水理設計 ····· 526**

12.1　一般 ····· 526
12.1.1　用水ポンプ場 ····· 526
12.1.2　排水ポンプ場 ····· 527
12.1.3　用排水兼用ポンプ場 ····· 528
12.2　吸込水槽の水理設計 ····· 530
12.2.1　導水路の設計 ····· 530
12.2.2　吸込水槽の設計 ····· 531
12.2.3　吸込水槽までの水理設計 ····· 538
12.3　吐出し水槽の水理設計 ····· 547
12.3.1　吐出し水槽 ····· 547
12.3.2　送水路（吐出し水槽以降） ····· 548

**第 13 章　ポンプ場の構造設計の基本 ····· 550**

13.1　一般 ····· 550
13.2　荷重の種類 ····· 552
13.3　荷重の組合せ ····· 553
13.3.1　安定計算における荷重の組合せ ····· 556
13.3.2　構造計算における荷重の組合せ ····· 559
13.4　荷重の算定 ····· 562
13.4.1　ポンプ荷重 ····· 562
13.4.2　土圧 ····· 603
13.4.3　静水圧 ····· 603
13.4.4　浮力又は揚圧力 ····· 603
13.5　耐震設計 ····· 604
13.5.1　吸込・吐出し水槽 ····· 604
13.5.2　杭基礎 ····· 619
13.5.3　建屋 ····· 619

**第 14 章　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計 ····· 633**

14.1　一般 ····· 633
14.1.1　構造の基本 ····· 633
14.1.2　荷重条件 ····· 633
14.1.3　部材設計 ····· 634
14.1.4　許容応力度法による部材設計 ····· 635
14.1.5　限界状態設計法による部材設計 ····· 641
14.1.6　構造解析の方法 ····· 645
14.1.7　ジョイントの構造 ····· 649
14.2　吸込水槽の構造設計 ····· 650
14.3　吐出し水槽の構造設計 ····· 652
14.4　吸込水槽の構造設計例 ····· 653
14.4.1　設計条件 ····· 653
14.4.2　設計方針 ····· 655
14.4.3　吸込水槽本体の設計 ····· 657
14.4.4　レベル 2 地震動に対する検討〔参考〕 ····· 685

## 第 15 章　基礎工の設計 ····· 705

15.1　基礎工の形式とその選定 ····· 705
15.2　直接基礎の設計 ····· 710
15.2.1　地盤の許容支持力 ····· 710
15.2.2　沈下量 ····· 715
15.2.3　基礎底版の構造設計用地盤反力 ····· 719
15.3　杭基礎の設計 ····· 720
15.3.1　設計の基本 ····· 720
15.3.2　杭基礎設計の手順 ····· 724
15.3.3　杭基礎の設計方針 ····· 724
15.3.4　杭の許容支持力 ····· 725
15.3.5　杭材の許容応力 ····· 748
15.3.6　主な既製杭の特徴 ····· 750
15.3.7　施工法による杭の分類 ····· 751
15.3.8　杭の構造細目 ····· 754
15.4　ケーソン基礎 ····· 763
15.5　地盤改良 ····· 763

## 第 16 章　建屋の設計 ····· 768

16.1　一般 ····· 768
16.1.1　建屋の設計に当たっての留意事項 ····· 768
16.1.2　想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等に対する対策 ····· 770
16.1.3　建屋の様式 ····· 773
16.1.4　機械搬入方式 ····· 776
16.2　各室の設計 ····· 778
16.2.1　ポンプ室 ····· 779
16.2.2　電気室、操作室、自家用発電機室 ····· 794
16.2.3　室内の設計 ····· 800
16.3　環境対策 ····· 802
16.3.1　騒音対策 ····· 802
16.3.2　振動対策 ····· 807
16.3.3　排出ガス対策 ····· 811
16.3.4　塵芥対策 ····· 812
16.3.5　景観対策 ····· 812
16.4　建屋の構造 ····· 813
16.4.1　構造形式 ····· 813
16.4.2　屋根の形式 ····· 814
16.4.3　壁体の形式 ····· 815

## 第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計 ····· 825

17.1　水門設備 ····· 825
17.1.1　ローラゲートとスライドゲートの比較 ····· 825
17.1.2　角落し ····· 827
17.2　除じん設備 ····· 828
17.2.1　スクリーン ····· 828
17.2.2　除じん機 ····· 830
17.2.3　搬送・貯留設備 ····· 830
17.3　迷入防止対策 ····· 830
17.4　クレーン設備 ····· 833
17.4.1　クレーン設備の選定 ····· 833
17.4.2　天井クレーンの形式 ····· 841
17.4.3　天井クレーンの定格荷重（クレーンフックにかけることのできる最大荷重） ····· 841
17.4.4　天井クレーン主要諸元、主要寸法他 ····· 845
17.5　換気設備 ····· 850
17.6　屋内排水設備 ····· 860

## 第 18 章　管理設備の設計 ····· 862

18.1　管理設備 ····· 862

18.2　管理運転設備 ····· 864

**第 19 章　ポンプ場施工上の留意事項 ····· 868**

19.1　施工計画及び施工管理 ····· 868
19.1.1　施工計画 ····· 868
19.1.2　施工管理 ····· 871
19.2　仮設工事 ····· 872
19.2.1　水替え ····· 872
19.2.2　安全施設 ····· 879
19.3　ポンプ場工事 ····· 879
19.3.1　掘削 ····· 879
19.3.2　基礎 ····· 880
19.3.3　吸込・吐出し水槽及び建屋 ····· 880
19.4　主ポンプ及び附帯設備の据付 ····· 882
19.4.1　据付仮設 ····· 882
19.4.2　主ポンプ、主原動機（電動機又は内燃機関）の据付 ····· 882
19.4.3　附帯設備の据付 ····· 882
19.4.4　試運転調整 ····· 883

**第 20 章　ポンプ場の運転管理 ····· 884**

20.1　管理規程等 ····· 884
20.2　運転管理 ····· 885
20.3　保守管理 ····· 886

**第 21 章　ポンプ場の保全管理 ····· 888**

21.1　ポンプ場の保全管理 ····· 888

**第 22 章　耐震診断 ····· 891**

22.1　耐震診断 ····· 891
22.1.1　耐震診断の目的 ····· 891
22.1.2　建屋の耐震診断 ····· 891

**第 23 章　ポンプ場用語集 ····· 893**

**参考資料－1　機場の河川管理施設等構造令との関係 ····· 929**

**参考資料－2　参考文献 ····· 937**

# 第1章　総　論

関連条項〔基準 2、運用 2、基準 3、運用 3、基準 5、運用 5〕

## 1.1　ポンプ場の変遷

⑴　明治時代

わが国においてポンプをかんがいに最初に利用したのは、1885 年（明治 18 年）、静岡県庵原郡飯田村（静岡市清水区飯田町）に設置されたポンプといわれている。また、排水用としては、1891 年（明治 24 年）に、新潟県北蒲原郡葛塚村新鼻新田（新潟市北区新鼻新田）に、福島潟周辺の低平地排水のために設置されたのが始まりといわれている。これらはいずれも蒸気機関駆動による渦巻ポンプであった。

1899 年（明治 32 年）に、初めて電力による 20 馬力（15kW 相当）のポンプが大阪に出現し、以後逐次蒸気機関にとって代わるようになった。このころのポンプは、英国のラストン、スイスのズルツァー、ドイツのオットーなどほとんど外国製のものであったが、1906 年（明治 39 年）10 月、井口在屋博士によって遠心ポンプに関する論文が発表され、その理論に基づいた「ゐのくち式ポンプ」が発明されてから、ようやく国産のポンプが使用されるようになった。

⑵　大正～昭和 10 年代

大正時代に入ってから国産の大型ポンプが製作されるようになり、農業用排水機としては、1924 年（大正 13 年）に井田川浦干拓工事（福島県南相馬市小高区井田川）において、口径 560mm、排水量 34m$^3$/min、揚程 1.2m の大型低揚程渦巻ポンプが 2 台設置された。また、岐阜県海津郡海津村（海津市）に口径 600mm のポンプが直列、並列切替えとして設置され、1926 年（昭和元年）に新潟県の東大通川に口径 970mm のポンプが 4 台、1927 年（昭和 2 年）には、群馬県邑楽郡の板倉排水機場（邑楽郡板倉町）に、当時としては、わが国最大の口径 1,200mm のポンプが 4 台設置された。なお、大正時代における国産品はいずれも渦巻ポンプが利用されている。

一方、排水ポンプの原動機は、今までの蒸気機関主流から電動化される傾向が大正初期から現れてきた。これは、大規模排水ポンプ場の場合、固定式であること、電力消費量が大きいため配電線を架設しても採算が合うこと、排水ポンプ場の運転時間が降雨時で、電力余剰期であるため電力会社との契約が有利なこと等によるものであった。この電動化はポンプの構造を変化させ、電動機と直結でき、吐出し側において脈動が少なく、大容量、低揚程の排水ポンプに適する渦巻ポンプを主流として普及させた。昭和の初期になると電力の供給過剰はさらに進んだため、原動機の電動化は急速に進み、管理費の節減が図られるとともに施設も大規模となり、受益面積が増大し、反当賦課金も逓減することとなった。

軸流ポンプは、低揚程排水用としての適性が指摘された大正中期から研究されてきたが、一般の認識が得られず、1927 年（昭和 2 年）、新潟県中蒲原郡の嘉瀬耕地整理組合（新潟市江南区嘉瀬）に口径 760mm 1台が据付けられたのが最初とされている。これを契機として次第に普及しはじめるとともに性能向上も図られ、その過程で、広範囲な揚程の変化に対して効率よく排水を維持できる可動羽根軸流ポンプの開発が行われた。1931 年（昭和 6 年）に井田川浦干拓工事（福島県南相馬市小高区井田川）で設置された排水機場に口径 1,140mm 2 台が使用され、国営巨椋池干拓事業（京都市伏見区）では 1934 年(昭和 9 年)以降 6 ヵ年計画で、可動羽根軸流ポンプで口径 1,320mm 8台、1,150mm 2台の合計10台が据付けられ、当時としては東洋一を誇ったものである。

⑶ 昭和 20 年（1945 年）以降

昭和 10 年代以降は国際関係の悪化と第二次世界大戦中の孤立化のため、この間、わが国の技術的遅れは 10～30 年といわれた。戦後、食料自給体制強化の要請から土地改良事業が急激に拡大されるとともに、かんがい排水事業におけるポンプの利用も増大の一途をたどった。その最初の段階は、中小型渦巻ポンプ及び軸流ポンプの大量需要に対して標準化を行い、これを標準構造のポンプ場に設置する形で進められた。その後、土地改良事業が大規模化するにつれて、従来の小規模分散形態から大規模集約化へと発展し、ポンプ設備に対する大型化、高度化への要求と、農業土木技術の進歩に支えられてポンプの開発も著しく促進され、記録的な大容量のポンプ場が次々に誕生した。この間に開発普及された機種としては、斜流ポンプ及びチューブラポンプ等がある。

① 斜流ポンプ

1950 年代前半､火力発電用コンデンサー循環ポンプとして米国から輸入されたのを契機として、にわかに注目され開発が進められた。水量が大きく、揚程は比較的小さいが変化の多いかんがい排水用としては非常に適したタイプである。在来の軸流ポンプでは揚程の変化に伴う負荷変動を抑制するのに可動羽根機構が開発されたが、構造的にはやや複雑となり、特に横軸では可動機構の保守が面倒であった。一方、渦巻ポンプは低揚程の場合回転が遅く、形態も大きくなって不経済である。この両者の欠点を補い、中間揚程に適用できると同時に広範囲な水量・揚程の変化に対して可動羽根軸流ポンプの特性を満たすことを可能にしたものが斜流ポンプであった。1952 年(昭和 27 年)から中･小型のものが使われはじめたが､大型の第 1 号として設置されたものは、1954 年（昭和 29 年）に増設された巨椋池の口径 1,400mm の横軸斜流ポンプであった。

② チューブラポンプ（円筒型）

このポンプは、特に大容量の場合が有利とされている。それは、ポンプと原動機部分を一体化して内蔵させ、吸込・吐出し管と直線状にポンプを装着できるので、在来の軸流系横軸ポンプにおける吐出し管形状と比較した場合､ポンプ場､基礎､建屋が非常に簡略化されるばかりでなく、床版荷重を軽減することが可能であり、ポンプ規模が大きいほど工事費等が節減できるからである。したがって、土木技術の対応とも考え合わせて、超大型のポンプ場の建設を可能にしたと言える。1966 年（昭和 41 年)、国営十三湖干拓建設事業（青森県つがる市車力町）において設置された口径 1,200mm×1 台、800mm×2 台が最初とされ、1970 年（昭和 45 年）には、国営新川河口排水機場（新潟市西区五十嵐）（可動羽根軸流形、口径 4,200mm×6 台）のような東洋一といわれている記録的なポンプ場が完成している。

③ 水中モータポンプ

1953 年（昭和 28 年）に深井戸用として水中モータポンプが西ドイツとの技術提携によって導入され、国産化がなされた。深井戸用は、水中モータの開発により、ポンプと電動機を一体化して吐出し管で井戸中に吊下げる形となり、現在ではほぼ深井戸用として全面的に普及している。深井戸用に次いでこれ以外の水中モータポンプも開発された。水封式電動機の絶縁処理技術が進み､現在では低圧のみならず高圧 3～6kV で出力 500kW 程度まで水中モータとして使用されるに至った。また、乾式電動機の水中モータの技術も進み、水封式に比べて電動機が安価なことに加え、建屋の必要がないことから、中・小型用として利用を広めつつある。

⑷ 近年の自動制御技術の進歩

以上のように、新しい機種形式の開発や大型化が進む一方で、自動制御技術が大きく進歩し、ポンプの操作、管理の面で合理化が進んだ。

運転方法についてみると、ほとんどの場合、自動化の方向に進んでいる。自動運転の内容は、始動・停止のみを連動化した自動操作方式から、全自動制御方法まで、きわめて多岐にわたっているが、労力の節減、運転効率の向上、管理の迅速・適正化などの要求から、これからもますます高度化していくものと予測される。

ポンプの始動・停止操作を定められた順序・方法により連動させ、操作員がポンプ場内の操作室や配電盤室にある操作盤、又は配電盤上の操作スイッチの一動作だけで運転できる一人制御方式は、ほとんど一般化し、運転中の弁開度、羽根角度の調整、回転速度の制御などの諸調整も操作盤上で行い、各種の保護警報表示装置と計器により、安全確実に運転監視ができるようになってきた。さらに、ポンプ場を無人化し、遠方の操作室から一人制御を行う遠方制御方式も一般化した。

また、フロートスイッチや圧力スイッチによる小型ポンプの自動始動・停止のようなごく簡単なものから、一人制御における自動操作・台数選択操作・各種の量の自動制御等を組合せた複雑なものまでの操作を完全に無人化、又は人為操作、調節を必要としない全自動運転方式や、さらに、フィードバック動作を伴う各種の調節操作と、これに加えて定値制御、追従制御、比率制御、プログラム制御などを行う完全自動制御方式も普及している。

## 1.2　技術書の目的

この技術書は、国営土地改良事業の実施に当たり、ポンプ場の設計・施工において遵守すべき規定の「基準書」で一律に定められない事項、地域の特性や個別の地形、地質条件及び現場条件等によって選択性のある事項、一般的な技術解説、標準的な事例及びその他参考となる事項等の具体的な内容について解説する。

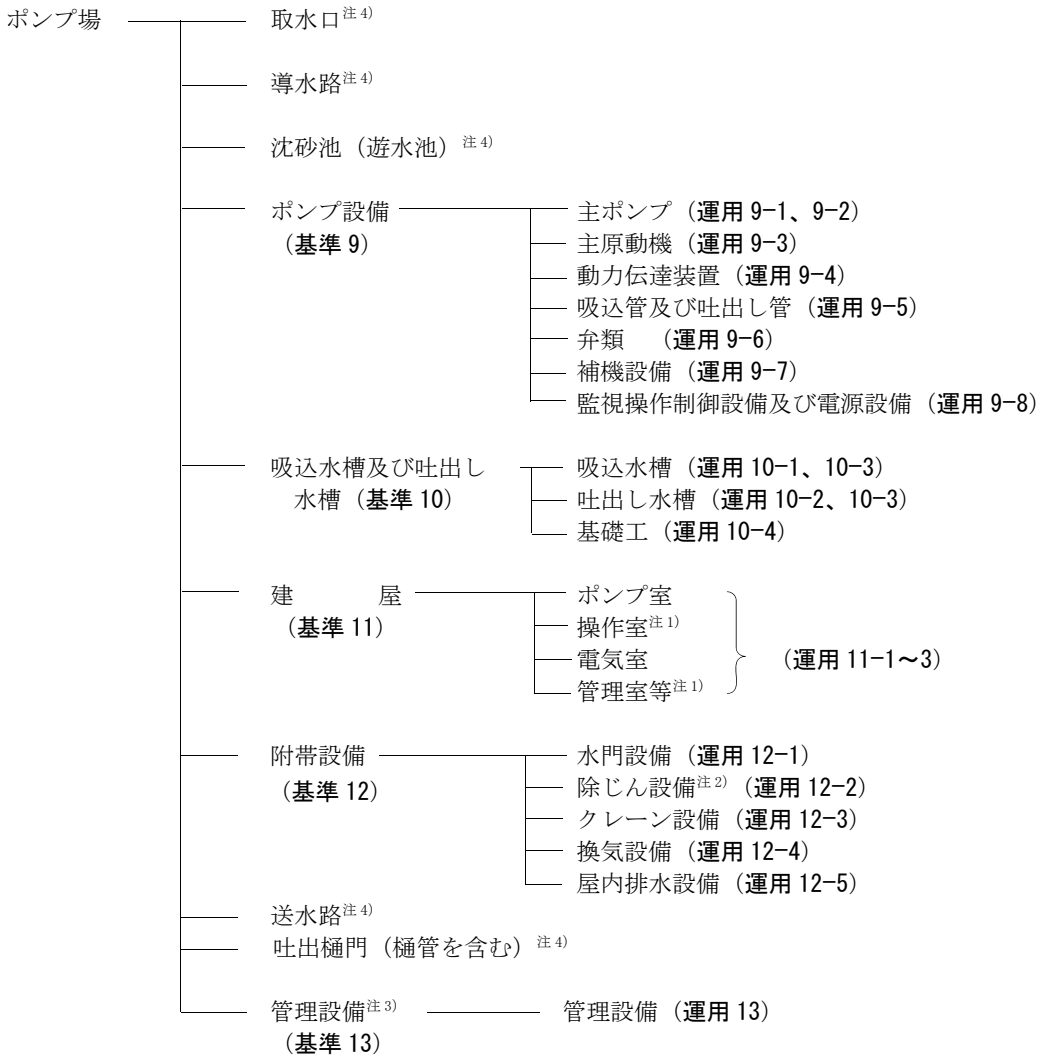
したがって、個々の設計・施工に当たっては、現地の諸条件を的確に反映し、その目的、位置、規模と社会条件及び施工条件等の実情に即した機能や性能を備える必要があり、かつ、環境との調和や景観に配慮しつつ適切な運用を図り、きめ細かな設計・施工を行う必要がある。

なお、技術書にまとめられない事項等について、別途技術指針等の技術資料として取りまとめられるものもあるので、設計に当たってはこれらの指針等を参考にするものとする。

## 1.3 設計の基本

### 1.3.1 ポンプ場の施設構成

一般的に、**図-1.1** に示すような施設で構成される。




注 1）ポンプ場外の中央管理所等に設ける場合もある。
2）取水口、導水路、沈砂池等に設ける場合もある。
3）ポンプ場建屋内に設ける場合もある。
4）本技術書で取扱っていない施設を示す。

**図-1.1** ポンプ場の構成

ここで示しているのは、一般的な構成例で、上記以外の施設が追加されるものや、このような構成をとらないポンプ場も多く存在する。

なお、一般的なポンプ場（用水及び排水）の施設例を、**図-1.2**、**図-1.3** に示す。

また、加圧ポンプについては、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（以下、設計基準「パイプライン」と示す）によるものとする。

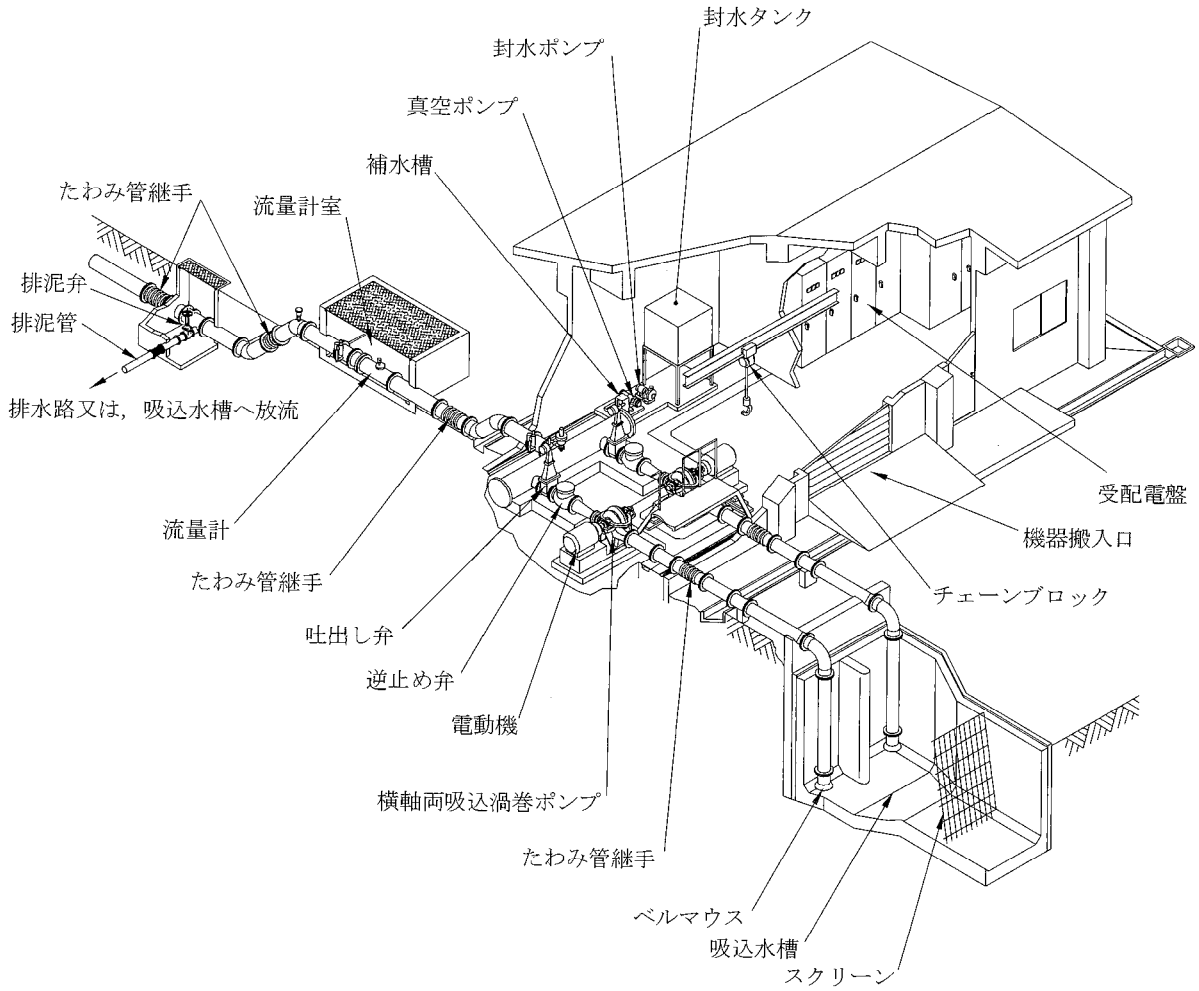



**図-1.2**　ポンプ場（用水・横軸両吸込渦巻ポンプ）の施設（例）

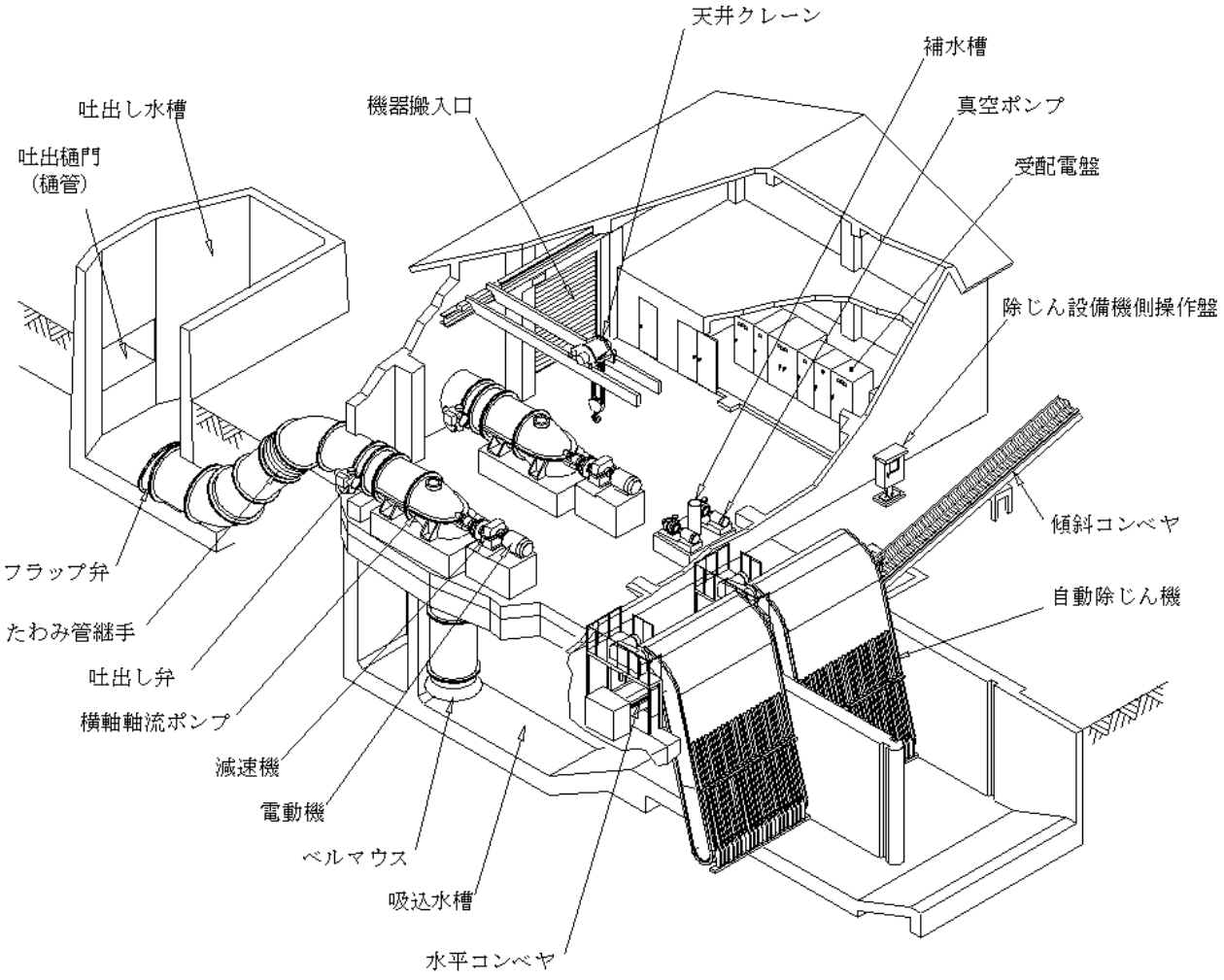



**図-1.3** ポンプ場（排水・横軸軸流ポンプ）の施設（例）

### 1.3.2　設計の基本

**基準 3** 及び**運用 3** では、ポンプ場の設計に関する基本的な方針を規定している。具体的には、次に示す諸条件を総合的に検討し、必要とされる機能と安全性を確保した上で、できるだけ経済的な施設とする必要がある。

⑴　ポンプ場の組織的な水利条件を把握する場合、特に次の事項について留意する必要がある。

①　現況用排水系統と計画用排水系統との関係

②　用排水慣行とポンプ場計画との関係

③　用排水路系とポンプ場との組織的な水利計画及び水理・構造設計上の関係

⑵　ポンプ場の位置は、受益地区の地形等に応じた水理、構造条件の確保、環境条件の適合性を考慮して、用排水計画を検討する過程で、概定的に候補地を選び、さらに総合的な検討を加えて決定する必要がある。「**第 2 章　ポンプ場の設計に必要な各種調査**」、「**第 12 章　吸込水槽及び吐出し水槽の水理設計**」を参照のこと。

①　位置の概定に当たっては、受益地区全体の用排水計画において、当該ポンプ場が受け持つ機能を十分確保するために最も有利な位置とする。なお、概定した位置については、当該ポンプ場の機能を制約する条件について、地域振興（地域開発）計画との関連、騒音、振動等の公害防止対策等を十分に検討しておく必要がある。

②　位置の決定に当たっては、概定した候補地を次の各項に示す諸条件について総合的に検討し、最も有利となる位置をポンプ場の位置として決定する。

(i)　地形条件

a. 受益地域とポンプ場との位置関係は、用水ポンプ場では、地域の最上流部、排水ポンプ場では、地域の最低位部となることが多く、内外水位の関係からは、できるだけ揚程が小さくできること。

b. 河川取水等の場合は、土砂、浮遊物の流入堆積の少ないところとし、洪水に対し施設の安全とその機能が確保できること。

c. ポンプ場に接続する導水路又は送水路の延長をできるだけ短くし、その線形を極力直線的に選定できること。

(ii)　地盤条件

a. 基礎工が安全かつ経済的に施工できること。

b. 将来、地盤沈下や地滑り等が起こる危険性がなく、地盤が安定していること。

なお、計画地域が地盤沈下地帯の場合は、あらかじめ沈下の動向を十分把握し、それを設計に反映させる必要がある。

(iii)　環境条件

a. 環境保全用地、防災用地等地域の土地利用計画との調和が図られること。

b. 周辺環境の動植物の生息・生育環境の保全が図られていること。

c. 環境との調和や景観に配慮した資材の活用が図られていること。

d. ポンプ場の設置に伴い、近傍の既存施設等に障害となるものが少ないこと。

e. 騒音、振動、排気ガス等が周辺の公害問題とならないこと。

f. 地下水の利用に当たって、周辺に悪影響を及ぼさないこと。

(iv) その他

a. 用地確保が容易であること。

b. 施工時及びポンプ場完成後に必要な動力源の確保が容易であること。

c. 資機材の搬入、搬出が便利であること。

d. 仮設工事の施工が容易であること。

e. 管理が容易であること。

⑶ ポンプ場は、吸込水槽及び吐出し水槽、ポンプ設備等を収容・保護する建屋及び附帯設備等からなり、目的とする揚水機能に合致するとともに、環境条件を考慮して基礎工の選定、建屋の構造、附帯設備の規模等について、十分に検討する必要がある。「**第 13 章　ポンプ場の構造設計の基本**」、「**第 14 章　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計**」、「**第 15 章　基礎工の設計**」、「**第 16 章 建屋の設計**」、「**第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計**」を参照のこと。

⑷ ポンプ場の構造形式は、主として地形、地質、水象等物理的な諸条件及びポンプ機種の特性に対し機能が確保できるとともに、建屋構造、ポンプ設備、管理設備、導水路、送水路、附帯設備等が適正に組み合わされて一体として構成される必要がある。「**第 5 章　主ポンプの設計**」、「**第 8 章　吸込管及び吐出し管の設計**」、「**第 13 章　ポンプ場の構造設計の基本**」を参照のこと。

⑸ ポンプ設備は、主ポンプのほか主原動機、補機等をいう。ポンプ設備の規模、諸元の決定に当たっては、計画揚水量を的確に、また効率よく揚水できるとともに、安全でかつ経済的なものとする。「**第 6 章　主原動機の設計**」、「**第 7 章　動力伝達装置の設計**」、「**第 9 章　弁類の設計**」、「**第 10 章　補機設備の設計**」を参照のこと。

なお、運転管理方式及び管理体制等についてもあらかじめ十分検討する必要がある。

⑹ 主ポンプの形式は、軸形式・機種形式・据付形式等の組み合わせからなり、水力学的条件、構造条件、運転管理条件等によって適正に選定する必要がある。「**第 5 章　主ポンプの設計**」を参照のこと。

⑺ 管理設備は、ポンプ場の運転管理を合理的に行うため目的に応じた施設を必要に応じて設ける。管理設備は、主ポンプが安全で確実に運転でき、かつ操作取り扱いが容易な運転方式を選定し、適正な運転制御設備の構成等について十分に検討する必要がある。「**第 11 章　監視操作制御設備及び電源設備の設計**」、「**第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計**」、「**第 18 章　管理設備の設計**」、「**第 20 章　ポンプ場の運転管理**」を参照のこと。

⑻ ポンプ設備は、その機能を常に発揮できるように維持しておく必要があるので、定期的な管理運転が重要である。管理運転の方法については、実際の運転と同様な実負荷運転を原則とする。水位関係、ポンプ場の立地条件等により実負荷運転ができない場合は、低速度運転、少水量での再循環運転、原動機単独運転等を考慮する。ポンプ設備及び土木構造の決定に当たっては、これらの管理運転方式について、十分検討する必要がある。

①　かんがいポンプ及び常時排水ポンプ

かんがいポンプ及び常時排水ポンプの場合、運転期間中は長期間にわたり連続運転となり、管理運転を必要としない。

②　洪水時排水ポンプ

洪水時排水ポンプの場合、ポンプ運転の頻度は少ないが、運転時には確実な始動が必要である。したがって、管理運転は運転期間に入る前と運転期間中に行うことが望ましい。

主な管理運転方式例は「**第 18 章　管理設備の設計**」を参照のこと。

⑼　附帯設備は、ポンプ設備の運転管理のためにポンプ場内に設けるものと、ポンプ場の各種施設の保護、管理のためにポンプ場外に設けるものとがある。附帯設備については、ポンプ場の規模、重要度、立地条件等により検討し、必要に応じて設ける。「**第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計**」を参照のこと。

⑽　施工計画は、ポンプ場の構成、規模に応じて土木工事、建築工事、施設機械工事等の各工事の工程調整を十分検討するとともに、工事現場の施工条件等を考慮した工事の施工計画を立案し、安全かつ経済的なものとする必要がある。「**第 19 章　ポンプ場施工上の留意事項**」を参照のこと。

⑾　ポンプ場を経済的な施設とするためには、施設造成のための初期投資費（建設コスト）のみならず、管理費（ランニングコスト）や将来的に必要な施設更新等も考慮したライフサイクルコストの観点からその経済性を検討する必要がある。

なお、ポンプ直送式の送水管路を設ける場合は、当該管路を含めた施設全体を対象とした経済性を検討する必要がある。

ポンプ場等土地改良事業で造成される施設のほとんどは当該世代の施設一代のみではなく、更新を繰り返しながら数世代の長期にわたって使用されるものであり、これらそれぞれに要する管理費やランニングコスト及び施設の更新費等は受益農家等が長期にわたって経済的に負担して行くものである。

そのため、ポンプ場の計画に当たっては、当該施設の建設コストに加えランニングコストの低減という観点から、①水利用条件や用排水計画に基づき、効率的・経済的な運転や運用が計れるポンプ設備や施設等の検討、及びこれらの運転等に関連して必要となる塵芥処理等の作業やこれらを効率的に行うために必要な附帯施設等の検討、②長期間に渡り必要な機能や性能を安定的・経済的に維持するための定期点検や部品交換、補修等ポンプ設備のメンテナンスやその計画に関する検討、③当該ポンプ場の設置目的や運用形態等を踏まえ、効率的かつ経済的な次期ポンプ場の全面更新を念頭に置いた施設配置計画やその他必要な検討、など建設から運用及び次回更新までを踏まえた経済性についての検討が必要である。

ポンプ場を設計する場合の一般的な設計条件を、**表-1.1** に示す。

**表-1.1** 一般的な設計条件

| 項目 | | 内容 |
|---|---|---|
| 用途・取扱液質・温度 | | 用水、排水、用排水兼用、水質による摩耗、腐食等 |
| 仕様・運転条件 | 台数 | 台数分割 |
| | 吐出し量 | 吐出し量に変動がある場合は、計画、最大・最小又は時間、期別の変動範囲等 |
| | 揚程 | 実揚程、全揚程又は、圧力、吸込・吐出し水位又は圧力、揚程変動のある場合は変動範囲等 |
| | 据付条件 | 運転吸込水位、地形、据付高さ |
| | 運転条件 | 主ポンプの始動、停止、制御に関する条件（水位、圧力、流量）あるいは既設ポンプ設備との関連等 |
| | 運転時間 | 吐出し量、揚程に変動がある場合は頻度分布 |
| | その他 | 流入量変化と貯留量特性（排水機計画の場合）、年次的拡張計画、管理運転方式等 |
| 立地条件 | 機場用地 | 面積、地形、地盤高、地質、地盤沈下量 |
| | 管路ルート | 縦断プロフィール、サージタンク用地 |
| | 環境条件 | 騒音・振動対策、日照権、電波障害、大気汚染防止法、搬入道路、輸送限界、重量制限等 |
| | その他 | ポンプ場付近の洪水位、波浪の影響、冷却水・潤滑水源の有無 |
| 操作・制御方式 | | 手動・自動、機側・遠方等の操作方式、自動制御（吐出し量、圧力、水位、軸動力）方式 |
| 電源・原動機 | | 周波数、受電電圧、受電方式、主原動機の指定、高調波、落雷対策等 |
| 工期・施工限界 | | 関連他工事との工程・施工限界等 |
| 危機管理 | | 既往最高湛水位他による浸水対策等 |

### 1.3.3　ポンプ場の標準的な設計手順

**基準5**及び**運用5**では、ポンプ場の設計手順に関する基本的事項を規定している。

ポンプ場設計の標準的な手順をフローチャート（**図-1.4**）に示す。実際の設計作業においては、ここで示すそれぞれの過程の一つにおいても細かなフィードバックが繰返されることになる。

なお、農家、地域住民、予定管理者及び有識者等の意向をできる限り設計に反映させることが重要である。

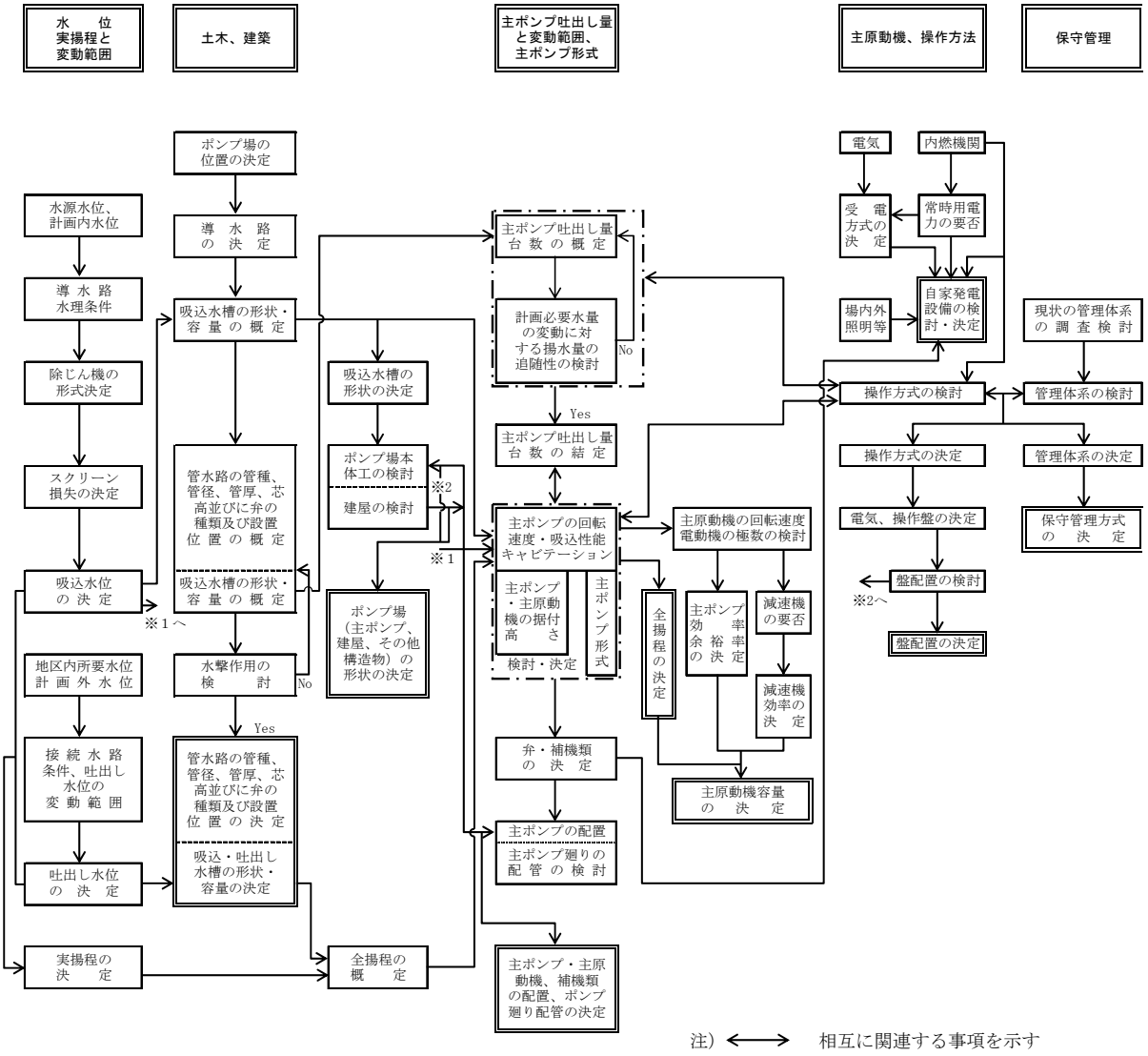



**図-1.4**　ポンプ場の標準的な設計手順

### 1.3.4 環境との調和に配慮した設計に関する基本的な考え方

調査結果によって、環境との調和への配慮対策が必要と確認された場合は、その具体的な対策方法を検討する。

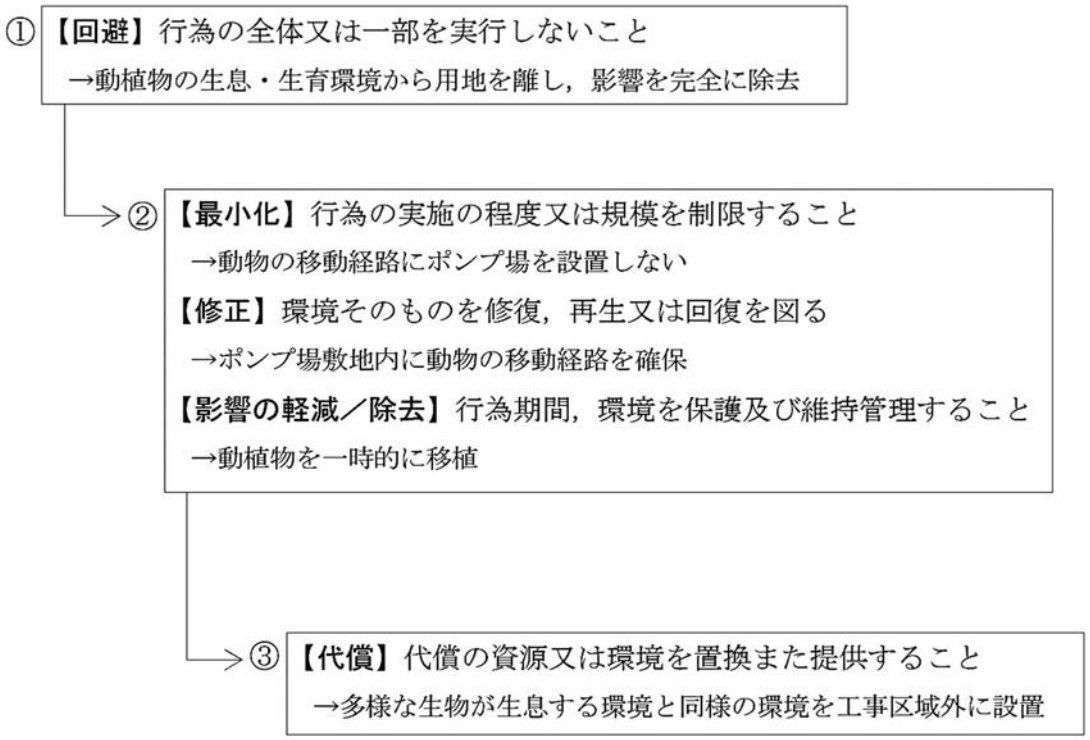
環境との調和に配慮する対策は、ミティゲーション 5 原則により選定することを基本とする。ミティゲーション 5 原則の適用に当たっては、農業生産性の向上等の事業目的確保への影響や費用、維持管理費等の観点から、実施の可能性を順次検討し、最も適当なものを選定する。

5 原則の対策は、それぞれ計画、設計、施工の各段階の必要な時期に検討する。

〔参 考〕ポンプ場におけるミティゲーション 5 原則適用の考え方

ポンプ場の計画段階におけるミティゲーション 5 原則適用に当たっては、「回避」としての代替用地を検討する。代替用地の取得が困難な場合には、「最小化」、「修正」、「軽減・除去」の可能性を検討する。「代償」は、他の措置を検討した上でさらに生じる環境影響について行うものと考えられる。

**計画の考え方**【ミティゲーション 5 原則】




注）ミティゲーション（mitigation）とは、事業が環境に与える影響を回避や軽減などの措置により緩和する措置をいう。米国国家環境政策法（NEPA）に基づき環境諮問委員会が作成した NEPA 施行規則においては、ミティゲーションとして、回避（avoidance）、最小化（minimization）、修正（rectifying）、軽減／除去（reduction／elimination）及び代償（compensation）が示されている。

### 1.3.5　性能規定の基本的な考え方

わが国で適用される技術基準は、WTO 協定附属書 1（貿易の技術的障害に関する協定）及び WTO 協定附属書 4（政府調達に関する協定）に基づいて定められる必要がある。これらの協定によれば、関連する国際規格が存在する時は、当該国際規格が優先されるとともに、技術仕様については、「デザイン又は記述的に示された特性よりも性能に着目して定める」性能規定とすることが求められている。そのため、国内設計基準は従来の仕様規定型基準から性能規定型基準へ転換されてきている。

国内では、「基準の内容が技術革新に対して柔軟に対応できるよう、仕様規定となっている基準については原則としてこれをすべて性能規定化するよう検討を行う（規制緩和推進 3 か年計画：平成 13 年 3 月 30 日閣議決定）」とする政府の方針を受け、平成 14 年 10 月には国際標準に対応した構造設計に係わる技術標準の策定・改訂の基本的方向を示した「土木・建築にかかる設計の基本（国土交通省）」が策定されている。こうした背景から各種技術基準類の性能規定化が順次進められているところである。

このため、農業農村整備事業においても、今後、情報開示や説明責任の原則に従って進めていくためには、仕様規定型から性能規定化の理念に沿って進めていくことが有効であり、また国際規格との整合性を確保することが重要なことから、本基準においても、一部性能規定を導入している。ただし、現段階では、「ポンプ場」を構成するすべての技術分野での知見が得られている訳ではない。このことから、ポンプ設備の設計について性能規定を導入することとし、土木・建築構造物の構造設計については、可能な限り既存文献に準じ限界状態設計法による性能規定を導入している。

⑴　ポンプ設備に関する性能規定

ポンプ設備については、設計、施工方法を限定せず、所要の性能を実現できる技術に関し幅広く検討を行い採用できる性能規定を導入している。

なお、詳細な設計方法については、「**第 4 章　ポンプ設備の設計**」を参照のこと。

⑵　土木構造物の構造設計

吸込・吐出し水槽の構造設計は、適切な手法を適用して行う。コンクリート構造物の部材設計の性能照査手法のうち安全性に対する照査手法には、主に許容応力度法と限界状態設計法がある。安全性の照査には、要求性能の水準に応じた照査手法を用いることとする。

許容応力度法の詳細は「**14.1.4　許容応力度法による部材設計**」に、限界状態設計法の詳細は「**14.1.5　限界状態設計法による部材設計**」に示している。

以下に、その基本的な考え方を示す。

①　要求性能

構造物の設計を行う場合、構造物の設計耐用期間をあらかじめ設定する必要がある。設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間と維持管理の方法、環境条件、経済性等を考慮して定めるものとする。

吸込・吐出し水槽に対する要求性能は、次のとおりである。

耐久性：想定される作用の下で、構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性。

安全性：想定されるすべての作用の下で、構造物が使用者や周辺の人の生命、身体及び財産を脅かさないための性能。

使用性：想定される作用の下で、構造物の使用者及び周辺の人が快適に構造物を使用するための性能及び構造物に要求される諸機能に対する性能。

耐震性：地震の影響による作用の下で、構造物が有する抵抗性。

復旧性：地震の影響等の偶発荷重等によって低下した構造物の性能を回復させ、継続的な使用を可能にする性能。

環境適合性：地球環境、地域環境、作業環境、景観に対する適合性。

また、常時及び地震時における、要求性能の水準と構造性能照査方法は「**13.5.1　吸込・吐出し水槽**」に示している。

② 信頼性の検証

設計された構造物については、要求性能を満足することを適切な方法を用いて検証しなければならない。要求性能を満たすことの検証方法としては信頼性設計を基礎とするが、設計時点の技術水準から判断して、信頼性に基づく方法の適用が困難と考えられる場合はその限りではない。

信頼性設計の評価方法には、「**〔参考〕**信頼性設計の評価方法」に示すとおり、レベルⅠ～Ⅲの方法があるが、標準的な方法として、当面はレベルⅠ（安全係数法）を適用する。

ここで、「信頼性設計を基礎とする」とは、「限界状態を設定して作用及び構造物の耐力が有する不確定要素を考慮し、設計供用期間内に限界状態を超える状況の発生を許容目標範囲内に収める」ことを意図している。限界状態には安全性、耐久性、使用性、耐震性等が定義されるが、本技術書においては「耐震性」、及び「安全性（断面破壊）」の限界状態の適用を「**14.1.5 限界状態設計法による部材設計**」で記述している。

なお、信頼性設計の考え方に基礎をおく過程においては、信頼できる基礎データが参照されることが重要であり、このための基礎データの蓄積と情報公開が肝要となる。

一方で、設計基準等で施設ごとの安全係数を示すことになれば、設計者は確率理論の知識がなくとも、安全係数を導入した照査式を満足させれば一応の設計ができることとなる。しかし、設計者が安全係数の本質を理解していないと、入力パラメータ等の決定方法に十分な注意を払わず、設計基準等の意図と異なる設計となるおそれがあることに留意する必要がある。

**〔参　考〕**信頼性設計の評価方法

レベルⅠ：直接的比較又は確率に基づく方法により求めた安全係数を定めた上で、荷重や強度等の不確定な各パラメータに対しそれぞれ安全係数を乗じることにより、その破壊モードに対する信頼性を定める方法

レベルⅡ：荷重や強度等の各パラメータの平均値及び分散により求まる信頼性指標$\beta$を設定した大きさになるようにする設計法

レベルⅢ：荷重や材料物性等、設計に用いる不確定なパラメータすべての確率分布を必要とし、限界状態を超過する確率を設定した大きさになるようにする設計法

# 第 2 章　ポンプ場の設計に必要な各種調査

関連条項〔基準 6、運用 6-1～6-9〕

## 2.1　気象・水象・海象調査

気象・水象・海象調査の対象としては、気温、降水量、減水深、蒸発散量、風向、風速、河川・湖沼等の水位・流量、海の潮位・潮汐等があり、計画、設計、施工、管理のそれぞれに関し深い関わりを有している。

気象・水象・海象調査は、特に計画段階に重点がおかれる。すなわち、計画段階では、基本的条件である計画用水量、計画排水量、計画吸込水位、計画吐出し水位等を決定するための調査が行われ、設計・施工段階では、ポンプ形式の決定、吸込・吐出し水槽等の水理設計・構造設計、施工計画及び管理計画を立案するに必要な調査が中心となる。しかし、計画から設計、施工の段階まで相当の期間が経過することが考えられるので、計画段階から必要な箇所には雨量、流量等の計測施設を設け、計測を継続するとともに、設計、施工の完了まではもちろん、管理の段階でも必要と思われる観測所は存続して、絶えず最新の資料を収集、検討することが必要である。

⑴　気象

計画対象地域に関係する気象観測所の記録を 10 カ年以上収集して、地域の気象状況を把握し、計画及び設計に役立てる。

①　用水計画に使用される気象資料の整理項目

夏期、冬期及び年間の平均降雨量、気温、平均降水日数、最大連続干天日数、根雪期間、無霜期間、最多風向、風力等

②　排水計画に使用される気象資料の整理項目

①に示す項目の他に、最大日雨量、最大 4 時間雨量、最大時間雨量、最大連続雨量、3 日連続雨量

⑵　水象

①　流量

河川・湖沼の流量の観測記録から設計・施工・管理に必要な流量を求める。当該地点に記録がない場合は、近傍の観測記録を収集し、これにより推算する。

なお、観測項目としては、次のような資料が必要となる。

洪水流量、高水流量、豊水流量、年平均流量、平水流量、低水流量、渇水流量

②　水位

用水計画では、取水河川又は湖沼において、一かんがい期以上継続して観測し、また排水計画では、外水位すなわち排水本川の高水位及び継続時間が最も重要な要素であるから、長期にわたり最新の資料を収集できるよう考慮する必要がある。特に排水本川が河川の場合、河川改修の状況、河床の変化及び河川上流の治山、治水あるいは地表の変化等によって水位及び流量に変化を来すので、新たに観測施設を設置することが望ましい。

なお、異常洪水等におけるポンプ場の浸水対策等の検討を行うため、計画地区内の内水位については、過去の洪水痕跡、古文書、土地改良区等の記録、古老の記憶等、既往最大級の洪水時の資料や、気象、地形等の条件が類似する地方の洪水記録資料、並びに異常洪水、高潮、津波等のハザードマップ・浸水想定図についても併せて調査しておくことも大切である。

外水位に関する観測項目としては次の資料が必要となる。

洪水位、高水位、豊水位、年平均水位、平水位、低水位、渇水位

⑶ 海象

排水計画では必要な海面潮位変動について調査する。観測項目としては次の資料等が必要となる。

既往最高潮位、平均潮位、既往最低潮位、大潮・小潮の干満潮位

## 2.2 河川・湖沼・海浜の状況調査

河川・湖沼・海浜の状況調査の項目には、河床等の状況、塵芥、水質等がある。

⑴ 河床等の状況

河床等の状況の調査は、主に河床形状（平面及び縦横断）について行う。取水口の敷高あるいは排水口の敷高を決定する場合や接続導・送水路の設計を行う場合には、河床の将来の上昇、あるいは低下等、その変化を調べておくことが必要である。そのためには、現在の河床が平衡状態にあるか、又は低下あるいは上昇しつつあるかについて調査する。既存資料の入手ができない場合は、聴き取り等により調査し、河床変動の状況を把握しておく必要がある。

また、海浜に設置するポンプ場は、吐出し側の放水路等の吐出し口が漂砂や飛砂により閉塞されるおそれもあるので、海浜の変動状況等について把握しておく必要がある。

⑵ 塵芥

塵芥がポンプ場に大量に流入した場合には、ポンプ機能に大きな支障を来すおそれがあるので、ポンプ場の計画に際してあらかじめ近傍類似地域の塵芥の集積・滞留の量と、塵芥の質について実態を調査しておく必要がある。

なお、ポンプ場に流入した塵芥による主な問題点は次のようなことが考えられる。

① スクリーンに集積し、滞留した塵芥による損失水頭

② スクリーンに集積し、滞留した塵芥の除去と処理のための経済損失

③ スクリーンを通過した塵芥によるポンプ故障

①については、スクリーン前面に集積し、滞留した塵芥を除去することによって防ぐことができるが、②の問題は不可避である。

②の問題のうち、塵芥の除去については、直接人力で除去する場合と機械（自動除じん機等）で除去する場合がある。また処理については、特に近年塵芥に対する公害意識が顕著になり、除去した塵芥は、埋立地への投棄、焼却等関係法規に従って処理する必要がある。

③については、塵芥の流入状況やスクリーンの目幅等を考慮して除じん方法の検討を行う必要がある。

**〔参 考〕**2000 年（平成 12 年）6 月「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下、「廃掃法」という。）の一部改正が行われ、「何人も特別の場合を除き、廃棄物を焼却してはならない。」（廃掃法第 16 条の 2）こととなり、本規定に違反すると「3 年以下の懲役若しくは三百万円以下の罰金」（同法第 26 条）に処されることとされた。このため、土地改良施設の管理において発生する塵芥等の処理についても本法律が適用されることになるが、同法第 16 条の 2 第 3 号で適用対象外となる「政令で定めるもの」について、同法施行令（焼却禁止の例外となる廃棄物の焼却）第 14 条に「法第 16 条の 2 第 3 号の政令で定める廃棄物の焼却は、次のとおりとする。」として、下記が記載されている。

一 国又は地方公共団体がその施設の管理を行うために必要な廃棄物の焼却

四 農業、林業又は漁業を営むためにやむを得ないものとして行われる廃棄物の焼却

〔参　考〕

**表-2.1**　排水ポンプ場における地域別塵芥集積状況[注)]

| 地　域　名 | 平均支配面積 (×10,000m$^2$) | 都 市 化 率 (%) | 平均計画排水量 (m$^3$/s) | かんがい期塵芥集積量 (kg/10,000m$^2$/月) | 非かんがい期同左 (kg/10,000m$^2$/月) |
|---|---|---|---|---|---|
| 北　海　道 | 1,338 | 0.7 | 9.6 | 1.0 | 1.0 |
| 東　　北 | 810 | 11.3 | 6.5 | 3.3 | 4.7 |
| 関　　東 | 1,476 | 10.2 | 8.5 | 1.8 | 1.1 |
| 北　　陸 | 1,903 | 25.7 | 20.4 | 4.4 | 3.2 |
| 東　　海 | 1,097 | 22.9 | 7.9 | 22.3 | 14.6 |
| 近　　畿 | 1,962 | 26.0 | 13.6 | 6.5 | 8.4 |
| 中　四　国 | 950 | 15.0 | 6.3 | 35.0 | 34.5 |
| 九　　州 | 954 | 17.3 | 2.6 | 0.5 | 0.4 |
| 全 国 平 均 | 1,382 | 15.2 | 10.4 | 10.7 | 8.6 |

注）鈴木光剛；「水利施設のゴミ公害」、農土誌 40（10）、(1972)

**表-2.2**　塵芥の容積と重量[注)]

| | 容　積（%） | 質 量（%） | 単 位 質 量 (kg/m$^3$) |
|---|---|---|---|
| 草　　類 | 65.4 | 55.7 | 204.0 |
| 有　機　物 | 12.4 | 21.7 | 466.7 |
| 固　形　物 | 16.8 | 20.8 | 273.8 |
| ビニール・プラスチック類 | 5.4 | 1.8 | 81.4 |
| 計 | 100 | 100 | 平均 256.4 |

注）鈴木光剛；「水利施設のゴミ公害」、農土誌 40（10）、(1972)

⑶　水質

水質によって主ポンプ本体が大きく摩耗・腐食を受ける場合がある。このような場合、水質に対し、耐摩耗性・耐食性の強い金属を主ポンプ本体の材料として選定する必要がある。

摩耗は、流水中の土砂、その他浮遊物質によりインペラ等の表面を侵すことであり、水質調査に当たっては、流水中の土砂、その他の浮遊物質の有無、量等について調査し、その影響について考慮しておく必要がある。

腐食は、金属が液体に接しているとき主ポンプのケーシングやインペラの表面が化学的に変質して侵されることである。水質による腐食はその要因から次のように分けられる。

①　金属と液体との間の化学的親和力によって直接的に反応し、金属化合物をつくる場合（酸、アルカリによる金属の溶解)。

②　液体中の溶融気体（酸素、窒素、炭酸ガス等）が過飽和状態にある場合。

したがって、水質調査の対象となる要素は次のとおりである。

(i)　pH（水素イオン濃度）

水溶液中の水素イオン濃度〔$H^+$〕の逆数の対数を pH という。

$$pH = \log\frac{1}{\left[H^+\right]} = -\log\left[H^+\right]$$

河川水の pH は、一般に 5.5～7.5 の範囲のものが多い。これを逸脱するものがあれば、火山、温泉、鉱山又は人為的汚染によるものと考えるべきである。pH の測定は、採水直後にガラス電極 pH メータを用いて行うか、又は比色管法で行う。

(ii) 塩分濃度

塩分濃度は、水に溶解している塩類の濃度であり、溶解性蒸発残留物の濃度にほぼ対応する。溶解成分のうち、特に塩素イオンが腐食に影響を及ぼし、有害である。海水のように塩化ナトリウム濃度が特に高い場合は、電導度と塩分濃度は対応し、電導度計（ＥＣメータ）で電導度を測定することによって塩分濃度を迅速に計測できる。

(iii) 溶融気体

溶融気体とは、一般に酸素、窒素、炭酸ガス等であるといわれている。普通水ならば溶融気体量は約 2%であり、これを上回ると水の中に溶融している気体が過飽和状態となる。一般の水の場合は 1 気圧の下で真空にした場合、水頭が 10.33m 上昇するのに対し、過飽和状態であれば 4～7m 程度しか上昇せず、そこですでに圧力水頭が損じた状態となり、キャビテーションが発生しやすくなる。これにより腐食が促進されるので水の溶融気体の調査も検討する必要がある。

なお、水質による腐食とは別に、金属がそれより電位の高い他の金属と電気的に結ばれて、電池が形成され電流が生じて起こる腐食も考慮する必要がある。

## 2.3 地形調査

地形調査は、送水方式、排水方式を考慮の上ポンプ場の適正な位置を決定し、主ポンプの設計、吸込・吐出し水槽の水理設計及び構造設計並びに施工計画を策定するための前提となる地形上の制約要因を明らかにすることを目的とするもので、地盤調査、水象調査とともに重要な調査である。

⑴ 収集資料

現地での調査及び測量を実施するに当たっては、次のような計画予定地点周辺の関係地形図等を収集しておき、調査計画の立案や概略設計に利用する。

① 地形図（国土地理院 1/20 万、1/5 万、1/2.5 万　等）
② 航空写真（国土地理院、林野庁等 1/4 万、1/2 万、1/1 万　等）
③ 地質図（地質調査総合センター、都道府県等 1/20 万、1/5 万　等）
④ 土地利用図（国土交通省土地分類図 1/20 万、1/5 万、国土地理院土地条件図 1/2.5 万　等）
⑤ 学術論文、調査記録、工事記録、災害記録
⑥ 河川改修計画図等……河川管理者が、河川整備基本方針や河川整備計画を策定するに当たって作成する測量成果図も収集するとよい。

⑵ 測量等

① 計画調査では、縮尺 1/5,000～1/10,000 の地形図を、計画対象地域全域について作成する。
② 全体設計～工事実施調査では、ポンプ場計画地点周辺については縮尺 1/1,000 程度の地形測量、ポンプ場計画地点は 1/100～1/500 の平面及び縦横断測量を行う。また、比較設計が考えられる場合は、それらの候補地を含んだ範囲の測量が必要である。

## 2.4　地盤調査

地盤調査で調査すべき項目は、次に示すポンプ場の構造設計と施工計画に必要な地盤の工学的性質である。

①　地盤を構成する各土層の深さ、厚さ、土質
②　土層のせん断強度（支持力）、圧縮性、透水性
③　地下水位の位置

計画調査では、ポンプ場の土質工学的にみた位置の選定（たとえば、構造物、基礎工法の技術的な比較検討及び工費的な比較等）、次の段階の全体設計調査や工事実施調査を行うための調査方針の検討に必要な土の工学的性質を明らかにすることを目的とする。したがって、計画調査では既存構造物の基礎工に関する資料の収集検討が中心となる資料調査と現地踏査、さらにこれが不十分と考えられる場合は、地盤条件やポンプ場の規模等に応じてボーリング、標準貫入試験、サウンディング、物理探査、試掘等の現地調査を適宜実施する。

全体設計調査・工事実施調査は、構造物の基礎及び建屋等の構造設計、工法の検討、施工計画の検討等に必要な地盤の工学的数値を得ることを目的とする。したがって、この調査ではボーリングと併せてサンプリングを行い、室内試験を実施し、さらに構造物の規模等必要に応じて杭打試験、載荷試験、透水試験等原位置試験を実施する等、本格的な調査を行う。

⑴　資料調査

これから行う調査の構想を練り、以後の調査を適切に行うために実施するもので、調査地点付近の地形図、地質図、地質誌あるいは、既往の地盤調査資料、既存の構造物の基礎工に関する諸資料を収集検討し、これらによって地盤構成、土性等の地盤の工学的性質を推定する。

⑵　現地踏査

資料調査でわからなかった問題点の発見と以後の調査の地点選定を主目的として行うもので、現地を踏査し、地形、地質、土質等を実地に観察する。この場合、地質専門家を加えると有効である。

⑶　ボーリング

ボーリングによる調査深度は、良質な支持層が確認される深さまで行うことを原則とする。良質な支持層は、砂層・砂礫層では $N$ 値が 30 程度以上、粘性土層では $N$ 値が 20 程度以上と考えてよい。また、地層の変化が複雑で、地層の傾斜があると予測される箇所にポンプ場を設置する場合には、地層分布の把握、支持層の判定を適切に行うために、調査箇所を増やすことが望ましい。

①　オーガーボーリング

現地踏査等の計画調査に適用し、地盤を構成する土層の深さ、厚さ、土性等を調査する。

オーガーボーリングは、粘性土あるいは地下水位以上の砂質土に適用できるが、地下水位以下の砂質土あるいは礫を含んだ砂層では削孔が困難である。

また、粘性土に対しては孔壁保護のためのケーシングなしで最大 5～6m 程度まで削孔が可能であるが、砂層では一般にケーシングを用いる必要がある。

オーガーボーリングに使用される刃先はポストホール型が一般的であるが、地盤が堅い場合や砂礫層等ではロッドに破砕用のビットを取付けるか、スクリューオーガーで地盤を緩めてから掘削するのが普通である。

②　機械ボーリング

調査すべき地盤が深いとき、又は地下水面以下での地盤調査では、機械ボーリングを適用する。ボーリング孔を利用した適当な深さでの標準貫入試験やベーン試験、透水試験、孔内水平載荷試

験等各種試験が一般に行われることから、これは主として工事実施調査に適用するが、全体設計調査の場合にもポンプ場の規模等に応じて、重点的に調査箇所を選定して機械ボーリングを行う。

⑷ サウンディング

サウンディングは、現地において比較的簡易な方法で地盤のせん断抵抗を測定して、これから地盤の相対的な強度、支持力あるいは密度を判定するものである。したがって、ボーリングによる調査の補完的な調査手段として有効である。

試験方法として、①貫入試験、②ベーン試験、③引抜き試験等がある。標準貫入試験は、わが国では最も利用度が高い方法であり、サウンディングとしての役割とともに、試料採取が可能である点が大きな特徴である。

標準貫入試験は、手軽に地盤の性質が求められるので、現在ではロータリーボーリングに併用されるのが常識となっている。この方法は、ロッドに二つ割りにできる外径 51mm、内径 35mm の試料採取用のサンプラー（試料採取用のチューブ）を取付け、打撃貫入させて試料を採取するものであるが、このとき用いる重錘は 63.5±0.5kg、落下高は 75±1cm と決められている。そして、サンプラーを30cm 貫入させるのに要する打撃数を記録し、この打撃数である *N* 値から土の締まり具合を推定する。

テルツァギー・ペック（Terzaghi・Peck）は、砂、粘土の *N* 値について**表-2.3**の区分を考えている。また、標準貫入試験結果から推定される項目として、**表-2.4**に示すものがある。

**表-2.3** *N* 値の区分

| 砂 | | 粘 土 | |
|---|---|---|---|
| *N* 値 | 相 対 密 度 | *N* 値 | コンシステンシー |
| 0～4 | 非常にゆるい | 0～2 | 非常に軟らかい |
| 4～10 | ゆ る い | 2～4 | 軟らかい |
| 10～30 | 普 通 | 4～8 | 普 通 |
| 30～50 | 密である | 8～15 | 硬 い |
| 50 以上 | 非常に密である | 15～30 | 非常に硬い |
| | | 30 以上 | 固 結 |

**表-2.4** 標準貫入試験による調査結果から判明する事項

| 区 分 | 判 別 推 定 事 項 | |
|---|---|---|
| 調査結果一覧図から総合判定する事項 | 構成土質、深さ方向の強度変化、支持層の位置（地表からの深さと配列）、軟弱層の有無（圧密沈下計算の対象となる土層の厚さ）、排水条件、その他 | |
| *N* 値から直接推定される事項 | 砂地盤 | 相対密度、内部摩擦角、沈下に対する許容支持力、支持力係数、弾性係数 |
| | 粘土地盤 | コンシステンシー、一軸圧縮強さ（粘着力）、破壊に対する極限及び許容支持力 |

標準貫入試験の調査地点・間隔は、全体設計調査段階で実施する場合は、1～2 点ほどでよく、工事実施調査では、予想される地層が単純であるか、複雑であるかによって、調査地点を決める必要があるが、通常の場合、建屋の四隅を選べばよい。しかし、建屋の長さが 30m を超える場合は、これだけでは不十分であり、逆に幅の狭い建屋では長さ方向に、1 列に 20～50m 間隔に配置すれば一般的にほぼ満足される。

⑸　サンプリング

サンプリングの目的は、①ボーリング中の土質を判別したり、含水量、密度、粒度組成、コンシステンシー等、土の物理的性質を知るための「乱した試料」の採取、②土の強度変形特性を調べるための「乱さない試料」の採取に大別される。

サンプリングに当たっては、このような目的を明確に認識し、かつ設計上明らかにしなければならない土質条件は何か、また施工方法を検討する上で明らかにしなければならない土質条件は何か等を考慮に入れ、計画を立てる必要がある。

⑹　各種原位置試験

①　地盤載荷試験

地盤載荷試験は、原位置で載荷板に載荷し、その荷重強度と沈下量から地盤支持力を推定する。

なお、試験の方法、結果の整理については、「地盤調査の方法と解説（社）地盤工学会」参照のこと。

②　杭の支持力試験

(i)　鉛直載荷試験

鉛直に設置された単杭の頭部へ、鉛直方向に押込むよう加えた荷重を各段階で保持しながら、杭頭部の変位量を測定するものであるが、実際には試験杭の周囲に反力杭をとり、反力によって載荷重を得る方法が多い。実施に当たっては、試験杭の選定、試験中の安全には十分注意しなければならない。なお、この試験は、設計耐力のチェックのために行われることが多い。

(ii)　水平載荷試験

機械台のように長時間にわたり交番振動が加わる場合や、吸込・吐出し水槽及び建屋で耐震設計を行う場合のように、杭に水平荷重が作用する場合には、横方向地盤反力係数（$K$ 値）を知る必要があるが、杭の水平載荷試験においてはその荷重－変位量曲線から逆算により求めることができる。なお、各種地盤調査より $K$ 値を推定する方法としては、**表-2.5** の方法がある。

**表-2.5**　各種地盤調査より $K$ 値を推定する方法

| | | |
|---|---|---|
| $K$ 値の推定 | Terzaghi の方法 | |
| | $N$ 値から推定する方法 | 杭の横抵抗からの逆算 $K$ 値（久保）[注 1)] |
| | | ボーリング孔を利用した実測値（福岡・宇都）[注 2)] |
| | 地盤の変形係数 $E_0$ より推定する方法 | |
| | 原　位　置　試　験 | KKT 法 |
| | | 土研式ゴムチューブ法 |
| | | プレシオメータ法 |
| | | LLT 法 |

注 1）久保浩一；「杭の横抵抗の新しい計算法」港湾研究所報告 2-3、(1964)

2）福岡正巳・宇都一馬；「ボーリング孔を利用した基礎地盤の横方向 $K$ 値測定について」、土と基礎（特集号 No.1)、(1959)

(iii) 杭打試験

杭基礎を採用する場合には、杭打試験を実施し、打込杭が損傷することなく所定の深さまで正しく打込まれるかどうかを確認し、杭打機の作動諸元、貫入量、リバウンド量等を観測し、杭の施工管理のための資料を得る。

③ 原位置透水試験

基礎の施工法を検討する上で必要であり、ボーリング孔や試掘孔を利用して現場透水試験を実施するか、あるいはポンプ井を設けて揚水試験を行い、原位置の透水係数を求める。試験方法は「地盤調査の方法と解説」（地盤工学会）参照のこと。

⑺ 地盤調査における試験とその結果の利用

地盤調査における試験とその結果の利用について、**表-2.6** に室内試験を、**表-2.7** に原位置試験を示す。

**表-2.6**　室内試験による地盤調査とその結果の利用

| 試験項目＼基礎工法 | 直接基礎 | 打込杭 | 場所打ち杭 | ウェルケーソン | 供試体 状態 | 供試体 土の種類 | 結果の利用 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. 土の基本的性質を求める試験 | | | | | 乱さない（土塊） | 粘性土 | a. 状態の判定と分類<br>｛堆積土の密度の判定<br>密度による土の分類<br>b. 支持力算定等の設計数値として<br>｛支持力・斜面安定・土圧等の算定に当たり、鉛直土圧あるいはサーチャージとして<br>c. 沈下解析における鉛直土圧の数値として | JIS A 1225 |
| 1)土の湿潤密度試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | 原位置（置換による）<br>締固め | すべての土<br>粗粒土 | | JIS A 1214 |
| 2)土の含水比試験 | ○ | | ○ | ○ | 乱した | すべての土 | a. 土の乾燥重量、飽和度の計算<br>b. 土の判別・分類<br>c. 締固めにおける水分の影響<br>d. 土のコンシステンシーの状態の判定 | JIS A 1203 |
| 3)土粒子の密度試験 | | | | | 乱した | すべての土 | a. 土粒子体積の算出<br>b. 種々の飽和条件での密度の算出<br>c. 粒度試験（沈降分析）の計算<br>d. 飽和度、空気間隙率の算出 | JIS A 1202 |
| 2. 土の判別・分類のための試験<br>1)粒度試験<br>ふるい分け沈降分析を含む | ○ | ○ | ○ | ○ | 乱した | 粗粒土<br>細粒土 | a. 粒度による土の分類（工学的分類を含む）<br>b. 透水性の推定(粗粒土)<br>c. フィルタの選定<br>d. 粒度による土の改良<br>e. 凍上性の判定 | JIS A 1204 |
| 2)コンシステンシー試験<br>a)液性限界試験（LL）<br>b)直接せん断試験（PL）<br>c)塑性指数(PI) | | | | | 乱した<br>乱した<br>乱した | 細粒土<br>細粒土<br>細粒土 | a. 土の工学的分類（LL、PL、PI）<br>b. 含水による土の安定性の判定（LL、PI、$w$）<br>c. 他の力学定数の推定<br>｛圧密における圧縮指数の推定<br>圧密に伴う粘土の強度増加の推定<br>締固めにおける OMC の推定<br>d. 材料土としての適性の判定 | JIS A 1205 |
| 3. 土の力学定数を求める試験<br>1)せん断強さを求める試験<br>a)一軸圧縮試験<br>b)直接せん断試験<br>c)三軸圧縮試験 | ○ | ○<br>○ | ○ | ○<br>○ | ｛乱さない<br>締固めた<br>安定処理土<br>乱さない<br>乱さない<br>乱さない | 細粒土<br>細・粗粒土<br>すべての土<br>｛特に飽和した細粒土に適する<br>細・粗粒土<br>細粒土 | a. 地盤の支持力・土圧・斜面安定等、土のせん断破壊に対する安定性を検討する場合に用いる。<br>b. 安定処理した土の強さを求める<br>｛土層の条件、施工の条件を考慮して現状に即した排水条件を与えて試験が行われる。 | JIS A 1216<br>直接せん断試験及び三軸圧縮試験は「地盤材料試験の方法と解説-2009-(社)地盤工学会」参照 |
| 2)圧密試験 | ○ | ○ | ○ | | 乱さない | 細粒土 | a. 圧密沈下量の算出<br>b. 圧密時間の推定<br>c. 圧密排水による地盤改良の計画<br>d. 透水係数を求める | JIS A 1217 |
| 3)透水試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | 乱さない<br>締固めた土 | 細・粗粒土 | a. 地下水降下の計測<br>b. 地下水流動の解析<br>c. 排水工法の選択 | JIS A 1218 |
| 4. 施工管理のための試験<br>1)締固めの試験<br>2)相対密度 | | | | | 乱した<br>乱した | 細・粗粒土<br>粗粒土 | a. 盛土の締固め特性<br>b. 締固め基準の設定<br>c. 粗粒土で作られた盛土の密度管理<br>d. 堆積土の締まり度の判定 | JIS A 1210 |

**表-2.7** 原位置試験による地盤調査とその結果の利用

| 基礎工法 / 基礎項目 | 直接基礎 | 打込み杭 | 場所打ち杭 | 結 果 の 利 用 | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. 標準貫入 | ◎ | ◎ | ◎ | a. 硬軟の程度の判断<br>b. 地耐力 〔支持力 / 沈下量〕<br>c. 杭支持力（先端支持力、周辺摩擦力） | 「地盤調査の方法と解説」-2013-「地盤工学会」参照 |
| 2. 地盤平板載荷 | ○ | | | a. 地耐力<br>b. 基礎の設計等 | 〃 |
| 3. 杭打ち | | ○ | ○ | a. 杭の支持力<br>b. 所定の深さまで正しく打込めるかどうかの確認 | 〃 |
| 4. 杭の鉛直載荷試験 | | ○ | ○ | a. 杭の支持力 | 〃 |
| 5. 杭の水平載荷試験など | | ○ | ○ | a. 横方向地盤反力係数の推定<br>b. 杭の支持力 | 〃 |
| 6. 圧密試験 | ◎ | ○ | ○ | a. 圧密係数<br>b. 粘土層の沈下 | 〃 |

注） 記号◎：必要度の高い試験、調査 ○：場合により必要となる試験、調査

## 2.5　立地条件調査

ポンプ場の建設に当たっては、自然条件のほか社会的条件等も重要な要因となるため、これらの立地条件の調査は、必要に応じ各調査段階における他の調査と併行又は先行して、次の調査項目について行う。

⑴　動力源調査

動力源の調査は、①工事用仮設電力、②施設動力を対象とし、計画地区付近の電力事情、特に近接の変電所の位置、容量、送配電設備の位置及び分岐点の位置、余裕電力量等を調査し、既設送配電設備に余裕のない場合は、新規受電ルートについて必要な施設及びその費用等を調査する。

⑵　工事施工に関する調査

①　工事用資機材

工事用材料には、生コンクリート、鋼材、木材等があるが、工場製品については一時的に大量に使用する場合もあるので、それらの供給が可能であるかどうか調べておく必要がある。

また、建設機械等の機材は、工程、出来形に大きく影響するので現場条件に適合した機能、規格のものが工事期間中確保できるかどうか、さらに交換部品等の確保、予備機械の必要の有無等についても調査をしておく。

②　資機材の搬出入

工事用材料、主ポンプ、主原動機、天井クレーン、ゲート等の工場製品、建設機械等大量の資材あるいは重量物、長尺物を運搬しなければならないので、途中の道路、橋梁等の状態を十分調査する。場合によってはこれらを補修するか、一部新設するか、あるいは重量物・長尺物を分解する必要も生じてくる。

③　その他

(i)　気象及び流況は工程を決定する最も大きな要素であるので、十分な調査を行う。工事期間中の河川、湖沼の流量、水位、流速等の調査が必要であるが、「**2.1　気象・水象・海象調査**」に関連して調査し、稼働日数、仮排水路の水位、流量、仮締切り高さ等を決定する資料とする。

(ii)　「**2.4　地盤調査**」に関連して、基礎掘削等の地盤の安定（ヒービング等）について調査しておく。

⑶　その他の調査

①　舟運調査

舟運がある場合は、舟の大きさ、通行の量、時期等を調査し、さらに事情によってはこれに代わるべき施設の検討に必要な事項についても調査する。

②　補償物件調査

補償物件調査は調査の段階に応じて次のように実施する。

(i)　計画調査時の補償調査　ポンプ場建設地点の地形調査における立入り、測量、ボーリング、試掘、材料採取等に伴う土地借上げ、踏荒し、立木伐採等に関するものである。

(ii)　全体設計・工事実施調査時の補償調査　土地・施設等次の補償対象となるものの調査をしておく。

a. 一般補償……土地の取得又は使用、物件等に係る補償
b. 特殊補償……漁業補償等
c. 公共補償……公共施設又は公共的施設に係る補償

d. 事業損失補償……振動、騒音、水枯渇、水質汚濁、地盤変動等に係る補償

## 2.6 環境調査

ポンプ場を設置することによって、周辺住民の生活環境や自然環境に影響を及ぼすことが考えられるので、周辺の環境条件を十分調査して、ポンプ場の計画、設計、施工、管理に反映して環境と調和を図るよう考慮する必要がある。環境調査の主要な項目は次のとおりである。

⑴ 生活環境に関する調査

① 学校、病院、住宅等の有無

工事中及び工事完了後に騒音、振動が予想される場合は、周辺住民に与える影響が大きいので、特に学校、病院、住宅等の静穏を要求される施設の有無及び地域の発展計画について調査し、騒音、振動等の公害を未然に防止できるよう検討する必要がある。

② 騒音、振動、大気汚染等の公害規制基準

騒音、振動、大気汚染等の公害が予想される場合は、必要に応じ、公害対策基本法、騒音規制法、振動規制法、大気汚染防止法等に基づく検討が必要である。これらの公害規制基準は都道府県知事が地域ごとに条例により規制値を定めているので、あらかじめ調査する必要がある。

③ 日照権、電波障害等

ポンプ場の建物が一定の高さ以上になると、近隣住民の日照権を侵害したり、地上波テレビ電波の遮蔽や反射による電波障害が発生するおそれがある。このため、ポンプ場の建設位置と周辺住宅等の位置関係について調査し、日照権の侵害や電波障害等を未然に防止できるよう検討する必要がある。

⑵ 自然環境保全に関する調査

① 水生生物、魚介類の生息状況

施工中の泥水が下流に流れ込み、濁度の増加や沈泥によって水中生息生物に影響を及ぼすことがある。また、施工後に魚類等の生物の迷入や有害な外来種水生生物の拡散等の防止対策が必要となる場合がある。このような場合には、河川内の水生生物、魚介類の生息状況を調査し、水質汚濁防止法等による処置や、特定外来生物による生態系等に係る被害防止に関する法律に基づく措置等を行う必要がある。

② 景観及び野外レクリエーション地

ポンプ場建設予定地点が、自然公園法、自然環境保全法、景観法等の法令により指定された地域及び田園環境整備マスタープランの環境配慮地域で良好な自然景観を有している地域、又は自然環境の保全上とくに必要な野外レクリエーション地となっている場合は、建設される施設が周囲の景観と調和するよう検討する必要がある。

⑶ その他の調査

① 塩害調査

海岸近くや風向きによっては塩害対策、特に電気設備の設計等では形式選定や腐食対策に影響する場合が多くなる。

② 落雷調査

最近は、計測機器などが多く採用されているため、必要に応じてポンプ場周辺の落雷状況を調査し対策する場合が多くなっている。

## 2.7　管理関係調査

施設の管理形態は直轄管理、県、市町村又は土地改良区等への委託管理となるが、管理レベルに適合した管理体制がとれるように管理予定者の人員の確保、技能程度等についてあらかじめ調査しておく。近年、農業方面の施設を管理する技術者の不足や高齢化が顕著になっているが、少人数により幾つかの施設を巡回監視する場合も多く、ポンプ施設等では自動化を図り無人化にする傾向が多くなっている。そのために、設備診断的な機能、故障予知的な機能等が要請される傾向にあり、中央管理所における運転状態の監視とともに、さらに広域の関連する幾つかのダム、ため池、頭首工等を含めて、総合的な水管理方式を検討し、その中で計画のポンプ設備が持つべき役割、機能、制御内容を分析しておくことが必要となる。

また、更新等を行う場合には、計画策定に有効となる基礎資料として点検・整備、補修等の記録、運転記録を収集する必要がある。その際、他のポンプ場の運転最頻値や既往最高水位を調査・把握し、ポンプ運転操作に反映させることが必要となる場合もある。

## 2.8　工事施工条件に関する調査

ポンプ場建設の工事施工条件に関しては、近傍構造物、埋設物及び危険物の有無を調査する必要がある。また、資材及び機材の搬入・搬出経路の状況、騒音・振動等の規制状況、施工時期、工程、使用機械、作業空間等の制約、施工中の仮排水の方法及び生態系に及ぼす影響について調査しなければならない。具体的な調査方法、手順、取りまとめ方法などについては、関連する技術書などを参考にしながら、適切に判断して決定することが必要である。

# 第 3 章　基本設計

関連条項〔基準 7、運用 7-1、7-2、7-3〕

## 3.1　吸込水位、吐出し水位及び実揚程の決定方法

### 3.1.1　かんがいポンプ

⑴　吸込水位

かんがいポンプの吸込水位は、河川等の水源取水地点の水位からポンプ場の吸込水槽までの導水諸損失水頭（導水路損失水頭＋スクリーン損失水頭を含む）を差引いた吸込水槽内の水位とし、水源の流況等による水位変動に対応して次のように設定する。

なお、導水諸損失水頭については、「**12.2.3　吸込水槽までの水理設計**」によるものとする。

①　計画吸込水位

河川又は湖沼を水源とする場合は、取水地点におけるかんがい期のおおむね 10 年確率の渇水位から、ポンプ場の吸込水槽までの計画用水量における導水諸損失水頭を差引いた水位を計画吸込水位とする。水源を河川に求める場合は、過去の河床変動の動向から将来の河床変動を予測して十分安全な計画吸込水位を決定する必要がある。特に河川改修計画や上流地域でダム等の開発計画がある場合は、その内容を十分検討し、将来の河床変動を予測する必要がある。

河川等からの取水を安定させるため頭首工等の堰上げ施設を設ける場合は、堰上げを考慮した渇水位をもとに計画水位を決定する必要がある。

地下水を水源とする場合は、地下水調査等により十分安定した揚水ができる地下水位を計画吸込水位とする。

②　最高吸込水位

河川等の水源取水地点において考えられる最高の水位を最高吸込水位とする。この水位をもとに導水路壁高やポンプ場床面、敷地等の標高決定の検討を行う。

③　最低吸込水位

河川等の水源取水地点における既往の最低水位（又は、将来予想される最低水位）から吸込水槽までの導水諸損失水頭を差引いた水位を最低吸込水位とする。この水位においてもポンプ運転が可能となるように検討する必要がある。

④　常時吸込水位

かんがい期間中の河川の平水位等による平均水位から吸込水槽までの導水諸損失水頭を差引いた水位を常時吸込水位とする。

⑵　吐出し水位

かんがいポンプの吐出し水位は、送水方式及び揚水量の変動等により、次のように設定する。

①　計画吐出し水位

吐出し水槽を設置する場合は、かんがい区域内の農地面標高に末端での必要水頭を考慮し、その地点までの送水諸損失水頭（吐出樋門等損失水頭）を加えた値が最大となる吐出し水槽の水位を計画吐出し水位とする。吐出し水槽にポンプ運転のための制御容量やポンプ運転時間と末端かんがい時間との調整容量を付加する場合は、主ポンプの特性及び制御方法などを考慮し計画吐出し水位を決める必要がある。

なお、送水諸損失水頭については、「**12.3.2　送水路（吐出し水槽以降）**」によるものとする。

かんがい区域が起伏の多い場合には、全量を最高の位置まで揚水せず、ブロック別に区分して二段揚水等を考慮した方が経済的になることがあるので、十分検討する必要がある。また、揚程が 300m を超えるような場合にも 2 段揚水を検討する必要がある。

吐出し水槽を設けないで、かんがい地区に直送する場合は、一般にクローズドタイプのパイプライン方式が多く、送水諸損失水頭のほか、末端での必要な水頭を考慮する必要があるので計画吐出し水位を一義的に決めることが困難なため、数理モデルによるシミュレーションでの検討が必要である。

なお、直送する場合のパイプラインの平均流速は、一般的にはポンプの吸込側の低水位と吐出し側の高水位からその揚程を考えて設計すればよい。この際、管路内の流速すなわち口径とポンプ揚程の組み合わせは多様であることから、管関係費とポンプ関係費の和が最小となるように経済比較を行って決定することが望ましい。詳細は、設計基準「パイプライン」を参照のこと。

②　最高吐出し水位

最大揚水量時において、主ポンプ、吐出し水槽、送水路等の設備能力と送水諸損失水頭から考えられる最高の吐出し水位を最高吐出し水位とする。この水位をもとに吐出し水槽壁高等の設計の検討を行う。

③　最低吐出し水位

最小揚水量時において送水路壁高等の構造と送水路から考えられる最低の吐出し水位を最低吐出し水位とする。この水位は吐出し管出口の標高決定の要因となる。

④　常時吐出し水位

かんがい期間中の平均揚水量時において、送水諸損失水頭から考えられる常時の吐出し水位を常時吐出し水位とする。

⑶　実揚程

吐出し水位と吸込水位との差から実揚程が決定されるが、かんがいポンプは吐出し水位の変動が少ないため、実揚程は主として吸込水位の変動によって変化する。しかし、吐出し水槽以降がパイプライン方式の場合には、揚水量により吐出し水槽内の水位が大幅に変動することがあるので、注意が必要である。

なお、かんがいポンプの設計水位及び実揚程を、**図-3.1** に示す。

①　設計点実揚程

基準の運用「**7-2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程**」に規定されている設計点実揚程は、ポンプ形式の決定等のポンプ設計に用いる重要な指標となる。

②　最高実揚程等

基準の運用「**7-2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程**」に規定されている最高実揚程又は最低吐出し水位と最高吸込水位との差の最低実揚程は、主として主ポンプ、主原動機及び送水管等の機能に支障が生じないかどうかをチェックするものであり、常時吐出し水位と常時吸込水位との差の常時実揚程は、主ポンプ運転経費等の検討に使用する。

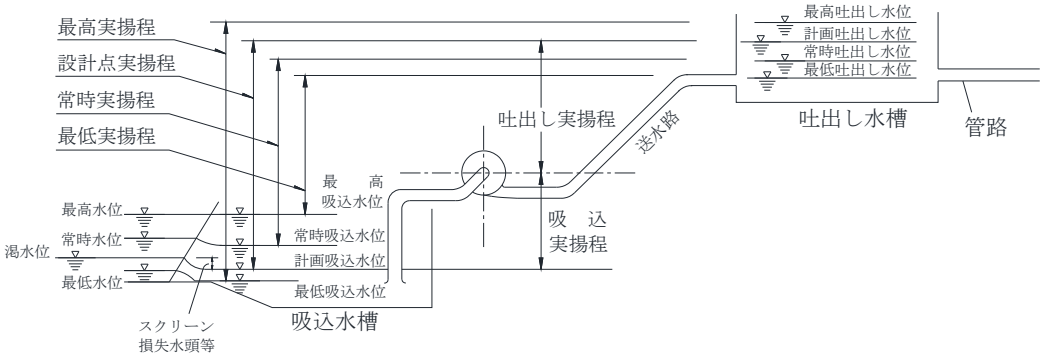



**図-3.1** かんがいポンプの設計水位及び実揚程

### 3.1.2 排水ポンプ

⑴ 吸込水位

排水ポンプの吸込水位は、排水計画上設定される排水路末端等における計画基準内水位からポンプ場の吸込水槽までの導水諸損失水頭（導水路損失水頭＋スクリーン損失水頭）を差引いた吸込水槽内の水位とし、洪水時排水と常時排水に区分して、次のように設定する。

なお、計画基準内水位及び計画基準外水位については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説計画「排水」（以下　設計基準「排水」と示す）より、また、導水路損失水頭については、「**12.2.3　吸込水槽までの水理設計**」によるものとする。

①　洪水時初期吸込水位

洪水時における吸込水位は、洪水の流入量、湛水量及び主ポンプ排水量等の関係による内水位により大幅に変動するが、主ポンプ運転を開始する際の目標水位であり、排水解析計算の出発値となる初期吸込水位を設定する。初期吸込水位は一般に、逆水門閉鎖外水位よりやや高いことが多く、この水位を低く設定すると最高湛水位を低く抑えるのには有利である。反面、導水路やポンプ場の施設規模が大きくなるので、関係諸条件を総合的に検討し、次の値を一応の目安として比較検討を行い決定することができる。

受益区域内に湛水を許容しない排水計画の場合は、計画基準内水位 （最低ほ場面標高） から 0.5m 程度低い水位、湛水を許容する場合は、最低ほ場面標高に相当する水位をもとに、それぞれポンプ場の吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭を差引いた水位を洪水時初期吸込水位とする。

②　常時初期吸込水位

常時排水における地下水位低下を主眼とした主ポンプの運転を開始する際の目標水位としての常時初期吸込水位は、常時排水の計画基準内水位（一般には、ほ場の汎用化等の土地利用計画、作付作物等に応じた地下水管理に必要な水位として最低ほ場面標高から 0.5～1.0m 程度の低い標高）からポンプ場の吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭を差引いた水位とする。

③　最低吸込水位（LWL）

ポンプ運転を支障なく継続できる最低の水位（最低吸込水位（LWL））であり、初期吸込水位、将来に予想される地盤の沈下量、排水流出特性、排水路貯留能力及び主ポンプの運転管理方式等を考慮して決定するが、一般には、洪水時排水ポンプでは洪水時初期吸込水位から 0.5m 程度、

常時排水ポンプでは常時初期吸込水位から 0.5m 程度それぞれ低い水位とすることが望ましい。

ポンプ台数が多く、かつ ON-OFF 運転を行う必要のある場合は別途検討の上定める。

④　非常停止吸込水位（LLWL）

主ポンプの運転に支障を生じる吸込水位であり、主ポンプの保護のために緊急に停止させる水位をいう。LWL より 0.3m 程度低い水位とするのが一般的である。

⑤　最高吸込水位

排水地区内における既往の最高湛水位等、ポンプ場地点で考えられる最高の水位を最高吸込水位とする。この水位をもとに、導水路壁高、ポンプ場床面、敷地の標高決定等の洪水時における浸水対策の検討を行う。

⑵　吐出し水位

排水ポンプ設計の吐出し水位は、排水口となる河川、湖沼、海の外水位に吐出し水槽までの送水諸損失水頭を加えた値とし、洪水時と常時に区分して、次のように設定する。

①　洪水時計画吐出し水位

洪水時の計画吐出し水位は、外水位ハイドログラフに、吐出し水槽までの送水諸損失水頭を加えた水位とする。外水位ハイドログラフは、外水の状況により次のとおりとする。

（i）大河川等に排水口を設ける場合　排水計画の対象地区の流域面積に比べて、はるかに大きい流域を持つ河川や湖沼へ排水口を設ける場合は、大流域の流出解析を地区内の流出解析と同時に行うことは困難なので、一般には、地区内降雨と外水位の相関特性を利用して、計画基準降雨に対する外水位ハイドログラフを推定する。この際には、外水位ピーク値とそのピークの遅れ、外水位の立上り及び逓減特性等を考慮する必要がある。

（ii）小河川等に排水口を設ける場合　計画対象地区の流域面積に比べて、あまり大きくない流域面積の小河川や湖沼へ排水口を設ける場合は、排水本川等の流量及び水位は計画地区からの排水量により大きな影響を受けるので、計画基準降雨を対象に排水本川等の流出解析を行い、外水位ハイドログラフを求める。また、必要に応じて洪水追跡計算を行い、計画地区からの排水量の影響を検討するが、排水本川等の改修を同時に行わなければ排水計画が成立しないこともある。

（iii）海に排水口を設ける場合　外水位ハイドログラフは、排水樋門による自然排水を主体として、これに併用するポンプ排水の場合は一般に小潮時の平均潮位曲線を、ポンプ排水が主体の場合は一般に大潮時の平均潮位曲線を基準潮位曲線にとり、これに排水口の越水高による修正を行い、さらに、台風時等の計画基準降雨時に想定される気圧低下及び吹寄せ等の潮位偏差を加えたものとする。

潮位等については、設計基準「海面干拓」によるが、近傍の観測点において長期の潮位記録が得られている場合には、計画基準降雨時に想定される実測潮位をもとに外水位ハイドログラフを決めてもよい。

なお、排水口の位置や構造により外水位が特に波の影響を受ける場合にはこれを考慮する必要がある。

（iv）河川の河口近くに排水口を設ける場合　外水位ハイドログラフは、潮位や河口閉鎖等の影響を受けるので、（iii）により求めた潮位等を付加したり、不等流・不定流計算を併用したりして改善を図る必要がある。

② 常時計画吐出し水位

常時の計画吐出し水位は、河川及び湖沼に排水口を設ける場合は平水位、海に排水口を設ける場合は平均潮位に吐出し水槽までの計画排水量における送水諸損失水頭を加えた水位とする。

なお、海や河口近くに排水口を設ける場合の平均潮位等は、排水口の越水高による修正を行い、排水口における常時の平均的な外水位を適切に設定する必要がある。

③ 洪水時最高吐出し水位

洪水時の最高吐出し水位は河川又は湖沼に排水口を設ける場合は計画高水位、海に排水口を設ける場合は設計高潮位に吐出し水槽までの送水諸損失水頭を加えた水位とし、このような異常洪水又は高潮時においても洪水時の排水ポンプは運転可能とする必要がある。

なお、小河川や河口近くに排水口を設ける場合は、①の（ii）及び（iv）に準じて検討し、計画高水位又は設計高潮位をもとに洪水追跡計算、不等流・不定流計算等を行い、排水口における最高水位を求めることができる。

④ 常時最高吐出し水位

常時の最高吐出し水位は、常時排水ポンプの運転上限目標水位で、河川又は湖沼にあっては豊水位、海にあっては大潮平均高潮位を一応の目安とし、送水諸損失水頭を加えた水位とする。

⑤ 最低吐出し水位

最低の吐出し水位は、一般に吐出し水槽に接続する送水路の敷高とするが、外水条件により考えられる最低の水位がこれより高い場合には最低外水位とする。この水位は、吐出し管出口の標高決定の要因となる。

⑶ 実揚程

基準の運用「**7-2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程**」に基づき実揚程が決定されるが、排水ポンプは一般に実揚程の変動幅が大きく、特に洪水時排水ポンプの実揚程は、内外水位の変動に応じて変化し、ポンプ吐出し量も揚程により大幅に変化するので、洪水時排水ポンプと常時排水ポンプに区分されている。

① 洪水時排水ポンプ

（i）設計点実揚程　排水解析による内水位条件を満足し、適正かつ効率的な主ポンプ運転が可能となる揚程に導水諸損失水頭（導水路損失水頭＋スクリーン損失水頭）と送水諸損失水頭（吐出樋門等損失水頭）を加えた値とする。なお、設計点実揚程を仮定する場合は、内外水位差（外水位ハイドログラフのピーク水位－（基準内水位－$b_1$又は$b_2$））の80％程度に、導水諸損失水頭と送水諸損失水頭を加えた値としてもよい。なお、$b_1$は湛水を許容する場合の許容湛水深（0.3m程度）、$b_2$は湛水させない場合の地下水管理に必要な水位（0.5m程度）。

設計点実揚程を仮定する場合における内外水位差の80％程度は、ポンプ運転中における内外水位差の平均値としての目安であり、外水位の変動幅が小さく不適切と考えられる場合には、必ずしも80％とする必要はない。ただし、設計点実揚程はポンプの設計点吐出し量と同様、ポンプの吐出し能力に密接に関係するため排水解析の段階から設計点実揚程の決定方法を一致させておく必要がある。

（ii）最高実揚程　河川の計画高水位等による洪水時最高吐出し水位と最低吸込水位との差を最高実揚程とする。

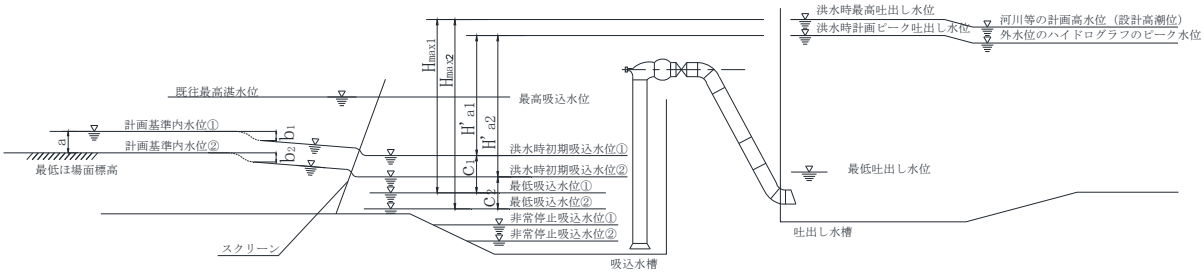
②　常時排水ポンプ

（i）設計点実揚程　河川の平水位等による常時計画吐出し水位と常時初期吸込水位との差を設計点実揚程とする。この設計点実揚程は、主ポンプ形式の決定等の主ポンプ設計に用いる。

（ii）最高実揚程　河川の豊水位等による常時最高吐出し水位と最低吸込水位との差を最高実揚程とし、この実揚程を運転上限目標実揚程とする。

なお、常時排水ポンプを洪水時排水ポンプとして兼用する場合は、①の洪水時排水ポンプの実揚程についても併せて検討する必要がある。

なお、洪水時排水ポンプの設計水位及び実揚程を**図-3.2(a)**に、洪水時排水ポンプの計画最高実揚程と設計点実揚程の概念図を**図-3.2(b)**に、常時排水ポンプの設計水位及び実揚程を**図-3.3**に示す。




①受益区域内に湛水を許容する場合　　$H_{max1}$：最高実揚程（①の場合）　　$H'_{a1}$：計画最高実揚程（①の場合）
②受益区域内に湛水をさせない場合　　$H_{max2}$：最高実揚程（②の場合）　　$H'_{a2}$：計画最高実揚程（②の場合）
a ：許容湛水深（0.3m程度）
$b_1$：0.3m程度　　設計点実揚程の仮定（①の場合）：$H_{a1}$＝0.8×内外水位差(1)＋導水路損失＋スクリーン損失＋吐出樋門等損失
$b_2$：0.5m程度　　設計点実揚程の仮定（②の場合）：$H_{a2}$＝0.8×内外水位差(2)＋導水路損失＋スクリーン損失＋吐出樋門等損失
$C_1$・$C_2$：0.5m程度　　内外水位差(1)＝外水位ハイドログラフのピーク水位－（計画基準内水位－$b_1$）
内外水位差(2)＝外水位ハイドログラフのピーク水位－（計画基準内水位－$b_2$）
最高吸込水位は、既往最大級の洪水時の資料や記録等から求めた既往最高湛水位又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位を基に決定

**図-3.2(a)**　洪水時排水ポンプの設計水位及び実揚程

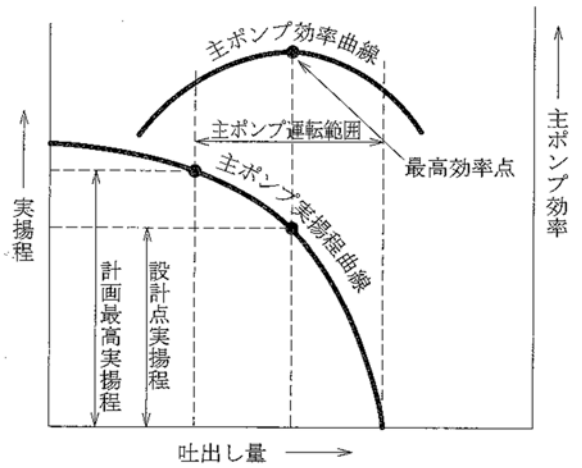



**図-3.2(b)**　洪水時排水ポンプの計画最高実揚程と設計点実揚程の概念図

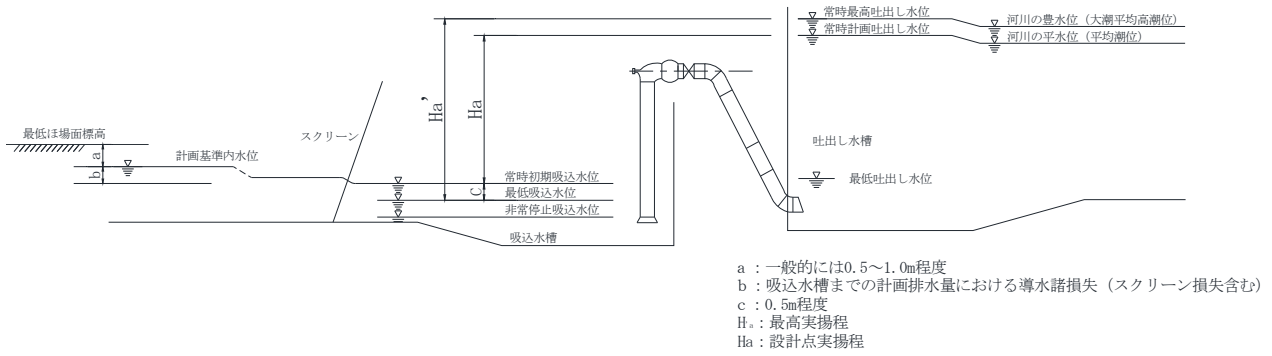



**図-3.3** 常時排水ポンプの設計水位及び実揚程

## 3.2 揚水量の決定

ポンプ場の揚水量決定方法は、**基準 7** 及び**運用 7-3** に基づく。

## 3.3 排水解析

洪水時排水ポンプの設計点吐出し量及び設計点実揚程を決定するためには、排水解析を行い、洪水排水計画における所要の排水量が確保され、内水位が計画基準内水位以下となるか、あるいは許容湛水深以上の湛水時間が許容湛水時間以内となることを確認する必要がある。

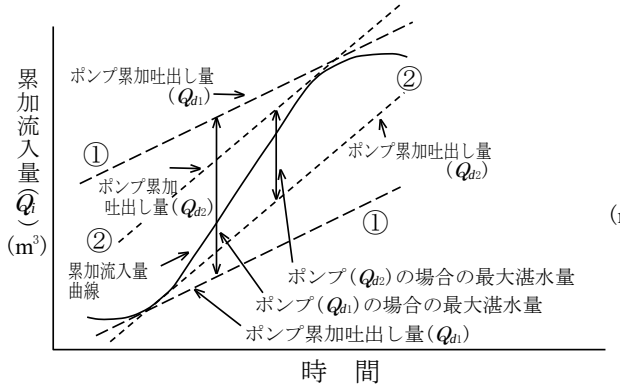
排水解析は、ポンプ容量の概略値をもとに、ポンプ設計点実揚程を仮定して繰返し計算を行い、最適なポンプ吐出し量及び設計点実揚程を求める。この計算には、コンピュータを利用すると便利であるが、その概要は次のとおりであり、詳細については、設計基準「排水」を参照のこと。

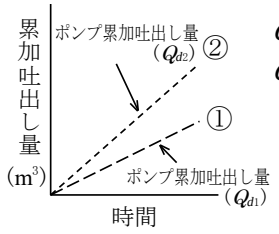
⑴ ポンプ場排水量の概定

ポンプ計画の初期段階においては、ポンプの特性曲線を想定して精密な排水解析を行うことは困難なので、ポンプ特性を無視し、内外水位差の水位変動にかかわらず、ポンプはその標準吐出し量を排出し続けるものと仮定して、次のような概算によりポンプ場排水量（$Q_d$）の概定を行ってもよい。

**図-3.4**のように、計画洪水時の流入量（$Q$）の累加曲線の上部と下部において、任意の規模の主ポンプの吐出し量（$Q_d$、ただし、$Q_d$ はポンプ場排水量で、$Q_d = Q_p \cdot n$　ここに、$Q_p$：主ポンプ 1 台当りの吐出し量、$n$：主ポンプの台数）に対応する累加吐出し量直線（①、②）に平行な接線を引くと、$Q_{d1}$、$Q_{d2}$ のそれぞれの主ポンプの吐出し量に対応する①－①、②－②の各 2 接線間の鉛直距離は最大湛水量を示す。このようにして主ポンプの吐出し量（$Q_d$）と最大湛水量との関係を求め、これを**図-3.5** 破線のように表す。一方、排水路等の貯留能力及び受益区域の地形条件から湛水量と湛水位との関係が求められるので、これを**図-3.5** の実線（$V-H$ 曲線）のように表す。なお、この場合の湛水位～湛水量曲線の基準標高は、主ポンプの初期吸込水位とする。

このようにして、**図-3.5** の最大湛水量の吐出し曲線と $V-H$ 曲線の二つの曲線が描かれると、矢印のように許容湛水位に対応するポンプ場排水量（$Q_d$）の概略値を求めることができる。

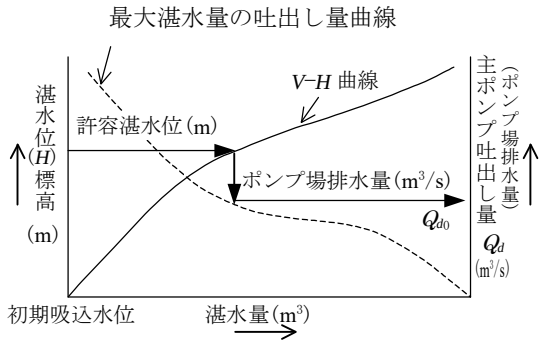



$Q_{d1} = Q_{p1} \cdot n_1$（ポンプ場排水量）
$Q_{d2} = Q_{p2} \cdot n_2$（ポンプ場排水量）
$Q_{p1}$、$Q_{p2}$：主ポンプ１台当たりの吐出し量
$n_1$、$n_2$：主ポンプの台数
一般的に $n_1 = n_2$

注）図中のポンプ吐出し量（$Q_{d1}$、$Q_{d2}$）は、ここではポンプ場排水量のことである。

**図-3.4**　流入量、吐出し量、湛水量の関係




注）$Q_{d0}$：初期仮定ポンプ場排水量

**図-3.5**　ポンプ場排水量の概定

⑵　ポンプ全揚程の仮定

洪水時排水ポンプの揚程は内外水位の変動に応じて変化し、主ポンプの吐出し量（$Q_p$）もこの揚程変化に伴い大幅に変化する。このため経済的なポンプ設計を行うためには、運転頻度の最も多い揚程においてポンプの効率を最高にする必要があるので、基準の運用「**7-2　吸込水位、吐出し水位及び実揚程**」では、「排水解析による内水位条件を満足し、適正かつ効率的なポンプ運転が可能となる揚程」として設計点実揚程を決定する。**基準の運用の解説 7-2** では、排水解析を行うに当たって、内外水位差（外水位ハイドログラフのピーク水位－（計画基準内水位－$b_1$ 又は $b_2$））の 80%程度に、導水損失、スクリーン損失及び吐出樋門等損失水頭等（送水諸損失水頭等）の損失水頭を加えたものを設計点実揚程と仮定している。

この仮設計点実揚程に、「**5.3　全揚程の決定方法**」による主ポンプ配管の諸損失を加えて仮全揚程を求める。また、設計点吐出し量における全揚程を設計点全揚程又は計画全揚程という。

なお、配管の諸損失の概略値は、立軸ポンプで 0.5m 程度、横軸ポンプで 0.6m 程度としてもよい。高流速ポンプ及び高流速吸込水槽を採用した場合は、**表-5.16-参**に示す仮全揚程決定のための損失水頭を採用してもよい。

⑶　ポンプ形式及び吐出し量の仮定

主ポンプ形式は、(1)のポンプ場排水量（$Q_d$）の概略値から主ポンプ 1 台当たりの吐出し量（$Q_p$、$Q_p = Q_d/n$）を求め、(2)で求めた仮全揚程をもとに、「**5.4　主ポンプ形式の決定**」の主ポンプ適用線図等により仮選定する。

⑷ 排水解析

以上により仮定した主ポンプについて排水解析を行い、内水位をチェックし、内水位の最高値が計画基準内水位以下、又は許容湛水深以上の湛水時間が許容湛水時間以内になるように、設計点実揚程を変化させて繰返し計算を行う。この結果、まず主ポンプ吐出し量を決定してから次に設計点実揚程の検討を行うものとし、決定した主ポンプ吐出し量による計算結果で、内水位条件を満足しない場合には設計点実揚程を大きくし、逆に余裕があり過ぎる場合には小さくして再計算する。

排水解析における内外水位の関係は**図-3.6** に、また排水解析の手順は**図-3.10** に示すとおりである。

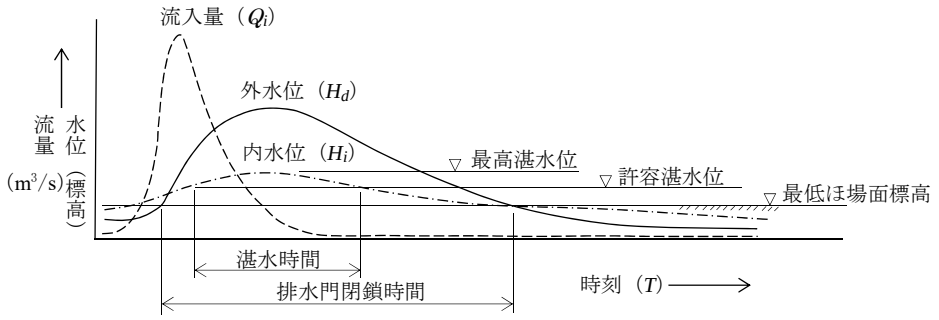



**図-3.6** 排水解析における内外水位の関係

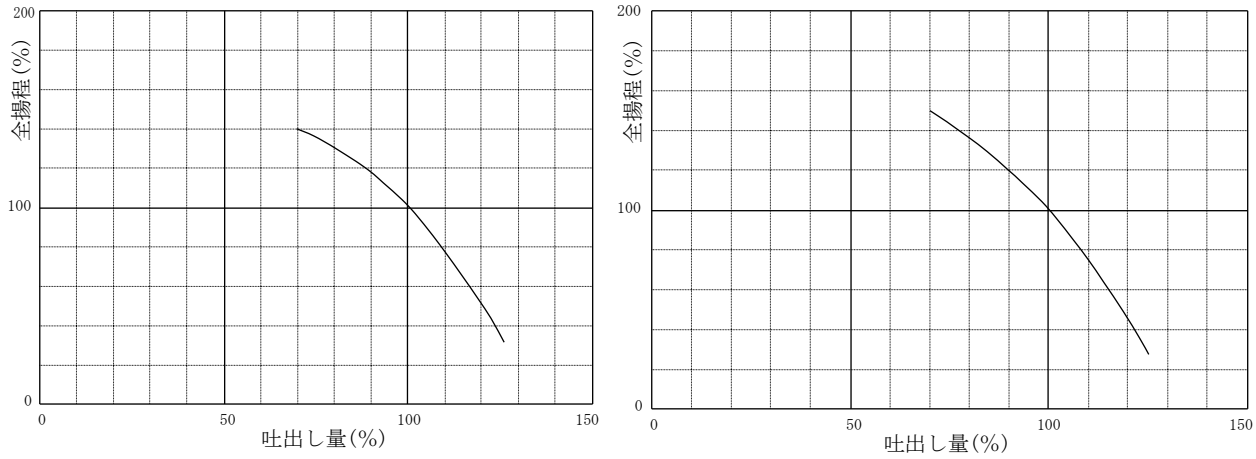
なお、排水解析の計算を行うには、次の資料が必要となる。

① 計画基準内水位等の内水位資料
② 計画外水位曲線（$H_d-T$ 曲線）
③ 計画洪水流出量のハイドログラフ（$Q_i-T$ 曲線）
④ 内水位と湛水量の関係（$H_i-\Sigma V_T$ 曲線）
⑤ 排水解析の実揚程（$H_f$）に対するポンプ場排水量（$Q_d$）の変化

ⓐ 全揚程に対するポンプ吐出し量の変化（$Q-H$ 曲線）

⑴項より求めたポンプ場排水量（$Q_d$）をもとに、危険分散や維持管理面等を考慮してポンプ台数（$n$台）を設定し、ポンプ１台当たりの吐出し量（$Q_p=Q_d/n$）を仮決定する。

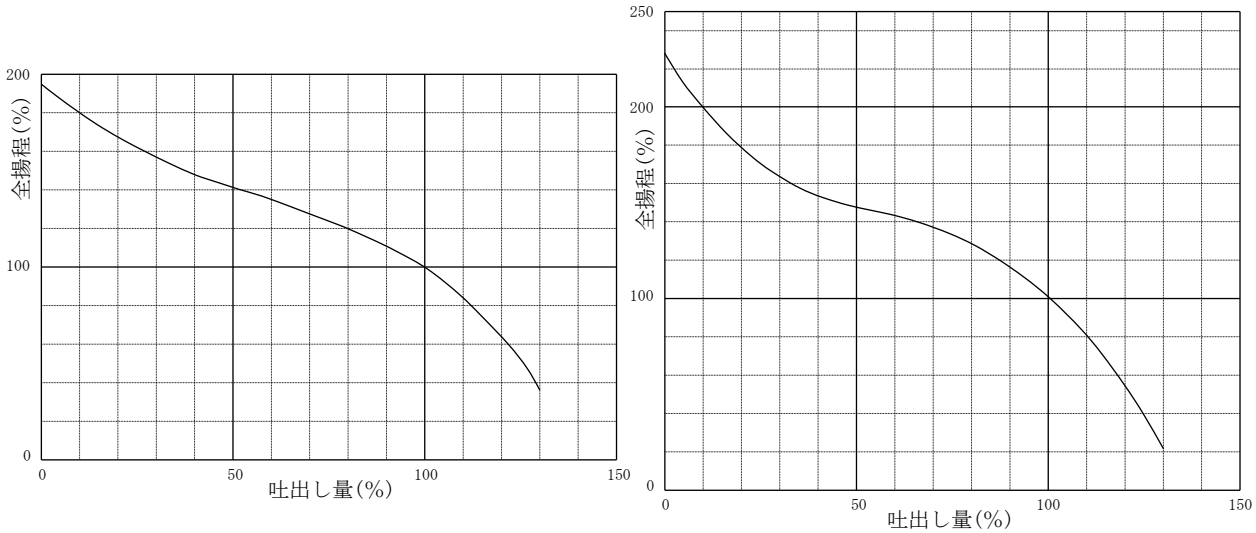
⑵項より求めた仮全揚程（$H$）と主ポンプの仮吐出し量（$Q_p$）とから、⑶項より仮選定されたポンプ形式をもとに、軸流ポンプの場合は**図-3.7**、斜流ポンプの場合は**図-3.8** のポンプ特性図から、全揚程に対するポンプ吐出し量の変化（$Q-H$ 曲線）を作成する（一例として、斜流ポンプの場合を**図-3.9-参**に示す）。




a. $N_s$=1,500 軸流ポンプ　　b. $N_s$=2,000 軸流ポンプ

注）実際のポンプ特性は、ポンプメーカの違いや、その他の条件によって多少異なってくるが、排水解析計算にはこれらの図を使用してもよい。

**図-3.7**　軸流ポンプの特性図




a. $N_s$=900 斜流ポンプ　　b. $N_s$=1,300 斜流ポンプ

注）実際のポンプ特性は、ポンプメーカの違いや、その他の条件によって多少異なってくるが、排水解析計算にはこれらの図を使用してもよい。

**図-3.8**　斜流ポンプの特性図

〔参　考〕$Q-H$ 曲線の作成方法

一例として、斜流ポンプ（$N_s$＝900 の場合）の $Q-H$ 曲線の作成方法を示す。なお、数値は仮定値である。

$Q_p = Q_d/n = 5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$

ここに、　$Q_d$：ポンプ場排水量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$）＝$10\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$

$n$　：ポンプ台数＝2 台

$H_p = H_{a2} + Hl_{pp} = 4.4 + 0.6 = 5.0\mathrm{m}$

ここに、　$H_{a2}$：②受益区域内に湛水をさせない場合の設計点実揚程（m）

$H_{a2} = H_f + Hl_{s1} + Hl_{s2} + Hl_d$

$H_f$：ポンプ場実揚程

$H_f = k \cdot \Delta L$

$k$：0.7～0.8（初期仮定 0.8、不適時は変更する）

$\Delta L$：内外水位差⑵‥‥②受益区域内に湛水をさせない場合

＝外水位ハイドログラフのピーク水位（$H_d$＝TP24.0m）－内水位〔$H_i$＝{計画基準内水位（TP19.5m）－$b_2$（0.5m）}〕＝5.0m

$Hl_{s1}$：ポンプ場排水量（$Q_d$）時の導水路損失水頭（m）　＝0.2m

$Hl_{s2}$：スクリーン損失水頭（m）　＝0.1m

$Hl_d$：ポンプ場排水量（$Q_d$）時の送水諸損失水頭（m）　＝0.1m

$H_{a2} = 0.8 \times 5.0 + 0.2 + 0.1 + 0.1 = 4.4\mathrm{m}$

$Hl_{pp}$：主ポンプ吐出し量（$Q_p$＝$5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$）時の配管損失水頭（m）

＝0.6m（横軸ポンプの場合）

**図-3.8** をもとに、横軸斜流ポンプ（$Q_p$＝$5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$・台、$H$＝5m）の $Q-H$ 曲線を作成する（**図-3.9-参**　実線）

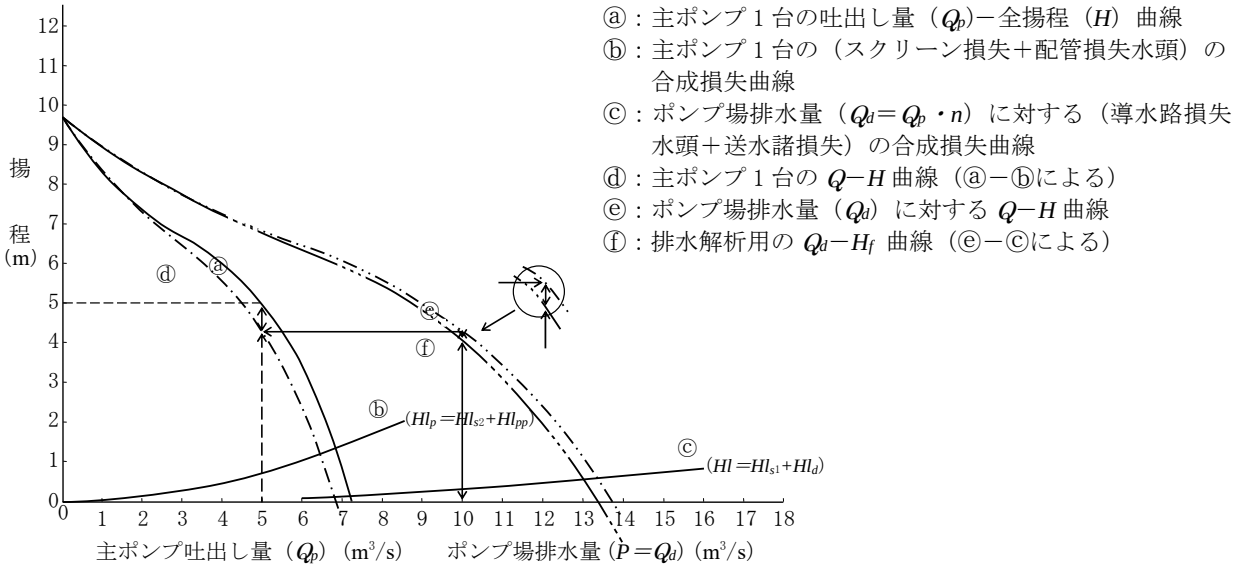



**図-3.9-参**　$Q-H$曲線

(b)　排水解析用の $Q_d-H_f$ 曲線（**図-3.9-参**　参照）

ⓐ　$Q-H$ 曲線は主ポンプ1台の吐出し量（$Q$）－全揚程（$H$）曲線である。

排水解析には、対象地域の集水地点におけるポンプ場排水量（$Q_d$）に対する実揚程曲線が必要である。これは次の手順で作成する。

ⓑ　スクリーン損失（$Hl_{s2}$＝0.1m）と主ポンプ吐出し量（$Q_p$）に対する配管損失水頭（$Hl_{pp}$）の合成損失曲線（$Hl_p=Hl_{s2}+Hl_{pp}$）を図に記入する。

ⓒ-1　導水路が閉水路の場合、ポンプ場の排水量（$Q_d$）に対する導水路損失水頭（$Hl_{s1}$）曲線と、送水諸損失水頭（$Hl_d$）曲線の同一排水量に対する合成曲線（$Hl=Hl_{s1}+Hl_d$）を図に記入する。

ⓒ-2　導水路が開水路の場合、ポンプ場の初期仮定排水量（$Q_{d0}$）に対する導水路損失水頭（$Hl_{s1}=Hl_{s0}$）と送水諸損失水頭（$Hl_d$）曲線の合成曲線（$Hl=Hl_{s1}+Hl_d$）を図に記入する。

ⓓ　図において、主ポンプ吐出し量（$Q_p$）に対する全揚程（$H$）から、ⓑで求めたスクリーン損失水頭（$Hl_{s2}$＝0.1m）と配管損失水頭（$Hl_{pp}$＝0.6m）の合成損失曲線（$Hl_p$）を引いた主ポンプ1台の揚程曲線を求める（一点鎖線━・━で示す）。

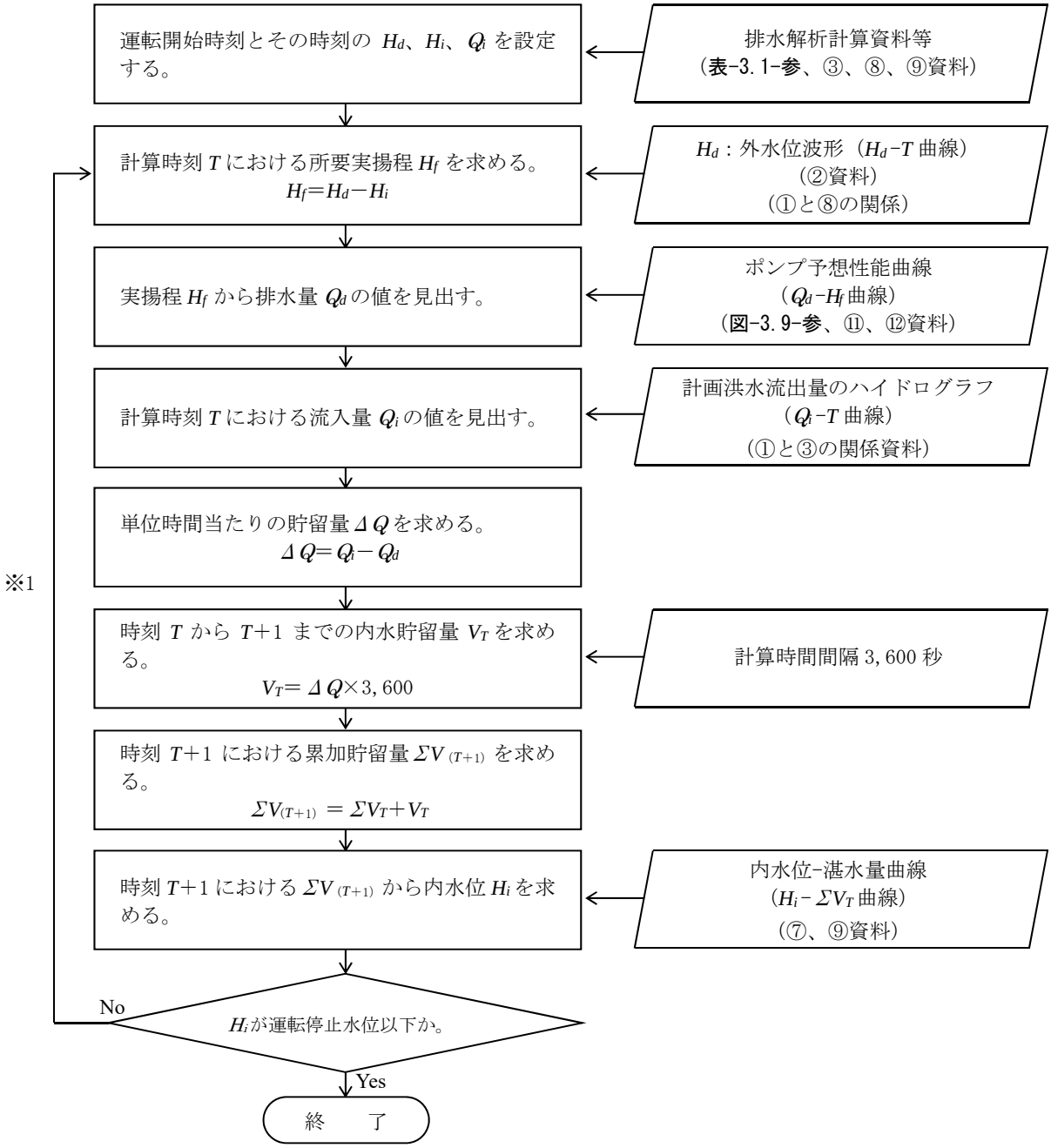
ⓔ　次に、1点鎖線上の同一揚程値を主ポンプ1台に対する吐出し量（$Q_p$）の台数（2台）分吐出し量（ポンプ場の排水量 $Q_d$）の点に移し、プロットする。これらの各プロット点を滑らかな曲線で結ぶ（2点鎖線━・・━で示す）。

ⓕ　ⓔで作成した曲線の揚程から、ⓒで作成した曲線の揚程の同一排水量（$Q_d$）に対する損失合成曲線（$Hl$）を差引き、プロットする。これらの各プロット点を滑らかな曲線で結ぶ（3点鎖線━・・・━で示す）。

このようにして得られた曲線が『排水解析用の $Q_d-H_f$ 曲線』である。

この曲線における揚程（$H_f$）は、外水位（$H_d$）－内水位（$H_i$）の差（$\Delta L=H_d-H_i$）のこととなる。

これによって、**表-3.1-参**　排水解析の計算において、④$Q_d$（＝$Q_p\cdot n$）が直接に求めることができる。




※1．計算時刻を1間隔進める。$T\rightarrow T+1$

**図-3.10** 排水解析計算シートの作成手順

〔参　考〕排水解析計算（例）

排水解析計算の整理表を参考として示すと、**表-3.1-参**のとおりである。

**表-3.1-参**　排水解析の計算（例）

| ①<br>時刻<br>日・時 | ②<br>時間<br>(h) | ③<br>流入量<br>($m^3/s$) | ④<br>ポンプ場<br>排水量<br>($m^3/s$) | ⑤<br>単　位<br>貯留量<br>($m^3/s$) | ⑥<br>時　間<br>貯留量<br>($m^3$) | ⑦<br>累加貯留量<br>($m^3$) | ⑧<br>外水位<br>(m) | ⑨<br>内水位<br>(m) | ⑩<br>ポンプ場<br>実揚程<br>(m) | ⑪<br>主ポンプ<br>吐出し量<br>($m^3/s$) | ⑫<br>主ポンプ<br>全揚程<br>(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$ | $\Delta t$ | $Q_i$ | $Q_d$ | $\Delta Q$ | $\Delta V$ | $V=V_0+\Sigma\ \Delta V_t$ | $H_d$ | $H_i$ | $H_f$ | $Q_p$ | $H_p$ |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

①、②：内水位及び外水位のハイドログラフの変動に応じた計算の精度を考慮して、適当な時間間隔を与える（普通 1 時間）。

③、⑧：①の時刻に対する値を与える。

④　　：⑩ポンプ場実揚程（$H_f$）に対するポンプ場の排水量

⑤　　：③－④　$\Delta Q=Q_i-Q_d$

⑥　　：⑤（$\Delta Q$）を容積に換算して $\Delta t$ 時間の貯留量（$V_t$）を求める。

$\Delta t$＝1h（3, 600sec）の場合、$\Delta V_t=\Delta Q\times 3,600$ ($m^3$)

⑦　　：その時刻までの累加貯留量（$V_0$ は初期貯留量）

⑨　　：累加貯留量に対する内水位

⑩　　：外水位（$H_d$）－内水位（$H_i$）の差、即ち、$H_f=H_d-H_i$

⑪　　：⑩のポンプ場実揚程 $H_f$ に対するポンプ場の排水量（$Q_d$）をポンプ台数 $n$ で割った主ポンプ 1 台当たりの吐出し量 $Q_p$

⑫　　：⑩のポンプ場実揚程 $H_f$ に、ポンプ場排水量（$Q_d$）時の導水路損失水頭（$Hl_{s1}$）、及び送水諸損失水頭（$Hl_d$）の和（$Hl=Hl_{s1}+Hl_d$）に、主ポンプ 1 台当たりの吐出し量（$Q_p=Q_d/n$）に対するスクリーン損失水頭（$Hl_{s2}$）及び配管の諸損失水頭（$Hl_p$）を加えて得た主ポンプ全揚程 $H_p$

$H_p=H_f+Hl_{s1}+Hl_d+Hl_{s2}+Hl_p$

ここに、$H_f$：時刻 $T_i$ 時のポンプ場実揚程（m）

$H_f=H_d-H_i$

$H_d$：時刻 $T_i$ 時の外水位（▽TP 表示）

$H_i$：時刻 $T_i$ 時の内水位（▽TP 表示）－$b_2$

$b_2$＝0. 5m（②の場合の程度値、①の場合は $b_1$＝0. 3 程度）

$Hl_{s1}$：時刻 $T_i$ 時のポンプ場排水量（$Q_d$）時の導水路損失水頭

閉水路の場合、

$Hl_{s1}=Hl_{s10}\cdot(Q_d/Q_{d0})^2$

$Hl_{s10}$：ポンプ場排水量 $Q_{d0}$ 時の導水路損失水頭（m）

$Q_{d0}$：初期仮定したポンプ場排水量（$m^3/s$）

$Q_d$ ：時刻 $T_i$ 時のポンプ場排水量

開水路の場合、

$Hl_{s1}=Hl_{s10}$

$Hl_d$：時刻 $T_i$ 時のポンプ場排水量（$Q_d$）時の送水諸損失水頭（m）

$Hl_d=Hl_{d0}\cdot(Q_d/Q_{d0})^2$

$Hl_{d0}$：ポンプ場排水量 $Q_{d0}$ 時の送水諸損失水頭（m）

$Q_{d0}$：初期仮定したポンプ場排水量（$m^3/s$）

$Q_d$ ：時刻 $T_i$ 時のポンプ場排水量（$m^3/s$）

$Hl_{s2}$：スクリーン損失水頭（m）

$Hl_{s2}=0.1m$

注）：主ポンプ 1 台当たりの吐出し量（$Q_{p0}=Q_{d0}/n$、$Q_d$ は初期仮定したポンプ場排水量）時のスクリーン損失水頭（定置式機械除じん方式の場合）で、吐出し量に関係なく一定とする。

$Hl_p$：時刻 $T_i$ 時の主ポンプ 1 台当たりの吐出し量（$Q_d$）に対する配管の諸損失水頭（m）

$Hl_p=Hl_{pp}\cdot(Q_p/Q_{p0})^2$

$Hl_{pp}$：主ポンプ 1 台当たりの吐出し量（$Q_{p0}=Q_{d0}/n$）時の配管の諸損失水頭（m）

# 第 4 章　ポンプ設備の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-1〕

## 4.1　一般事項

ポンプ場は、農地の用水改良又は排水改良を目的として設置されるものであり、その中で、ポンプ設備は、その目的を直接担う設備である。そのため、ポンプ設備は、必要な時に、必要な量を、必要な高さへ確実に送水あるいは揚水するための役割や働き（機能）を有し、かつその機能を安定して長期間維持できるとともに、ポンプ場を構成する他の施設とも一体となって、ポンプ場としての所要の目的を達成するものでなければならない。

このことから、ポンプ設備の設計に当たっては、設置目的、利用形態、地形条件、社会的条件等を勘案し、安全性、効率性、信頼性、経済性、施工性及び管理等を検討し、それぞれのポンプ形式の特性等を十分考慮して適切に行う必要がある。

一方わが国において適用される技術基準については、WTO 協定に基づき、国際規格（ISO 規格）に沿って性能に着目して定める必要があり、今後土地改良事業に係わる技術基準類についても性能規定化を図っていくことが必要となっている。

このような流れを踏まえ、設計基準「ポンプ場」では、ポンプ設備の設計、施工方法を限定せず、所要の性能を実現できる技術に関し幅広く検討を行い、採用できる性能規定を導入している。

## 4.2　ポンプ設備の基本条件

ポンプ設備の設計に先立ち、当該ポンプ設備に必要な性能指標とその値並びに性能を保持すべき期間である設計期間を設定する必要がある。

ポンプ設備における性能指標は、当該ポンプ場が所要の目的を達するために必要なポンプ設備の吐出し量（送水量）や揚程等の基本的なものの他、設置場所の地域条件、社会的条件などや予定管理者等からの要求等に基づき必要となるものについて、ポンプ設備ごとに性能指標とその値を定める必要がある。

また、ポンプ設備における設計期間は、ポンプ設備の適正な管理の下で、設定された性能指標値を保持すべき期間であり、使用目的や使用条件、維持管理・補修計画、予定管理者等の意向、さらには、事業計画において想定している投資効率や経済効果等様々な要素を勘案した上で設定されるものである。

例えば、主ポンプについては、所要の吐出し量や揚程等の性能指標とその値を保持すべき期間である。

しかしながら、同一形式のポンプ設備でもその使用目的や、運転形態・頻度、管理方法、水質等の各種要因の影響度合いによりその運用期間が大きく変わり、現時点ではこれらの各種要因と運用期間の相関が明らかにされていないため、これらの要素を踏まえて設計期間を個別に設定することは現実的に不可能である。よって、これらの相関が明らかにされるまでの間は、事業計画策定時に使用される耐用年数を当面の間、設計期間として取り扱ってよい。ただし、個別に設定できる場合はこの限りではない。

なお、ポンプ設備の性能は供用期間が経過するにつれて低下するものであることに留意する必要がある。

また、設定された設計期間において性能が保持できるか否かの確認は、性能指標に基づき具体的な設計がなされた時点で、過去に実施された同類のポンプ場における仕様（ポンプ設備の形式や形状、材質、部品・構成品等)、管理状況、運用期間等を参考に、当該ポンプ設備で想定される運転形態・頻度、管理方法、水質等を総合的に検討し、ポンプ設備の形式や形状、材質、部品等構成品の各仕様等の確認を行うものとする。

なお、新技術については、当該技術が所要の期間、所要の性能を確保できることを証する試験結果等の技術資料を持って確認するものとする。

## 4.3 ポンプ設備の性能指標

⑴ 性能指標の設定

ポンプ設備の設計に当たっては、当該ポンプ場の設置目的や用排水計画、運転管理計画、地域特性、社会的条件、予定管理者等からの要求等に基づき必要とされる性能指標とその値を設定する。

設定すべき性能指標は、

① 必須の性能指標：主ポンプの全揚程と吐出し量

② 必要に応じて定める性能指標：地域特性、社会的条件、運転管理計画等より必要となるものがある。

また、ポンプ設備の設計を行うため、建屋や吸込・吐出し水槽等の土木建築構造物の状況、予定管理者の管理体制、設置地点の自然的社会的諸条件や地域特性等で性能指標とその値を示せないものについては、設計条件として具体的に示す必要がある。

性能指標の設定例を、**表-4.1～表-4.3** に示すが、目標設定の要素、目標、性能指標とその値等の項目はポンプ設備ごとに必要な項目を設定しなければならない。

**表-4.1** 用水ポンプ場における性能指標設定（例）

| 目標設定の要素 | 目 標 | 指標設定に必要な要素 | 性能指標とその値 | 主要設計項目（参考） |
|---|---|---|---|---|
| 用水計画 | 計画用水量 | 吸込管、吐出し管等の損失 | 主ポンプの設計点全揚程○m における吐出し量○$m^3$/min 以上（設計点実揚程○m、諸損失水頭○m） | 主ポンプ形式、口径、主原動機出力等 |
| | 必要水量への対応（運転範囲） | 必要水量に対応した用水量 | 送水量○$m^3$/min から送水量○$m^3$/min | 台数等制御方式及び、主原動機、の形式等 |
| 運転管理計画 | 年間稼働時間<br>日稼働時間 | | 年間稼働時間○時間以上<br>日連続稼働時間○時間以上 | 主原動機の形式･主ポンプ等材質等 |
| | 水位による自動始動停止 | ファームポンド等の水位 | 自動始動 FP 設定水位○m<br>自動停止 FP 設定水位○m | 監視操作制御設備等 |
| | 年運転管理費 | 期別送水量 | 運転計画に基づく年運転経費○円以下（又はポンプ効率等） | 主ポンプ、主原動機の形式等 |
| 騒音規制 | 敷地境界 | 建屋等の消音効果 | 機側で○dB(A) | 消音装置等 |

注 1) 例えば主原動機を電動機とする場合は、受電電圧や始動電流等を性能指標として設定する場合もある。

2) かんがいポンプの場合、最高全揚程と設計点全揚程は同じ場合もある。

**表-4.2**　排水ポンプ場（洪水時排水用）における性能指標設定（例）

| 目標設定の要素 | 目　標 | 指標設定に必要な要素 | 性能指標とその値 | 主要設計項目等（参考） |
|---|---|---|---|---|
| 排水計画 | 計画排水量 | 吸込管、吐出し管等の損失 | 主ポンプの設計点全揚程○m における吐出し量○$m^3$/min 以上<br>（設計点実揚程○m、諸損失水頭○m） | 主ポンプ形式、口径、主原動機出力等 |
| | 流入状況への対応（運転範囲） | 流入量に対応した排水量 | 最高実揚程○m で排水量○$m^3$/min から最低実揚程○m で排水量○$m^3$/min | 台数等制御方式及び、主原動機、動力伝達装置等の形式等 |
| 運転管理計画 | 年間稼働時間<br>日稼働時間 | | 年間稼働日数○日以上<br>日連続稼働時間○時間以上 | 主原動機、動力伝達装置の形式・主ポンプ等材質 |
| | 内水位による自動始動停止 | 吸込水槽等の水位 | 自動始動吸込設定水位○m<br>自動停止吐出し設定水位○m | 操作制御設備等 |
| 騒音規制 | 敷地境界 | 建屋等の消音効果 | 機側で○dB（A） | 消音装置等 |

**表-4.3**　排水ポンプ場（常時排水用）における性能指標設定（例）

| 目標設定の要素 | 目　標 | 指標設定に必要な要素 | 性能指標とその値 | 主要設計項目等（参考） |
|---|---|---|---|---|
| 排水計画 | 計画排水量 | 吸込管、吐出し管等の損失 | 主ポンプの設計点全揚程○m における吐出し量○$m^3$/min 以上<br>（設計点実揚程○m、諸損失水頭○m） | 主ポンプ形式、口径、主原動機出力等 |
| | 流入状況への対応（運転範囲） | 流入量に対応した排水量 | 排水量○$m^3$/min から排水量○$m^3$/min | 台数等制御方式及び、主原動機、動力伝達装置等の形式等 |
| 運転管理計画 | 年間稼働時間<br>日稼働時間 | | 年間稼働日数○日以上<br>日連続稼働時間○時間以上 | 主原動機、動力伝達装置の形式・主ポンプ等材質 |
| | 内水位による自動始動停止 | 吸込水槽等の水位 | 自動始動吸込設定水位○m<br>自動停止吐出し設定水位○m | 操作制御設備等 |
| | 年運転管理費 | 期別排水量 | 運転計画に基づく年運転経費○円以下（又はポンプ効率等） | 主ポンプ、主原動機、動力伝達装置の形式等 |
| 騒音規制 | 敷地境界 | 建屋等の消音効果 | 機側で○dB（A） | 消音装置等 |

参考としてポンプ設備における性能指標等から機器設計までの概略の流れを、**図-4.1** に示す。

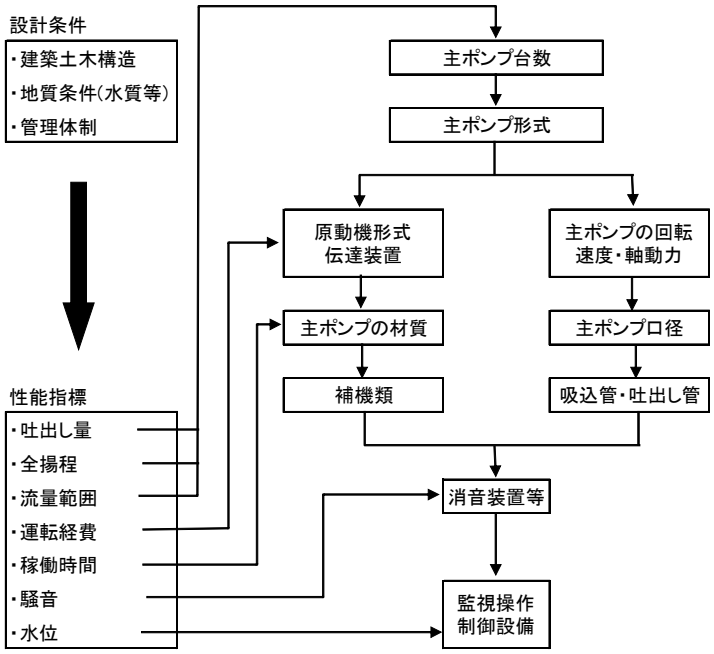



**図-4.1** 性能指標及び設計条件による機器設計までの流れ（参考）

⑵ 設定上の留意点

ポンプ設備における性能指標とその値の設定については、基準として示すべき必須のものとしての主ポンプの全揚程と吐出し量の基本的なもののほか、その使用目的や使用条件、地域特性、社会的条件、予定管理者の要求等から必要に応じて設定するものがあり、以下に留意して設定する。

① 主ポンプの全揚程とは実揚程に諸損失水頭を加えたものであり、主ポンプは各種の水位条件（実揚程）の下で所要の揚水量を確保する必要がある。かんがいポンプの場合、必須の性能指標として示すべき主ポンプの全揚程には、設計点全揚程、最高全揚程、最低全揚程を示す必要があり、その他現場条件等に応じて中間点の全揚程を示す必要がある場合もある。

また、洪水ポンプの場合には、排水計画を満足させる必要があることから排水解析から得られたポンプ $Q$-$H$ 曲線（特性を数値化したもの）等を性能指標として示す場合もある。

なお、全揚程の内訳として諸損失水頭及び実揚程を明確に示す必要がある。

② ①に定める性能指標とその値のほか、必要に応じて設定するポンプ設備の性能指標とその値は、ポンプ場の使用目的や使用条件、運用形態、周辺及び環境条件等の地域特性、予定管理者等の要求等必要な事項を勘案して、ポンプ設備ごとに設定する。

③ ポンプ設備の性能指標の値は施工直後の値とするが、必ずしも施工直後の値がポンプ設備として必要な性能指標値を表しているとは限らない性能については、施工直後の性能指標値を別途設定するか、供用後一定期間を経た時点での値を設定する。

（例：吸込管及び吐出し管を含むポンプ設備として、揚程及び吐出し量を現地で確認する必要がある場合、通常、設計段階では、長期の使用を前提に吸込管や吐出し管等の経年劣化を考慮して損失水頭等を設定しており、これら吸込管や吐出し管が経年劣化していない新しい状態にある施工直後においては、想定する値と異なる。）

## 4.4　性能の確認（性能照査）

性能規定に基づく設計の特徴は、設計目的（性能指標）を明確にした上で、これに基づき設計し、製作等されたものの諸元や性能が、設計目的を満足することを直接的に確認（性能照査）することにあり、目標とする性能を明確にすることによって合理的な設計・施工が可能となるところにある。

ポンプ設備については、性能指標に基づき設計し、製作されたものが、性能指標の値として提示した目標以上の性能をポンプ設備として有しているかを直接確認することが基本になる。

例えば、ポンプ設備の設計においては、必須の性能指標として主ポンプの吐出し量と全揚程を設定するが、これらに関する性能の確認はポンプ設備として行う必要がある。つまり、ポンプ設備として主ポンプが所要の吐出し量と全揚程を満足するためには、原動機からの所要の回転速度と動力を得ることとなるため、ポンプ設備の性能確認は、少なくともこれらも含めて確認する必要がある。

このように、性能指標がポンプ設備の各構成品に関するものの場合、各構成品単体の性能ではなく、ポンプ設備の性能として確認することに留意する必要がある。

⑴　確認方法及び確認の主体等

性能の確認方法には、性能指標とその値を直接確認する方法と、出来形と品質を確認することで間接的に性能を確認する方法がある。

前者は、ポンプ設備の性能指標とその値を具体的に設計図書に定めている性能規定発注工事に適用し、後者は、完成時のポンプ設備の出来形及び品質が仕様で定められている仕様規定発注の場合に適用することが原則となる。しかし、発注形態やポンプ設備の規模等によっては両方の確認方法を併用する場合もある。性能の確認は、ポンプ設備の性能指標の値、及び出来形・品質について客観的に評価して行うものである。したがって、ポンプ設備の形式、規模等にかかわらず、性能の確認は発注者が主体となって公正に実施する。

このため、性能の確認事項、確認方法、確認時期、及び合否判定値は、設計図書等の契約図書に必ず明記するとともに、ポンプ設備を性能規定発注工事として発注する場合には、仕様規定発注工事における出来形確認に替えて性能で確認を行うこととなる。よって、性能指標等に基づき設計製作されたポンプ設備の実機について、所要の性能を計測した結果及びその計測方法等を記した調書の提出も明記する。

特に、新技術の採用等において、その性能確認について従来の JIS 等による計測方法が適用できない場合は、その性能の確認方法についても十分に検討した上で設計図書等に明記しておくものとする。

⑵　性能指標の値の確認方法

ポンプ設備の性能指標とその値を、製作された実機を用いて、直接計測する等により確認する方法で、計測設備のある場所（製作工場等）で計測する場合と、直接当該ポンプ場に設置して計測する場合とがあり、計測する内容や計測器の設備等により適切な方法を選定する。

性能の確認に当たっては、確認事項ごとに JIS 等公的に適用される試験方法等により確認するものとし、代表的な確認方法の例を**表-4.4** に示す。

**表-4.4** 主たる性能指標の確認事項と計測方法（例）

| 項　　目 | 確認事項 | 計測方法 | 計測用主要計器等 | 計測場所等 |
|---|---|---|---|---|
| 主ポンプ | 全揚程 | JIS B 8301 | ・JIS B 7505 ブルドン管圧力計<br>・JIS B 8327 模型によるポンプ性能試験方法<br>・JIS C 1102 直動式指示電気計器 | 現地又は<br>製造業者の工場等<br>（JIS 規定による） |
| | 吐出し量 | JIS B 8302 | ・JIS B 7554 電磁流量計、JIS Z 8761 フロート形面積流量計による流量測定方法<br>・JIS Z 8762 絞り機構による流量測定方法<br>・JIS Z 8764 電磁流量計による流量測定方法 | 現地又は<br>製造業者の工場等<br>（JIS 規定による） |
| | 効　率 | JIS B 8301 | | 製造業者の工場等<br>（JIS 規定による） |
| | 軸動力 | JIS B 8301 | | 製造業者の工場等<br>（JIS 規定による） |
| 主原動機<br>(モータ) | 出力、回転速度他 | JEC 2137 | JEC 2137　誘動機で定められている計器他 | 製造業者の工場等、現地 |
| 主原動機<br>(エンジン) | 出力、燃料消費率、回転速度他 | JIS B 8014 | JIS B 8014 定速回転ディーゼル機関性能試験方法で定められている計器他 | 製造業者の工場等、現地 |
| 動力伝達装置 | 伝達容量他 | 設計図書による | 設計図書による | 製造業者の工場等 |

必須の性能指標である主ポンプの全揚程及び吐出し量は「JIS B 8301 遠心ポンプ、斜流ポンプ及び軸流ポンプ試験方法」及び「JIS B 8302 ポンプ吐出し量測定方法」に基づく試験方法及び測定方法で行うことを原則とするが、これによる場合、計測方法や計測に使用する機器等あるいは計測する場所等について規定があるため、性能の確認に当たっては、これら規定されている条件や設備を満足していることが前提になる。

このように性能の確認のため別途計測のための機器や設備を有する施設が必要な場合と、ポンプ設備が設置される現場で計測等を行う必要がある場合（例えば、主ポンプ、主原動機、補機類等ポンプ設備全体を対象とした騒音の計測等）があり、確認すべきそれぞれの項目について適切な方法で計測する。

⑶　性能指標の値以外での確認による方法

ポンプ設備においては、洪水排水用のコンクリートケーシング型大容量ポンプ等、工場で各パーツを製作し、現地で直接組み立てるものがあるが、このようなポンプ設備の場合、実機での性能確認は洪水時等の場合となり、現実的に不可能である。

このような大容量のポンプ設備においては、その設計段階において性能指標を満足する主ポンプ等の形式や形状等を定めた上で、模型試験等を行い、その結果に基づき実機の各仕様や必要な諸元をそれぞれ決定し、これに基づき製作がなされる。この場合、これらの性能確認において、模型試験等で仕様を決めたものについては、その仕様等と製作完了時あるいは据付後の出来形及び品質を確認することで間接的に実機の性能を確認することになる。

このように発注形態やポンプ設備の規模等によっては、性能指標の値を直接確認する方法と、出来形と品質を確認することで間接的に性能を確認する方法、及び両方の確認方法を併用する場合がある。

# 第 5 章　主ポンプの設計

関連条項〔基準 7、運用 7-1、7-2、基準 9、運用 9-1、9-2〕

## 5.1　台数割の決定

主ポンプの吐出し量と台数の組合せは、「**3.2　揚水量の決定**」の計画時及び常時等における各種の揚水量について、最多頻度の揚水量をベースにして全体の変動域をどのように分割するかを検討して主ポンプの台数を決定し、各分割幅の揚水量に対応する主ポンプの吐出し量を概定する。

次に、設計点実揚程と各主ポンプの吐出し量をもとに、主配管設備を想定して「**5.3　全揚程の決定方法**」により全揚程を仮定し、「**5.4　主ポンプ形式の決定**」により主ポンプ形式を概定するものとする。

なお、揚程の変動が特に著しい場合には、高揚程と低揚程の主ポンプに分割するのが一般には経済的である。

⑴　留意事項

主ポンプの台数割の決定は、次の事項にも留意する必要がある。

①　揚水量の変動に応じて効率的に運転し、運転経費の節減を図るためには、異なった主ポンプの吐出し量の組合せとすることが有利である。

一方、主ポンプ設備費の低減及び主ポンプ運転時間の均等化を図るためには、同一の主ポンプ吐出し量とすることが有利な場合がある。

②　主ポンプの台数は多いほど揚水量の変動等に応じて効率的に運転できるが、反面、ポンプ場のスペースが大きくなり、配管等も複雑になるので工事費や用地費は割高になる。

③　揚水量変動への対応又は流入量への追従等については、原則として台数制御により対応するが、さらに円滑な対応を必要とする場合には、主ポンプの特性、導水路・送水路の特性及び制御目標等を検討し、回転速度制御、羽根角度制御及び吐出し弁制御等の適切な制御方式を検討する必要がある。

**〔参　考〕**

1．主ポンプ台数の概定

かんがい並びに排水ポンプの台数は、過去の実績からおおむね下記のとおりである。ポンプ場の設計に当たっては、地域特性や運転条件等から主ポンプ台数、吐出し量を検討することが重要である。なお、低揚程時の過大取水は、用水期間における期別取水量（水利使用規則）を上回ることがないよう、吐出し弁開度や回転速度制御等により、流量制限する方法を検討する。

**表-5.1-参**　用水ポンプ場規模と主ポンプ台数

| ポンプ場規模（$m^3$/min） | 主ポンプ台数 |
|---|---|
| ～60 以下 | 2 |
| ～300 以下 | 2～3 |
| ～600 以下 | 3～4 |
| 600～ | 4～5 |

注）用水ポンプの設置台数は、長時間連続運転する等で、故障や定期整備時の対応が必要な場合等は、 2 台以上とすることを検討する。

**表-5.2-参**　排水ポンプ場規模と主ポンプ台数

| ポンプ場規模（$m^3$/min） | 主ポンプ台数 |
|---|---|
| ～300 以下 | 2 |
| ～600 以下 | 3～4 |
| 600～ | 4～6 |

注）排水ポンプの設置台数は、危険分散から 2 台以上とすることが望ましい、計画排水量の規模に応じて台数を増加させる。なお、ポンプ台数の決定については、遊水池容量を考慮する。

2. 現在までに国内で製作された主ポンプの上限の吐出し量

**表-5.3-参** 主ポンプの上限の吐出し量の実績

| 主ポンプ形式 | 軸 形 式 | 吐出し量（$m^3/min$） |
|---|---|---|
| 渦 巻 | 横軸（両吸込） | 516（ 8.6$m^3/s$） |
| | 立軸（片吸込） | 750（12.5$m^3/s$） |
| 軸 流 | 横 軸 | 600（10 $m^3/s$） |
| | 立 軸 | 4,500（75 $m^3/s$） |
| 斜 流 | 横 軸 | 612（10.2$m^3/s$） |
| | 立 軸 | 2,424（40.4$m^3/s$） |
| 渦巻斜流 | 立 軸 | 3,000（50 $m^3/s$） |
| チューブラ | 横 軸 | 2,400（40 $m^3/s$） |

3. 制御方式

主ポンプの制御方式として、ON-OFF 制御や回転速度制御（二次抵抗制御、インバータ制御）等があるが、水利用の実態を踏まえて、最も効率のよい制御方式を検討する。

回転速度制御は大きな省エネルギー効果が期待できる場合があるが、選定に当たっては、機器の更新時においては設置スペース等に留意する必要がある。

**表-5.4-参** 制御方式の比較

| 項目＼制御方式 | 台数制御 1) | 回転速度制御 | 羽根角度制御 | 吐出し弁制御 |
|---|---|---|---|---|
| 流量制御範囲 | ①流量の段階的な制御に限られ、任意の流量での制御はできない。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が小さい場合は制御幅が狭くて制御しにくい。<br>②全揚程に占める配管損失の割合が大きい場合は広い。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が小さい場合は広い。<br>②全揚程に占める配管損失の割合が大きい場合は若干狭い。<br>③羽根角度を大とし、低揚程大水量域の吐出し量増加が可能である。 | ①吐出し弁に発生するキャビテーションによる制限がある。<br>②主ポンプの小水量運転領域の制限がある。 |
| 運転効率 | ①配管損失が小さく台数切り替えによって得られる流量がポンプ設計点吐出し量に合う場合は総合効率が高い。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が大きい場合が良い。（主ポンプの最高効率点の軌跡に沿った運転範囲）<br>②全揚程に占める配管損失の割合が小さい場合若干劣る。<br>③二次抵抗制御の場合は総合効率が悪くなる。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が大きい場合、若干劣る。<br>②全揚程に占める配管損失の割合が小さい場合、良い。（主ポンプの最高効率点の軌跡に沿った運転範囲）<br>③軸動力一定制御により最大吐出し量運転が可能である。 | ①損失動力が大きい。 |
| 制御の応答性 | ①最も劣る。 | ①優れている。 | ①優れている。 | ①やや劣る。 |
| 維持管理 | ①容易である。 | ①制御設備が若干増える。 | ①制御設備が若干増える。 | ①容易である。 |
| 採用の目安 | ①必要揚水量の変動が小さく、1台毎の主ポンプの設計点吐出し量に合っている場合に適する。<br>②ON-OFFの頻度が多くなる場合には不向き。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が大きいポンプ場に適する。 | ①全揚程に占める配管損失の割合が小さいポンプ場に適する。<br>②広範囲な吐出し量調節が必要なポンプ場に適する。<br>③軸流、斜流ポンプの中規模以上のポンプ場に適する。 | ①小規模で設備費が安価なポンプ場に適する。 |

注 1) 台数制御は、ハンチングに留意すること。

（ｉ）回転速度制御

主ポンプは回転速度を上げると揚程と吐出し量は大きくなり、下げると小さくなる特性を有している。この特性を利用して流量制御を行うのが、回転速度制御である。

主ポンプ特性（吐出し量、揚程、軸動力）は回転速度の変化に伴い次の式に従って変化する。

吐出し量＝前の吐出し量×（回転速度／前の回転速度）

揚程＝前の揚程×（回転速度／前の回転速度）$^2$

軸動力＝前の軸動力×（回転速度／前の回転速度）$^3$

主ポンプ回転速度を $N_1$ から $N_2$ へ下げると、運転点は管路抵抗曲線に従って a から b 又は d へと移動する（**図-5.1-参**の 1 点鎖線又は 2 点鎖線の曲線を移動する）。各回転速度における主ポンプの最高効率点の位置は a から c（**図-5.1-参**の破線の曲線）へと移動する。そのため、全揚程に占める配管抵抗の割合が大きい用水ポンプ場等では、運転点は a から b に移動し、運転点と最高効率点との吐出し量の差が配管抵抗の割合が小さい場合に比べて小さく、各回転速度で主ポンプ効率のより高い点で運転ができるため、主ポンプ軸動力が小さく経済的な運転が可能となる（軸動力 e～f）。

一方、全揚程に占める配管抵抗の割合の小さい場合は、運転点が a から d へ移動し、配管抵抗の割合が大きい場合に比べて、吐出し量の変化の割合が多くなり、主ポンプ効率が悪い運転となる。

また、固定速度ポンプと並列運転で使用する場合等においては、運転範囲や主ポンプ比速度によって締切運転状態あるいは少水量域での運転となり、振動や騒音を発生し長時間の運転には支障をきたす場合もある。このような場合には他の制御方式を採用するか、又はこの領域を避けた制御を行う必要がある。

また、内燃機関における回転速度の制御範囲の目安は、以下のとおりである。なお、流量制御範囲は、ポンプ特性及び設置条件（配管ロスを含む）に基づいた検討が必要である。

・回転速度範囲：ディーゼルエンジン：約 70～100％

ガスタービン　　：約 70～100％（2 軸式の場合）　注）1 軸式は固定速となる。

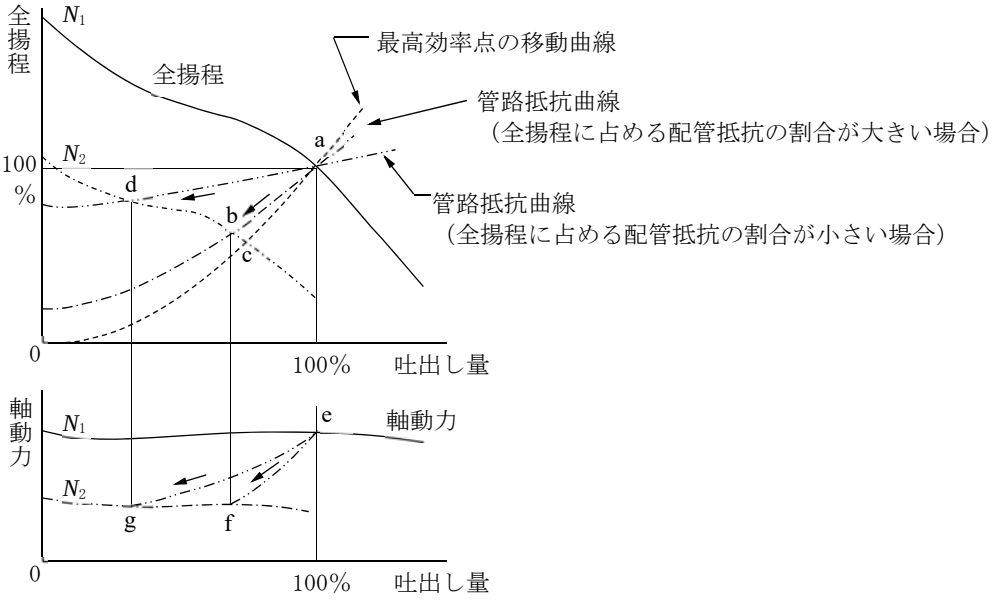



**図-5.1-参**　回転速度制御による運転点の変化（例）

(ii) 羽根角度制御

可動羽根ポンプは、特に排水ポンプ場における流量制御に適し、次のような特徴を有している。

(a) 主ポンプ特性

羽根角度制御方式はその機構上、軸流ポンプ及び斜流ポンプの場合に適用され、羽根の取付角度を変化させると、主ポンプの全揚程曲線は**図-5.2-参**、**図-5.3-参**に示すように、その傾きが変化する。

**図-5.2-参**において、主ポンプの運転点は、羽根角度に応じて管路抵抗曲線に沿って a から b の範囲で移動する。軸流ポンプの場合で計画吐出し量の 30%～110%程度の広い範囲で流量制御が可能である。

したがって、全揚程に占める配管抵抗の割合が小さい排水ポンプ場等では、各羽根角において主ポンプ効率の高い点で運転できるため、主ポンプ軸動力が小さく経済的な運転が可能となる（軸動力 c～d)。

(b) 軸動力一定制御

主ポンプ軸動力は全揚程と吐出し量で変化するため、原動機の能力を最大限発揮できるように全揚程の変化に対応させて、吐出し量を制御する軸動力一定制御が可能である。この場合、原動機の最大出力ライン（**図-5.3-参**）に沿って軸動力が超過しないように、羽根角度を制御することにより、主ポンプ吐出し量を最大にすることができる。

(c) 可能吐出し量の増加

超過洪水に対応させる場合等で、計画吐出し量よりも吐出し量を増大したい場合は、羽根角度を計画角度よりもさらに大きく設定することにより、主ポンプ軸動力が許す範囲で吐出し量を増大させることができる。**図-5.3-参**において、羽根角度制御ポンプの運転 a を b まで増加することが可能である。

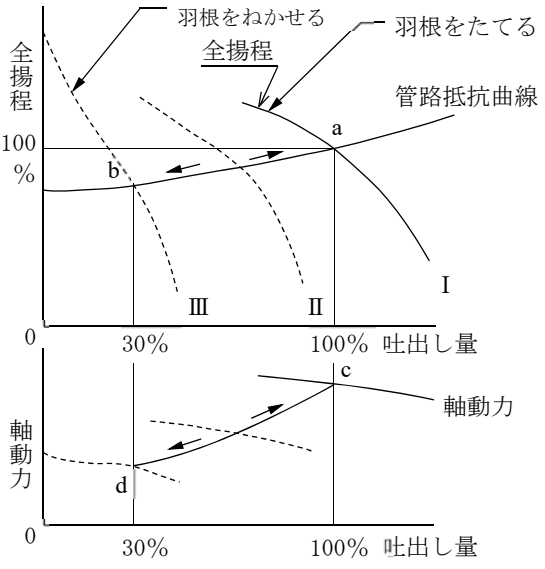



**図-5.2-参**　羽根角度制御による運転点の変化

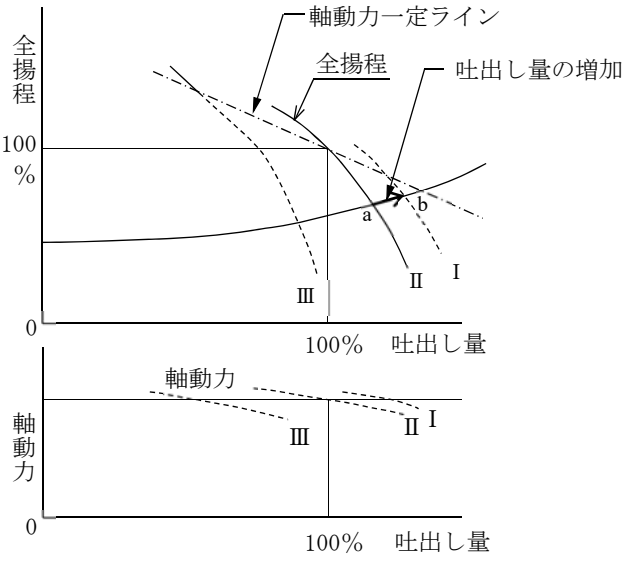



**図-5.3-参**　羽根角度制御による軸動力一定特性（例）

(iii) 吐出し弁制御

吐出し弁の開度を変化させることにより、管路抵抗を調整し、流量を制御する方法である。**図-5.4-参**において、吐出し弁を絞り込むことにより、管路抵抗が増加し運転点が a から b へ移動する。

吐出し弁で損失を増加させて制御するため、吐出し量が少なくなっても主ポンプ軸動力は減少せず c から d へ移動するだけである。また、流量を絞った場合に、吐出し弁本体で有害なキャビテーションが発生しないような範囲で制御する必要がある。

この方式は運転効率が悪い方法であり、採用に当たっては、軸流ポンプでは不安定領域を有することから回転速度制御が困難な場合や、渦巻ポンプのように羽根角度制御の採用が不可能な場合等、他の制御方式で対応のできない領域や中小口径ポンプの場合、及び経済比較などによって安価である場合などに限定することが望ましい。

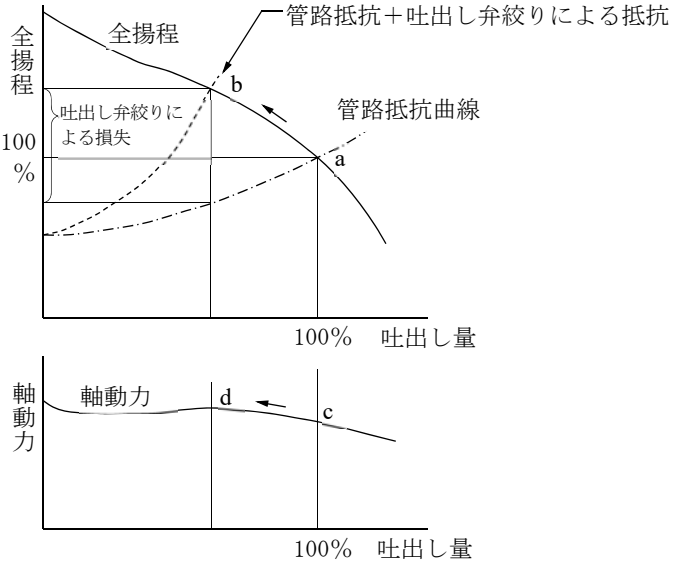



**図-5.4-参**　吐出し弁制御による運転点の変化（例）

## 5.2　主ポンプの設計点吐出し量

主ポンプの吐出し量は、計画揚水量と台数の組合せにより決定する。

主ポンプ設計を行うための各主ポンプ 1 台当たりの設計点吐出し量は、計画揚水量の変動等を考慮し、基準の運用「**9-2　主ポンプの設計**」により決定する。

なお、洪水時排水ポンプの吐出し量は、平均所要排水量をすべての水位条件下において確保すれば安全であるが、このようにすると、主ポンプの平均吐出し量が平均所要排水量を上回り不経済となるので、設計点実揚程を仮定して排水解析を行い、主ポンプの設計点実揚程を最適値にすることにより、主ポンプの平均吐出し量（設計点吐出し量）と平均所要排水量を一致させるようにする。

## 5.3 全揚程の決定方法

全揚程の決定手順は、基準 9 及び運用 9-2 によるが、諸損失水頭は次により求められる。

### 5.3.1 管路の摩擦損失水頭

⑴ ダルシー・ワイズバッハ（Darcy・Weisbach）公式

ダルシー・ワイズバッハ公式は、比較的管路の短い場合（例えば、ポンプ場内の配管等）に広く用いられている。

$$h_f=\lambda\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.1)$$

ここに、 $h_f$ ：管路の摩擦損失水頭（m）

$\lambda$ ：摩擦抵抗係数

一般の鋳鉄管

$\lambda=\{0.02+1/(2,000\cdot D)\}\cdot 1.5$（1.5は腐食を考慮した係数）

一般の鋼管

$\lambda=\{0.0144+9.5/(1,000\cdot\sqrt{V})\}\cdot 1.5$（1.5は腐食を考慮した係数）

$L$ ：吸込管、吐出し管路長（m）

$D$ ：管路長 $L$ に対応する管径（m）

$V$ ：管内流速（m/s）　　$g$ ： 重力の加速度（9.8m/s$^2$）

⑵ ヘーゼン・ウィリアムス（Hazen・Williams）公式

ヘーゼン・ウィリアムス公式は、比較的管路の長い場合（例えば、ポンプ場外のパイプライン等）に広く用いられている。

$$h_f=10.67\cdot\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85}\cdot D^{4.87}}\cdot L \quad \cdots\cdots (5.2)$$

ここに、 $h_f$ ：管路の摩擦損失水頭（m）　　$Q$ ： 流量（m$^3$/s）

$D$ ：管径（m）　　$L$ ： 管路長（m）

$C$ ：流速係数（**表-5.5** による）

**表-5.5** 流速係数 $C$ の値

| 管　種（内面の状態） | 流速係数 $C$ | | |
|---|---|---|---|
| | 最大値 | 最小値 | 標準値 |
| 鋳鉄管（塗装なし） | 150 | 80 | 100 |
| 鋼管（塗装なし） | 150 | 90 | 100 |
| 水道用液状エポキシ樹脂塗装管（鋼）注1) | | | |
| $\phi$800mm 以上 | － | － | 130 |
| $\phi$600～700mm | － | － | 120 |
| $\phi$350～500mm | － | － | 110 |
| $\phi$300mm 以下 | － | － | 100 |
| モルタルライニング管（鋼、鋳鉄） | 150 | 120 | 130 |
| 遠心力鉄筋コンクリート管 | 140 | 120 | 130 |
| プレストレストコンクリート管 | 140 | 120 | 130 |
| 硬質塩化ビニール管注2) | 160 | 140 | 150 |
| 硬質ポリエチレン管注2) | 170 | 130 | 150 |
| 強化プラスチック複合管注2) | 160 | － | 150 |

注1） 塗装方法は、JWWA-K 135 に準拠するものとし、塗装厚は 0.5mm 以上が望ましい。

2） 呼び径 150mm 以下の管路では、$C$=140 を標準としてよい。

3） 全揚程を求めるために採用する流速係数（$C$）は標準値としてよい。

### 5.3.2　流入による損失水頭

⑴　一般（開水路）の場合

$$h_i = f_i \cdot \frac{V_2^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots (5.3)$$

ここに、$h_i$　：流入損失水頭（m）
$V_2$　：流入後の断面の流速（m/s）
$f_i$　：流入損失係数（**表-12.9** による）
$g$　：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

⑵　ベルマウスの場合

$$h_i = f_i' \cdot \frac{V_2^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots (5.4)$$

ここに、$h_i$　：流入損失水頭（m）
$V_2$　：流入後の断面の流速（m/s）
$f_i'$　：流入損失係数（鋼板製0.3、鋳鉄製 0.15）
$g$　：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

⑶　フート弁の場合（フート弁を採用する場合、ベルマウスの損失を計上しない）

$$h_i = f_i'' \cdot \frac{V_2^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots (5.5)$$

ここに、$h_i$　流入損失水頭（m）
$V_2$　流入後の断面の流速（m/s）
$f_i''$　流入損失係数（**表-5.6** 参照）
$g$　重力の加速度（9.8m/s$^2$）

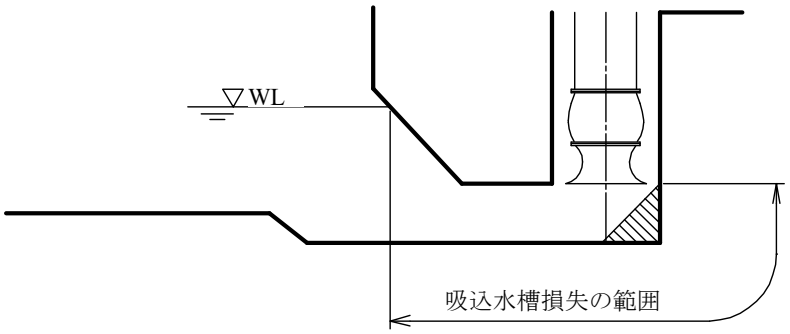
**表-5.6**　フート弁損失係数（ストレーナ付きの場合）

| 口　径　$\phi$（mm） | 40～300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|
| 損 失 係 数　$f_i''$ | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.6 | 1.3 |

⑷　セミクローズ形吸込水槽の場合

$h_i$＝0.1m（規定吐出し量において）　$\cdots\cdots (5.6)$

ここに、$h_i$：セミクローズ形吸込水槽損失水頭（m）



### 5.3.3 流出による損失水頭

$$h_0 = f_0 \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.7)$$

ここに、$h_0$ ： 流出損失水頭（m）
$V$ ： 流出前の断面の流速（m/s）
$f_0$ ： 流出損失係数
$g$ ： 重力の加速度（9.8 m/s$^2$）

流出損失係数は、吐出し水槽及び大気放流の場合は、一般に $f_0=1$ としてよい。

なお、吐出し管出口における速度水頭は全部損失となるから、低揚程ポンプの場合には、この損失を少なくするため、管端部分を広げることが望ましい。

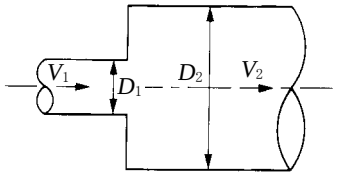
### 5.3.4 断面変化による損失水頭

⑴ 急拡（ボルダ Borda の式）

$$h_{se} = \frac{V_1^2}{2g} \cdot \left\{ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right\}^2 = f_{se} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.8)$$

ここに、$h_{se}$ ：急拡損失水頭（m）　　$A_2$ ： 急拡後の管断面積（m$^2$）
$V_1$ ：急拡前の流速（m/s）　　$A_1$ ： 急拡前の管断面積（m$^2$）
$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
$f_{se}$ ：急拡損失係数 $(1-A_1/A_2)^2 = (1-(D_1/D_2)^2)^2$

$f_{se}$ の計算値は、**表-5.7** による。
ただし、摩擦損失水頭を含まない。



急　拡

**表-5.7** 急拡損失係数 $f_{se}$

| $D_1/D_2$ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | (1.0) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_{se}$ | 0.98 | 0.92 | 0.82 | 0.70 | 0.56 | 0.41 | 0.26 | 0.13 | 0.04 | (0) |

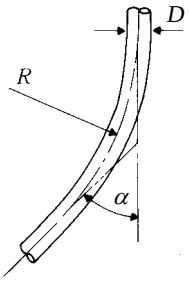
⑵　漸拡（ギブソン Gibson の式）

$$h_{ge}=f_{ge}\cdot\frac{(V_1-V_2)^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

⑶ 急縮（ワイズバッハ Weisbach の係数）

$$h_{sc}=f_{sc}\cdot\frac{V_2^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

### 5.3.5　湾曲及び屈折による損失水頭




⑴　湾曲

$$h_b = f_b \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.12)$$

ここに、$h_b$：湾曲による損失水頭（m）

$V$　：管内流速（m/s）

$g$　：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

$f_b$　：湾曲の曲率半径の比（$R/D$）と偏角（$\alpha$）によって定まる損失係数

$f_b$の値は、**図-5.7(a)**、(b)による。ただし、摩擦損失を含まない。

①　$R/D \geqq 2$ の場合

（バジールスキ Wasielewski の簡略式）

$$\frac{1}{f_b} = \frac{90\pi}{\alpha} \cdot \left( \log_e \frac{R}{D} + \frac{\alpha \cdot \pi}{180} \right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.13)$$

ここに、$\alpha$＝偏角（°）

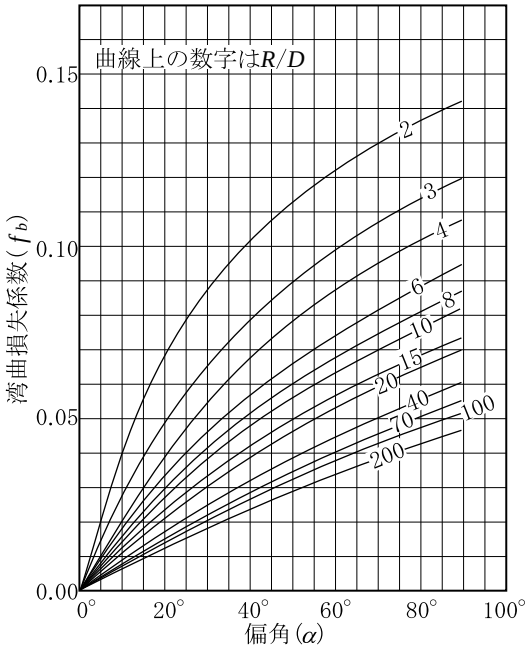



**図-5.7(a)**　湾曲損失係数 $f_b$（$R/D \geqq 2$ の場合）

② 0.5＜$R/D$＜2 の場合

（ワイズバッハ・フューラ Weisbach・Fuller の式）

$$f_b=\left\{0.131+1.847\left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5}\right\}\cdot\left(\frac{\alpha}{90}\right)^{0.5} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.14)$$

ここに、$\alpha$＝偏角（°）

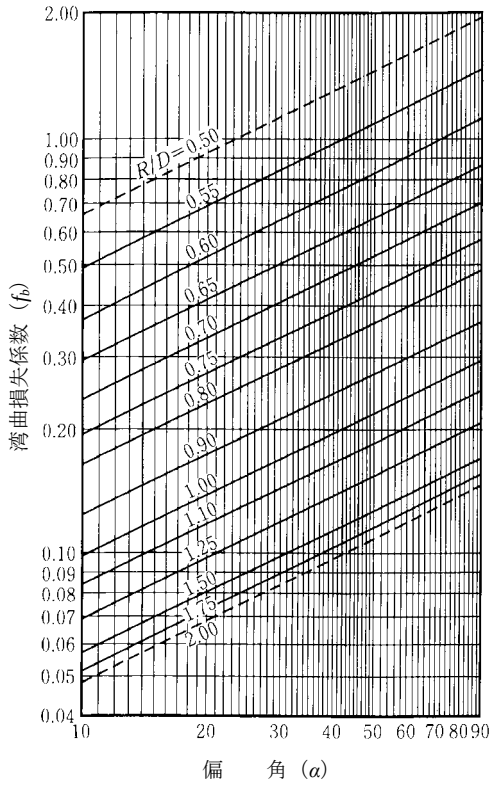



**図-5.7(b)**　湾曲損失係数 $f_b$（0.5＜$R/D$＜2 の場合）

**図-5.7(a)**、**(b)**において、該当する $R/D$ の値が曲線上にない場合は直近下位の数値を採用する。

管水路の湾曲による損失水頭をできる限り小さくするために、図表の $R/D$ を 4 程度以上にすることが望ましいが、ポンプ場内においては、主ポンプの配置により $R/D$ が小さくなることもやむを得ない。

$R/D$ が 2 未満の場合には、ワイズバッハ・フューラ（Weisbach・Fuller）の式を採用する。

⑵　屈折

$$h_{be}=f_{be}\cdot\frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

⑶ 多節屈折（エルボ）（「技術資料　管路・ダクトの流体抵抗」（日本機械学会））

$$h_b = f_r \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

### 5.3.6　分流による損失水頭

直角分流による損失水頭は、ガルデル（Gardel）の式により求める。

$$H_\alpha - H_\beta = f_\beta \cdot \frac{V_\alpha^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots (5.19)$$

$$H_\alpha - H_\gamma = f_\gamma \cdot \frac{V_\alpha^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots (5.20)$$

ここに、$H_\alpha$：管 $\alpha$ の全水頭（m）
$H_\beta$：管 $\beta$ の全水頭（m）
$H_\gamma$：管 $\gamma$ の全水頭（m）
$f_\beta$ ：管 $\beta$ への分流損失係数
$f_\gamma$ ：管 $\gamma$ への分流損失係数
$V_\alpha$：分流前の管 $\alpha$ の流速（m/s）
$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
ただし、摩擦損失を含まない。

損失係数 $f_\beta$ 及び $f_\gamma$ は、**式（5.21）、（5.22）**により算定する。

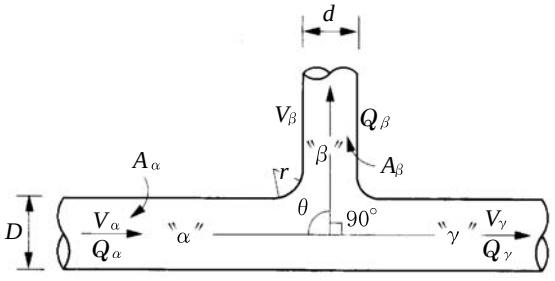
$$f_\beta = 0.95\left(1-q_\beta\right)^2 + q_\beta^{\,2} \cdot \left(1.3\cot\frac{\theta}{2} - 0.3 + \frac{0.4-0.1\phi}{\phi^2}\right) \cdot \left(1-0.9\sqrt{\rho/\phi}\right)$$

$$+ 0.4 q_\beta \cdot \left(1-q_\beta\right) \cdot \left(1+\frac{1}{\phi}\right) \cdot \cot\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots (5.21)$$

$$f_\gamma = 0.58\ q_\beta^{\,2} - 0.26\ q_\beta + 0.03 \quad \cdots\cdots (5.22)$$

ここに、$\theta$ ：本管と支管との交角（°）
$\phi$ ：支管と本管との断面積比（$A_\beta/A_\alpha$）
$\rho$ ：支管と本管との接続部の面取り半径 $r$ と本管口径 $D$ との比（$r/D$）
$q_\beta$：支管と本管との流量比（$Q_\beta/Q_\alpha$）。ただし、$q_\beta>0$ とする。

一般に、パイプラインの分岐はＴ字管を用いた直角分流であるので、$\theta$=90°、$\rho$=0.05 とすれば、$f_\gamma$ 及び $f_\beta$ は**表-5.10** 並びに**表-5.11、図-5.9** となる。




$\theta$=90°、$\rho$=0.05

分　流

**表-5.10** $f_\gamma$の値（$\theta=90°$、$\rho=0.05$）

| $q_\beta$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_\gamma$ | 0.03 | 0.01 | 0.001 | 0.004 | 0.019 | 0.045 | 0.083 | 0.132 | 0.193 | 0.266 | 0.350 |

**表-5.11** $f_\beta$の値（$\theta=90°$、$\rho=0.05$）

| $\phi$ ＼ $q_\beta$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 0.95 | 1.31 | 1.90 | 2.70 | 3.74 | 4.99 | 6.47 | 8.17 | 10.1 | 12.2 | 14.6 |
| 0.2 | 0.95 | 1.04 | 1.22 | 1.49 | 1.84 | 2.28 | 2.81 | 3.42 | 4.12 | 4.91 | 5.78 |
| 0.4 | 0.95 | 0.918 | 0.920 | 0.959 | 1.03 | 1.14 | 1.28 | 1.46 | 1.67 | 1.93 | 2.21 |
| 0.6 | 0.95 | 0.880 | 0.837 | 0.821 | 0.829 | 0.866 | 0.928 | 1.02 | 1.13 | 1.28 | 1.44 |
| 0.8 | 0.95 | 0.863 | 0.798 | 0.759 | 0.744 | 0.753 | 0.786 | 0.844 | 0.925 | 1.03 | 1.16 |
| 1.0 | 0.95 | 0.852 | 0.778 | 0.728 | 0.701 | 0.698 | 0.718 | 0.764 | 0.832 | 0.925 | 1.04 |

注）支管と本管との面取半径（$r$）は管種によっては設けないものもあるが、一般に分流損失水頭は他の損失に比して小さいので、すべての管種に$\rho=0.05$を用いて計算してよい。ただし、無視し得ない場合には別途計算による。

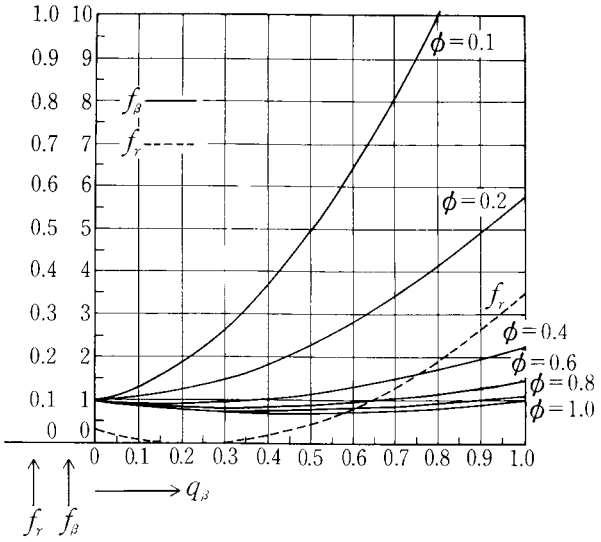



**図-5.9** 直角分流の損失係数（$\theta=90°$、$\rho=0.05$）

### 5.3.7　合流による損失水頭

合流による損失水頭は、ガルデル（Gardel）の式により求める。

$$H_\alpha - H_\gamma = f_\alpha \cdot \frac{V_\gamma^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.23)$$

$$H_\beta - H_\gamma = f_\beta \cdot \frac{V_\gamma^2}{2g} \quad \cdots\cdots (5.24)$$

ただし、摩擦損失を含まない。

上式中の係数値は、

$$f_\alpha = -q_\beta{}^2 \cdot \left\{ 2.59 + \left(1.62 - \sqrt{\rho}\right) \cdot \left( \frac{\cos\theta}{\phi} - 1 \right) - 0.62\phi \right\} - q_\beta \cdot (1.94 - \phi) + 0.03 \quad \cdots\cdots (5.25)$$

$$f_\beta = -q_\beta{}^2 \cdot \left\{ \left(1.2 - \sqrt{\rho}\right) \cdot \left( \frac{\cos\theta}{\phi} - 1 \right) + 0.8 \left( 1 - \frac{1}{\phi^2} \right) - (1 - \phi) \cdot \frac{\cos\theta}{\phi} \right\}$$
$$-(1 + q_\beta) \cdot \{ 0.92 + q_\beta \cdot (2.92 - \phi) \} \quad \cdots\cdots (5.26)$$

ここに、$V_\gamma$：管 $\gamma$ の平均流速（合流後の流速）（m/s）

$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

$f_\alpha$：$\alpha$ 管の合流損失係数

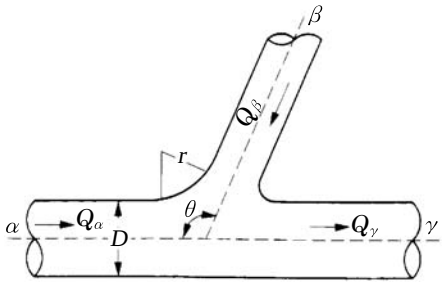
$f_\beta$：$\beta$ 管の合流損失係数

$\theta$ ：本管と支管との交角（°）

$\phi$ ：本管と支管との断面積比 （$A_\beta / A_\alpha$）

$\rho$ ：支管と本管との接続部面取り半径 $r$ と本管 $D$ との比 $r/D$

$q_\beta$：支管と本管との流量比 （$-Q_\beta / Q_\gamma$）。ただし、$q_\beta < 0$ とする。




合　流

### 5.3.8 T字形分流（90°、90°）、合流（180°、90°）による損失水頭

（「技術資料　管路・ダクトの流体抵抗」（日本機械学会））

⑴ T字形分流（90°、90°）による損失水頭捕

$$h_{13} = f_{13} \cdot \frac{V_1^{\,2}}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

### 5.3.9　弁による損失水頭

$$h_v = f_v \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

### 5.3.10 管内クーラによる損失水頭

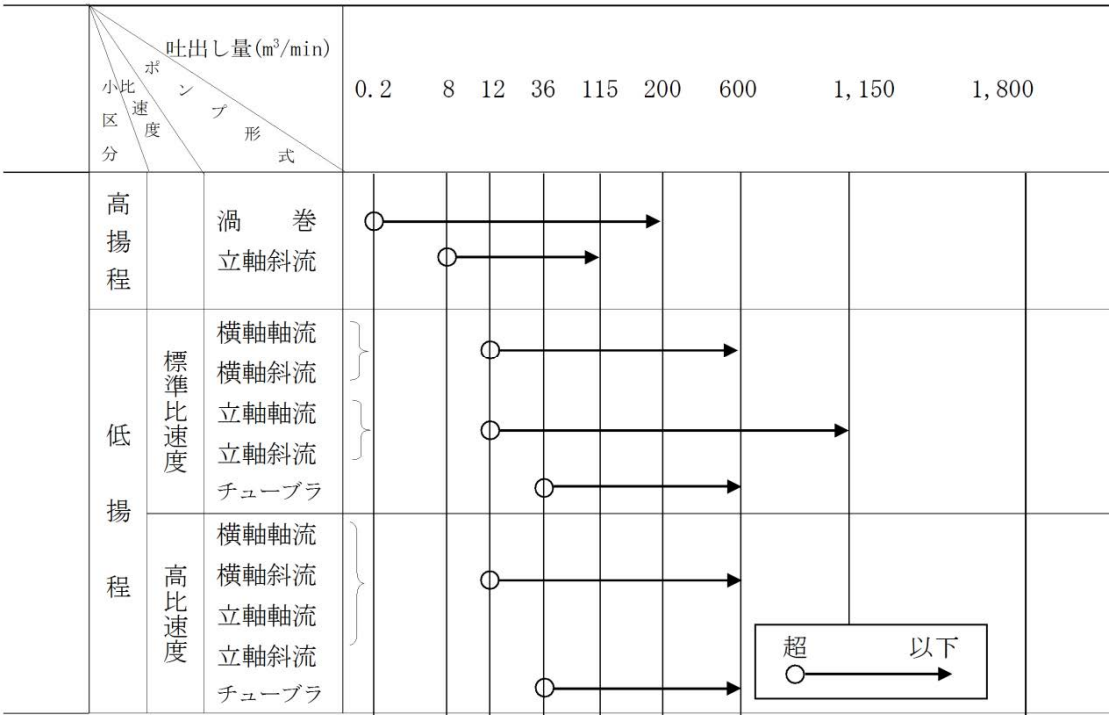
$$h_c = f_c \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\

## 5.4　主ポンプ形式の決定

### 5.4.1　主ポンプの分類

**表-5.14** は、主ポンプの形式と吐出し量及び比速度の関係についてまとめたものである。低揚程ポンプについては主ポンプ形式によって吐出し管形式との組合せが異なり、この組合せの詳細については、**表-5.15(a)**、**(b)**に示すとおりである。

**表-5.14**　主ポンプ形式と吐出し量及び比速度の関係




注1)　標準比速度：軸流ポンプ$Ns$＝1,500・斜流ポンプ$Ns$＝900
　　高比速度　：軸流ポンプ$Ns$＝2,000・斜流ポンプ$Ns$＝1,300である。
2)　高流速は主ポンプ吐出し口径部の流速を4m/s程度まで高流速化させた主ポンプである。
3)　水中モータポンプについては、「5.4.4.4　水中モータポンプ」を参照のこと。
4)　地下ダムなどでは、深井戸用水中ポンプが使用されている事例がある。
5)　吐出し量600超～1,800m³/min以下の立軸軸流・斜流形の高比速度ポンプ・高流速クローズピット形吸込水槽の場合は、「高Ns・高流速ポンプ設備　計画設計技術指針」を参照する。

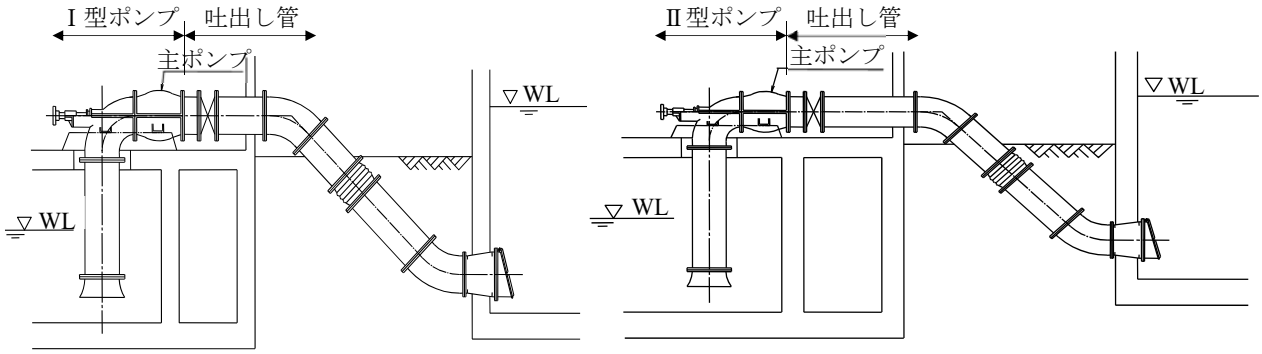
⑴　低揚程ポンプの形式

低揚程ポンプの形式は、主ポンプの比速度及び吐出し口径部の流速で表すものとし、ポンプ設備やポンプ室の計画・設計に必要な諸元決定のための基本となるものである。

主ポンプ吐出し口径部の流速と比速度の組合せを示す記号として、Ⅰ型、Ⅱ型及びⅢ型ポンプ（Ⅲ型ポンプは立軸ポンプのみ、以下同じ）の三種類を定める。**表-5.15(a)**、**(b)**に、低揚程ポンプの型式Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型ポンプと吐出し管形式タイプ 1、2、3 の組合せについての概要を示す。基本的にⅠ型は設計点吐出し量における主ポンプ吐出し口径部の流速が 3m/s 程度で、標準的な比速度を採用した主ポンプ全般をいい、Ⅱ型は主ポンプ吐出し口径部の流速を 4m/s 程度まで高流速化させ、さらに主ポンプの比速度を高比速度化することによりⅠ型の口径部寸法より小口径化した主ポンプをいう。

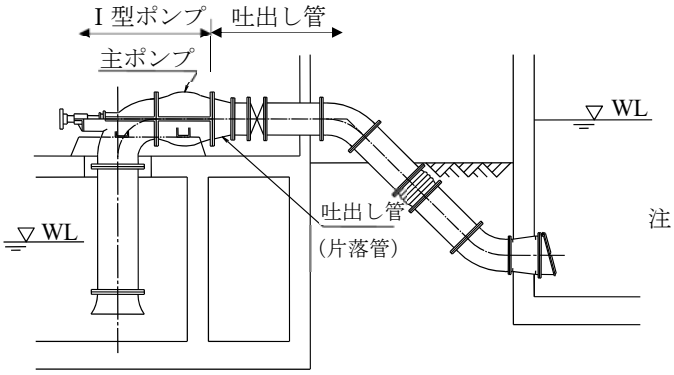
また、立軸ポンプにおいては、主ポンプ吐出し口径部の流速を 4m/s 程度まで高流速化させ、キャビテーションや主ポンプ効率等の検討結果から標準的な比速度を採用した主ポンプをⅢ型という。

なお、横軸ポンプはインペラの位置が水面より上にあるため、高比速度化のⅡ型で検討を行うと、有害なキャビテーションが発生しやすくなる傾向にあるので、標準的な比速度を採用した横軸ポンプⅠ型に 1 ランク小さい吐出し管を接続し、吐出し管の流速を 4m/s 程度まで高流速化させた吐出し管形式タイプ 3 を検討できるようにしている。




a. 吐出し管形式タイプ 1（Ⅰ型ポンプ）

b. 吐出し管形式タイプ 2（Ⅱ型ポンプ）




c. 吐出し管形式タイプ 3（Ⅰ型ポンプ）

注 1） 吐出し管形式タイプ 1 及びタイプ 2 は、主ポンプの吐出し口径に同じ管径の吐出し管を接続する。
2） 吐出し管形式タイプ 3 は、片落ち管＋主ポンプより 1 ランク小さい管径（Ⅱ型ポンプの吐出し口径に同じ）の吐出し管を接続する。

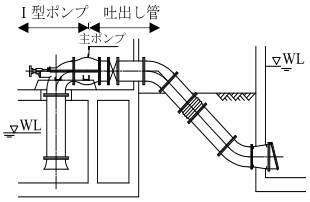
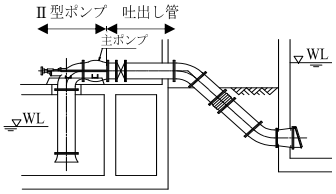
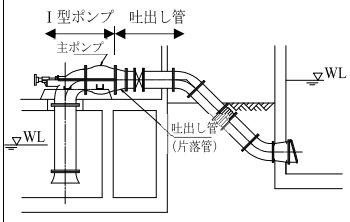
**図-5.12** 低揚程横軸ポンプの配管方法

Ⅲ型ポンプは、立軸ポンプの場合、揚水管部で口径の調節を行い高流速化を図れるのに対し、横軸ポンプの場合は構造上調節が不可能である。よって、横軸ポンプは、Ⅲ型を設けず、吐出し管形式タイプ 3 とし、この場合の主ポンプはⅠ型ポンプを採用する。

横軸ポンプ及び立軸ポンプのⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型ポンプ並びに吐出し管形式タイプ 1、2、3 の採用に当たっては、ポンプ設備の設備費用及び、運転時間などから算出される運転経費等の総合的経済性の検討を行う必要がある。

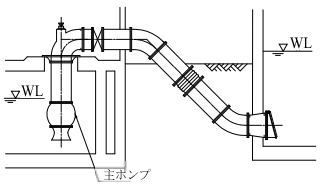
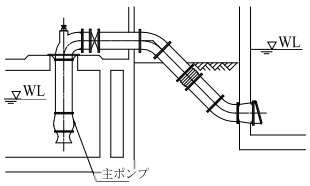
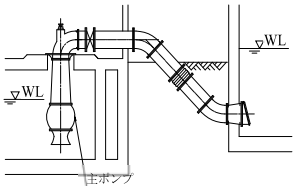
また、渦巻ポンプは比速度の範囲が幅広いと同時に、比速度を特定できないことから、主ポンプ型式（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型）を規定しない。

**表-5.15(a)**　横軸ポンプの型式と吐出し管形式の組合せ

| 項目 ＼ 吐出し管形式 | | タイプ　1 | タイプ　2 | タイプ　3 |
|---|---|---|---|---|
| 低揚程横軸ポンプ | 吸込・吐出し管略図 |  |  |  <br>（吐出し管は、片落ち管＋Ⅱ型と同じもの。） |
| | 主ポンプの型　式 | Ⅰ　型 | Ⅱ　型 | Ⅰ　型 |
| | 主ポンプの比速度 | 標準比速度<br>軸流　$Ns$＝1,500<br>斜流　$Ns$＝900 | 高比速度<br>軸流　$Ns$＝2,000<br>斜流　$Ns$＝1,300 | 標準比速度<br>軸流　$Ns$＝1,500<br>斜流　$Ns$＝900 |
| | 主ポンプの吸込性能 | 回転速度が遅いので吸込性能に優れている。 | 回転速度が早いので吸込性能が劣っている。 | 回転速度が遅いので吸込性能に優れている。<br>（タイプ1と同じである。） |
| | 主ポンプの全揚程 | 配管の損失水頭が小さいため、全揚程は低い。 | 配管の損失水頭が大きいため、タイプ1より大きく、タイプ3とほぼ同じである。 | 配管の損失水頭が大きいため、タイプ1よりは大きく、タイプ2とほぼ同じである。 |
| | 主ポンプの効　率 | 高い。<br>（Ⅰ型ポンプはⅡ型より高い） | 低い。<br>（Ⅱ型ポンプはⅠ型より低い） | 高い。<br>（Ⅰ型ポンプはⅡ型より高い） |
| | 吸込管流速 | 設計点における最大流速は3m/s程度である。（すべてのタイプとも吸込管径は同じである。） | | |
| | 吐出し管及び吐出し弁流速 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は4m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は4m/s程度を目安とする。 |
| | フラップ弁流　速 | 設計点における流速は2m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 |
| | 配管の損失水頭 | 吸込・吐出し管内流速が遅いため、小さい。 | 吐出し管内流速が速いため、タイプ1より大きく、タイプ3とほぼ同じである。 | 吐出し管内流速が速いため、タイプ1より大きく、タイプ2とほぼ同じである。 |
| | 主原動機の出　力 | 全揚程が小さく、主ポンプ効率が高いため原動機出力は小さい。 | 全揚程が大きく、主ポンプ効率が低いため、タイプ1より大きく、タイプ3とほぼ同じである。 | 中間である。<br>（全揚程はタイプ2にほぼ同じであり、主ポンプ効率はタイプ1に同じである） |
| | 主ポンプの質　量 | 重い。<br>（Ⅱ型ポンプより重い） | 軽い。<br>（Ⅰ型ポンプより軽い） | 重い。<br>（Ⅱ型ポンプより重い） |
| | 吸込・吐出し管及び弁の質量 | 吐出し管及び弁口径が、タイプ2、3より大きいため重い。 | タイプ1より軽く、タイプ3とほぼ同じである。 | タイプ1より軽く、タイプ2とほぼ同じである。 |

注）総合的な経済評価の検討を行うとき、その場合の主ポンプ効率は**表-6.14**～**表-6.15**の機種ごとの効率表及び注記を参照のこと。

**表-5.15(b)** 立軸ポンプの型式と吐出し管形式の組合せ

| 項目 ＼ 吐出し管形式 | | タイプ 1 | タイプ 2 | タイプ 3 |
|---|---|---|---|---|
| 低揚程立軸ポンプ | 吸込・吐出し管略図 |  |  |  |
| | 主ポンプの型 式 | Ⅰ 型 | Ⅱ 型 | Ⅲ 型 |
| | 主ポンプの比速度 | 標準比速度<br>軸流 $Ns$＝1,500<br>斜流 $Ns$＝900 | 高比速度<br>軸流 $Ns$＝2,000<br>斜流 $Ns$＝1,300 | 標準比速度<br>軸流 $Ns$＝1,500<br>斜流 $Ns$＝900 |
| | 主ポンプの吸込性能 | 回転速度が遅いので吸込性能に優れている。 | 回転速度が速いので吸込性能に劣っている。 | Ⅰ型ポンプと同じである。 |
| | 主ポンプの全揚程 | 吐出し管の損失水頭が最も小さいため、全揚程は低い。 | 吐出し管の損失水頭が大きいため、全揚程はタイプ1より高く、タイプ3とほぼ同じである。 | タイプ2とほぼ同じである。 |
| | 主ポンプの効 率 | 高い。<br>（Ⅱ・Ⅲ型ポンプより高い） | 低い。<br>（Ⅰ・Ⅲ型ポンプより低い） | 中間である。<br>（Ⅰ型ポンプより低く、Ⅱ型ポンプより高い） |
| | 吐出し管及び吐出し弁流速 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は4m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は4m/s程度を目安とする。 |
| | フラップ弁流 速 | 設計点における流速は2m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 | 設計点における流速は3m/s程度を目安とする。 |
| | 配管の損失水頭 | 吐出し管内流速が遅いため、小さい。 | 吐出し管内流速が速いため、大きい。 | タイプ2とほぼ同じである。 |
| | 主原動機の出 力 | 全揚程が小さく、主ポンプ効率が高いため、原動機出力は小さい。 | 全揚程が大きく、主ポンプ効率が低いため、原動機出力は大きい。 | 中間である。<br>（Ⅰ型ポンプより大きく、Ⅱ型ポンプより小さい） |
| | 主ポンプの質 量 | 重い。<br>（Ⅱ・Ⅲ型ポンプより重い） | 軽い。<br>（Ⅰ・Ⅲ型ポンプより軽い） | 中間である。<br>（Ⅰ型ポンプより軽く、Ⅱ型ポンプより重い） |
| | 吐出し管及び弁の質量 | 吐出し管及び弁口径が、タイプ2、3より大きいため重い。 | タイプ1より軽く、タイプ3とほぼ同じである。 | タイプ1より軽く、タイプ2とほぼ同じである。 |

注） 総合的な経済評価の検討を行うとき、その場合の主ポンプ効率は**表-6.16～表-6.17**の機種ごとの効率表及び注記を参照のこと。

⑵　主ポンプの用途による分類

主ポンプにはかんがい用と排水用があり、かんがいポンプは高揚程、排水ポンプは低揚程が多く、一般的には次のように分類される。

a. 高揚程ポンプ（全揚程　9m～300m）

高揚程ポンプは、一般的に吐出し量は小さいが、揚程が高く、主ポンプ形式には渦巻ポンプ及び斜流ポンプが多く採用されている。主ポンプの吐出し量及び全揚程は、**図-5.18**(a)、(b)に示す高揚程渦巻ポンプ適用線図及び**図-5.19** に示す高揚程立軸斜流ポンプ適用線図による。また、主ポンプ寸法図、構造図及び主要部材料については、「**5.4.4.3　主ポンプの概略寸法〔参考〕**」及び「**5.6　主ポンプの構造と材料**」によるものとする。

なお、本技術書で取り扱う高揚程ポンプの形式は、次のとおりである。

①　横軸片吸込単段渦巻ポンプ
②　横軸片吸込多段渦巻ポンプ
③　横軸両吸込単段渦巻ポンプ
④　横軸両吸込多段渦巻ポンプ
⑤　立軸片吸込単段渦巻（斜流）ポンプ
⑥　立軸斜流ポンプ

b. 低揚程ポンプ（全揚程　1.5m～9m）

低揚程ポンプは、一般的に吐出し量が大きいが、揚程が低く、主ポンプ形式には軸流ポンプ、斜流ポンプ及びチューブラポンプが多く採用されている。主ポンプの吐出し量及び全揚程は、**図-5.20～図-5.23** に示す軸流ポンプ、斜流ポンプ適用線図による。また、主ポンプ寸法図、構造図及び主要部材料については、「**5.4.4.3　主ポンプの概略寸法〔参考〕**」及び「**5.6　主ポンプの構造と材料**」によるものとする。

①　立軸及び横軸軸流ポンプ
②　軸流チューブラポンプ
③　立軸及び横軸斜流ポンプ
④　斜流チューブラポンプ

### 5.4.2 主ポンプ形式の決定手順

主ポンプ形式の決定手順を、**図-5.13** 及び**図-5.14** に示す。主ポンプの設置条件、運転・管理の容易性等も併せて検討し、主ポンプ形式を決定する必要がある。

#### 5.4.2.1 主ポンプ形式の決定手順

⑴ 高揚程ポンプ

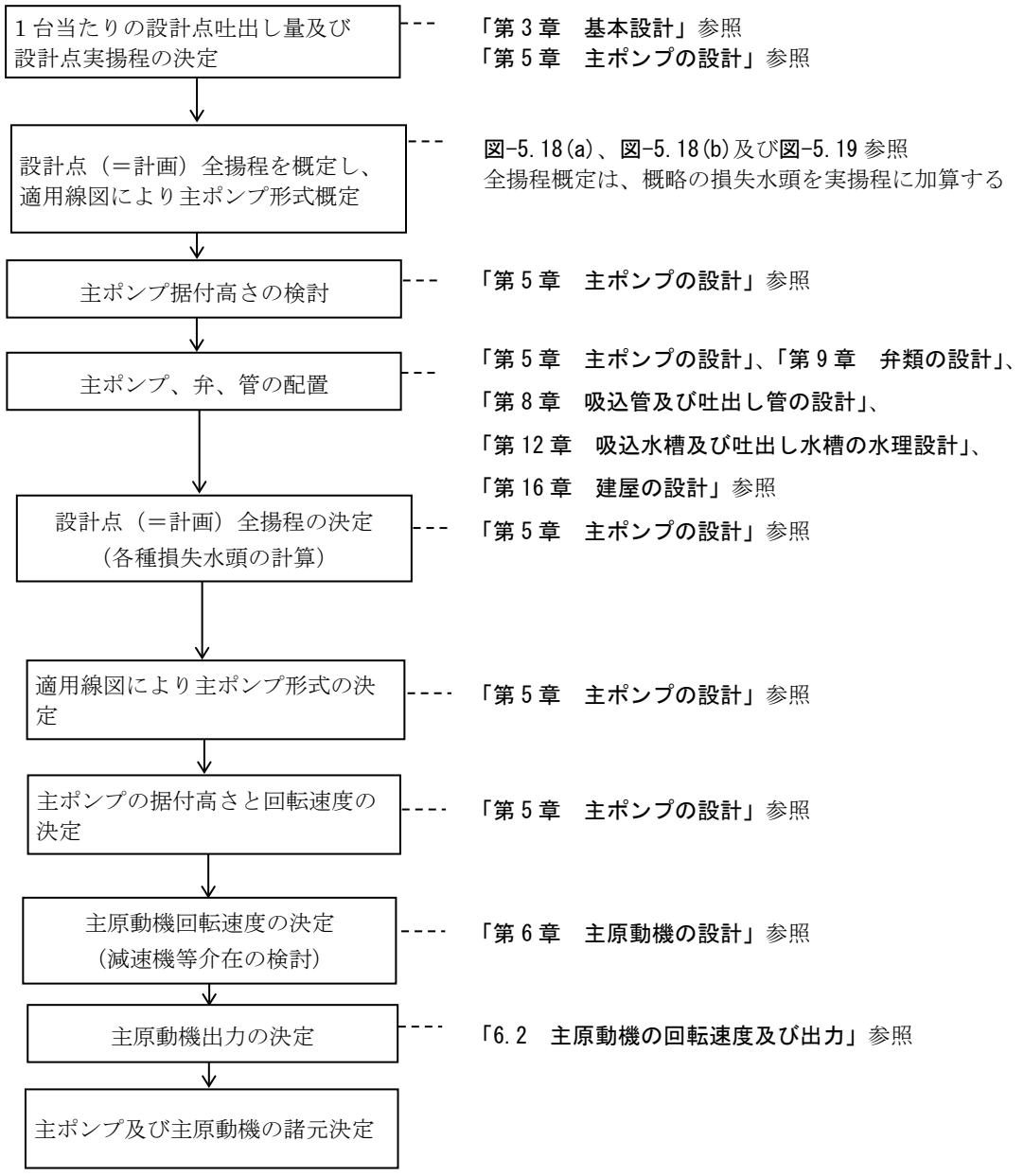
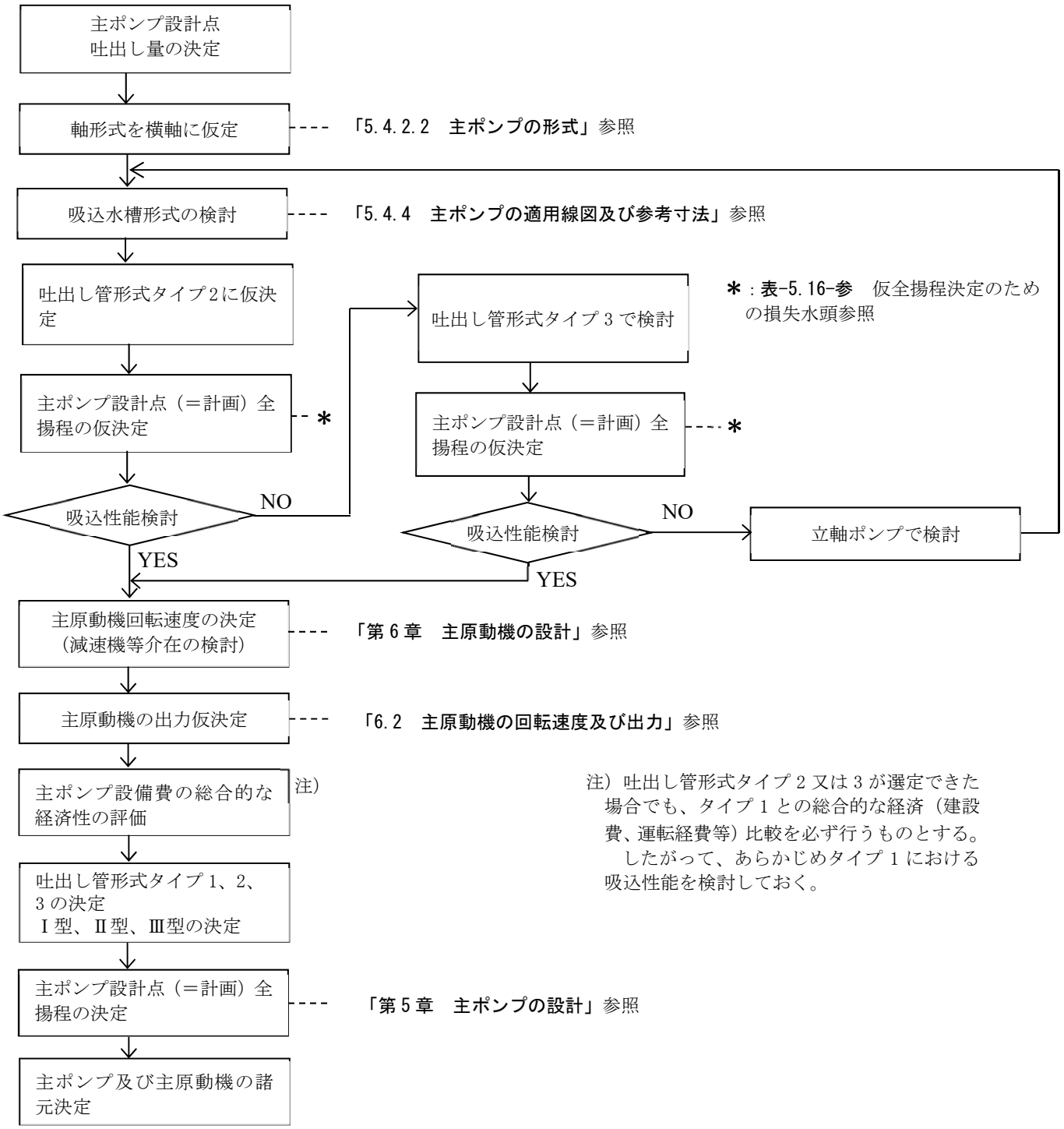



**図-5.13** 高揚程ポンプ形式の決定手順

⑵　低揚程ポンプ




注）吐出し管形式タイプ２又は３が選定できた場合でも、タイプ１との総合的な経済（建設費、運転経費等）比較を必ず行うものとする。
　したがって、あらかじめタイプ１における吸込性能を検討しておく。

**図-5.14**　低揚程ポンプ形式の決定手順

〔参　考〕主ポンプの仮全揚程決定のための損失水頭

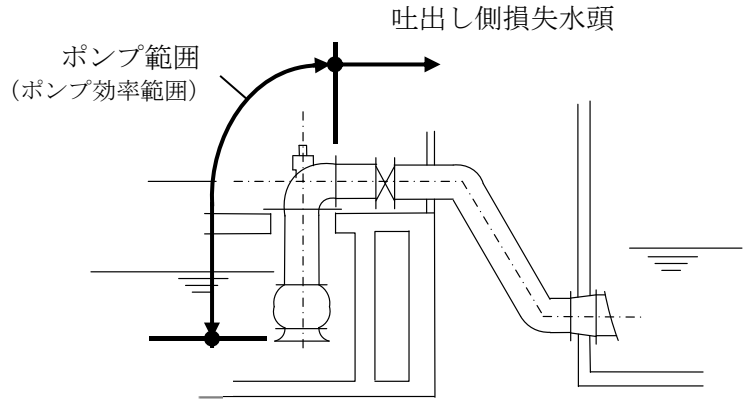
主ポンプの仮全揚程のための損失水頭を概定するために、吐出し管形式による損失水頭と主ポンプの吸込水路形状の損失水頭を、**表-5.16-参**に示す。

**表-5.16-参**　仮全揚程決定のための損失水頭

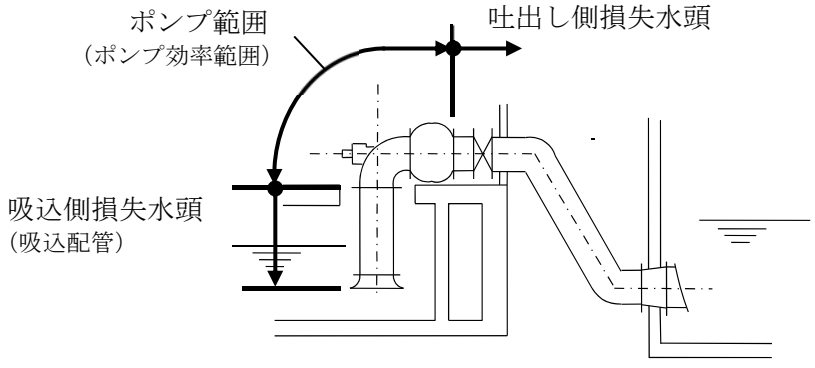
| 用途 | 軸形式 | 吸込水槽形式 | 計画実揚程に加算する仮損失水頭 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 吐出し管形式タイプ1 | | | 吐出し管形式タイプ2 | | | 吐出し管形式タイプ3 | | |
| | | | 吸込側損失水頭 | 吐出し側損失水頭 | 損失水頭合計 | 吸込側損失水頭 | 吐出し側損失水頭 | 損失水頭合計 | 吸込側損失水頭 | 吐出し側損失水頭 | 損失水頭合計 |
| 高揚程 | 横軸 | 標準流速オープン形 | 主ポンプ廻り損失水頭（2.5m)＋送水管損失水頭 | | | | | | | | |
| | 立軸 | | 主ポンプ廻り損失水頭（1.5m)＋送水管損失水頭 | | | | | | | | |
| 低揚程 | 横軸 | 標準流速・高流速オープン形 | 0.1m | 0.5m | 0.6m | 0.1m | 0.9m | 1.0m | 0.1m | 0.9m | 1.0m |
| | 立軸 | 標準流速・高流速オープン形 | | 0.5m | 0.5m | | 0.9m | 0.9m | | 0.9m | 0.9m |
| | | セミクローズ形 | 0.1m | 0.5m | 0.6m | 0.1m | 0.9m | 1.0m | 0.1m | 0.9m | 1.0m |

注1)　600m$^3$/min 超の主ポンプで、クローズピット形吸込水槽を採用する場合の水路損失水頭は別途検討する。
2)　横軸ポンプの場合、吸込管の点検や交換時に作業性が悪いため、セミクローズ形吸込水槽は採用しないものとする。

・低揚程ポンプ（立軸、横軸）のポンプ範囲と損失水頭




a)　立軸ポンプ




b)　横軸ポンプ

### 5.4.2.2　主ポンプの形式

主ポンプの形式は、軸形式、機種形式、据付形式等の組合せで表され、この組合せの中から用途、規模、環境面、敷地スペース等の立地条件や全揚程、吸込性能、信頼性、維持管理性及び経済性等を総合的に評価して適切なものを選定する。

⑴　軸形式

軸形式は主ポンプの軸方向を表したもので、「横軸形」、「立軸形」、「斜軸形」に分けられるが、一般に「横軸形」、「立軸形」が多い。

軸形式の一般的な比較を、**表-5.17** に示す

**表-5.17**　軸　形　式　の　比　較

| 形式項目 | 横　　軸 | 立　　軸 |
|---|---|---|
| 機　場　面　積 | 立軸より大きい。 | 横軸より小さい。 |
| 満　水 | インペラが吸込水位より上にあるので必要である。 | インペラが吸込水位より下にあるので不要である。 |
| 吸　込　性　能 | インペラが吸込水位より上にあるので立軸形に比べて不利である。 | インペラが吸込水位より下にあるので横軸形に比べて有利である。 |
| 始　動　性 | 立軸よりやや複雑である。 | 横軸より容易である。 |
| 内　部　点　検 | 上部ケーシングを取り外せば点検可能である。 | 主ポンプ全体を引上げて分解した上で点検する。 |
| ク　レ　ー　ン　容　量 | 立軸より小さい。 | 横軸より大きい。 |
| 建　屋　高　さ | 立軸より低い。 | 横軸より高い。 |
| 設　備　費 | 立軸より安価である。 | 横軸より高価である。 |

⑵　機種形式

主ポンプの軸形式と機種形式は、**表-5.18** に示す組合せとなる。

**表-5.18**　軸形式と機種形式

| 主ポンプの揚程 / 軸形式 | 低揚程ポンプ | 高揚程ポンプ |
|---|---|---|
| 横軸ポンプ | 軸流形、斜流形、チューブラ形 | 渦巻形 |
| 立軸ポンプ | 軸流形、斜流形 | 斜流形、渦巻形 |

〔参　考〕

**参考 1.** 主ポンプ形式選定のための概略全揚程

主ポンプの概略的な全揚程を、**表-5.19(a)**、**(b)-参**に示す。

**表-5.19(a)-参**　低揚程ポンプの概略全揚程

| 主ポンプ軸形式 | 横軸ポンプ | | | 立軸ポンプ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 吐出し管形式 | タイプ 1 | タイプ 3 | タイプ 2 | タイプ 1 | タイプ 3 | タイプ 2 |
| 主ポンプ型式 | Ⅰ型 | | Ⅱ型 | Ⅰ型 | Ⅲ型 | Ⅱ型 |
| 軸流ポンプ | 3m 以下 | | 2.5m以下 | 5m 以下 | | 4m 以下 |
| 斜流ポンプ | 5m 以下 | | 4m 以下 | 9m 以下 | | 8m 以下 |

注1)　表の数値は、一般的なポンプ場において、有害なキャビテーションが発生しない設計点（＝計画点）全揚程の概略値を示す。

2)　運転範囲によっては、上表の数値より小さくなる場合がある。

3)　吸込･吐出し管の損失水頭は、**表-5.16-参**による。

**表-5.19(b)-参**　高揚程ポンプの概略全揚程

| 軸形式 / 機種形式 | 横軸ポンプ | 立軸ポンプ |
|---|---|---|
| 斜流ポンプ | － | 20m以下 |
| 渦巻ポンプ | 15m以上 | 15m以上 |

注)　表の数値は、概略の設計点（＝計画点）全揚程を示す。

**参考 2.** 主ポンプの特性

主ポンプの形式における特性を、**表-5.20-参**に示す。

**表-5.20-参**　主ポンプの特性比較

| 項目＼形式 | 渦巻ポンプ | 斜流ポンプ | 軸流ポンプ | 可動羽根軸流・斜流ポンプ |
|---|---|---|---|---|
| 揚水量と揚程 $Q$-$H$ | $Q$に対する$H$の変化は少なく、締切揚程は設計点全揚程の110～140%である。 | 渦巻ポンプと軸流ポンプの中間である。 | $Q$に対する$H$の変化が大きく、締切揚程は設計点全揚程の 200～300%である。 | 各々の羽根角度における $Q$-$H$ 曲線は固定羽根と同じ。羽根角度の増減に従って任意に水量調節ができる。 |
| 軸動力 $Q$-$L$ | 締切軸動力は、最高効率点の 40～80%で漸次増加し、最高効率点を過ぎると、100～120%となる。 | $Q$ の変化にかかわらずほぼ一定である。 | 締切軸動力は、最高効率点の 200～250% で漸次低下し、最高効率点を過ぎてもさらに低下する。 | 揚程の変化に応じて羽根を操作し、水量を増減させて、軸動力一定の運転ができる。 |
| 効率 $Q$-$\eta$ | $Q$ の変化に対して効率の変化は少ない。 | 渦巻ポンプと軸流ポンプの中間である。 | 最も急峻な山型の効率曲線であるので、効率の低下が大きい。 | 軸動力一定の羽根操作を行うことによって、$Q$-$\eta$曲線は斜流ポンプと同じ程度の曲線となる。 |
| 選定上の注意 | 吸込性能が良く、キャビテーションは起こりにくい。締切運転可能である。また、$Q$ の運転可能範囲が広い。 | Ⅰ・Ⅲ型は締切運転は可能であるが、長時間は避ける。Ⅱ型は締切運転時の軸動力が大きくなるため、一般的に締切運転を行わない。 | 締切運転は、軸動力が大きくなるため行わない。キャビテーションは起こりやすい。$H$ の運転可能範囲が狭い。 | 低揚程大容量ポンプの水量調節や揚程変化の大きい排水ポンプに適する。羽根をねかせて運転できるため、締切時の軸動力が小さくなり、締切運転可能である。 |

注）可動羽根軸流・斜流ポンプ選定上の注意

・軸流ポンプ、斜流ポンプの標準比速度（$Ns$）と異なる場合があるため、注意が必要である。

・可動羽根ポンプの採用に伴い、機器荷重が増加するため、注意が必要である。

なお、機器荷重の増加分は＋10～20%程度が目安となるが、ポンプの仕様（口径、ポンプ長さ等）や可動羽根の方式、スラスト荷重の支持位置等により荷重が異なるため、詳細設計に当たっては確認が必要である。

⑶ 据付形式

軸形式と規模により主ポンプ据付状態を表す据付形式が決定されるが、主ポンプを支持するポンプ場本体の構造により、「一床式」、「二床式」がある。一般に、かんがいポンプに多く採用される横軸渦巻ポンプ及び排水ポンプに採用される横軸軸流・斜流ポンプは「一床式」が多く、また、排水ポンプに多く採用される立軸ポンプには、「一床式」及び「二床式」の 2 種類がある。

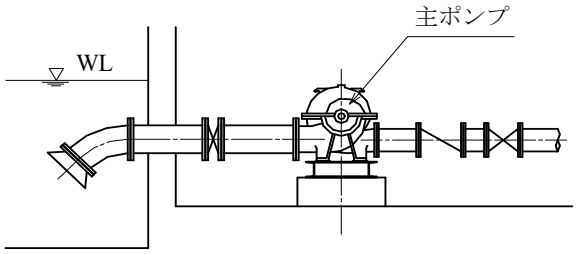
据付形式は、施工性、耐久性、経済性等を総合的に評価して決定するものとする。**表-5.21** に、立軸ポンプの据付形式の比較を示す。

**表-5.21** 立軸ポンプの据付形式の比較

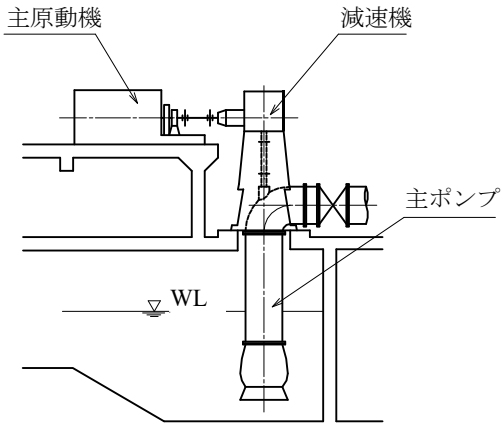
| 項目＼床形式 | 一 床 式 | 二 床 式 |
|---|---|---|
| 適用吐出し量 | ① 325m³/min 以下（Ⅰ・Ⅲ型ポンプ）及び 400m³/min（Ⅱ型ポンプ）以下に適する。<br>② 255 超～325m³/min 以下（Ⅰ・Ⅲ型ポンプ）及び 255 超～400m³/min 以下（Ⅱ型ポンプ）は、ポンプ一床、原動機二床が適する。この形式を半二床という。 | ① 325m³/min 超（Ⅰ・Ⅲ型ポンプ）及び 400m³/min 超（Ⅱ型ポンプ）に適するが、吐出し量の小さい場合にも可能である。土木構造の簡素化のため、600m³/min 以下まで一床式を採用している事例もある。 |
| 土木構造 | ① 二床式に比べ単純である。 | ① 一床式に比べ複雑である。 |
| 保守性 | ① 二床式とほぼ同一、しかし吐出し量が大きい場合はやや難点がある。減速機や原動機の点検用にグレーチングなどで点検床を設置している場合もある。 | ① 一床式とほぼ同一である。 |

〔参　考〕各主ポンプ形式の据付（例）

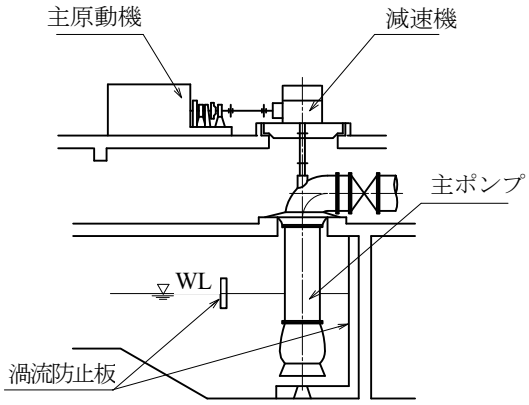
主ポンプの据付形式の参考例を、**図-5.15-参**に示す。



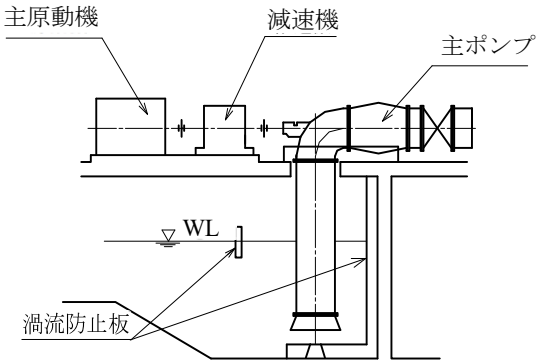

a. 横軸渦巻ポンプ



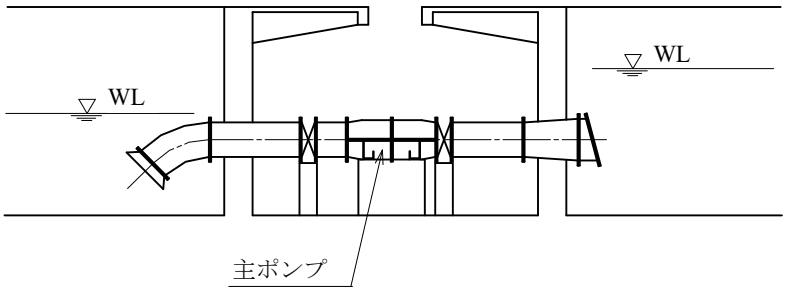

b. 一床式（半二床式）立軸ポンプ




c. 二床式立軸ポンプ




d. 横軸ポンプ




e. チューブラポンプ

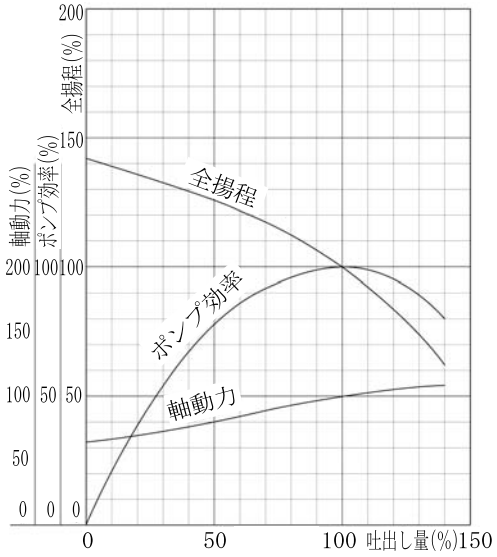
**図-5.15-参**　主ポンプの据付例

### 5.4.3 主ポンプの性能

主ポンプの性能は、要求される吐出し量、全揚程を満足し、かつ運転範囲内で有害なキャビテーションを発生しないものでなければならない。

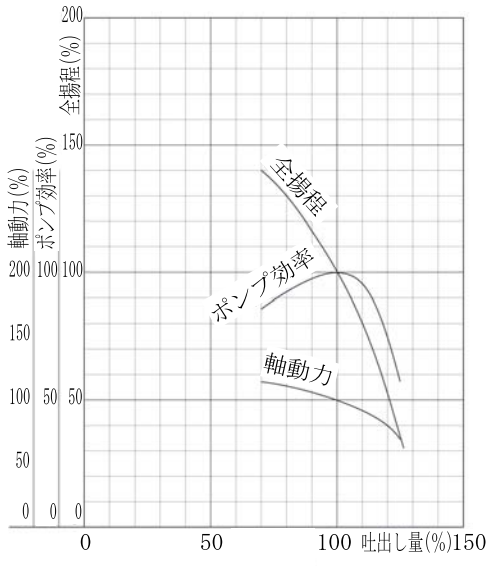
#### 5.4.3.1 主ポンプの特性

主ポンプの特性は、主ポンプ形式によって異なる。渦巻ポンプ、斜流ポンプ、軸流ポンプ、可動羽根軸流ポンプの一般的な特性曲線を、**図-5.16(a)**、(b)、(c)、(d)に示す。

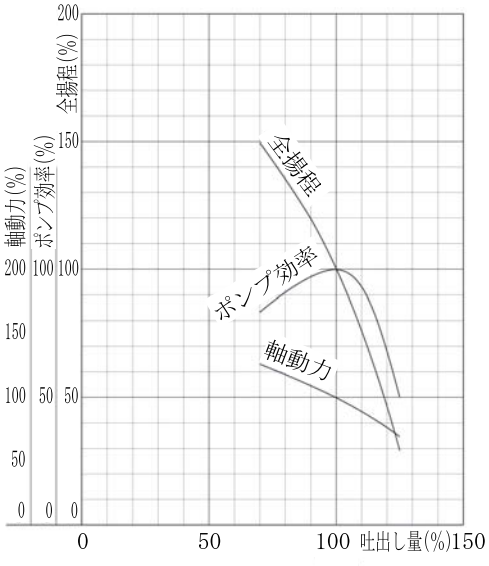



渦巻ポンプ（$N_S$＝300）

**図-5.16(a)** 主ポンプの特性曲線（100≦ $Ns$ ≦650 のうち、$Ns$＝300 の場合）

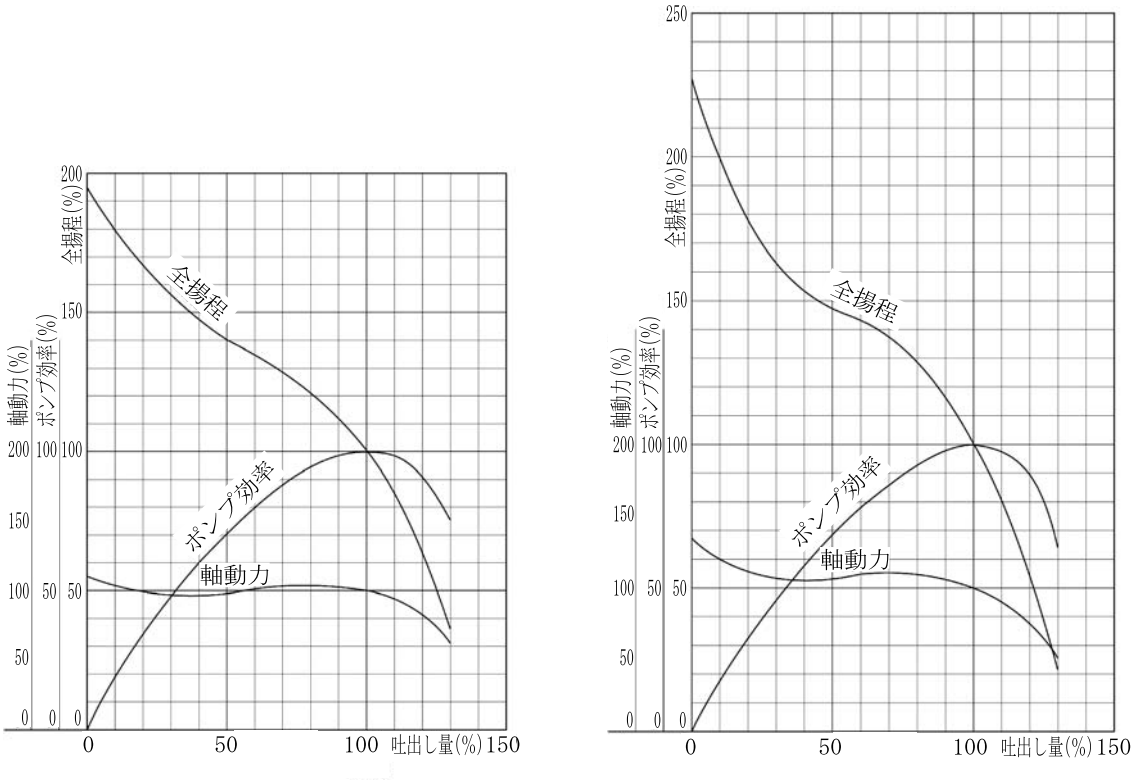



（b-1）軸流ポンプ（$N_S$＝1,500）



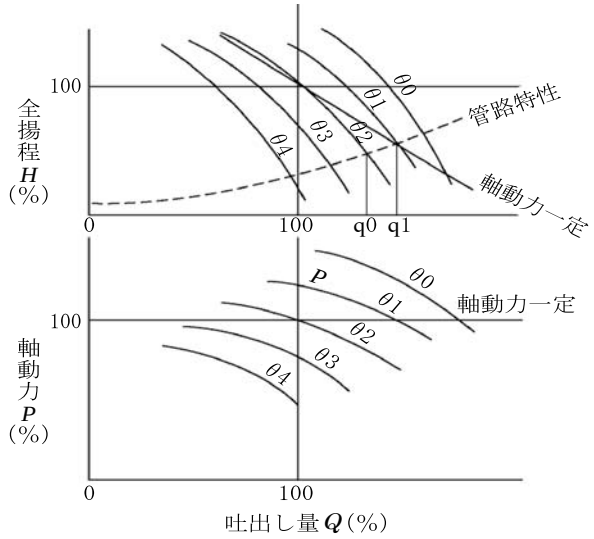

（b-2）軸流ポンプ（$N_S$＝2,000）

**図-5.16(b)** 主ポンプの特性曲線



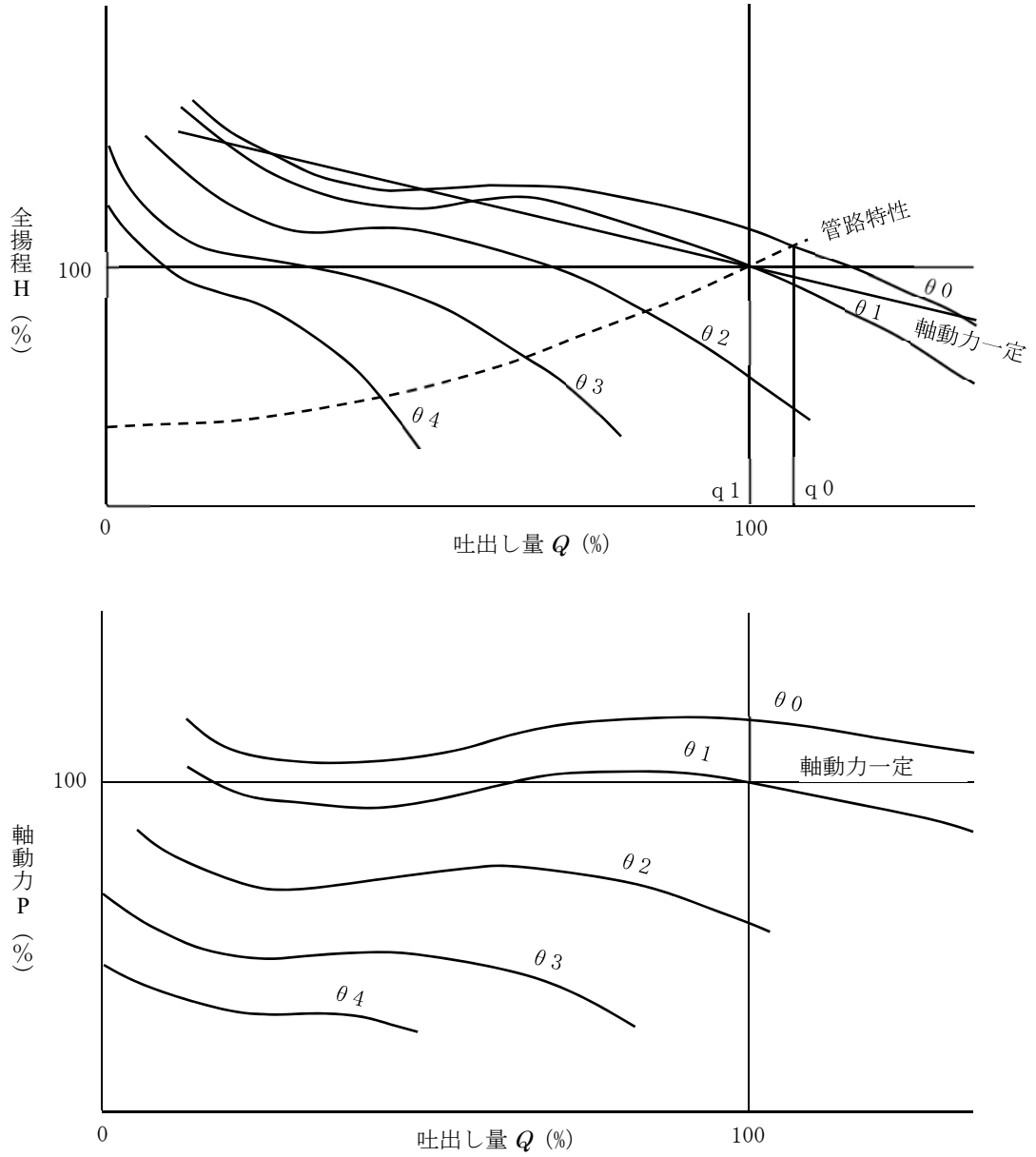

（c-1）斜流ポンプ（$N_S$＝900）　　（c-2）斜流ポンプ（$N_S$＝1,300）

**図-5.16(c)**　主ポンプの特性曲線




可動羽根軸流ポンプの軸動力一定特性

**図-5.16(d)**　主ポンプの特性曲線




可動羽根斜流ポンプの軸動力一定特性

**図-5.16(e)** 主ポンプの特性曲線

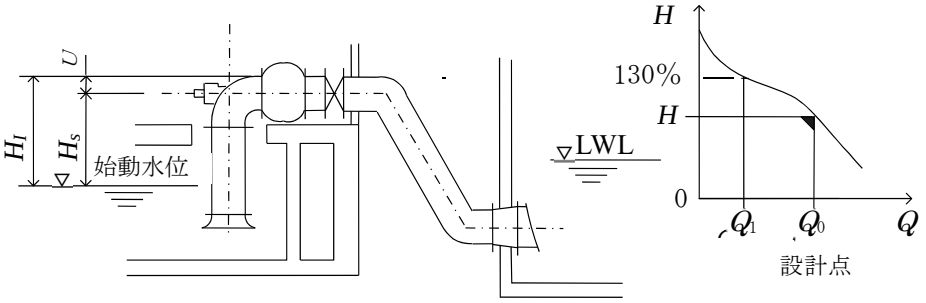
### 5.4.3.2　主ポンプのサイホン形成可否の検討

落水の現象は、吸込水位より高い位置に設置されている吸上げ式の主ポンプ（一般には横軸ポンプ）において、主ポンプ始動時はもちろん、運転状態でも負圧の状態を保てないとき、すなわち、サイホン形成ができない場合に起こる。またこの現象は、立軸ポンプの場合にも発生することがある。この現象が起こるとポンプ場としての機能が低下することに加えて、主ポンプや主原動機に支障をきたすことになるので、ポンプ場の計画段階で配慮することが必要である。

⑴　横軸斜流ポンプ

横軸斜流ポンプにおいては、一般に吐出し弁全閉にて満水を行い、主ポンプ始動後に吐出し弁を開くが、配管形状によっては主ポンプ内の水が落水し、サイホンが形成されない場合がある。このような落水が生じる原因としては、吐出し弁と下流側配管端との距離が比較的短く、かつ、吐出し弁の開閉速度が速いことがあげられる。このような場合は、吐出し弁開閉速度を遅くしたり、吐出し弁全開での満水を行うなどの対策が必要である。

吐出し弁全閉で満水を行い、サイホンを形成するには、主ポンプ始動時に、**図-5.17(a)**に示す $H_I$（$=H_S+U$）の値を主ポンプ全揚程（$H$）の 130%以下とする必要がある。主ポンプ始動時に吐出し弁下流側管路内の空気を水とともに排出できる吐出し流速を確保する必要があり、一般的には $H_I$ を主ポンプ全揚程（$H$）の 130%以下とすることにより、必要流速が得られる。




注）　$U$ 寸法は、**表-5.59** 参照

**図-5.17(a)**　横軸ポンプの主配管図

したがって、主ポンプ始動時の吐出し弁の条件は、次のとおりである。

$H_I \leqq 1.3\times H$ の場合：サイホン形成可能→吐出し弁全閉の条件

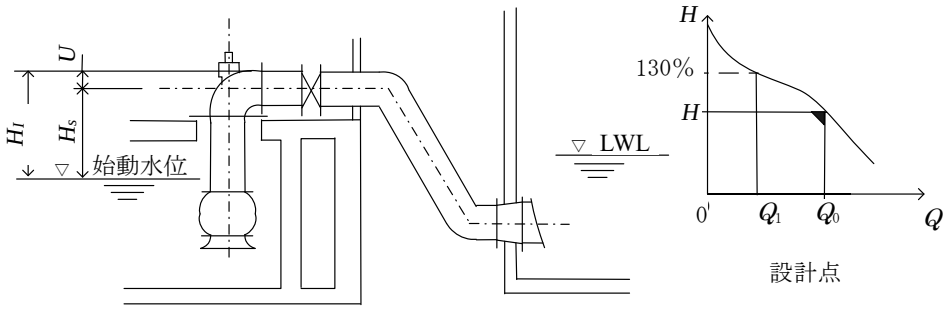
$H_I > 1.3\times H$ の場合：サイホン形成不可→吐出し弁全開の条件

この条件により、主ポンプ内を満水とするための真空ポンプの容量を決定する必要がある。

なお、負圧部からの空気流入によってもサイホン形成が不可能あるいは崩壊する場合があるので、空気流入を防止することが必要である。

⑵　立軸ポンプ

立軸軸流・斜流ポンプは、サイホンが形成されないと吐出し量が少ない状態の運転になる。したがって、サイホン形成の可否を検討する必要がある。一般的に、サイホン形成に必要な流速は、$H_I$ が主ポンプ全揚程（$H$）の 130%以下の吐出し量（$Q_1$）以上の場合で得られる。




注） $U$ 寸法は、**表-5.59** 参照

**図-5.17(b)** 立軸ポンプの主配管図

$H_I \leqq 1.3 \times H$ の場合：サイホン形成可能

上記の条件を満たさない場合の対策としては、主ポンプ据付床レベルを低くしたり、主ポンプ全揚程を高くするなどの検討を行う。

## 5.4.4　主ポンプの適用線図及び参考寸法

### 5.4.4.1　主ポンプの適用線図

設計点における吐出し量と、全揚程から主ポンプ適用線図により主ポンプ形式を決定することができるが、使用条件や配置条件によっては、さらに詳細な比速度等の検討を行うことにより、より条件に合致した主ポンプ形式等を選定できる。適用線図において、計画点（設計点吐出し量又は計画吐出し量と設計点全揚程又は計画全揚程の交点）が主ポンプ区分線上に設定された場合は下位の主ポンプを選定する。また、適用線図は低揚程領域（軸流：2.5m 以下、斜流：3.2m 以下）では揚程が低くなるほど主ポンプ吐出し量が減少していく傾向にある。したがって、主ポンプ吸込水槽寸法、主ポンプ荷重、主ポンプ効率、ポンプ場寸法など吐出し量（流量範囲）を基準とした選定表を使用する場合には、ポンプ適用線図において流量範囲を確認の上使用する。

なお、主ポンプ形式と主な用途を、**表-5.22** に示す。

**表-5.22**　主ポンプ形式と主な用途の組合せ

| 主ポンプ形式 | | 主な用途 | 適用 |
|---|---|---|---|
| 軸形式 | 機種形式 | | |
| 横軸・立軸 | 渦巻ポンプ（50Hz） | 用水（高揚程） | 規定しない |
| | 渦巻ポンプ（60Hz） | | |
| 立軸 | 斜流ポンプ | | |
| 横軸 | 軸流ポンプ | 排水（低揚程） | 吐出し管形式タイプ1、2、3と主ポンプ型式（Ⅰ・Ⅱ型ポンプ）との組合せ |
| | 斜流ポンプ | | |
| | 斜流チューブラポンプ | | |
| | 軸流チューブラポンプ | | |
| 立軸 | 軸流ポンプ | 排水（低揚程） | 吐出し管形式タイプ 1、2、3 と主ポンプ型式（Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ型ポンプ）との組合せ |
| | 斜流ポンプ | | |

注）　吐出し管形式タイプ 1、2、3 は**表-5.15(a)**、**(b)**を参照のこと。
　　渦巻ポンプには、斜流羽根を採用した渦巻斜流ポンプを採用しても良い。

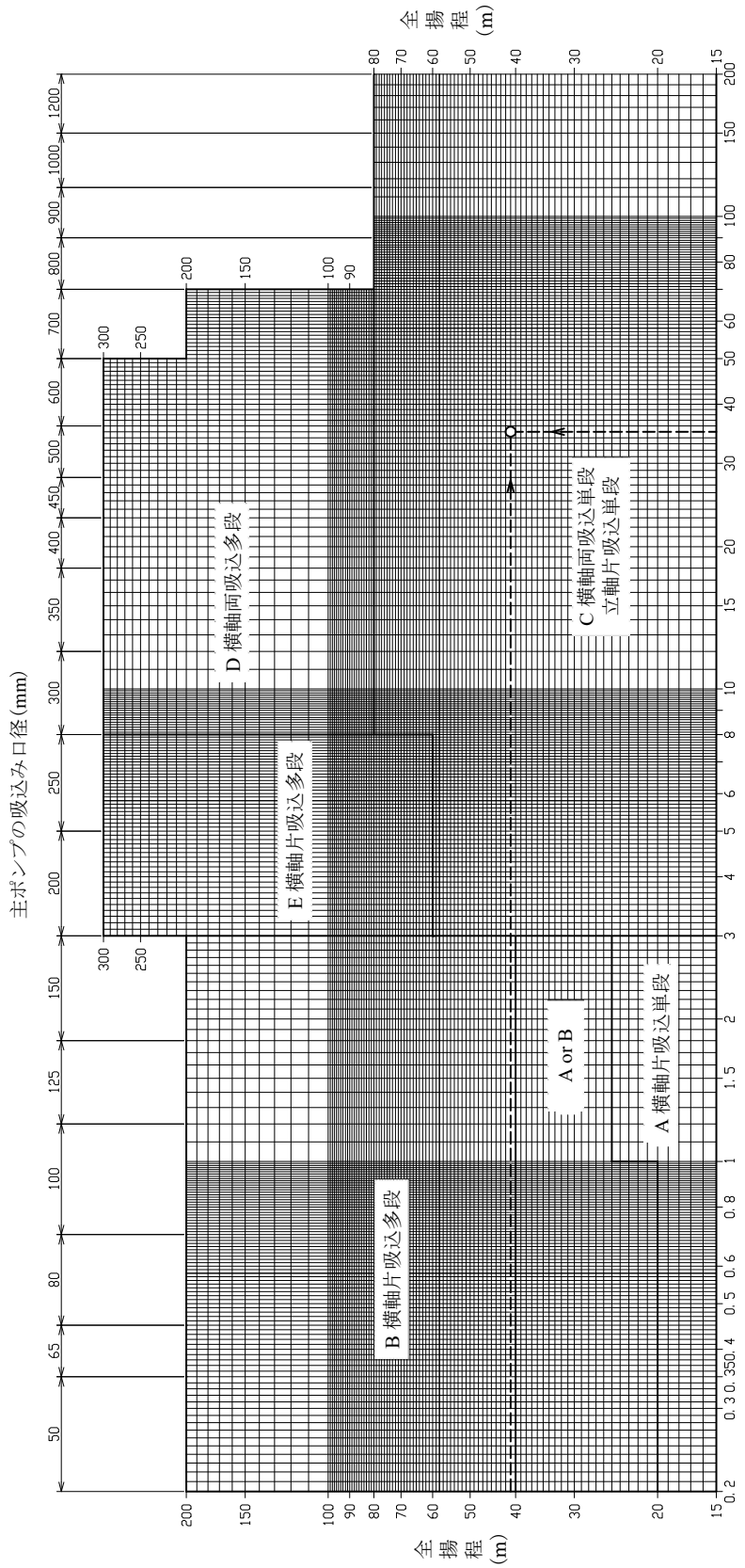
⑴　高揚程ポンプ（全揚程 9～300m）

高揚程ポンプの適用線図を、**図-5.18(a)**、**(b)**～**5.19** に示す。

横軸片吸込単段渦巻ポンプ（50Hz）　（A ゾーン）
横軸片吸込多段渦巻ポンプ（50Hz）　（B、E ゾーン）
横軸両吸込単段渦巻ポンプ（50Hz）　（C ゾーン）　・・・・　（**図-5.18(a)**）
立軸片吸込単段渦巻ポンプ（50Hz）　（C ゾーン）
横軸両吸込多段渦巻ポンプ（50Hz）　（D ゾーン）

横軸片吸込単段渦巻ポンプ（60Hz）　（A ゾーン）
横軸片吸込多段渦巻ポンプ（60Hz）　（B、E ゾーン）
横軸両吸込単段渦巻ポンプ（60Hz）　（C ゾーン）　・・・・　（**図-5.18(b)**）
立軸片吸込単段渦巻ポンプ（60Hz）　（C ゾーン）
横軸両吸込多段渦巻ポンプ（60Hz）　（D ゾーン）

立軸斜流ポンプ（50Hz、60Hz）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　（**図-5.19**）




注 1) 本図はかんがい用として適用される各種渦巻ポンプの適用範囲を示す。

2) 本図により選定された主ポンプ吸込口径は標準を示す。

3) 電動機出力決定の詳細は、「**第 6 章　主原動機の設計**」による。

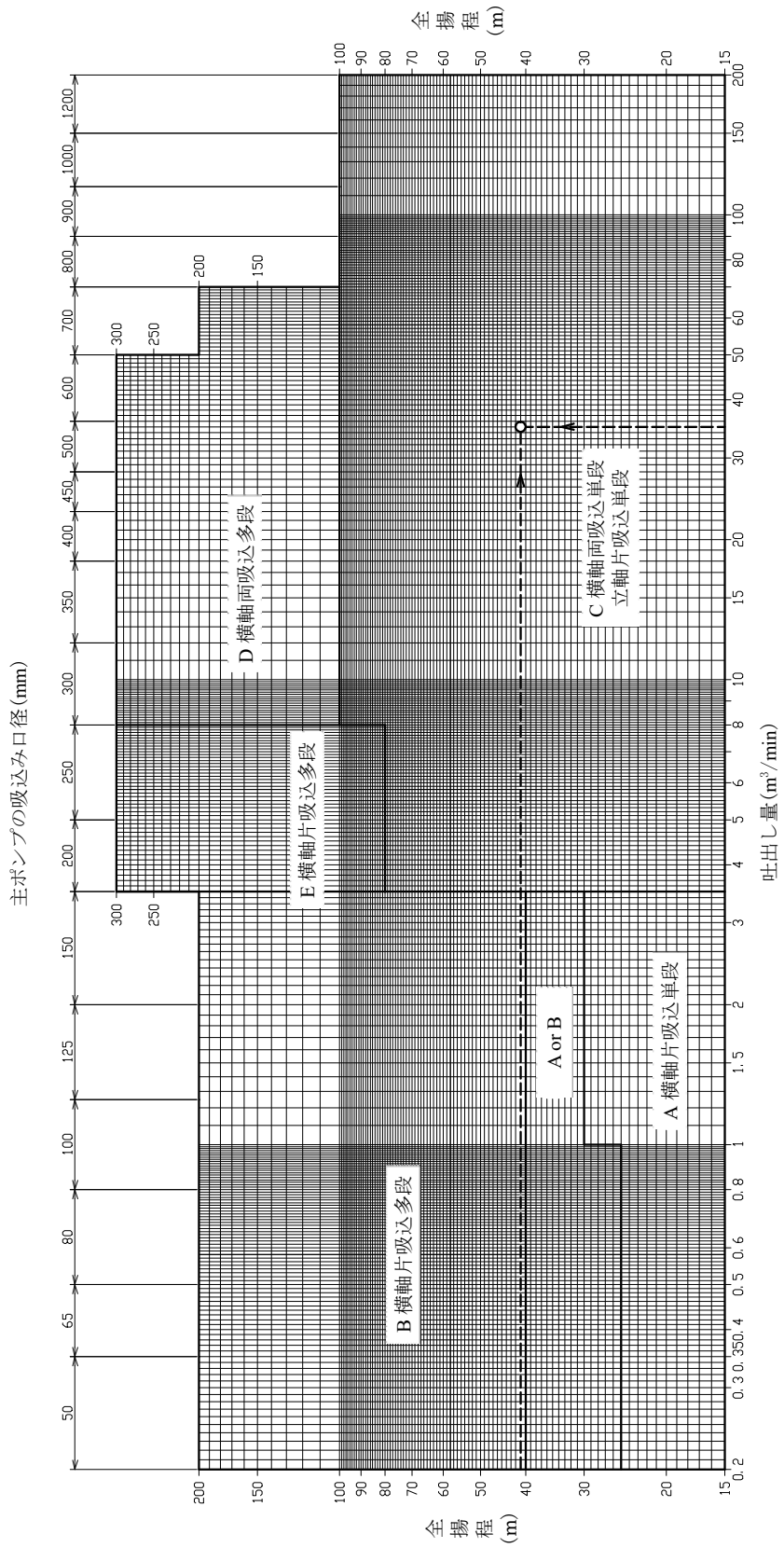
4) 本図において、設計点吐出量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。

5) 以下の場合、メーカ資料等で確認するものとする。
- C ゾーン（単段）と D ゾーン（多段）との境界は、押込みの場合、C ゾーンが広くなることがある。
- A ゾーン（単段）と B ゾーン（多段）との境界線は、A ゾーンが広くなることがある。

6) 押込みの場合は、本図で選定された口径より小さくなることがある。

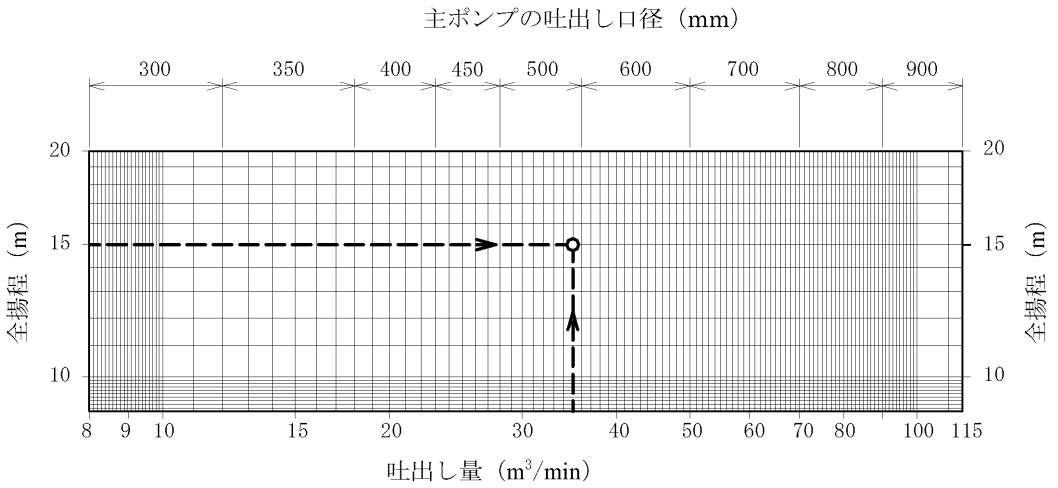
7) 設計点吐出し量 35m³/min、設計点全揚程 41m における主ポンプ形式、主ポンプの吸込口径は、次のとおりとなる。
主ポンプ形式：横軸両吸込単段渦巻ポンプ、主ポンプの吸込口径：500mm

**図-5.18(a)**　高揚程渦巻ポンプ適用線図（50Hz）




注）適用条件は、**図-5.18(a)** の注１）～7）を参照とする。

**図-5.18(b)**　高揚程渦巻ポンプ適用線図（60Hz）




注 1) 本図により選定された口径は標準を示す。
2) 本図において、設計点吐出し量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。
3) 設計点吐出し量 35m³/min、設計点全揚程 15m における主ポンプの吐出し口径は下記のようになる。
主ポンプの吐出し口径：500mm

**図-5.19** 高揚程立軸斜流ポンプ適用線図（50・60Hz 兼用）

⑵ 低揚程ポンプ（全揚程1.5～9m）

低揚程ポンプの適用線図を、**図-5.20～5.23** に示す。

低揚程軸流ポンプ（Ⅰ型ポンプ）適用線図

立軸及び横軸軸流ポンプ
軸流形チューブラポンプ
…… （**図-5.20**）

低揚程軸流ポンプ（Ⅱ・Ⅲ型ポンプ）適用線図

立軸及び横軸軸流ポンプ（Ⅱ型）
立軸軸流ポンプ（Ⅲ型）
軸流形チューブラポンプ
…… （**図-5.21**）

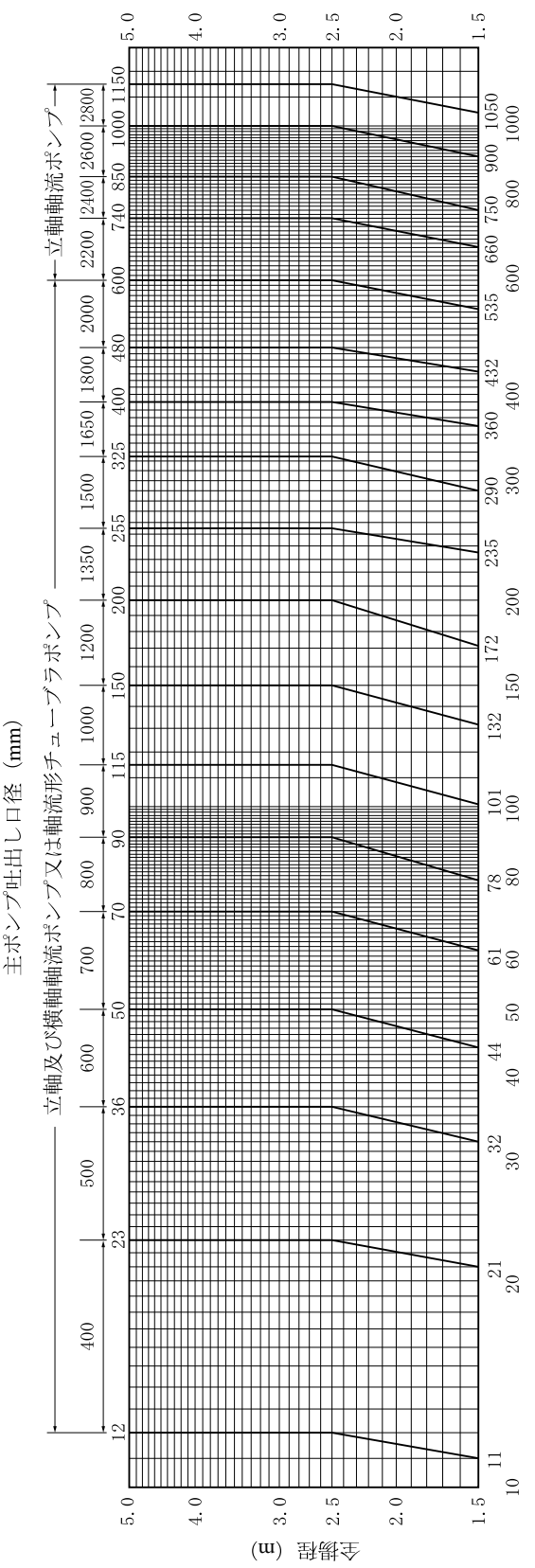
低揚程斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ）適用線図

立軸及び横軸斜流ポンプ
斜流形チューブラポンプ
…… （**図-5.22**）

低揚程斜流ポンプ（Ⅱ・Ⅲ型ポンプ）適用線図

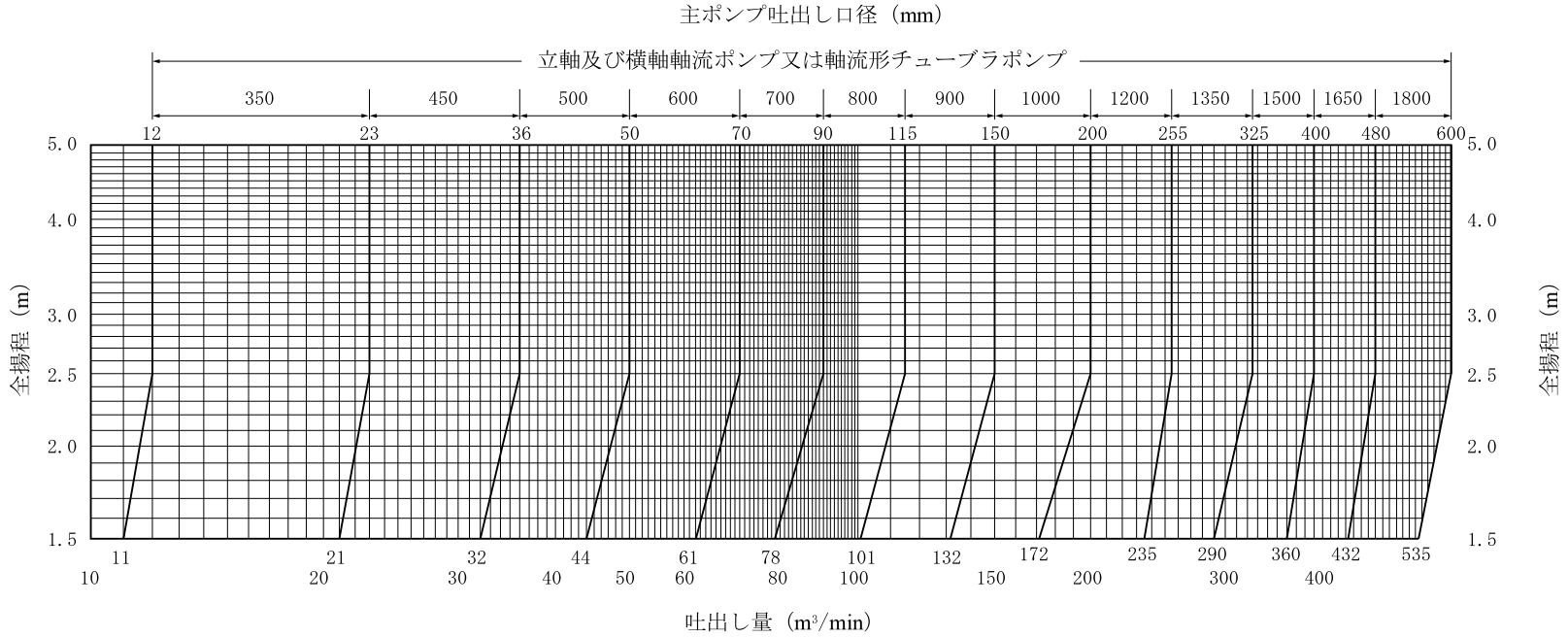
立軸及び横軸斜流ポンプ（Ⅱ型）
立軸斜流ポンプ（Ⅲ型）
斜流形チューブラポンプ
…… （**図-5.23**）

注 1) Ⅲ型ポンプは立軸ポンプに適用する。
2) 軸流・斜流形チューブラポンプのⅡ型ポンプは、主ポンプの寸法は減速機や電動機によって決定されるため、荷重はⅠ型ポンプと同じである。



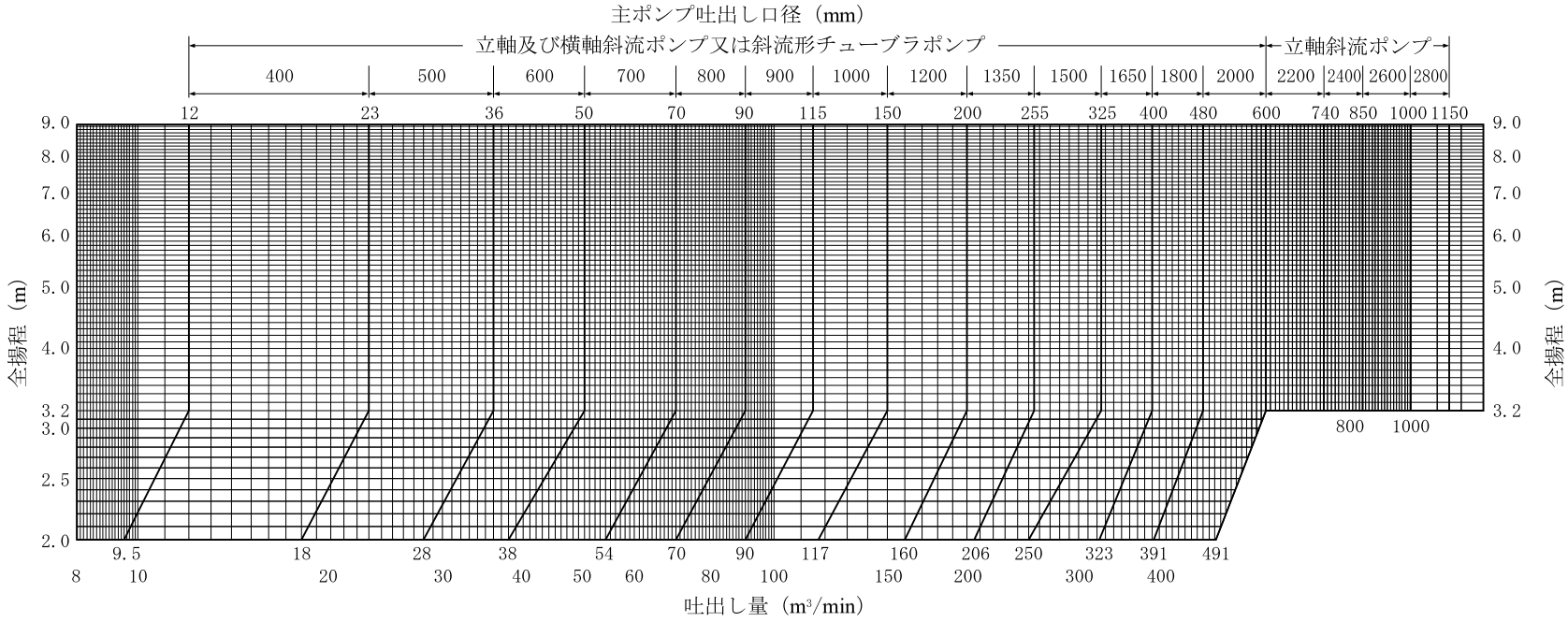

注 1）　本図により選定された主ポンプ吐出し口径は標準を示す。
2）　本図において、設計点吐出し量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。
3）　チューブラポンプは吐出し量 36m³/min 超に適用する。
4）　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1［参考］**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、選定する。

**図-5.20**　低揚程軸流ポンプ（Ｉ型ポンプ）適用線図



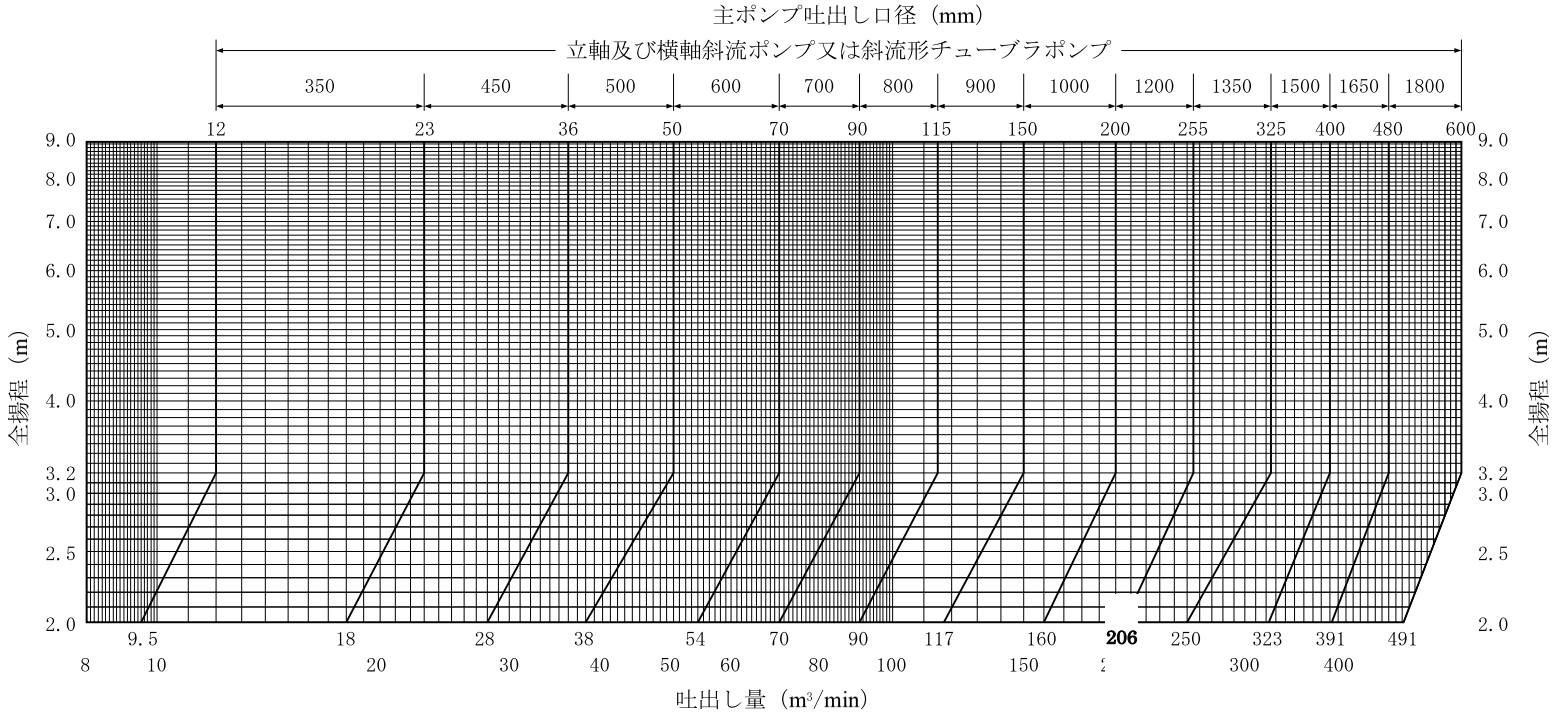

注 1）　本図により選定された主ポンプ吐出し口径は標準を示す。
2）　本図において、設計点吐出し量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。
3）　Ⅲ型ポンプは立軸ポンプに適用する。
4）　チューブラポンプは吐出し量 36m³/min 超に適用する。
5）　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、選定する。

**図-5.21**　低揚程軸流ポンプ（Ⅱ・Ⅲ型ポンプ）適用線図




注 1）　本図により選定された主ポンプ吐出し口径は標準を示す。
　　2）　本図において、設計点吐出し量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。
　　3）　チューブラポンプは吐出し量 36m³/min 超に適用する。
　　4）　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、選定する。

**図-5.22**　低揚程斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ）適用線図




注 1）　本図により選定された主ポンプ吐出し口径は標準を示す。
2）　本図において、設計点吐出し量と設計点全揚程の交点が境界線上にきた場合は下位のものを選定する。
3）　Ⅲ型ポンプは立軸ポンプに適用する。
4）　チューブラポンプは吐出し量 36m³/min 超に適用する。
5）　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、選定する。

**図-5.23**　低揚程斜流ポンプ（Ⅱ・Ⅲ型ポンプ）適用線図

〔参　考〕主ポンプ選定上の注意

主ポンプの選定表においては、低揚程領域（軸流：2.5m 以下、斜流：3.2m 以下）では揚程が低くなるほど主ポンプ吐出し量が減少していく傾向にある。このような場合に、吐出し量のみで選定される主ポンプの主要寸法で検討を進めると、必要吐出し量を確保できない上に、主要寸法が小さくなる場合がある。このため、ポンプ適用線図において流量範囲を確認の上、使用する。以下に選定例を示す。

（例）主ポンプ仕様：240 $m^3$/min×2.5 m の斜流ポンプの場合

低揚程斜流標準ポンプ適用線図より

・240 $m^3$/min　→　φ1500：高揚程側吐出し量範囲：255 超～325 以下 $m^3$/min

（200 超～255 以下 $m^3$/min ではない。）

↓

・主ポンプ吸込水槽寸法、主ポンプ荷重、主ポンプ効率、ポンプ場寸法等の選定に当たっては、吐出し量範囲：255 超～325 $m^3$/min 以下として選定を行う。

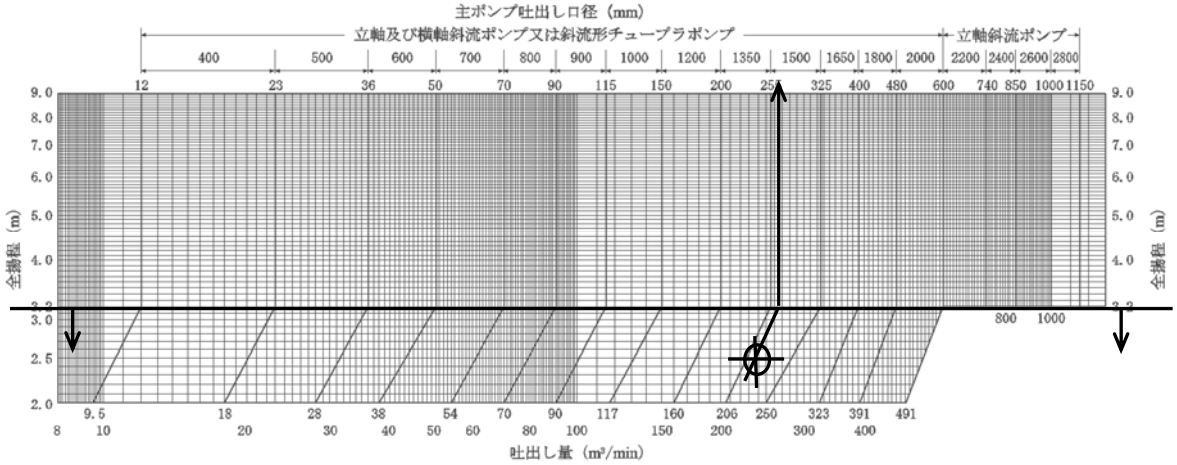



図-5.22　低揚程斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ）適用線図

表-5.37　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ
（Ｉ型ポンプ、一床式、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ スラスト支持 | $H$ スラスト支持無 | $I$ | $L_{min}$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12超～ 23以下 | 400 | 800 | 550 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 1,700 | 1,400 | 500 | 1,600 | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 1,050 | 650 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 1,900 | 1,550 | 600 | 1,800 | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 1,100 | 700 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 2,100 | 1,750 | 700 | 1,900 | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,100以上 | 1,400 | 700 | 800 | 2,300 | 1,900 | 750 | 2,100 | 2,100 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200以上 | 1,500 | 800 | 900 | 2,500 | 2,050 | 850 | 2,200 | 2,400 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,400以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 2,850 | 2,450 | 950 | 2,400 | 2,700 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 3,150 | 2,650 | 1,050 | 2,600 | 3,000 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 3,600 | 3,000 | 1,150 | 2,900 | 3,600 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,100以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,300 | 4,050 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,300以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,600 | 4,500 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,500以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 3,900 | 4,950 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,100 | 5,400 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,100以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 5,200 | 4,500 | 1,800 | 4,500 | 6,000 |

表-6.17　低揚程立軸斜流ポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 全揚程が3.2m以下 | Ⅱ型 全揚程が |
|---|---|---|---|
| 12超 ～ 23以下 | 0.730 | 0.680 | 0.6 |
| 23超 ～ 36以下 | 0.780 | 0.730 | 0.7 |
| 36超 ～ 50以下 | 0.790 | 0.740 | 0.7 |
| 50超 ～ 70以下 | 0.800 | 0.750 | 0.7 |
| 70超 ～ 90以下 | 0.810 | 0.760 | 0.7 |
| 90超 ～115以下 | 0.820 | 0.770 | 0.7 |
| 115超 ～150以下 | 0.830 | 0.780 | 0.7 |
| 150超 ～200以下 | 0.840 | 0.790 | 0.8 |
| 200超 ～255以下 | 0.845 | 0.795 | 0.8 |
| 255超 ～325以下 | 0.850 | 0.800 | 0.8 |
| 325超 ～400以下 | 0.855 | 0.805 | 0.8 |
| 400超 ～480以下 | 0.860 | 0.810 | 0.8 |
| 480超 ～600以下 | 0.860 | 0.810 | 0.8 |

### 5.4.4.2 主ポンプの吐出し量と吸込水槽の組合せ

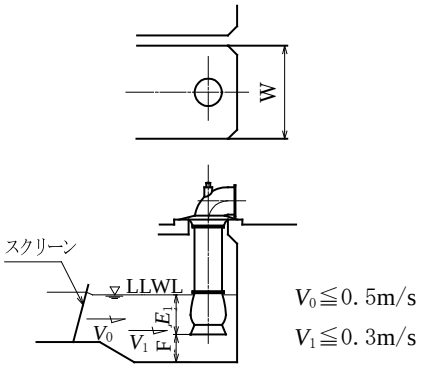
低揚程ポンプの吸込水槽形式には、オープン形（標準流速オープン形、高流速オープン形）とクローズ形（セミクローズ形、クローズピット形）の 4 種類があるが、主ポンプの吐出し量に対する合理的かつ経済的な吸込水槽の特徴を、**表-5.23** に示す。また、吐出し量が 600m³/min を超える大容量ポンプの吸込水槽はクローズピット形となり、主ポンプ本体の一部である吸込ベルが吸込水槽に設置されるため、実機による性能確認ができないことから模型試験によって確認する必要がある。

**表-5.23** 吸込水槽形式と吐出し量の関係

| 吸込水槽形式 | オープン形 | | クローズ形 | |
|---|---|---|---|---|
| | 標準流速オープン形（渦流防止板なし） | 高流速オープン形（渦流防止板あり） | セミクローズ形 | クローズピット形 |
| 主な特徴 | 接近流速（$V_1$）が遅い<br>吸込水路幅が広い<br>吸込水槽底が深い | 接近流速（$V_1$）が標準より速い<br>吸込水路幅が狭い<br>吸込水槽底が浅い | 接近流速（$V_1$）がやや速い<br>吸込水路幅が狭い<br>吸込水槽底が浅い | 接近流速（$V_0$）が最も速い<br>吸込水路幅が最も狭い<br>吸込水槽底が最も浅い |
| 吐出し量（m³/min） | 12 超～600 以下 | 50 超～600 以下<br>50 以下では、機器が干渉して設置が不可能 | 200 超～600 以下<br>200 以下では土木構造物の施工が困難 | 600 超～1,150 以下 |

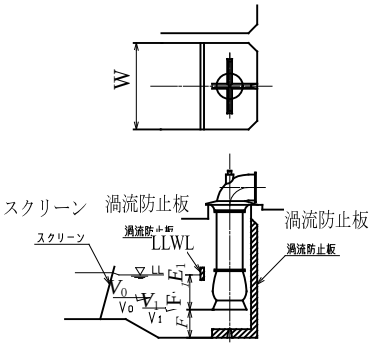
注） 立軸ポンプⅡ型を採用する場合で 1 台当たりの吐出し量が 600m³/min を超え、1,800m³/min 以下の場合は、「高 *Ns*・高流速ポンプ設備計画設計技術指針」を参考とする。

⑴　各吸込水槽の概念図




$V_0$≦0.5m/s
$V_1$≦0.3m/s

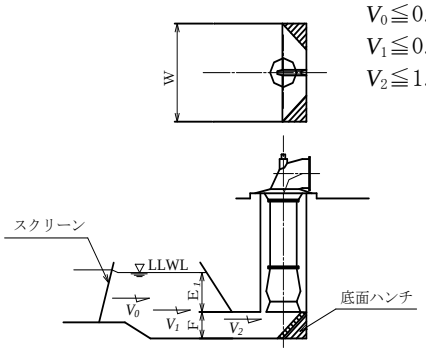
a.　標準流速オープン形吸込水槽
（吐出し量 12m³/min 超～600m³/min 以下）




$V_0$≦0.5m/s
$V_1$≦0.4m/s

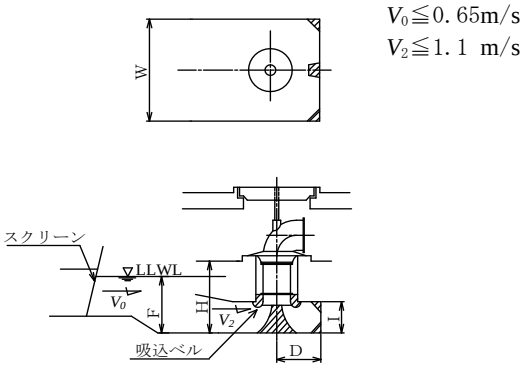
b.　高流速オープン形吸込水槽
（吐出し量 50m³/min 超～600m³/min 以下）

注）流速 $V_0$，$V_1$ は、各部の平均流速を表す。




$V_0$≦0.65m/s
$V_1$≦0.6 m/s
$V_2$≦1.2 m/s

c.　セミクローズ形吸込水槽
（吐出し量 200m³/min 超～600m³/min 以下）




$V_0$≦0.65m/s
$V_2$≦1.1 m/s

注）　斜線部はポンプ本体の一部である。

d.　クローズピット形吸込水槽
（吐出し量 600m³/min 超～1,150m³/min 以下）

**図-5.24**　吸込水槽概念図

⑵　高流速吸込水槽採用条件

高流速吸込水槽（高流速オープン形、セミクローズ形）は、主ポンプ吸込口への接近流速（**図-5.24** の $V_1$）を高めることによって、吸込水槽をコンパクト化しているため、標準流速オープン形吸込水槽より渦が発生しやすくなっている。

高流速吸込水槽を採用する場合は、空気の混入などによる影響を十分に考慮することが必要であり、以下に採用の目安を示す。

①　吐出し水槽の位置は、ポンプ場と同一敷地内か隣接する敷地内等の近距離にあること。

②　吸込形式は、いわゆる「吸込直管形（立吸込形）」であること。

③　吸込水槽形式の選定は、総合的な経済性の評価により選定すること。

### 5.4.4.3 主ポンプの概略寸法〔参考〕

主ポンプの配置計画に当たって必要な主ポンプ全体寸法、基礎寸法を以下に示す。

・高揚程ポンプ　(表-5.24～5.30)

① 横軸片吸込単段渦巻ポンプ　(A ゾーン)　(表-5.24)
② 横軸片吸込多段渦巻ポンプ　(B、E ゾーン)　(表-5.25、5.26)
③ 横軸両吸込単段渦巻ポンプ　(C ゾーン)　(表-5.27)
④ 立軸片吸込単段渦巻ポンプ　(C ゾーン)　(表-5.28)
⑤ 横軸両吸込多段渦巻ポンプ　(D ゾーン)　(表-5.29)
⑥ 高揚程・立軸斜流ポンプ　(表-5.30)

・低揚程ポンプ

① 軸流・斜流ポンプ（表-5.31～5.53）

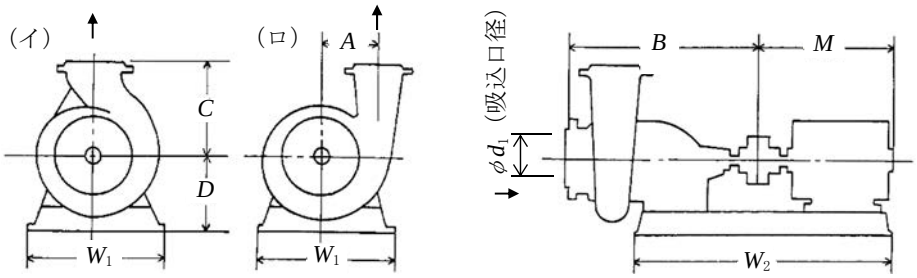
| 主ポンプ形式 ＼ 吸込水槽 | | | 標準流速オープン形 | | 高流速オープン形 | | セミクローズ形 | | クローズピット形 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 一床式 | 二床式 | 一床式 | 二床式 | 一床式 | 二床式 | 一床式 | 二床式 |
| 横軸ポンプ | 軸流 | Ⅰ型 | 表-5.31 | ― | 表-5.32 | ― | ― | ― | ― | ― |
| | | Ⅱ型 | ― | ― | 表-5.33 | ― | ― | ― | ― | ― |
| | 斜流 | Ⅰ型 | 表-5.32 | ― | 表-5.35 | ― | ― | ― | ― | ― |
| | | Ⅱ型 | ― | ― | 表-5.36 | ― | ― | ― | ― | ― |
| 立軸ポンプ | 軸流・斜流 | Ⅰ型 | 表-5.37 | 表-5.38 | 表-5.39 | 表-5.41 | 表-5.43 | 表-5.45 | ― | ― |
| | | Ⅱ・Ⅲ型 | ― | ― | 表-5.40 | 表-5.42 | 表-5.44 | 表-5.46 | ― | ― |
| | 減速機搭載型 | Ⅰ型 | 表-5.47 | ― | 表-5.48 | ― | 表-5.50 | ― | ― | ― |
| | | Ⅱ・Ⅲ型 | ― | ― | 表-5.49 | ― | 表-5.51 | ― | ― | ― |
| | 大容量　軸流 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― | ― | 表-5.52 |
| | 大容量　斜流 | | ― | ― | ― | ― | ― | ― | ― | 表-5.53 |

注 1)　上表は標準的な主ポンプ形式と吸込水槽の組合せを示す。
2)　高流速オープン形吸込水槽において、主ポンプの吐出し量が 50m³/min 以下の主ポンプを据付ける時、吸込水槽の幅が狭いため、機器設置ができないので、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。(表-5.33、5.36、5.43、5.44)

② 軸流・斜流チューブラポンプ（表-5.54～5.57）

⑴　高揚程ポンプ

①　横軸片吸込単段渦巻ポンプ（Ａゾーン）




注）　主ポンプの吐出し口は、（イ）図又は（ロ）図とする。

**表-5.24**　横軸片吸込単段渦巻ポンプ（A ゾーン）寸法

| 吐出し量 | 主 要 寸 法（mm） | | | | | ベース寸法（mm） | | 全揚程範囲 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $W_1$ | $W_2$ | $H$（mm） |
| 0.20 超～0.35 以下 | 50 | 120 | 470 | 150 | 200 | 300 | 750 | 350 |
| 0.35 超～0.45 以下 | 65 | 120 | 500 | 160 | 210 | 300 | 800 | 410 |
| (0.35 超～0.50 以下) | | | | | | | | |
| 0.45 超～0.70 以下 | 80 | 130 | 530 | 180 | 220 | 350 | 900 | 450 |
| 0.70 超～1.20 以下 | 100 | 150 | 580 | 190 | 240 | 400 | 1,000 | 600 |
| 1.20 超～1.80 以下 | 125 | 180 | 640 | 220 | 260 | 450 | 1,100 | 625 |
| 1.80 超～3.00 以下 | 150 | 200 | 680 | 240 | 280 | 500 | 1,200 | 670 |

注）　吐出し量の（0.35 超～0.50$m^3$/min 以下）は、$\phi d_1$（吸込口径）が φ65mm における 60Hz の場合を示す。
これ以外は、50、60Hz 共通である。

② 横軸片吸込多段渦巻ポンプ（B、Eゾーン）

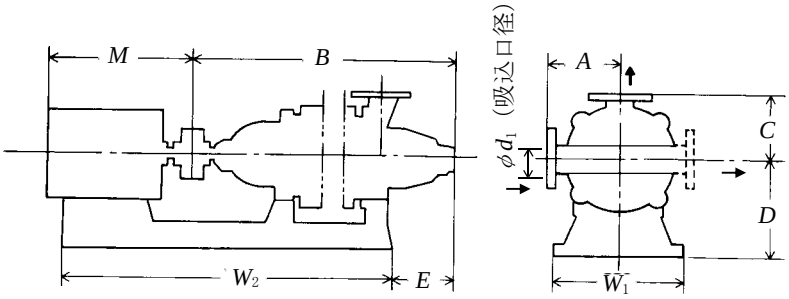



**表-5.25** 横軸片吸込多段渦巻ポンプ（B、E ゾーン）寸法 （50Hz）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | ベース寸法 (mm) | | 全揚程範囲 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $W_1$ | $W_2$ | $H$ (mm) |
| 0.20 超～0.35 以下 | 50 | 200 | 5.0$H$ ＋ 530 | 200 | 300 | 160 | 350 | 7.5$H$ ＋ 680 | 20< $H$ <100 |
| 0.35 超～0.45 以下 | 65 | 220 | 5.0$H$ ＋ 550 | 230 | 340 | 180 | 400 | 7.5$H$ ＋ 700 | 22< $H$ <105 |
| 0.45 超～0.70 以下 | 80 | 240 | 5.0$H$ ＋ 600 | 250 | 370 | 200 | 450 | 7.5$H$ ＋ 800 | 24< $H$ <110 |
| 0.70 超～1.20 以下 | 100 | 270 | 4.5$H$ ＋ 650 | 280 | 410 | 220 | 500 | 7.5$H$ ＋ 850 | 35< $H$ <110 |
| 1.20 超～1.80 以下 | 125 | 320 | 4.5$H$ ＋ 700 | 320 | 450 | 240 | 600 | 7.5$H$ ＋ 950 | 55< $H$ <110 |
| 1.80 超～3.00 以下 | 150 | 350 | 4.5$H$ ＋ 750 | 350 | 500 | 260 | 700 | 7.5$H$ ＋1,050 | 45< $H$ <200 |
| 3.00 超～5.00 以下 | 200 | 420 | 4.3$H$ ＋ 900 | 420 | 600 | 300 | 850 | 5.5$H$ ＋1,350 | 80< $H$ <200 |
| 5.00 超～8.00 以下 | 250 | 480 | 3.0$H$ ＋1,000 | 490 | 700 | 330 | 1,000 | 5.5$H$ ＋1,700 | 80< $H$ <300 |

注 1) 吐出し量 3.00 $m^3$/min 超の主ポンプにおいては、横方向（吐出し口の方向は図示 ---------- 線）へ吐出す場合もある。
2) 寸法表中、$H$ は全揚程を示す。
3) $W_1$、$W_2$ 寸法は、防滴保護かご形電動機の場合を示す。巻線形その他特殊形電動機を使用する場合は、その都度検討する。
4) $M$ 寸法は、**図-13.21(a)～図-13.25(a)** を参照。
5) 水平分割形ポンプ（$\phi d_1$=200mm、250mm）を採用する場合は、表中 $B$、$W_2$ 寸法に $\phi d_1$=200mm の主ポンプに対しては 400mm を、$\phi d_1$=250mm の主ポンプに対しては 500mm を加算すること。

**表-5.26** 横軸片吸込多段渦巻ポンプ（B、E ゾーン）寸法 （60Hz）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | ベース寸法 (mm) | | 全揚程範囲 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $W_1$ | $W_2$ | $H$ (mm) |
| 0.20 超～0.35 以下 | 50 | 200 | 3.7$H$ ＋500 | 200 | 260 | 160 | 350 | 6.5$H$ ＋ 650 | 25< $H$ <100 |
| 0.35 超～0.50 以下 | 65 | 220 | 3.7$H$ ＋520 | 230 | 380 | 180 | 400 | 6.5$H$ ＋ 680 | 27< $H$ <110 |
| 0.50 超～0.80 以下 | 80 | 240 | 3.7$H$ ＋550 | 250 | 410 | 200 | 450 | 6.5$H$ ＋ 760 | 33< $H$ <118 |
| 0.80 超～1.25 以下 | 100 | 270 | 3.6$H$ ＋600 | 280 | 450 | 220 | 500 | 6.5$H$ ＋ 800 | 45< $H$ <120 |
| 1.25 超～2.00 以下 | 125 | 320 | 3.6$H$ ＋680 | 320 | 490 | 240 | 600 | 6.5$H$ ＋ 930 | 28< $H$ <115 |
| 2.00 超～3.50 以下 | 150 | 350 | 3.6$H$ ＋700 | 350 | 540 | 260 | 700 | 6.5$H$ ＋1,000 | 65< $H$ <200 |
| 3.50 超～5.00 以下 | 200 | 420 | 3.0$H$ ＋850 | 420 | 630 | 300 | 850 | 6.0$H$ ＋1,250 | 50< $H$ <200 |
| 5.00 超～8.00 以下 | 250 | 480 | 2.5$H$ ＋950 | 490 | 730 | 330 | 1,000 | 6.0$H$ ＋1,550 | 80< $H$ <300 |

注 1) 吐出し量 3.00 $m^3$/min 超の主ポンプにおいては、吐出し口の方向は図示 ---------- 線の場合もある。
2) 寸法表中、$H$ は全揚程を示す。
3) $W_1$、$W_2$ 寸法は防滴保護かご形電動機の場合を示す。巻線形その他特殊形電動機を使用する場合は、その都度検討する。
4) $M$ 寸法は、**図-13.21(a)～図-13.25(a)** を参照。
5) 水平分割形ポンプ（$\phi d_1$=200mm、250mm）を採用する場合は、表中 $B$、$W_2$ 寸法に $\phi d_1$=200mm の主ポンプに対しては 400mm を、$\phi d_1$=250mm の主ポンプに対しては 500mm を加算すること。

③　横軸両吸込単段渦巻ポンプ（Cゾーン）

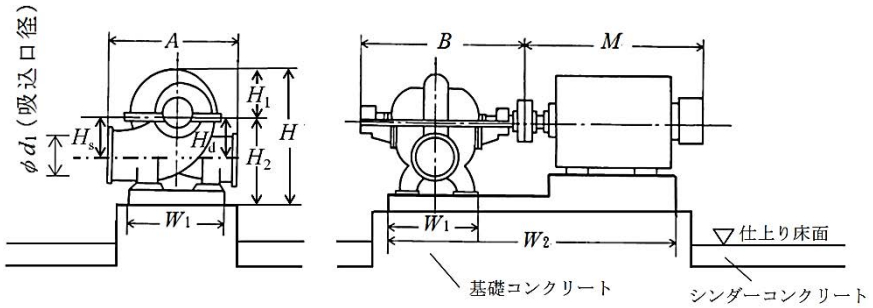



**表-5.27**　横軸両吸込単段渦巻ポンプ（C ゾーン）寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | | ベース寸法(mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 全揚程 50m 以上の場合の補正係数 | | | | | | | |
| | $\phi d_1$ | $A$ | $B$ | $A$ 寸法 | $B$ 寸法 | $H_s$ | $H_1$ | $H_2$ | $H$ | $W_1$ | $W_2$ |
| 3 超～ 5 以下 | 200 | 800 | 1,000 | 1.20 | 1.20 | 300 | 400 | 650 | 1,050 | 750 | 1,600 |
| (3.5 超～ 5 以下) | | | | | | | | | | | |
| 5 超～ 8 以下 | 250 | 850 | 1,050 | 1.20 | 1.20 | 400 | 500 | 700 | 1,200 | 800 | 1,700 |
| 8 超～ 12 以下 | 300 | 900 | 1,300 | 1.20 | 1.20 | 425 | 580 | 850 | 1,430 | 850 | 1,800 |
| 12 超～ 18 以下 | 350 | 1,050 | 1,400 | 1.20 | 1.20 | 475 | 640 | 900 | 1,540 | 900 | 2,300 |
| 18 超～ 23 以下 | 400 | 1,100 | 1,500 | 1.20 | 1.20 | 505 | 700 | 1,000 | 1,700 | 950 | 2,600 |
| 23 超～ 28 以下 | 450 | 1,200 | 1,600 | 1.20 | 1.20 | 570 | 750 | 1,050 | 1,800 | 1,100 | 2,700 |
| 28 超～ 36 以下 | 500 | 1,300 | 1,650 | 1.20 | 1.20 | 635 | 820 | 1,200 | 2,020 | 1,150 | － |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 1,700 | 2,200 | 1.20 | 1.20 | 750 | 940 | 1,400 | 2,340 | 1,500 | － |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 1,900 | 2,600 | 1.20 | 1.20 | 900 | 1,050 | 1,500 | 2,550 | 1,700 | － |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 2,200 | 3,000 | 1.20 | 1.20 | 1,000 | 1,200 | 1,650 | 2,850 | 2,000 | － |
| 90 超～115 以下 | 900 | 2,400 | 3,500 | 1.20 | 1.20 | 1,000 | 1,300 | 1,800 | 3,100 | 2,200 | － |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 2,600 | 3,600 | 1.20 | 1.20 | 1,000 | 1,430 | 1,900 | 3,330 | 2,400 | － |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 3,100 | 3,800 | 1.20 | 1.20 | 1,000 | 1,600 | 2,000 | 3,600 | 2,800 | － |

注 1)　吐出し量の（3.5 超～5$m^3$/min 以下）は、$\phi d_1$（吸込口径）が $\phi$200mm における 60Hz の場合を示す。これ以外は、50、60Hz 共通である。

2)　$H_2$ は、$\phi d_1$（吸込口径 ）が 500mm まで共通ベットを含む高さを示す。500mm 超では、単独ベットとなる場合がある。

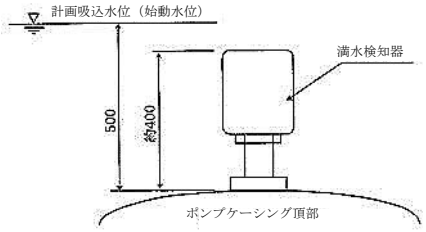
3)　両吸込単段上下二つ割型ポンプ全揚程 15～50m に対する主ポンプの概略寸法を示す。

4)　全揚程 50m 以上の主ポンプ概略寸法は、表中の「全揚程 50m 以上の場合の補正係数」を乗じて求める。
（例）$\phi d_1$（吸込口径 ）が 1,000mm、全揚程 50m 以上の場合の $A$ 及び $B$ の寸法は、
$A$ 寸法 2,600×1.2 ＝ 3,120mm　　$B$ 寸法 3,600×1.2 ＝ 4,320mm

5)　$\phi d_1$（吸込口径 ）が 500mm 以上の $W_2$ の求め方は、次による。

$$W_2=\frac{B}{2}+\frac{W_1}{2}+(M\times 0.8)$$

$M$：図-13.21(a)～図-13.25(a)の $M$ 寸法とする。




6)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。
なお、適宜基礎高さを決定する。（計画：仕上り床面から（$\phi d_1$ が 450mm まで）200mm 以上、（$\phi d_1$ が 450mm 超）300mm 以上）

7)　$H_1$ 寸法には、満水検知器は含まない。満水検知器を取り付ける場合の寸法は、右図参照。

8)　$H_d$ は、$H_s$ と同一寸法と仮定して考慮する。ただし、$H_2$、$H_s$、$H_d$ は、メーカによって異なるため、吸込及び吐出しレベルは、基礎高さや偏心片落管等を用いて調整する。

9)　吸吐出配管の敷設（レベル調整）に関しては、吸込及び吐出し管の設計上の留意点（8.5 及び 8.6）を参照のこと。

④ 立軸片吸込単段渦巻ポンプ

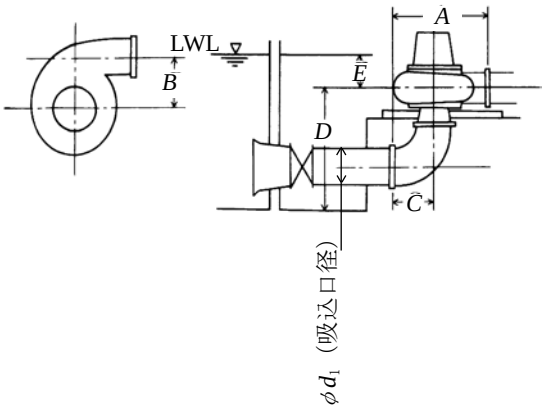
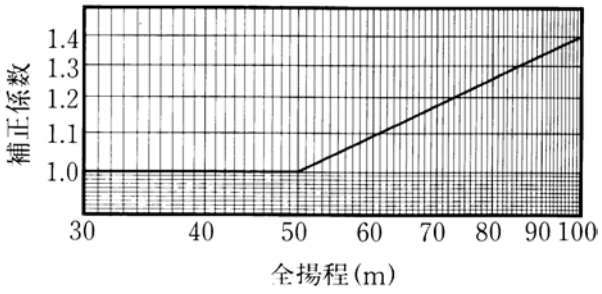



**表-5.28** 立軸片吸込単段渦巻ポンプ（C ゾーン）寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* |
| 8 超～ 12 以下 | 300 | 950 | 380 | 400 | 1,100 | 500 |
| 12 超～ 18 以下 | 350 | 1,000 | 420 | 400 | 1,200 | 500 |
| 18 超～ 23 以下 | 400 | 1,050 | 460 | 450 | 1,200 | 500 |
| 23 超～ 28 以下 | 450 | 1,150 | 510 | 500 | 1,300 | 500 |
| 28 超～ 36 以下 | 500 | 1,250 | 560 | 550 | 1,500 | 500 |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 1,450 | 660 | 650 | 1,700 | 700 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 1,650 | 780 | 750 | 1,900 | 700 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 1,850 | 900 | 850 | 2,200 | 700 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 2,050 | 1,100 | 950 | 2,400 | 700 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 2,300 | 1,250 | 1,100 | 2,700 | 800 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 2,750 | 1,600 | 1,300 | 3,000 | 800 |

注 1） 各吐出し量とも全揚程 15～50m に対する主ポンプの概略寸法を示す。
2） LWL は、最低吸込水位を示す。
3） 全揚程 50m 以上の *A* 及び *B* 寸法は、下記の補正係数を乗じて求める。
(i) *A* 寸法は各吐出し量とも表記寸法の 1.2 倍とする。
(ii) *B* 寸法の補正係数は下の図による。



⑤　横軸両吸込多段渦巻ポンプ（D ゾーン）

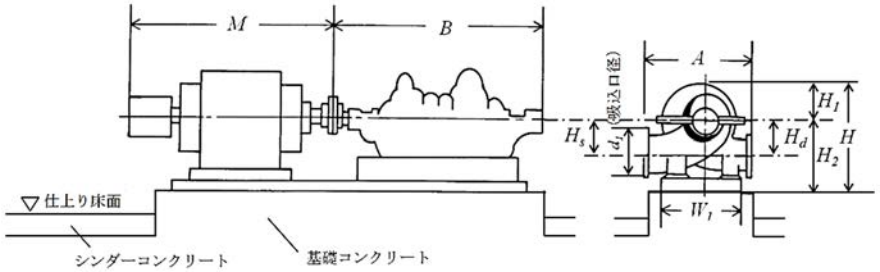
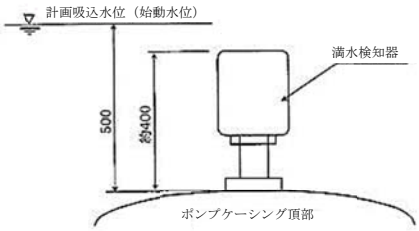



**表-5.29**　横軸両吸込多段渦巻ポンプ（D ゾーン）寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主要寸法（mm） | | | | | | | 全揚程 200m 以上の補正係数 | | ベース寸法 $W_1$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $A$ | $B$ | $H_s$ | $H_1$ | $H_2$ | $H$ | $A$寸法 | $B$寸法 | |
| 8超～12以下 | 300 | 1,400 | 2,400 | 500 | 700 | 1,000 | 1,700 | 1.2 | 1.2 | 1,200 |
| 12超～18以下 | 350 | 1,400 | 2,500 | 550 | 800 | 1,100 | 1,900 | 1.2 | 1.2 | 1,300 |
| 18超～23以下 | 400 | 1,600 | 2,800 | 600 | 900 | 1,200 | 2,100 | 1.2 | 1.2 | 1,400 |
| 23超～28以下 | 450 | 1,900 | 3,200 | 650 | 950 | 1,300 | 2,250 | 1.2 | 1.2 | 1,500 |
| 28超～36以下 | 500 | 2,000 | 3,500 | 750 | 1,000 | 1,400 | 2,400 | 1.2 | 1.2 | 1,800 |
| 36超～50以下 | 600 | 2,500 | 4,200 | 850 | 1,200 | 1,600 | 2,800 | 1.2 | 1.2 | 2,000 |
| 50超～70以下 | 700 | 2,700 | 4,800 | 950 | 1,300 | 1,700 | 3,000 | 1.2 | 1.2 | 2,300 |

注　1)　本寸法は、全揚程 80～200m の範囲に適用する。
2)　全揚程 200m 以上の主ポンプ概略寸法は、本表の「全揚程 200m 以上の補正係数」を乗じて求める。
3)　$M$ 寸法は、**図 13.21(a)～図 13.25(a)** 参照。
4)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。なお、適宜基礎高さを決定する。
（計画：仕上り床面から（$\phi d_1$ が 450mm まで）200mm 以上、（$\phi d_1$ が 450mm 超）300mm 以上）
5)　$H_2$ 寸法には、出力アップによる電動機寸法を考慮している。
6)　$H_1$ 寸法には、満水検知器は含まない。満水検知器を取り付ける場合の寸法は、下図参照。
7)　$H_d$ は、$H_s$ と同一寸法と仮定して考慮する。ただし、$H$、$H_1$、$H_2$、$H_s$、$H_d$ は、段数やメーカによって異なるため、メーカ調査をする等で確認する。また、吸込及び吐出レベルは、基礎高さや偏芯片落管等を用いて適宜調整する。
8)　吸吐出配管の敷設（レベル調整）に関しては、吸吐出管の設計上の留意点（8.5 及び 8.6）を参照のこと。



⑥ 高揚程・立軸斜流ポンプ

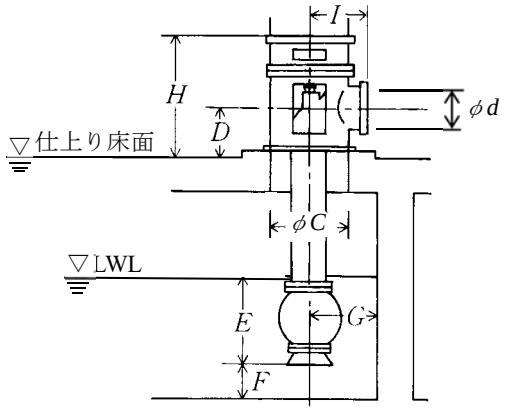



**表-5.30** 高揚程・立軸斜流ポンプ寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ |
| | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | |
| 8 超～ 12 以下 | 300 | 700 | 500 | 600 以上 | 300 | 400 | 1,600 | 1,200 | 500 |
| 12 超～ 18 以下 | 350 | 750 | 500 | 700 以上 | 350 | 450 | 1,700 | 1,400 | 550 |
| 18 超～ 23 以下 | 400 | 800 | 550 | 750 以上 | 400 | 450 | 1,800 | 1,500 | 600 |
| 23 超～ 28 以下 | 450 | 900 | 600 | 850 以上 | 450 | 550 | 1,900 | 1,550 | 650 |
| 28 超～ 36 以下 | 500 | 1,050 | 650 | 900 以上 | 500 | 600 | 2,000 | 1,650 | 700 |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 1,100 | 700 | 1,100 以上 | 600 | 700 | 2,100 | 1,750 | 800 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,300 以上 | 700 | 800 | 2,300 | 1,900 | 900 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,400 以上 | 800 | 900 | 2,500 | 2,050 | 950 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,600以上 | 900 | 1,000 | 2,850 | 2,450 | 1,000 |

注 1) LWL は、最低吸込水位を示す。
2) 仕上がり床面は、シンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

⑵　低揚程ポンプ

①　横軸軸流ポンプ（Ｉ型ポンプ、標準流速オープン形吸込水槽）

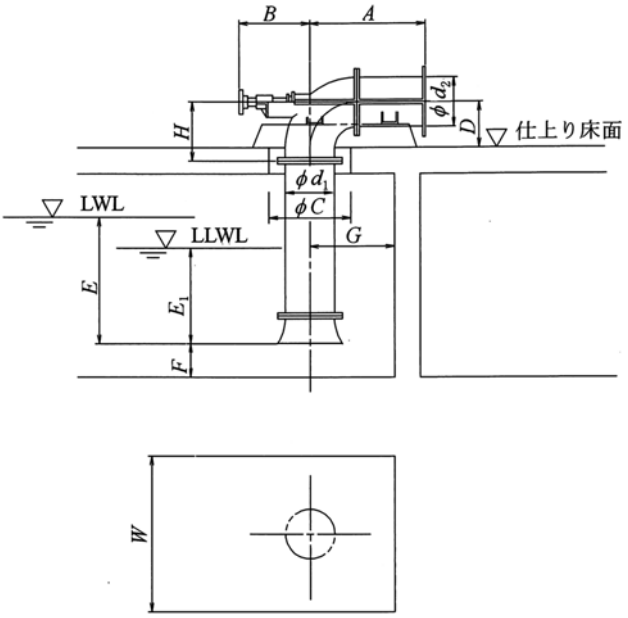


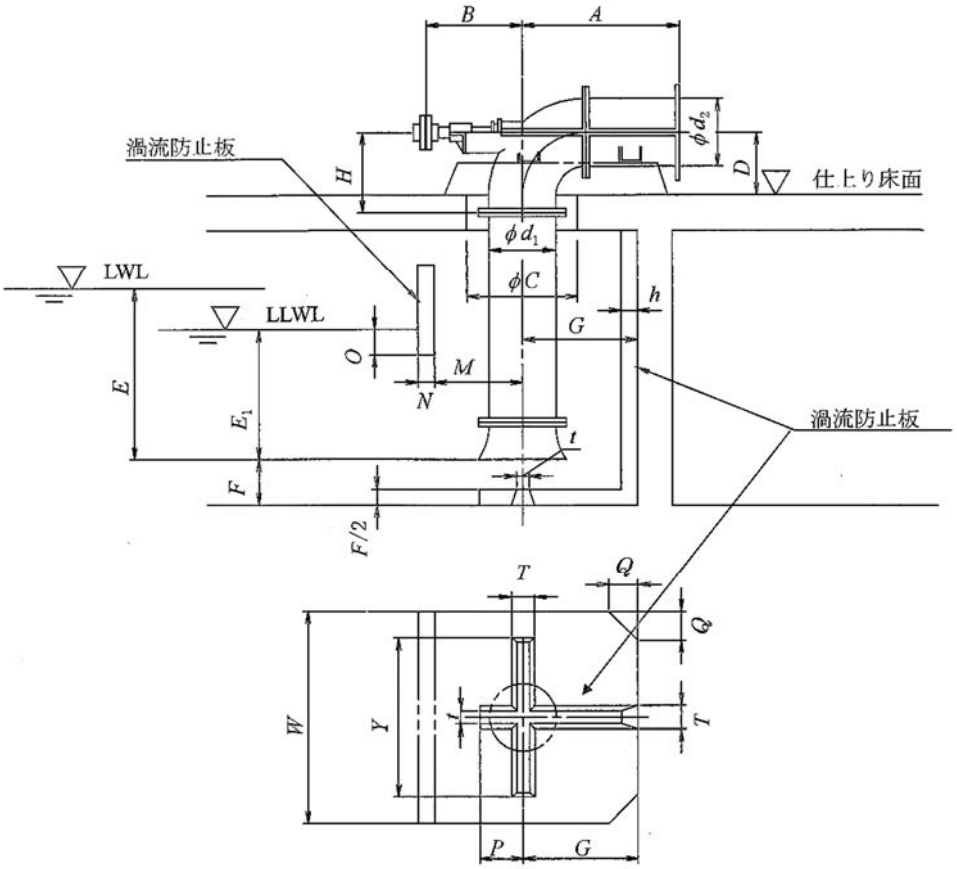

**表-5.31**　横軸軸流ポンプ（Ｉ型ポンプ、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12超～ 23以下 | 400 | 400 | 850 | 500 | 700 | 500 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 400 | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 500 | 1,000 | 600 | 900 | 600 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 500 | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 600 | 1,200 | 650 | 1,100 | 650 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 550 | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 700 | 1,350 | 750 | 1,250 | 700 | 1,100以上 | 1,400 | 700 | 800 | 650 | 2,100 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 800 | 1,550 | 800 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 800 | 900 | 700 | 2,400 |
| 90超～115以下 | 900 | 900 | 1,700 | 900 | 1,500 | 850 | 1,400以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 800 | 2,700 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,000 | 1,950 | 1,000 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 900 | 3,000 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,200 | 2,300 | 1,150 | 2,000 | 1,050 | 1,800以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 1,100 | 3,600 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,350 | 2,550 | 1,250 | 2,200 | 1,150 | 2,100以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 1,250 | 4,050 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,500 | 2,800 | 1,350 | 2,400 | 1,300 | 2,300以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 1,350 | 4,500 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,650 | 3,050 | 1,500 | 2,600 | 1,400 | 2,500以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 1,500 | 4,950 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,800 | 3,400 | 1,650 | 2,800 | 1,500 | 2,700以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 1,600 | 5,400 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 2,000 | 3,850 | 1,850 | 3,100 | 1,650 | 3,100以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 1,800 | 6,000 |

注 1)　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
2)　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
3)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

② 横軸軸流ポンプ（Ⅰ型・Ⅱ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）




注1） 主ポンプ上流の渦流防止板が主ポンプ床版下面に接する場合は、空気抜き孔を設けるものとする。
2） LWLは最低吸込水位、LLWLは非常停止吸込水位を示す。
3） 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.32**　横軸軸流ポンプ（Ｉ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50超～ 70以下 | 700 | 700 | 1,350 | 750 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 650 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 800 | 1,550 | 800 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 700 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 900 | 1,700 | 900 | 1,500 | 850 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 800 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,000 | 1,950 | 1,000 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 900 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,200 | 2,300 | 1,150 | 2,000 | 1,050 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,100 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,350 | 2,550 | 1,250 | 2,200 | 1,150 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,250 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,500 | 2,800 | 1,350 | 2,400 | 1,300 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,350 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,650 | 3,050 | 1,500 | 2,600 | 1,400 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,500 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,800 | 3,400 | 1,650 | 2,800 | 1,500 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,600 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 2,000 | 3,850 | 1,850 | 3,100 | 1,650 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,800 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
　2)　全揚程が 2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.33　横軸軸流ポンプ（Ⅱ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）寸法**

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12超～ 23以下 | 400 | 350 | 800 | 500 | 700 | 500 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 400 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 450 | 950 | 600 | 900 | 550 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 500 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 500 | 1,150 | 650 | 1,100 | 650 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 550 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 600 | 1,300 | 750 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 650 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 700 | 1,500 | 800 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 700 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 800 | 1,650 | 900 | 1,500 | 850 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 800 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 900 | 1,900 | 1,000 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 900 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,000 | 2,250 | 1,150 | 2,000 | 1,000 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,100 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,200 | 2,450 | 1,250 | 2,200 | 1,100 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,250 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,350 | 2,650 | 1,350 | 2,400 | 1,250 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,350 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,500 | 2,900 | 1,500 | 2,600 | 1,350 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,500 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,650 | 3,250 | 1,650 | 2,800 | 1,450 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,600 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 1,800 | 3,700 | 1,850 | 3,100 | 1,600 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,800 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
　2)　全揚程が 2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

③　横軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、標準流速オープン形吸込水槽）

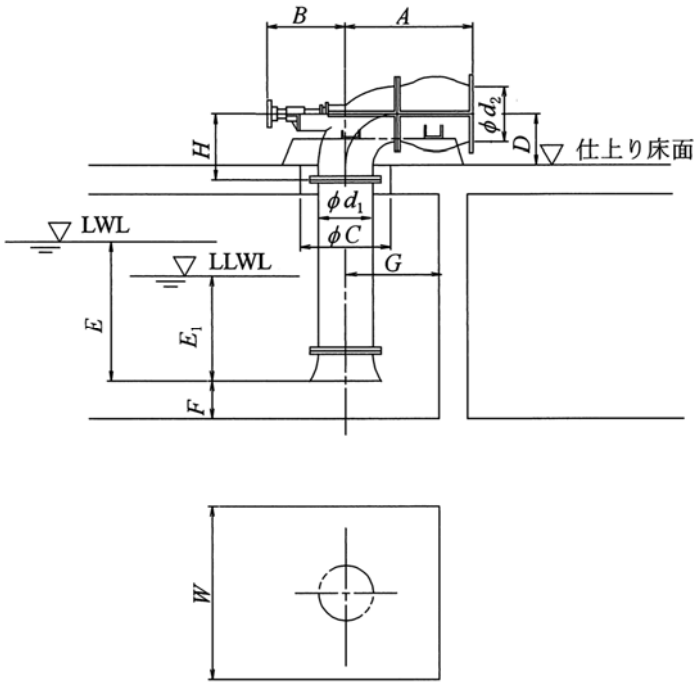


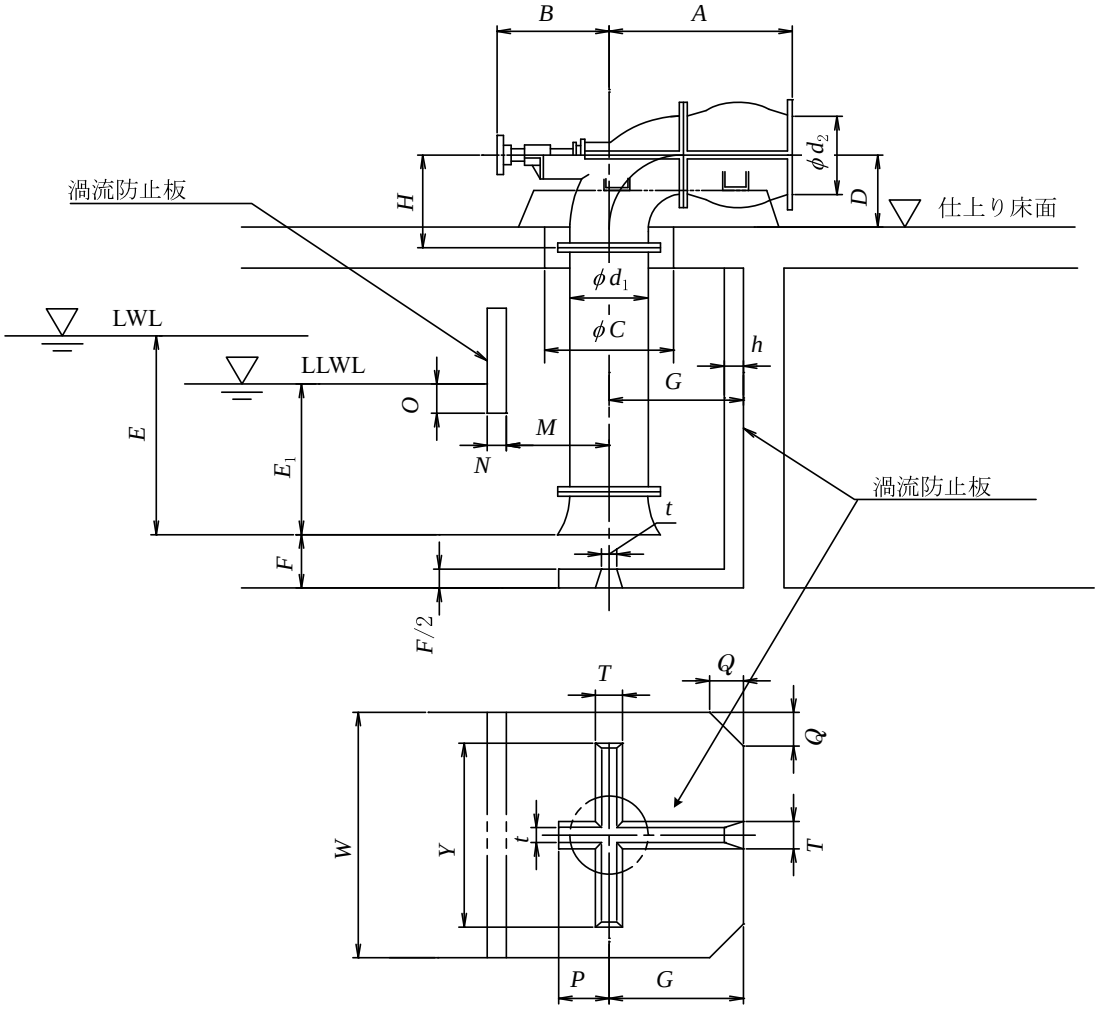

**表-5.34**　横軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12超～ 23以下 | 400 | 400 | 1,000 | 550 | 700 | 500 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 400 | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 500 | 1,200 | 600 | 900 | 600 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 500 | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 600 | 1,400 | 700 | 1,100 | 650 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 550 | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 700 | 1,650 | 800 | 1,250 | 700 | 1,100以上 | 1,400 | 700 | 800 | 650 | 2,100 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 800 | 1,900 | 850 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 800 | 900 | 700 | 2,400 |
| 90超～115以下 | 900 | 900 | 2,100 | 900 | 1,500 | 850 | 1,400以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 800 | 2,700 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,000 | 2,400 | 1,050 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 900 | 3,000 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,200 | 2,800 | 1,200 | 2,000 | 1,050 | 1,800以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 1,100 | 3,600 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,350 | 3,300 | 1,300 | 2,200 | 1,150 | 2,100以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 1,250 | 4,050 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,500 | 3,550 | 1,450 | 2,400 | 1,300 | 2,300以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 1,350 | 4,500 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,650 | 3,850 | 1,550 | 2,600 | 1,400 | 2,500以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 1,500 | 4,950 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,800 | 4,250 | 1,750 | 2,800 | 1,500 | 2,700以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 1,600 | 5,400 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 2,000 | 4,700 | 1,950 | 3,100 | 1,650 | 3,100以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 1,800 | 6,000 |

注 1)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
2)　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
3)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

## ④ 横軸斜流ポンプ（Ⅰ型・Ⅱ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）




注 1) 主ポンプ上流の渦流防止板が主ポンプ床版下面に接する場合は、空気抜き孔を設けるものとする。
2) LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
3) 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.35**　軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50超～ 70以下 | 700 | 700 | 1,650 | 800 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 650 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 800 | 1,900 | 850 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 700 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 900 | 2,100 | 900 | 1,500 | 850 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 800 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,000 | 2,400 | 1,050 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 900 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,200 | 2,800 | 1,200 | 2,000 | 1,050 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,100 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,350 | 3,300 | 1,300 | 2,200 | 1,150 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,250 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,500 | 3,550 | 1,450 | 2,400 | 1,300 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,350 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,650 | 3,850 | 1,550 | 2,600 | 1,400 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,500 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,800 | 4,250 | 1,750 | 2,800 | 1,500 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,600 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 2,000 | 4,700 | 1,950 | 3,100 | 1,650 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,800 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
　2)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.36　横軸斜流ポンプ（Ⅱ型ポンプ、高流速オープン形吸込水槽）寸法**

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $A$ | $B$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12超～ 23以下 | 400 | 350 | 950 | 550 | 700 | 500 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 400 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 450 | 1,150 | 650 | 900 | 550 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 500 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 500 | 1,350 | 700 | 1,100 | 650 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 550 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 600 | 1,600 | 800 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 650 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 700 | 1,850 | 850 | 1,350 | 750 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 700 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 800 | 2,050 | 900 | 1,500 | 850 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 800 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 900 | 2,250 | 1,050 | 1,700 | 900 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 900 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 1,000 | 2,650 | 1,200 | 2,000 | 1,000 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,100 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 1,200 | 3,150 | 1,300 | 2,200 | 1,100 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,250 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 1,350 | 3,400 | 1,450 | 2,400 | 1,250 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,350 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 1,500 | 3,700 | 1,550 | 2,600 | 1,350 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,500 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 1,650 | 4,100 | 1,750 | 2,800 | 1,450 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,600 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 1,800 | 4,550 | 1,950 | 3,100 | 1,600 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,800 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
　2)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

## ⑤　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、一床式、標準流速オープン形吸込水槽）

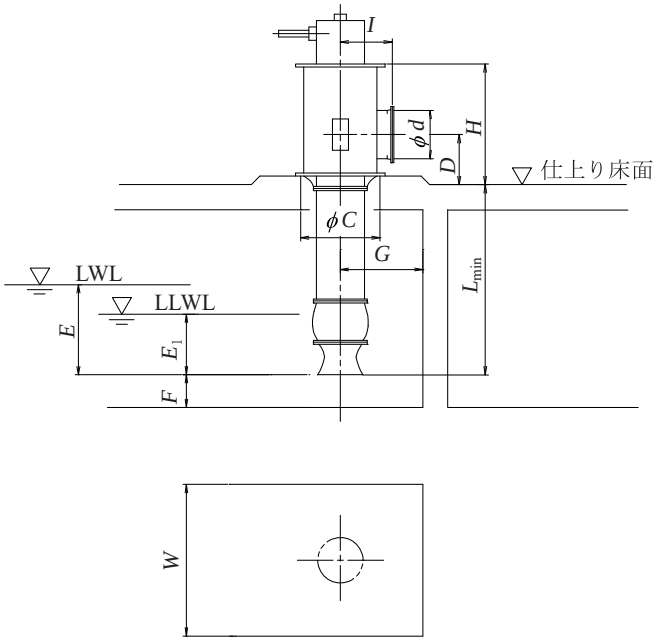



**表-5.37**　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、一床式、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量(m³/min) | φd | φC | D | $E_1$ | E | F | G | H | | I | $L_{min}$ | W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | |
| 12超～ 23以下 | 400 | 800 | 550 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 1,700 | 1,400 | 500 | 1,600 | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 1,050 | 650 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 1,900 | 1,550 | 600 | 1,800 | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 1,100 | 700 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 2,100 | 1,750 | 700 | 1,900 | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,100以上 | 1,400 | 700 | 800 | 2,300 | 1,900 | 750 | 2,100 | 2,100 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200以上 | 1,500 | 800 | 900 | 2,500 | 2,050 | 850 | 2,200 | 2,400 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,400以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 2,850 | 2,450 | 950 | 2,400 | 2,700 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 3,150 | 2,650 | 1,050 | 2,600 | 3,000 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 3,600 | 3,000 | 1,150 | 2,900 | 3,600 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,100以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,300 | 4,050 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,300以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,600 | 4,500 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,500以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 3,900 | 4,950 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,100 | 5,400 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,100以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 5,200 | 4,500 | 1,800 | 4,500 | 6,000 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
3)　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
4)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

## ⑥ 立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、二床式、標準流速オープン形吸込水槽）

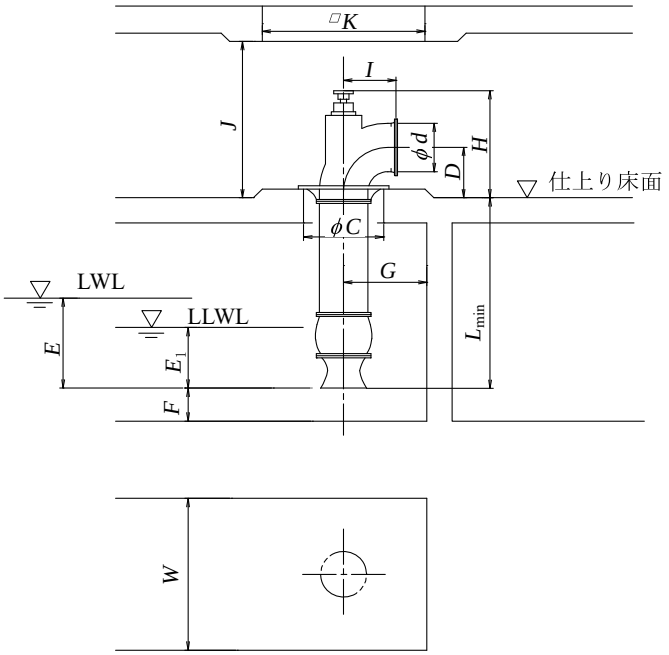



**表-5.38** 立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、二床式、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

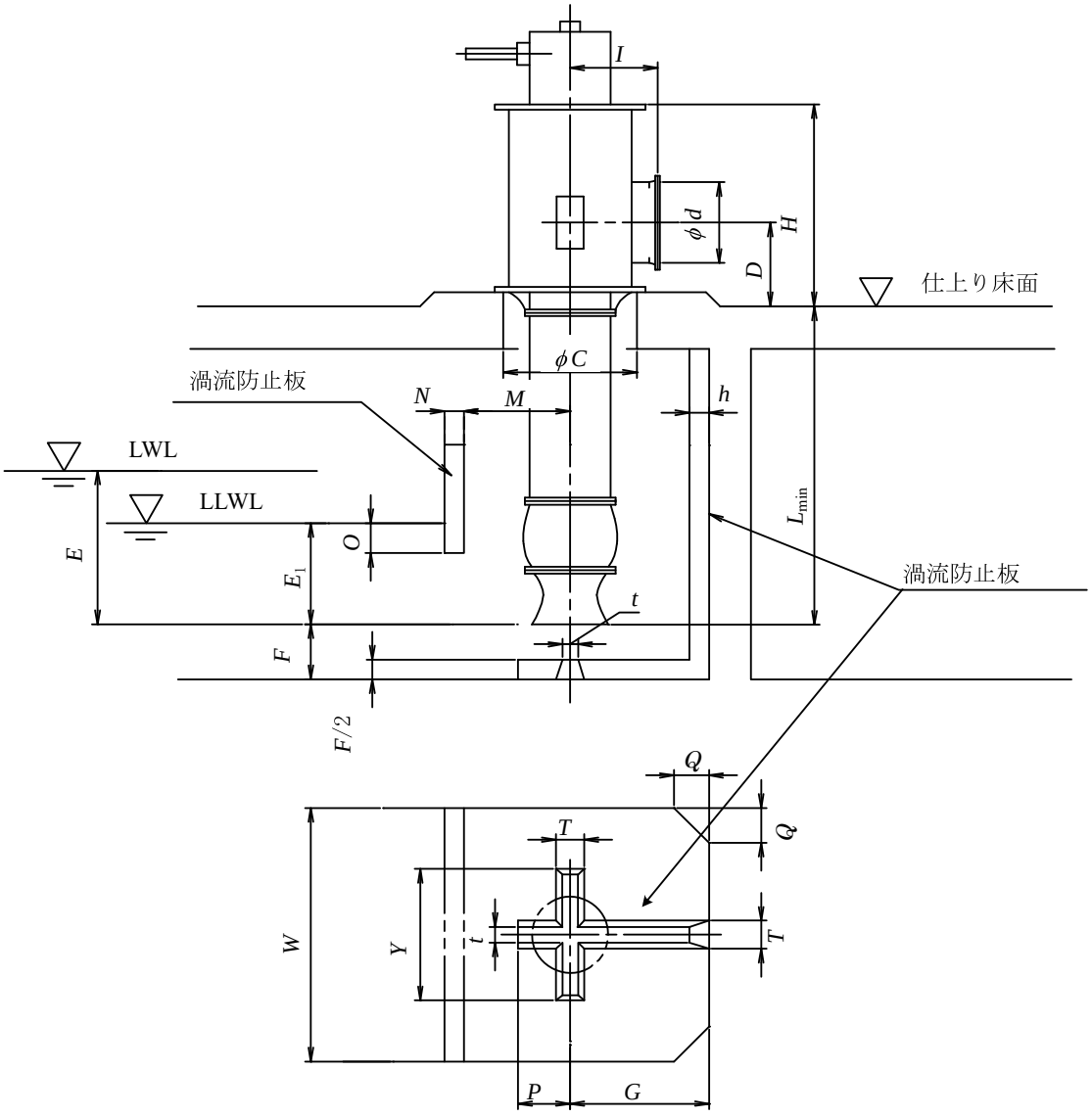
（単位：mm）

| 吐出し量(m³/min) | φd | φC | D | E1 | E | F | G | H | | I | J | □K | Lmin | W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | |
| 12超～ 23以下 | 400 | 800 | 550 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 1,500 | 1,200 | 500 | 2,400 | 1,400 | 1,600 | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 500 | 1,050 | 650 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 1,700 | 1,350 | 600 | 2,400 | 1,500 | 1,800 | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 600 | 1,100 | 700 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 1,900 | 1,550 | 700 | 2,400 | 1,700 | 1,900 | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,100以上 | 1,400 | 700 | 800 | 2,100 | 1,700 | 750 | 2,400 | 1,900 | 2,100 | 2,100 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200以上 | 1,500 | 800 | 900 | 2,300 | 1,850 | 850 | 2,400 | 2,100 | 2,200 | 2,400 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,400以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 2,500 | 2,100 | 950 | 2,400 | 2,300 | 2,400 | 2,700 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 2,700 | 2,200 | 1,050 | 2,400 | 2,400 | 2,600 | 3,000 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 3,100 | 2,500 | 1,150 | 2,600 | 2,600 | 2,900 | 3,600 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,100以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 3,400 | 2,800 | 1,300 | 2,800 | 2,900 | 3,300 | 4,050 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,300以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 3,700 | 3,100 | 1,450 | 3,000 | 3,000 | 3,600 | 4,500 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,500以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 4,000 | 3,400 | 1,550 | 3,200 | 3,300 | 3,900 | 4,950 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 4,300 | 3,700 | 1,700 | 3,500 | 3,600 | 4,100 | 5,400 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,100以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 4,700 | 4,000 | 1,800 | 3,800 | 4,000 | 4,500 | 6,000 |

注 1） $L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2） 全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
3） LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
4） 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

⑦　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ

（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）




注 1)　主ポンプ上流の渦流防止板が主ポンプ床版下面に接する場合は、空気抜き孔を設けるものとする。

2)　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。

3)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.39　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）寸法**

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | |
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 2,300 | 1,900 | 750 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 2,500 | 2,050 | 850 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 2,850 | 2,450 | 950 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1000 | 1,750 | 1,200 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 3,150 | 2,650 | 1,050 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1200 | 2,050 | 1,400 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 3,600 | 3,000 | 1,150 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1350 | 2,300 | 1,550 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1500 | 2,600 | 1,700 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1650 | 2,900 | 1,850 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1800 | 3,100 | 2,000 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2000 | 3,300 | 2,200 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 5,200 | 4,500 | 1,800 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す
2)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプは標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.40**　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | |
| 12 超～ 23以下 | 350 | 800 | 500 | 600 以上 | 900 | 400 | 450 | 1,550 | 1,250 | 450 | 1,600 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,200 |
| 23 超～ 36以下 | 450 | 1,050 | 600 | 800 以上 | 1,100 | 500 | 600 | 1,700 | 1,400 | 550 | 1,800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,500 |
| 36 超～ 50以下 | 500 | 1,100 | 650 | 900 以上 | 1,200 | 600 | 700 | 1,900 | 1,550 | 600 | 1,900 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,800 |
| 50 超～ 70以下 | 600 | 1,250 | 700 | 1,050 以上 | 1,350 | 500 | 800 | 2,100 | 1,750 | 700 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70 超～ 90以下 | 700 | 1,400 | 800 | 1,200 以上 | 1,500 | 600 | 900 | 2,300 | 1,900 | 750 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90 超～115以下 | 800 | 1,550 | 900 | 1,350 以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 2,500 | 2,050 | 850 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115 超～150以下 | 900 | 1,750 | 1,000 | 1,500 以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 2,850 | 2,450 | 950 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150 超～200以下 | 1,000 | 2,050 | 1,200 | 1,800 以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 3,150 | 2,650 | 1,050 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200 超～255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 2,000 以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 3,600 | 3,000 | 1,150 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255 超～325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 2,250 以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325 超～400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 2,450 以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400 超～480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 2,700 以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480 超～600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 3,000 以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

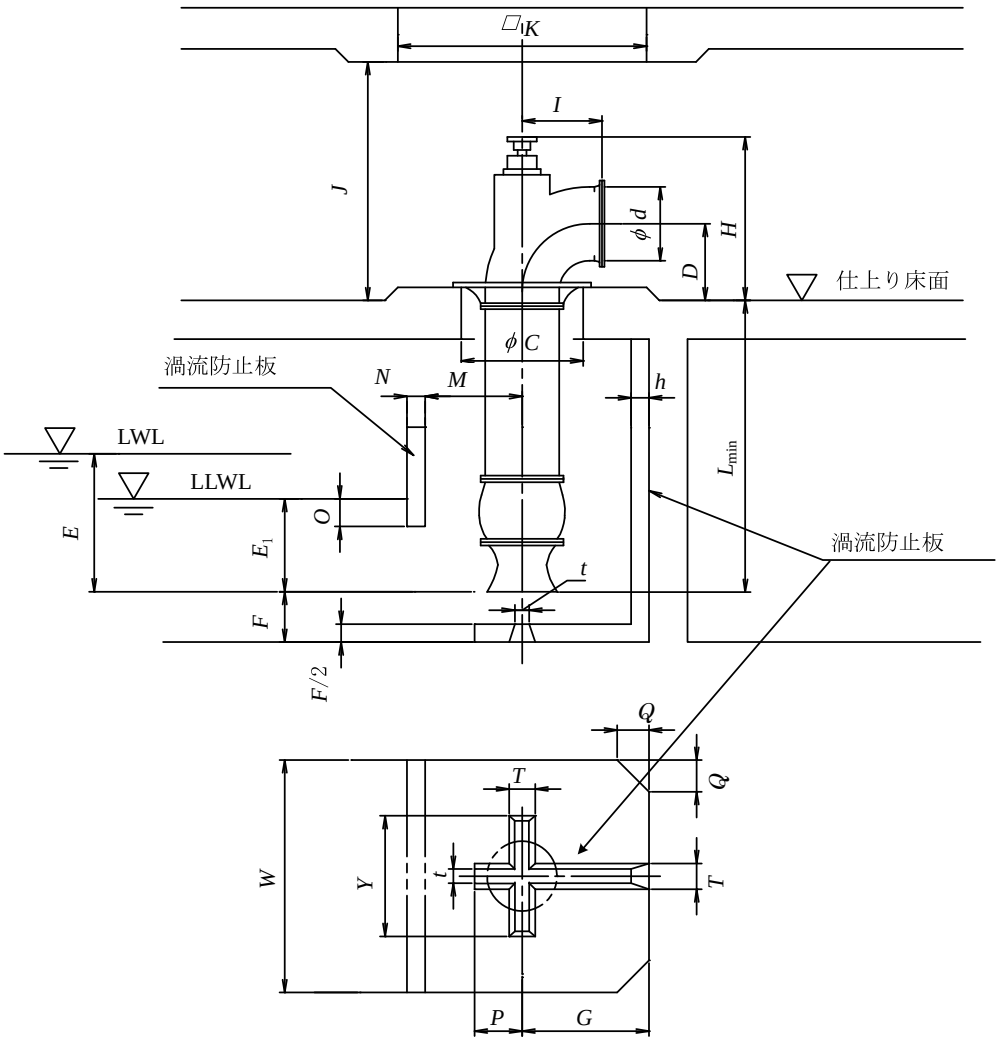
注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す

2)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。

3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の意」を参照の上、適用する。

⑧ 立軸軸流及び立軸斜流ポンプ

（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、二床式、 高流速オープン形吸込水槽）




注 1） 主ポンプ上流の渦流防止板が主ポンプ床版下面に接する場合は、空気抜き孔を設けるものとする。

2） LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。

3） 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.41**　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、二床式、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $\square K$ | $J$ | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | | | |
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,050 以上 | 1,350 | 500 | 800 | 2,100 | 1,700 | 750 | 1,900 | 2,400 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200 以上 | 1,500 | 600 | 900 | 2,300 | 1,850 | 850 | 2,100 | 2,400 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,350 以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 2,500 | 2,100 | 950 | 2,300 | 2,400 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500 以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 2,700 | 2,200 | 1,050 | 2,400 | 2,400 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800 以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 3,100 | 2,500 | 1,150 | 2,600 | 2,600 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,000 以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 3,400 | 2,800 | 1,300 | 2,900 | 2,800 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,250 以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 3,700 | 3,100 | 1,450 | 3,000 | 3,000 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,450 以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 4,000 | 3,400 | 1,550 | 3,300 | 3,200 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700 以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 4,300 | 3,700 | 1,700 | 3,600 | 3,500 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,000 以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 4,700 | 4,000 | 1,800 | 4,000 | 3,800 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプ寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.42　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、二床式、 高流速オープン形吸込水槽）寸法**

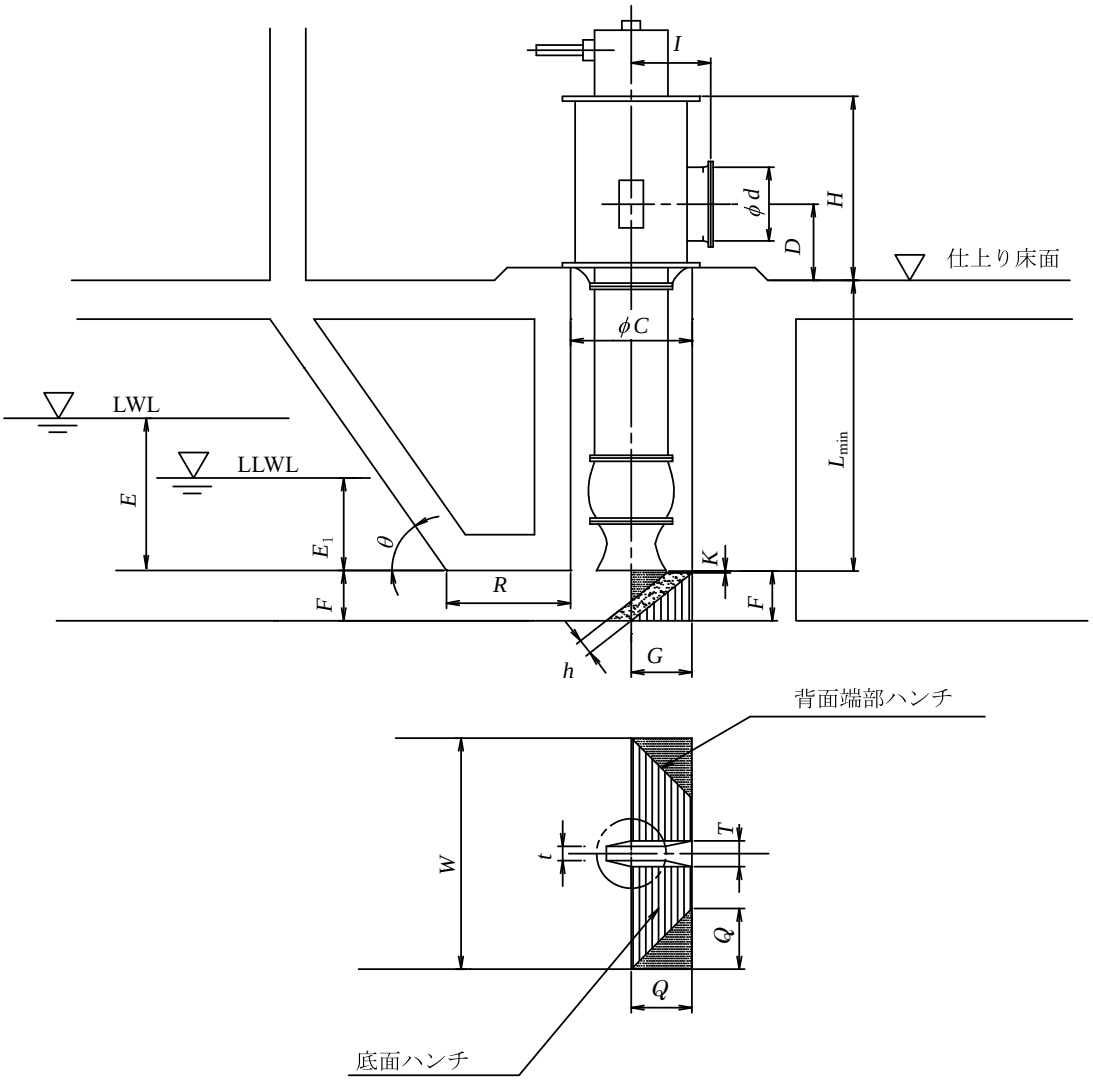
（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $\square K$ | $J$ | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12超～ 23以下 | 350 | 800 | 500 | 600以上 | 900 | 400 | 450 | 1,350 | 1,050 | 450 | 1,400 | 2,400 | 1,600 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,200 |
| 23超～ 36以下 | 450 | 1,050 | 600 | 800以上 | 1,100 | 500 | 600 | 1,500 | 1,200 | 550 | 1,500 | 2,400 | 1,800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,500 |
| 36超～ 50以下 | 500 | 1,100 | 650 | 900以上 | 1,200 | 600 | 700 | 1,700 | 1,350 | 600 | 1,700 | 2,400 | 1,900 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,800 |
| 50超～ 70以下 | 600 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 1,900 | 1,550 | 700 | 1,900 | 2,400 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 |
| 70超～ 90以下 | 700 | 1,400 | 800 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 2,100 | 1,700 | 750 | 2,100 | 2,400 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 |
| 90超～115以下 | 800 | 1,550 | 900 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 2,300 | 1,850 | 850 | 2,300 | 2,400 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 |
| 115超～ 150以下 | 900 | 1,750 | 1,000 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 2,500 | 2,100 | 950 | 2,400 | 2,400 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 |
| 150超～ 200以下 | 1,000 | 2,050 | 1,200 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 2,700 | 2,200 | 1,050 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 |
| 200超～ 255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 3,100 | 2,500 | 1,150 | 2,900 | 2,600 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 |
| 255超～ 325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 3,400 | 2,800 | 1,300 | 3,000 | 2,800 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 |
| 325超～ 400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 3,700 | 3,100 | 1,450 | 3,300 | 3,000 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 |
| 400超～ 480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 4,000 | 3,400 | 1,550 | 3,600 | 3,200 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 |
| 480超～ 600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 4,300 | 3,700 | 1,700 | 4,000 | 3,500 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　吐出し量 12$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプの寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

⑨　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ

（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）




注1）　LWLは最低吸込水位、LLWLは非常停止吸込水位を示す。

2）　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.43　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法**

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $L_{min}$ | $\theta$（度） | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 5,200 | 4,500 | 1,800 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 |

注1）　$L_{min}$は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2）　セミクローズ形吸込水槽は吐出し量200$m^3$/min超～600$m^3$/min以下の主ポンプに採用する。
3）　全揚程が斜流ポンプで3.2m以下、軸流ポンプで2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.44　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法**

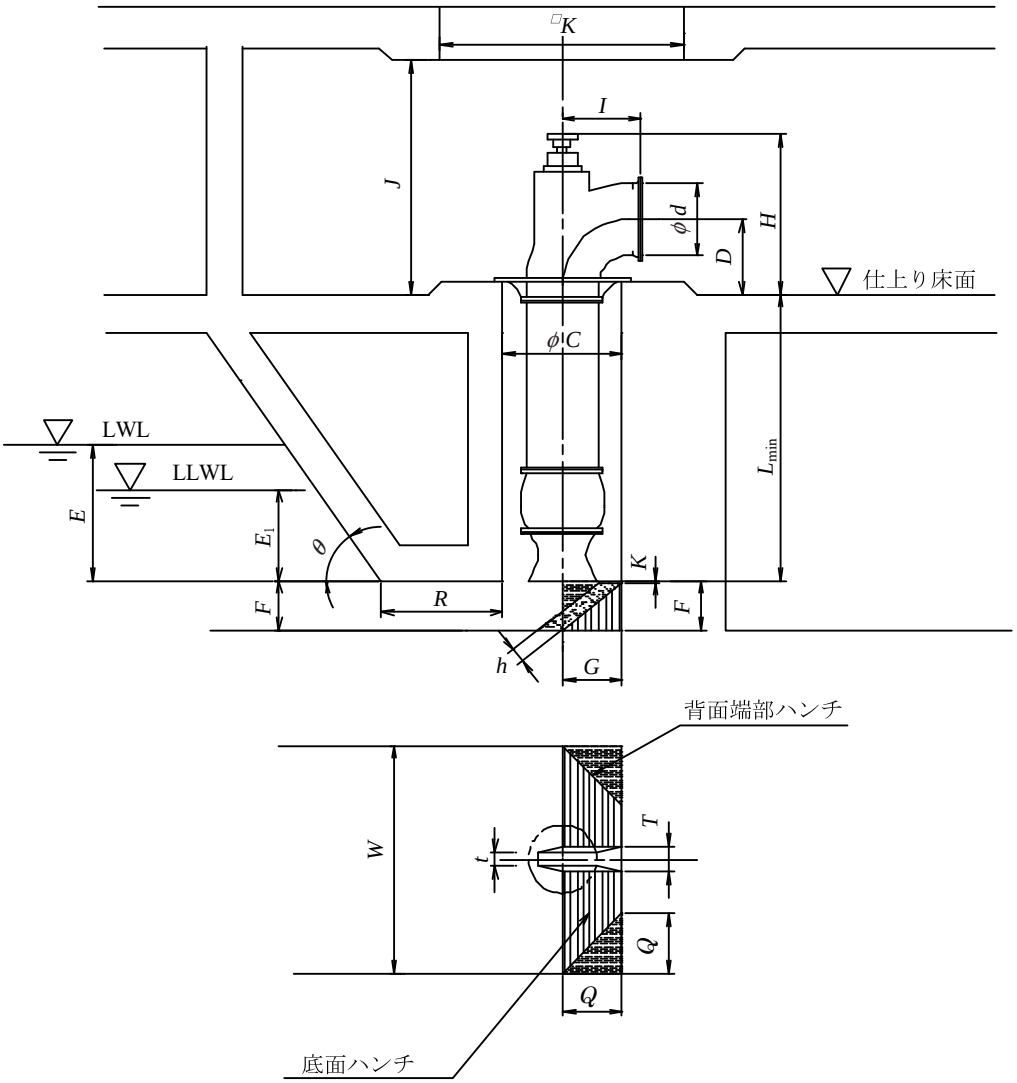
（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $L_{min}$ | $\theta$（度） | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 3,600 | 3,000 | 1,150 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 3,900 | 3,300 | 1,300 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 4,200 | 3,600 | 1,450 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 4,500 | 3,900 | 1,550 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 4,800 | 4,200 | 1,700 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 |

注）　適用条件は**表-5.43**の注1）～3）を参照のこと。

⑩　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ

（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、二床式、セミクローズ形吸込水槽）




注 1）　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。

2）　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

**表-5.45**　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、二床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $\square K$ | $J$ | $L_{min}$ | $\theta$ (度) | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 3,400 | 2,800 | 1,300 | 2,900 | 2,800 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 3,700 | 3,100 | 1,450 | 3,000 | 3,000 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 4,000 | 3,400 | 1,550 | 3,300 | 3,200 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 4,300 | 3,700 | 1,700 | 3,600 | 3,500 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 4,700 | 4,000 | 1,800 | 4,000 | 3,800 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 |

注1）　$L_{min}$は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2）　セミクローズ形吸込水槽は吐出し量200$m^3$/min超～600$m^3$/min以下の主ポンプに採用する。（**表-5.18**参照）
3）　全揚程が斜流ポンプで3.2m以下、軸流ポンプで2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.46**　立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、二床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | | $I$ | $\square K$ | $J$ | $L_{min}$ | $\theta$ (度) | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | スラスト支持 | スラスト支持無 | | | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 3,100 | 2,500 | 1,150 | 2,900 | 2,600 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 |
| 255超～325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 3,400 | 2,800 | 1,300 | 3,000 | 2,800 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 |
| 325超～400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 3,700 | 3,100 | 1,450 | 3,300 | 3,000 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 |
| 400超～480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 4,000 | 3,400 | 1,550 | 3,600 | 3,200 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 |
| 480超～600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 4,300 | 3,700 | 1,700 | 4,000 | 3,500 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 |

注）　適用条件は、**表-5.45**の注1)～3)を参照のこと。

⑪　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ
（Ｉ型ポンプ、一床式、 標準流速オープン形吸込水槽）

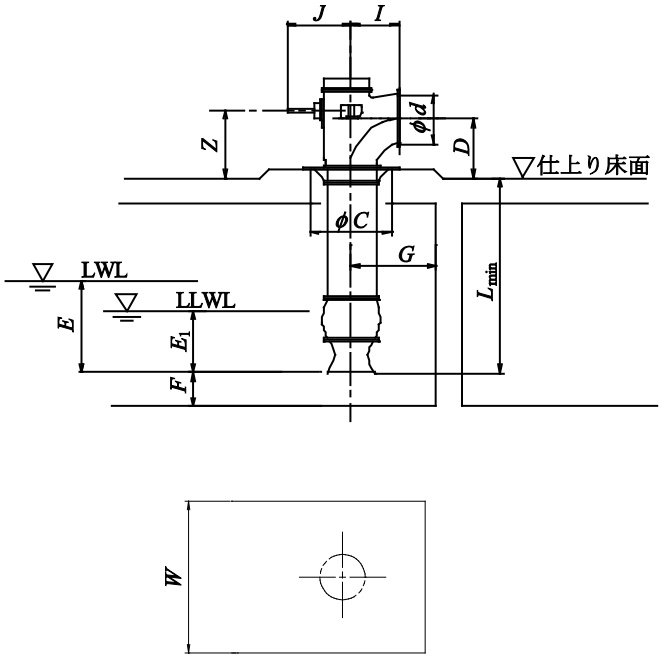



**表-5.47**　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ｉ型ポンプ、一床式、標準流速オープン形吸込水槽）寸法

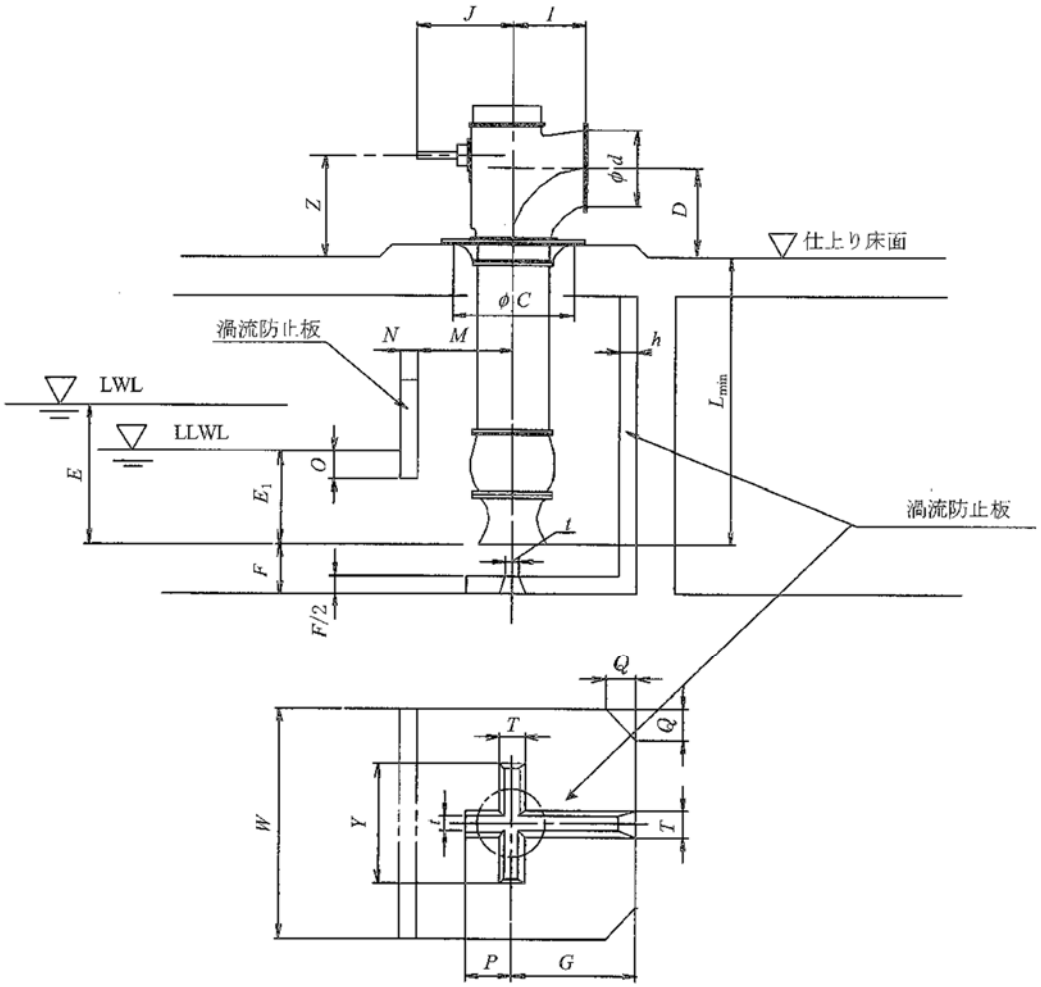
（単位：mm）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $I$ | $J$ | | $L_{min}$ | $W$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | クラッチなし | クラッチ有り | | | |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 1,100 | 700 | 900 以上 | 1,200 | 600 | 700 | 700 | 800 | 1,100 | 1,900 | 1,800 | 850 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,100 以上 | 1,400 | 700 | 800 | 750 | 950 | 1,400 | 2,100 | 2,100 | 970 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200 以上 | 1,500 | 800 | 900 | 850 | 1,000 | 1,450 | 2,200 | 2,400 | 1,100 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,400 以上 | 1,700 | 900 | 1,000 | 950 | 1,100 | 1,500 | 2,400 | 2,700 | 1,220 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500 以上 | 1,800 | 1,000 | 1,100 | 1,050 | 1,200 | 1,550 | 2,600 | 3,000 | 1,400 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800 以上 | 2,100 | 1,200 | 1,300 | 1,150 | 1,300 | 1,700 | 2,900 | 3,600 | 1,700 |
| 200 超～255 以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,100 以上 | 2,400 | 1,350 | 1,500 | 1,300 | 1,450 | 1,800 | 3,300 | 4,050 | 1,880 |
| 255 超～325 以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,300 以上 | 2,600 | 1,500 | 1,650 | 1,450 | 1,700 | 1,900 | 3,600 | 4,500 | 2,070 |
| 325 超～400 以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,500 以上 | 2,800 | 1,650 | 1,800 | 1,550 | 1,850 | 2,000 | 3,900 | 4,950 | 2,260 |
| 400 超～480 以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700 以上 | 3,000 | 1,800 | 2,000 | 1,700 | 1,950 | 2,100 | 4,100 | 5,400 | 2,450 |
| 480 超～600 以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,100 以上 | 3,400 | 2,000 | 2,200 | 1,800 | 2,050 | 2,250 | 4,500 | 6,000 | 2,700 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
3)　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプは、吐出し量 36$m^3$/min 超～600$m^3$/min 以下を標準とする。
4)　LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
5)　仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。
6)　$Z$ 寸法は、一段減速の場合の最小値を示す。二段減速の場合、概ね、$Z=D$ としてよい。

⑫ 減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ

（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）




注 1） 主ポンプ上流の渦流防止板が主ポンプ床版下面に接する場合は、空気抜き孔を設けるものとする。
2） LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
3） 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。
4） *Z* 寸法は、一段減速の場合の最小値を示す。二段減速の場合、概ね、*Z*＝*D* としてよい。

**表-5.48**　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $I$ | $J$ クラッチなし | $J$ クラッチ有り | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50超～ 70以下 | 700 | 1,250 | 800 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 750 | 950 | 1,400 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 | 970 |
| 70超～ 90以下 | 800 | 1,400 | 900 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 850 | 1,000 | 1,450 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 | 1,100 |
| 90超～115以下 | 900 | 1,550 | 1,000 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 950 | 1,100 | 1,500 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 | 1,220 |
| 115超～150以下 | 1,000 | 1,750 | 1,200 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 1,050 | 1,200 | 1,550 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 | 1,400 |
| 150超～200以下 | 1,200 | 2,050 | 1,400 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,150 | 1,300 | 1,700 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 | 1,700 |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,300 | 1,450 | 1,800 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 | 1,880 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,450 | 1,700 | 1,900 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 | 2,070 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,550 | 1,850 | 2,000 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 | 2,260 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,700 | 1,950 | 2,100 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 | 2,450 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,800 | 2,050 | 2,250 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 | 2,700 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　吐出し量 36$m^3$/min 超～50$m^3$/min 以下の主ポンプ寸法は、標準流速オープン形吸込水槽を採用する。
3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

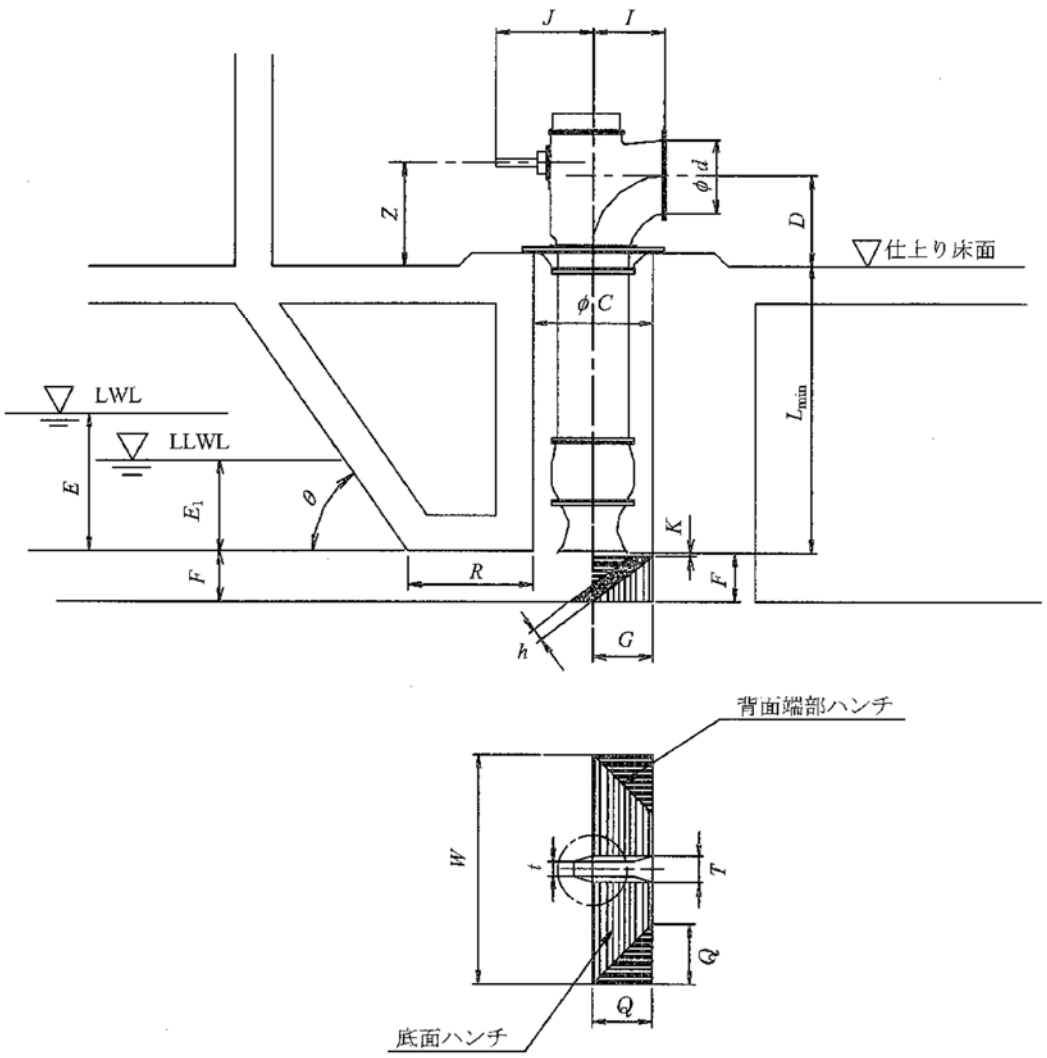
**表-5.49**　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、高流速オープン形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $I$ | $J$ クラッチなし | $J$ クラッチ有り | $L_{min}$ | $M$ | $N$ | $O$ | $P$ | $Q$ | $Y$ | $h$ | $T$ | $t$ | $W$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50超～ 70以下 | 600 | 1,250 | 700 | 1,050以上 | 1,350 | 500 | 800 | 700 | 950 | 1,400 | 2,100 | 700 | 250 | 200 | 450 | 350 | 1,300 | 150 | 200 | 100 | 1,900 | 850 |
| 70超～ 90以下 | 700 | 1,400 | 800 | 1,200以上 | 1,500 | 600 | 900 | 750 | 1,000 | 1,450 | 2,200 | 800 | 250 | 250 | 500 | 400 | 1,500 | 200 | 250 | 100 | 2,100 | 970 |
| 90超～115以下 | 800 | 1,550 | 900 | 1,350以上 | 1,650 | 650 | 1,000 | 850 | 1,100 | 1,500 | 2,400 | 900 | 300 | 300 | 550 | 450 | 1,700 | 200 | 250 | 100 | 2,400 | 1,100 |
| 115超～150以下 | 900 | 1,750 | 1,000 | 1,500以上 | 1,800 | 750 | 1,100 | 950 | 1,200 | 1,550 | 2,600 | 1,000 | 300 | 300 | 600 | 500 | 1,900 | 200 | 250 | 100 | 2,700 | 1,220 |
| 150超～200以下 | 1,000 | 2,050 | 1,200 | 1,800以上 | 2,100 | 900 | 1,300 | 1,050 | 1,300 | 1,700 | 2,900 | 1,200 | 350 | 350 | 700 | 600 | 2,200 | 250 | 300 | 100 | 3,200 | 1,400 |
| 200超～255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 2,000以上 | 2,300 | 1,000 | 1,500 | 1,150 | 1,450 | 1,800 | 3,300 | 1,350 | 400 | 400 | 800 | 700 | 2,500 | 350 | 400 | 150 | 3,600 | 1,700 |
| 255超～325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 2,250以上 | 2,550 | 1,100 | 1,650 | 1,300 | 1,700 | 1,900 | 3,600 | 1,500 | 450 | 450 | 900 | 750 | 2,800 | 350 | 400 | 150 | 4,000 | 1,880 |
| 325超～400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 2,450以上 | 2,750 | 1,250 | 1,800 | 1,450 | 1,850 | 2,000 | 3,900 | 1,650 | 500 | 500 | 1,000 | 850 | 3,100 | 400 | 500 | 200 | 4,400 | 2,070 |
| 400超～480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 2,700以上 | 3,000 | 1,400 | 2,000 | 1,550 | 1,950 | 2,100 | 4,100 | 1,800 | 550 | 550 | 1,100 | 900 | 3,400 | 450 | 500 | 200 | 4,800 | 2,260 |
| 480超～600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 3,000以上 | 3,300 | 1,500 | 2,200 | 1,700 | 2,050 | 2,250 | 4,500 | 2,000 | 600 | 600 | 1,200 | 1,000 | 3,800 | 500 | 500 | 200 | 5,400 | 2,450 |

注）　適用条件は、**表-5.48** の注 1)～3)を参照のこと。

⑬ 減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ
（Ⅰ型・Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）




注 1） LWL は最低吸込水位、LLWL は非常停止吸込水位を示す。
2） 仕上り床面はシンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。
3） Z 寸法は、一段減速の場合の最小値を示す。二段減速の場合、概ね、$Z=D$ としてよい。

**表-5.50**　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅰ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $I$ | $J$ | | $L_{min}$ | $\theta$（度） | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | クラッチなし | クラッチ有り | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,350 | 2,300 | 1,550 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 1,300 | 1,450 | 1,800 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 | 1,880 |
| 255超～325以下 | 1,500 | 2,600 | 1,700 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 1,450 | 1,700 | 1,900 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 | 2,070 |
| 325超～400以下 | 1,650 | 2,900 | 1,850 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 1,550 | 1,850 | 2,000 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 | 2,260 |
| 400超～480以下 | 1,800 | 3,100 | 2,000 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 1,700 | 1,950 | 2,100 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 | 2,450 |
| 480超～600以下 | 2,000 | 3,300 | 2,200 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 1,800 | 2,050 | 2,250 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 | 2,700 |

注 1)　$L_{min}$ は主ポンプとして短くできる最小寸法を示す。
2)　セミクローズ形吸込水槽は吐出し量 200$m^3$/min 超～600$m^3$/min 以下の主ポンプに採用する。
3)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔**参考**〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.51**　減速機搭載形立軸軸流及び立軸斜流ポンプ（Ⅱ型・Ⅲ型ポンプ、一床式、セミクローズ形吸込水槽）寸法

（単位：mm）

| 吐出し量($m^3$/min) | $\phi d$ | $\phi C$ | $D$ | $E_1$ | $E$ | $F$ | $G$ | $I$ | $J$ | | $L_{min}$ | $\theta$（度） | $Q$ | $R$ | $h$ | $k$ | $T$ | $t$ | $W$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | クラッチなし | クラッチ有り | | | | | | | | | | |
| 200超～255以下 | 1,200 | 2,300 | 1,400 | 1,350以上 | 1,650 | 1,000 | 1,150 | 1,150 | 1,450 | 1,800 | 3,300 | 45 | 1,150 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 3,600 | 1,700 |
| 255超～325以下 | 1,350 | 2,600 | 1,550 | 1,500以上 | 1,800 | 1,100 | 1,300 | 1,300 | 1,700 | 1,900 | 3,600 | 45 | 1,300 | 500以上 | 150 | 100 | 300 | 150 | 4,000 | 1,880 |
| 325超～400以下 | 1,500 | 2,900 | 1,700 | 1,650以上 | 1,950 | 1,250 | 1,450 | 1,450 | 1,850 | 2,000 | 3,900 | 45 | 1,450 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,400 | 2,070 |
| 400超～480以下 | 1,650 | 3,100 | 1,850 | 1,800以上 | 2,100 | 1,400 | 1,550 | 1,550 | 1,950 | 2,100 | 4,100 | 45 | 1,550 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 4,800 | 2,260 |
| 480超～600以下 | 1,800 | 3,300 | 2,000 | 2,000以上 | 2,300 | 1,500 | 1,650 | 1,700 | 2,050 | 2,250 | 4,500 | 45 | 1,650 | 500以上 | 200 | 100 | 400 | 200 | 5,400 | 2,450 |

注）　適用条件は、**表-5.50** の注 1)～3)を参照のこと。

## ⑭ 大容量立軸軸流ポンプ（二床式）

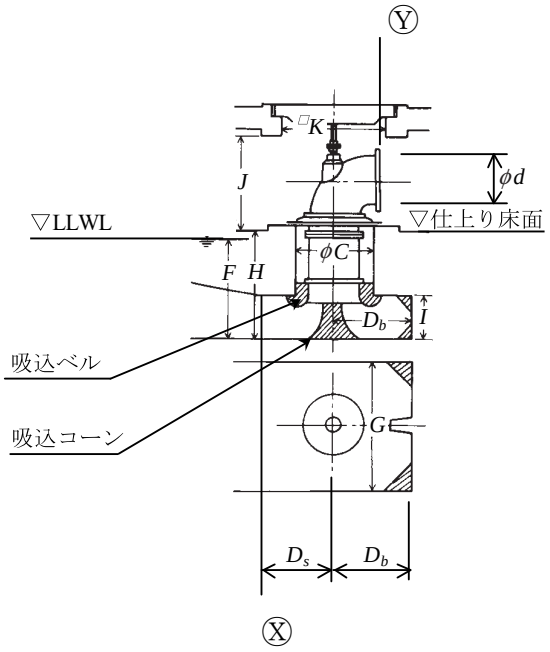



**表-5.52** 大容量立軸軸流ポンプ（二床式）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d$ | $\phi C$ | $D_b$ | $D_s$ | $F$ | $G$ | $H$ | $I$ | $J$ | □$K$ |
| 600 超～ 740 以下 | 2,200 | 3,000 | 2,400 | 2,800 | 3,200 | 6,000 | 4,200 | 1,800 | 4,200 | 4,000 |
| 740 超～ 850 以下 | 2,400 | 3,200 | 2,600 | 3,300 | 3,500 | 6,600 | 4,600 | 2,000 | 4,600 | 4,300 |
| 850 超～1,000 以下 | 2,600 | 3,400 | 2,800 | 3,800 | 3,900 | 7,000 | 5,000 | 2,200 | 5,000 | 4,600 |
| 1,000 超～1,150 以下 | 2,800 | 3,600 | 3,000 | 4,000 | 4,200 | 7,600 | 5,500 | 2,400 | 5,600 | 5,000 |

注 1) 斜線部は主ポンプ本体の一部であるので、模型試験により性能を確認して、二次コンクリートにて適切な形状、寸法を決定する。
2) LLWL は、吸込水槽の非常停止吸込水位を示す。
3) 仕上がり床面は、シンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。
4) インペラ没水深さは LLWL より 1,000mm 低いレベルとする。
5) 全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
6) 主ポンプの性能は、上図のⓍ～Ⓨ間の模型（主ポンプ並びに水路）を製作し、模型試験にて確認する。
7) 本表は標準比速度ポンプ・クローズピット形吸込水槽における寸法であり、高比速度ポンプ・高流速クローズピット形吸込水槽の場合は、「高 Ns・高流速ポンプ設備 計画設計技術指針」を参照する。
また、標準比速度ポンプ・高流速クローズピット形吸込水槽の場合は、別途検討が必要である。

⑮　大容量立軸斜流ポンプ（二床式）

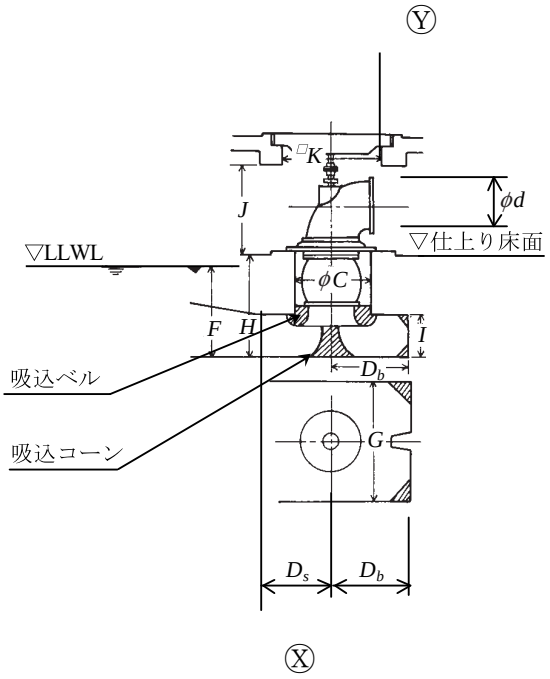



**表-5.53**　大容量立軸斜流ポンプ（二床式）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法　（mm） | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d$ | $\phi C$ | $D_b$ | $D_s$ | $F$ | $G$ | $H$ | $I$ | $J$ | □$K$ |
| 600 超～ 740 以下 | 2,200 | 3,200 | 2,400 | 2,800 | 3,400 | 6,000 | 5,600 | 1,800 | 4,200 | 4,000 |
| 740 超～ 850 以下 | 2,400 | 3,500 | 2,600 | 3,300 | 3,700 | 6,600 | 5,900 | 2,000 | 4,600 | 4,300 |
| 850 超～1000 以下 | 2,600 | 3,800 | 2,800 | 3,800 | 4,200 | 7,000 | 6,500 | 2,200 | 5,000 | 4,600 |
| 1000 超～1150 以下 | 2,800 | 4,000 | 3,000 | 4,000 | 4,500 | 7,600 | 7,000 | 2,400 | 5,600 | 5,000 |

注 1)　斜線部は主ポンプ本体の一部であるので、模型試験により性能を確認して、二次コンクリートにて適切な形状、寸法を決定する。

2)　LLWL は、吸込水槽の非常停止吸込水位を示す。

3)　仕上がり床面は、シンダーコンクリート打設の場合、打設後の床面を示す。

4)　インペラ没水深さは LLWL より 1,000mm 低いレベルとする。

5)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

6)　主ポンプの性能は、上図のⓍ～Ⓨ間の模型（主ポンプ並びに水路）を製作し、模型試験にて確認する。

7)　本表は標準比速度ポンプ・クローズピット形吸込水槽における寸法であり、高比速度ポンプ・高流速クローズピット形吸込水槽の場合は、「高 Ns・高流速ポンプ設備　計画設計技術指針」を参照する。
　また、標準比速度ポンプ・高流速クローズピット形吸込水槽の場合は、別途検討が必要である。

⑯ 軸流形チューブラポンプ

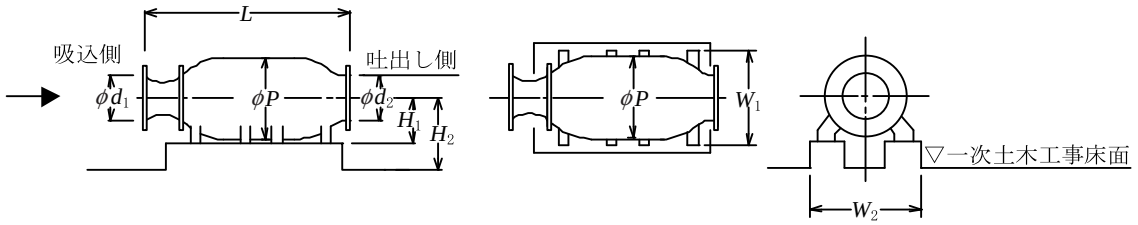



**表-5.54** 軸流形チューブラポンプ（Ⅰ型）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主 要 寸 法（mm） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $L$ | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $H_1$ | $H_2$ |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 600 | 2,700 | 1,220 | 1,200 | 1,500 | 600 | 1,150 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 700 | 2,700 | 1,320 | 1,300 | 1,600 | 650 | 1,200 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 800 | 2,900 | 1,380 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,300 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 900 | 3,100 | 1,590 | 1,600 | 1,900 | 750 | 1,500 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 1,000 | 3,400 | 1,640 | 1,600 | 1,900 | 800 | 1,600 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 1,200 | 3,900 | 1,760 | 1,700 | 2,100 | 800 | 1,700 |
| 200 超～255 以下 | 1,350 | 1,350 | 4,300 | 2,000 | 1,900 | 2,300 | 850 | 1,900 |
| 255 超～325 以下 | 1,500 | 1,500 | 5,000 | 2,100 | 2,000 | 2,500 | 900 | 2,000 |
| 325 超～400 以下 | 1,650 | 1,650 | 6,500 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 1,050 | 2,150 |
| 400 超～480 以下 | 1,800 | 1,800 | 7,000 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,250 |
| 480 超～600 以下 | 2,000 | 2,000 | 7,500 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,400 |

注 1) 本表は、主ポンプ全揚程 4 m のもので作成している。

2) $H_2$ 寸法は、一次土木工事の床面までの寸法を示しており、主ポンプ及び電動機への油、空気、配線ケーブル等のスペースを含んでいる。

3) $L$ 寸法は、バタフライ弁の干渉防止用短管寸法は含まない。

4) 吐出し量 600$m^3$/min 超の寸法については、各社により差があり標準化していないが、製作は可能である。

5) 全揚程が 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔**参考**〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.55** 軸流形チューブラポンプ（Ⅱ型）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主 要 寸 法（mm） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $L$ | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $H_1$ | $H_2$ |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 500 | 2,700 | 1,220 | 1,200 | 1,500 | 600 | 1,150 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 600 | 2,700 | 1,320 | 1,300 | 1,600 | 650 | 1,200 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 700 | 2,900 | 1,380 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,300 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 800 | 3,100 | 1,590 | 1,600 | 1,900 | 750 | 1,500 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 900 | 3,400 | 1,640 | 1,600 | 1,900 | 800 | 1,600 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 1,000 | 3,900 | 1,760 | 1,700 | 2,100 | 800 | 1,700 |
| 200 超～255 以下 | 1,350 | 1,200 | 4,300 | 2,000 | 1,900 | 2,300 | 850 | 1,900 |
| 255 超～325 以下 | 1,500 | 1,350 | 5,000 | 2,100 | 2,000 | 2,500 | 900 | 2,000 |
| 325 超～400 以下 | 1,650 | 1,500 | 6,500 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 1,050 | 2,150 |
| 400 超～480 以下 | 1,800 | 1,650 | 7,000 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,250 |
| 480 超～600 以下 | 2,000 | 1,800 | 7,500 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,400 |

注） 適用条件は、**表-5.54** の注 1) ～5) を参照のこと。

⑰　斜流形チューブラポンプ

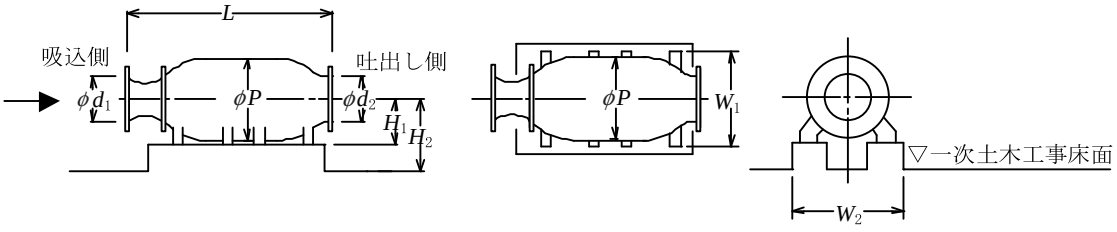



**表-5.56**　斜流形チューブラポンプ（Ⅰ型）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法（mm） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $L$ | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $H_1$ | $H_2$ |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 600 | 3,000 | 1,350 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,150 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 700 | 3,200 | 1,380 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,200 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 800 | 3,600 | 1,500 | 1,500 | 1,800 | 750 | 1,300 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 900 | 4,000 | 1,640 | 1,600 | 1,900 | 800 | 1,500 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 1,000 | 4,200 | 1,760 | 1,700 | 2,000 | 800 | 1,600 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 1,200 | 4,400 | 1,870 | 1,700 | 2,100 | 800 | 1,700 |
| 200 超～255 以下 | 1,350 | 1,350 | 4,700 | 1,950 | 1,800 | 2,200 | 800 | 1,800 |
| 255 超～325 以下 | 1,500 | 1,500 | 5,200 | 2,200 | 2,100 | 2,600 | 950 | 2,000 |
| 325 超～400 以下 | 1,650 | 1,650 | 7,000 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 1,050 | 2,150 |
| 400 超～480 以下 | 1,800 | 1,800 | 7,500 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,250 |
| 480 超～600 以下 | 2,000 | 2,000 | 8,000 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,400 |

注 1)　本表は、主ポンプ全揚程 6 m のもので作成している。
2)　$H_2$ 寸法は、一次土木工事の床面までの寸法を示しており、主ポンプ及び電動機への油、空気、配線ケーブル等のスペースを含んでいる。
3)　$L$ 寸法は、バタフライ弁の干渉防止用短管寸法は含まない。
4)　吐出し量 600$m^2$/min 超の寸法については、各社により差があり標準化していないが、製作は可能である。
5)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-5.57**　斜流形チューブラポンプ（Ⅱ型）寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法（mm） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi d_1$ | $\phi d_2$ | $L$ | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $H_1$ | $H_2$ |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 500 | 3,000 | 1,350 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,150 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 600 | 3,200 | 1,380 | 1,400 | 1,700 | 650 | 1,200 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 700 | 3,600 | 1,500 | 1,500 | 1,800 | 750 | 1,300 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 800 | 4,000 | 1,640 | 1,600 | 1,900 | 800 | 1,500 |
| 115 超～150 以下 | 1,000 | 900 | 4,200 | 1,760 | 1,700 | 2,000 | 800 | 1,600 |
| 150 超～200 以下 | 1,200 | 1,000 | 4,400 | 1,870 | 1,700 | 2,100 | 800 | 1,700 |
| 200 超～255 以下 | 1,350 | 1,200 | 4,700 | 1,950 | 1,800 | 2,200 | 800 | 1,800 |
| 255 超～325 以下 | 1,500 | 1,350 | 5,200 | 2,200 | 2,100 | 2,600 | 950 | 2,000 |
| 325 超～400 以下 | 1,650 | 1,500 | 7,000 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 1,050 | 2,150 |
| 400 超～480 以下 | 1,800 | 1,650 | 7,500 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,250 |
| 480 超～600 以下 | 2,000 | 1,800 | 8,000 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 1,100 | 2,400 |

注）　適用条件は、**表-5.56** の注 1）～5）を参照のこと。

### 5.4.4.4 水中モータポンプ

土地改良施設に水中モータポンプを採用する場合の留意事項を、以下に示す。

⑴ 水封式モータ

水封式は井戸ポンプ（深井戸・浅井戸）に採用されて、比較的小出力（～55kW程度）でモータ極数2～4極が汎用製品として生産されている。中・大出力になると一品生産になるため、価格（高価）や納期（長い）等を調査の上、採用を判断する必要がある。

また、モータが水中にあるために絶縁不良を起こしやすいデメリットがある。

⑵ 乾式モータ

通電部が水中にあるため、絶縁あるいはシールに十分留意しても高い電圧を供給することは本質的に危険を伴うので低圧とする。

低圧モータの場合、出力が大きくなるとケーブルサイズが大きくなり、取扱いの面からおおむね250kW以下とされている。

また、歯車減速機を介在させると歯車減速機の信頼性・寿命に問題があるため、モータは直結とし、極数は20極程度以下とする。

⑶ 保守管理

水中モータは、以下のような維持管理が必要とされている。

① 日常点検（週1回）
- ・電圧、電流の測定
- ・浸水検知器の作動確認（乾式）
- ・ヘッドタンクの水位確認（水封式）

② 月点検
- ・週1回点検項目・絶縁抵抗の測定

③ 年点検
- ・月1回点検項目
- ・潤滑油の交換
- ・メカニカルシール室の浸水の確認
- ・ごみの詰まり、ケーブルのシール部の確認

④ オーバーホール（ 5 年に 1 回：総合点検）
- ・メカニカルシールの点検、摺動部の交換又はラッピング
- ・モータのオーバーホール（コイルの巻替え、ケーブルの損傷・固定に細心の注意を払う）

⑷ 信頼性の向上

水中モータの信頼性を高めるために、モータ内への浸水防止策を十分検討する。

① 土砂混じりの原水に対するメカニカルシール部及びケーブル引出部の検討。

② ケーブル（動力及び制御ケーブル）の流水による振れ止め対策の検討。

③ 保護装置（浸水検知器、温度検知器）の設置。

⑸　耐用年数

水中モータポンプの耐用年数は、陸上ポンプより短く、モータ部に関してはさらに短い期間で更新されている。

⑹　水中モータポンプの適用範囲

以上の 1)～5）項の条件を考慮した場合、主ポンプの吐出し量はおおむね 115$m^3$/min 以下、また機場の計画揚水量はほぼ 240 $m^3$/min が限度とされている。

⑺　ポンプゲート形水中モータポンプ

扉体に一体で取り付けて扉体とともに昇降させる水中モータポンプで、ポンプ本体は既存の自然排水路内に設置でき、建築スペースを小さくできる利点がある。土木構造物や敷地が狭いなどの制約がある場合に検討対象とする。

## 5.5 主ポンプの据付高さと回転速度

### 5.5.1 据付高さと主ポンプ形式の関係

選定された主ポンプ形式について、最高吸込水位以上の高さに据付けた場合、吸込性能上支障がなければ、これによって主ポンプの据付高さを決定し、吸込性能上支障のある場合は、土木建築構造を水密構造とし、主ポンプ据付高さを低くしたり、立軸ポンプでは主原動機を最高吸込水位以上に据付ける等、土木建築構造と主ポンプ形式の両面から検討する必要がある。

### 5.5.2 キャビテーション（空洞現象）

流水中に局部的に高い真空が生じると、水は気化して蒸気の細かい気泡が発生する。インペラの羽根入口において最も低圧になるので、ここに気泡が発生することがある。この気泡は水流によって移動し、羽根の圧力の高い部分にくると押しつぶされて急激に消滅し、その際に騒音や振動を起こし、効率や吐出し量を低下させるだけでなく、インペラを損傷したりする。この現象をキャビテーションといい、主ポンプに有害なものである。

キャビテーションの原因としては、次のようなことが考えられる。

① 主ポンプの据付高さが高過ぎる。
② 主ポンプの回転速度が速過ぎる。
③ 主ポンプの設計点における揚水能力に対して、揚水量が過大流量で運転される。
④ 吸込管の損失水頭が大き過ぎる。

また、キャビテーションの防止方法としては、次のようなことが考えられる。

① 主ポンプの据付高さを低くする。
② 主ポンプの回転速度を下げる。
③ 吸込管が長い場合には、管径を太くし損失水頭を小さくする。
④ 吸込側で水量を絞ることはさける。
⑤ 吸込水槽内の流れに、渦や乱れを生じないようにする。

### 5.5.3　主ポンプの据付高さと回転速度

主ポンプの据付高さを検討する場合は基準となる面が必要となり、主ポンプ基準面として吐出し水頭、吸込水頭等を計算するとき、位置水頭の基準となる水平面で、これはインペラの羽根入口端の描く円の中心点を通る水平面である。(JIS B 0131)

この基準面が吸込水位より高い位置にある場合を吸上げといい、低い位置にある場合を押込みという。

吸上げとするか、押込みとするかは経済比較等を行い決定するのが一般的である。

主ポンプの据付高さと回転速度は、吸込実揚程（高揚程の場合はインペラ中心と最低吸込水位との差、低揚程ポンプの場合はインペラ上端と最低吸込水位との差）と、主ポンプの運転範囲（吐出し量が設計点に対して、どの程度変動するか）の要因により、有害なキャビテーションを起こさないように決める必要がある。

有害なキャビテーションが発生しないためには、*hsv*（利用有効吸込ヘッド）≧*Hsv*（必要有効吸込ヘッド）の条件が成り立つことが必要である。

高揚程ポンプの場合は、**式（5.31）**、**式（5.33）**、**図-5.25** 及び **図-5.27** を利用して据付高さと回転速度を決定すれば有害なキャビテーションは発生しない。**図-5.26** 及び**図-5.28** は吐出し量が120%以内の範囲を条件に作成しているので、利用に際しては最大吐出し量が 120%以内であることを確認する必要がある。120%を超える場合には、別途検討が必要である。

低揚程ポンプの場合は、**式（5.34）**、**式（5.35）**により、主ポンプの回転速度と、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求め、**式（5.36）**により主ポンプが利用できる利用有効吸込ヘッドを求めて、*hsv*（利用有効吸込ヘッド）≧*Hsv*（必要有効吸込ヘッド）の条件を満足すれば、有害なキャビテーションは発生しない。

⑴　高揚程ポンプ

①　渦巻ポンプ　渦巻ポンプの回転速度は一般に、**式（5.31）**により求められる。

$$N=\frac{S\cdot\left(H_s+h_s\right)^{3/4}}{\sqrt{Q}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.31)$$

$N$ ：主ポンプの回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）

$S$ ：吸込比速度

主ポンプの運転範囲により、図-5.25から求めた吸込比速度とする。

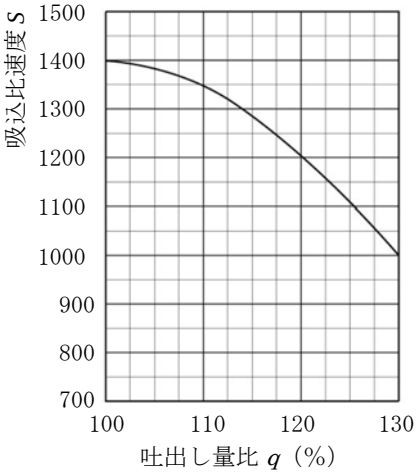



**図-5.25**　渦巻ポンプの吸込比速度

$Q$ ：設計点吐出し量（$m^3/min$）
ただし、両吸込ポンプの場合は$\frac{Q}{2}$で計算する。
$h_s$ ：吸込揚程（m）
吸込実揚程（吸上げの場合は－符号、押込みの場合は＋符号とする）＋$h_{\ell s}$（吸込管損失水頭で、キャビテーション検討を行う任意の吐出し量における損失水頭、－符号）
$H_s$＝大気圧（m）－水の飽和蒸気圧（m）－余裕水頭（m）
$H_s=10^6\cdot(Pa-Pv)/\rho g-\beta=9.5$m

| | |
|---|---|
| $\rho$ ：揚水の密度（$kg/m^3$） | $\rho$ ＝1,000 $kg/m^3$ |
| $g$ ：重力の加速度（$m/s^2$） | $g$ ＝9.8$m/s^2$ |
| $Pa$：大気圧（MPa） | $Pa$ ＝0.101MPa |
| $Pv$：水の飽和蒸気圧（MPa） | $Pv$ ＝0.0032MPa（at 25℃） |
| $\beta$ ：吸込余裕水頭（m） | $\beta$ ＝0.5m |

**式（5.31）**で求めた主ポンプ回転速度 $N$ が主原動機回転速度 $N_m$ と異なるときは、$N_m \leqq N$ の条件で $N_m$ を選定し、主ポンプの回転速度とする。（「**6.2　主原動機の回転速度及び出力**」参照）

なお、決定した主ポンプの回転速度から**式（5.32）**により比速度（$Ns$）を求めて、この値が小さいか（$Ns \leqq 100$）あるいは大きな場合（$Ns \geqq 650$）には主ポンプ効率や主ポンプの寸法、形状等に影響することがあるので、主ポンプの回転速度の決定にはさらに詳細な検討を行う必要がある。これは、**図-5.26** を使用して主ポンプの回転速度を決定する場合も同様である。

$$Ns=N\cdot\frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \cdots\cdots\cdots\

比速度の検討（50Hz の場合）

全揚程 $H$＝35m の場合　　$Ns=N\cdot\frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}=970\times\frac{\sqrt{30/2}}{35^{3/4}}=261$

この場合は、100≦$Ns$≦650 の条件を満足するので、選定した回転速度（970 $min^{-1}$）で決定される。

全揚程 $H$＝130m 場合　　$Ns=970\times\frac{\sqrt{30/2}}{130^{3/4}}=98$

この場合は、100≦$Ns$≦650 の条件を満足しないので、インペラの段数を増やすなどの検討を行う。

回転速度を求める簡略法として、吐出し量の最大値の目安が設計点の 120%以内の場合は、吸込揚程から**図-5.26** より回転速度を求めることができる（この場合の吸込揚程は、吸込実揚程から 120% $Q$ 時の吸込管損失水頭を差引いたものである）。

**〔参　考〕**

（例）　1．吸上げの場合

吐出し量 20$m^3$/min（設計点吐出し量）、吸込揚程が－4m{＝吸込実揚程（－3.5m）、120%$Q$ 時の吸込管損失水頭（－0.5m)}で、両吸込渦巻ポンプ（50Hz）の場合の回転速度は 970$min^{-1}$（6 P）となる。

全揚程 $H$＝40m の場合　　$Ns=970\times\frac{\sqrt{20/2}}{40^{3/4}}=193$

100≦$Ns$≦650 の条件を満足するので、選定した回転速度（970$min^{-1}$）で決定する。

全揚程 $H$＝100m の場合　　$Ns=970\times\frac{\sqrt{20/2}}{100^{3/4}}=97$

100≦$Ns$≦650 の条件を満足しないので、インペラの段数を増やすなどの詳細な検討を行う。

2．押込みの場合

吐出し量 18$m^3$/min、吸込揚程が ＋3m{＝吸込実揚程（＋3.5m）、120% $Q$ 時の吸込管損失水頭（－0.5m）}で、両吸込渦巻ポンプ（50Hz）の場合の回転速度は 1,450 $min^{-1}$（4 P）となる。

比速度の検討

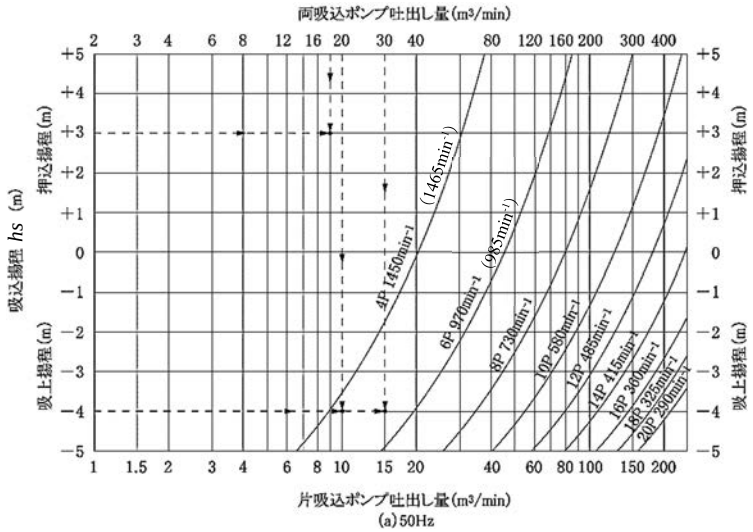
全揚程 $H$＝12m の場合　　$Ns=1,450\times\frac{\sqrt{18/2}}{12^{3/4}}=675$

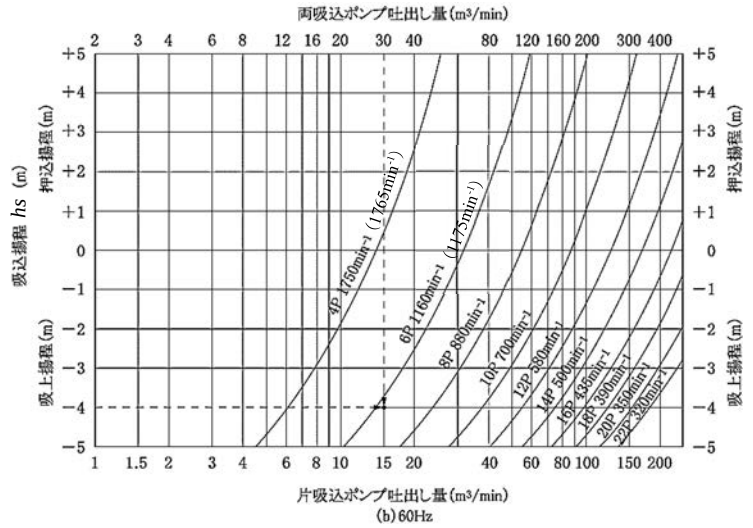
100≦$Ns$≦650 の条件を満足しないので、回転速度を下げるなどの詳細な検討を行う。

全揚程 $H$＝60m の場合　　$Ns=1,450\times\frac{\sqrt{18/2}}{60^{3/4}}=202$

100≦$Ns$≦650 の条件を満足するので、選定した回転速度（1,450 $min^{-1}$）で決定する。

注）上記は、標準電動機の場合を示す。

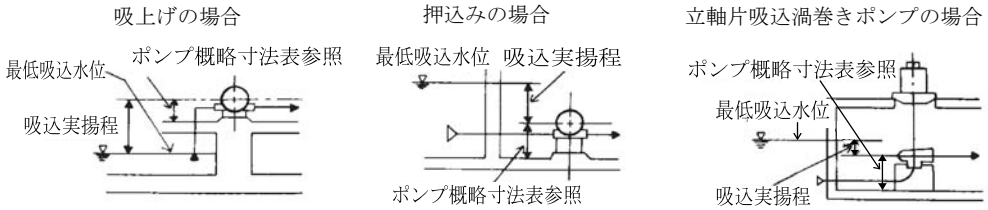



注 1) 回転速度は標準電動機の場合、同期速度に約３％スリップ率を考慮したものである。
( ) 書きはトップランナーモータの値である。この値は誘導電動機の特性により多少変化する。

2) トップランナーモータ（かご形三相誘導電動機、200V、400V、375kW 以下、2, 4, 6P）は、標準電動機より回転速度が高くなるが、上記線図上では回転速度の差がほとんどないため、併用して問題ない。
なお、吐出し量と揚程の交点が回転速度の境界線上にきた場合は、詳細な計算によるものとする。

3) 吸込実揚程は、次による。

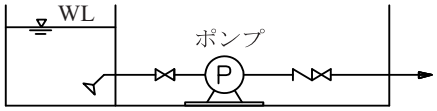
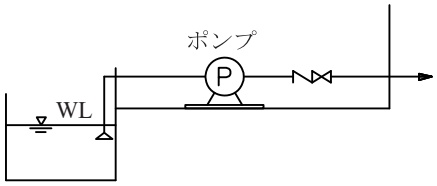



4) 吸込揚程 *hs* は、吸込実揚程（押込み：＋符号、吸上げ：－符号）に吸込管の配管損失水頭（－符号）を加算したものである。

5) 図中の主ポンプ吐出し量は、設計点吐出し量のことで、吐出し量が 120%以内の使用範囲に適用。

**図-5.26** 渦巻ポンプ（片吸込、両吸込）の回転速度と吸込揚程（横軸、立軸共用）

**表-5.58**　押込み・吸上げ方式の比較

| 配置 / 項目 | 押　込　み　方　式 | 吸　上　げ　方　式 |
|---|---|---|
| インペラと吸込水位の関係 | ・インペラが吸込水位より低い位置となる。<br>  | ・インペラが吸込水位より高い位置となる。<br>  |
| 主ポンプ回転速度 | 一般に吸上げよりも速い。 | 一般にキャビテーションの発生を防ぐため押込みより遅い。 |
| 満水系統設備 | 不要である。 | 必要である。 |
| 弁類（吸込側） | メンテナンス時に主ポンプ吸込側を締切るために必要である。 | 不要である。 |
| 主ポンプの始動性 | 早い。満水動作の必要が無い。 | 遅い。満水動作が必要となる。 |
| 自動運転に対する信頼性 | 補機が少なく信頼性が高い。 | 補機が多く信頼性がやや低い。 |
| 土木費 | 土木構造がやや複雑となり高価である。 | 土木構造が簡単で安価である。 |

注 1)　押込み方式には、上表のように常時インペラが水面下の場合のほか、運転中や休止時には水面上にあるが、運転開始時にインペラが完全に水面下にあって、満水行程を必要としない場合もある。

2)　主ポンプのキャビテーションの検討から主ポンプ据付レベルを決定する場合は、設計当初から押込み方式とはせずに、キャビテーションが発生しないレベルまで床を下げることが経済的な場合があるので、計画時に十分留意する。

② 高揚程斜流ポンプ　斜流ポンプの回転速度は、**式（5.33）**により求められる。

$$N = \frac{S \cdot (H_s + h_s)^{3/4}}{\sqrt{Q}} \quad \cdots\cdots (5.33)$$

$N$ ：主ポンプの回転速度 （$\mathrm{min}^{-1}$）

$S$ ：吸込比速度

主ポンプの運転範囲により、図-5.27 から求めた吸込比速度とする。

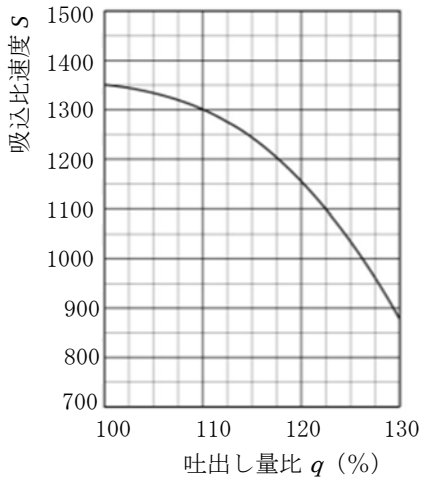



**図-5.27**　高揚程斜流ポンプの吸込比速度

$Q$ ：設計点吐出し量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$）

$h_s$ ：吸込揚程（m）

吸込実揚程（最低吸込水位からインペラ入口までの高さ：**表-5.30** の $E$ 寸法から **表-5.59** の $U$ 寸法を差引いた値。押込みであるから、＋符号とする）＋$h_{\ell s}$（立軸斜流ポンプの場合、吸込管損失水頭＝0m）

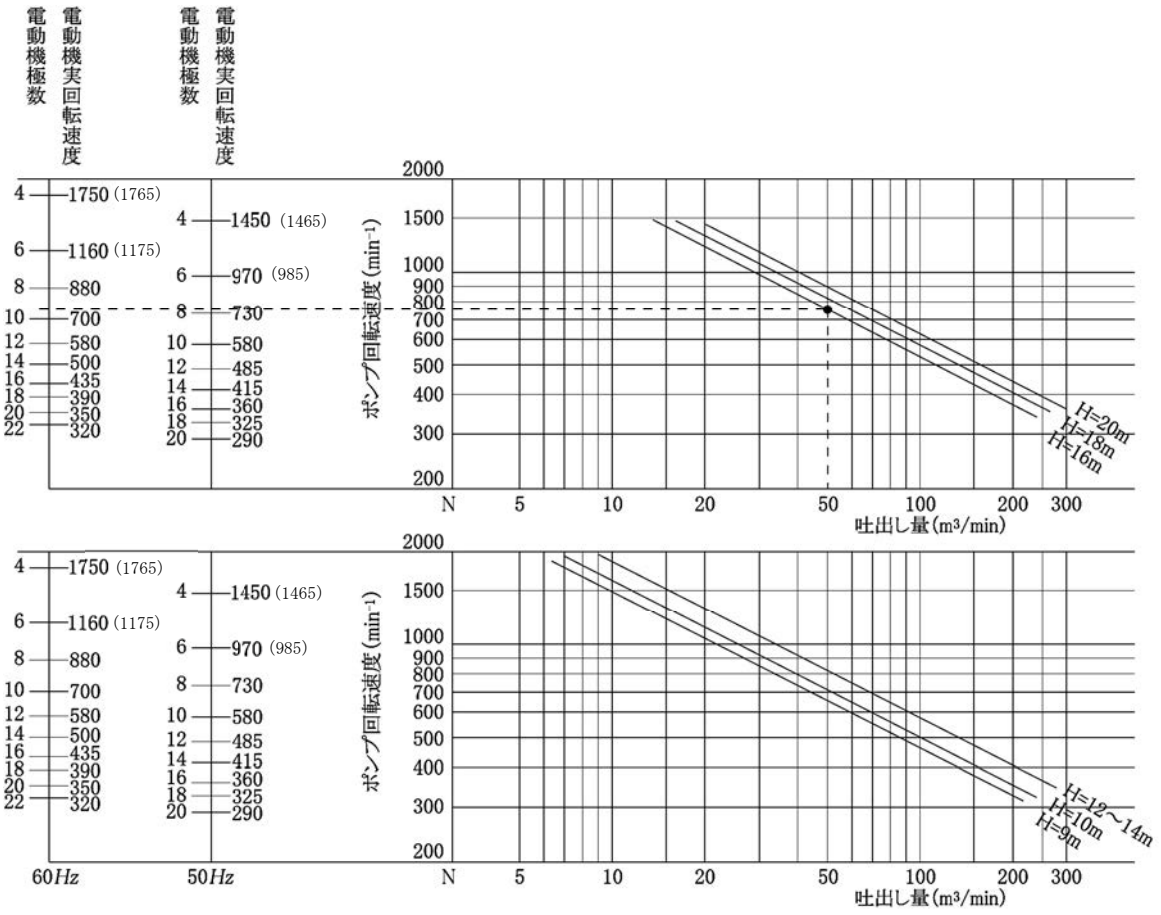
$H_s$ ＝大気圧（m）－水の飽和蒸気圧（m）－余裕水頭（m）

$H_s = 10^6 \cdot (Pa - Pv) / \rho g - \beta = 9.5\mathrm{m}$

| | |
|---|---|
| $\rho$：揚水の密度（$\mathrm{kg/m}^3$） | $\rho$ ＝1,000$\mathrm{kg/m}^3$ |
| $g$：重力の加速度（$\mathrm{m/s}^2$） | $g$ ＝9.8$\mathrm{m/s}^2$ |
| $Pa$：大気圧（MPa） | $Pa$ ＝0.101MPa |
| $Pv$：水の飽和蒸気圧（MPa） | $Pv$ ＝0.0032MPa（at 25℃） |
| $\beta$：吸込余裕水頭（m） | $\beta$ ＝0.5m |

**式（5.33）**で求めた主ポンプ回転速度 $N$ が主原動機回転速度 $N_m$ と異なるときは、$N_m \leqq N$ の条件で $N_m$ を選定し、主ポンプの回転速度とする。（「**6.2　主原動機の回転速度及び出力**」参照）

立軸斜流ポンプの回転速度を求める簡略法としては、吐出し量の最大値の目安が設計点の 120％以内の場合、全揚程と設計点吐出し量から、**図-5.28** により求めることができる。




注 1)　回転速度は標準電動機の同期速度に約３％スリップ率を考慮したものである。
（　）書きはトップランナーモータの値である。この値は誘導電動機の特性により多少変化する。

2)　トップランナーモータ（かご形三相誘導電動機、200V、400V、375kW 以下、2, 4, 6P）は、スリップ率が少ないので、回転速度が上記より高くなるので、注意が必要である。

3)　電動機回転速度の選定は、
$N_m \leqq N$ の条件を満足するように決定する。
$N_m$：電動機実回転速度（$min^{-1}$）
$N$ ：本図により選定された主ポンプ回転速度（$min^{-1}$）

4)　$H \leqq 12m$ の場合、主ポンプの比速度は $Ns = 900$、
$H \geqq 14m$ の場合、主ポンプの比速度は $Ns \leqq 800$ とした。

5)　吐出し量が 120%以内の使用範囲に適用。

〔参　考〕

（例）吐出し量 $50m^3/min$ で、全揚程 16m のとき、主ポンプ回転速度は約 $750min^{-1}$、これから電動機実回転速度は、次のようになる。

50Hz　8P　$730min^{-1}$
60Hz　10P　$700min^{-1}$

図-5.28　立軸高揚程斜流ポンプ回転速度選定図

⑵ 低揚程ポンプ

低揚程ポンプにおいては、吸込揚程の変動、運転範囲の変動が大きく、たとえば吸込水位と吐出し水面が同一高さになる場合がある。このため低揚程ポンプについては、主ポンプの吸込性能及び据付高さを検討する必要がある。

低揚程ポンプは、以下の選定手順により行う。

横軸軸流ポンプ：吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）　設計点全揚程 2.5m　以下
↓
横軸軸流ポンプ：吐出し管形式タイプ３（Ⅰ型ポンプ）　設計点全揚程 3m　以下
↓
横軸斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）　設計点全揚程 4m　以下
↓
横軸斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ３（Ⅰ型ポンプ）　設計点全揚程 5m　以下
↓
立軸軸流ポンプ：吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）　設計点全揚程 4m　以下
↓
立軸軸流ポンプ：吐出し管形式タイプ３（Ⅲ型ポンプ）　設計点全揚程 5m　以下
↓
立軸斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）　設計点全揚程 8m　以下
↓
立軸斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ３（Ⅲ型ポンプ）　設計点全揚程 9m　以下
↓
横軸軸流・斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ１（Ⅰ型ポンプ）
又は、
立軸軸流・斜流ポンプ：吐出し管形式タイプ１（Ⅰ型ポンプ）

注1） 吐出し管形式タイプ１（Ⅰ型ポンプ）は主ポンプ効率が高く、配管損失水頭が小さいため全揚程が小さいことから原動機出力が小さくなり、タイプ２（Ⅱ型ポンプ）あるいは、横軸ポンプのタイプ３（Ⅰ型ポンプ）、立軸ポンプのタイプ３（Ⅲ型ポンプ）より運転時間を考慮した場合、経済性に優れている場合がある。したがって、タイプ２（Ⅱ型ポンプ）あるいは、横軸ポンプのタイプ３（Ⅰ型ポンプ）、立軸ポンプのタイプ３（Ⅲ型ポンプ）において、吸込性能を満足した場合でも、タイプ１（Ⅰ型ポンプ）との総合的な比較検討が必要である。

2） 上位の形式が吸込性能を満足する場合は、下位の型式の吸込性能上は安全であるため検討は不要である。ただし、ポンプの型式決定に関しては、**表-5.15** に記載の各ポンプ型式の得失を踏まえて選定する必要がある。

＊Ⅱ型ポンプは、締切軸動力オーバーする等で、（軸流ポンプと同様）吐出弁開での始動となり、満水時間が長くなり、始動に時間がかかる等の特徴がある。

① 設計点における主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$）と利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）

（i） 設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$）

設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$）は、**式（5.35）**から求められるが、そのため**図-5.29** で主ポンプ回転速度を求める。また、**式（5.34）**により計算でも求められる。

$$N = Ns \cdot \frac{H^{3/4}}{Q_0^{1/2}} \quad \cdots\cdots (5.34)$$

$N$ ：主ポンプ回転速度（$min^{-1}$）

$Ns$：比速度　　軸流ポンプ $Ns$＝1,500 及び 2,000

斜流ポンプ $Ns$＝　900 及び 1,300

$H$ ：設計点における全揚程（m）

$Q_0$：設計点における吐出し量（$m^3/min$）

$$H_{svo} = \left( \frac{N \cdot \sqrt{Q_0}}{S} \right)^{4/3} \quad \cdots\cdots (5.35)$$

$H_{svo}$：設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（NPSH.Re）（m）

$S$ ：吸込比速度

軸流ポンプ　　$Ns$＝1,500 の場合、 $S$＝1,250

$Ns$＝2,000 の場合、 $S$＝1,200

斜流ポンプ　　$Ns$＝　900 の場合、 $S$＝1,350

$Ns$＝1,300 の場合、 $S$＝1,300

$N$ ：主ポンプ回転速度（$min^{-1}$）

$Q_0$ ：設計点における吐出し量（$m^3/min$）

(ii) 利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）

設計点における利用有効吸込ヘッドは、**式（5.36）**により求められる。

$$h_{svo} = 10^6 \cdot (Pa - Pv) / \rho g - h_{\ell so} + h_{so} - 0.5 \quad \cdots\cdots (5.36)$$

$h_{svo}$：利用有効吸込ヘッド（NPSH. Av）（m）

$\rho$ ：揚水の密度（$kg/m^3$）　　$\rho$ ＝1,000$kg/m^3$

$g$ ：重力の加速度　　$g$ ＝9.8$m/s^2$

$Pa$ ：大気圧（Mpa）　　$Pa$＝0.101Mpa

$Pv$ ：水の飽和蒸気圧（MPa）　　$Pv$＝0.0032MPa（at 25℃）

$h_{\ell so}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

横軸ポンプ：$h_{\ell so}$＝0.1m

立軸ポンプ：$h_{\ell so}$＝0　m　（オープン形吸込水槽）

$h_{\ell so}$＝0.1m　（セミクローズ形吸込水槽）

$h_{so}$ ：吸込実揚程（m）

横軸ポンプ：符号（－）吸込水位から主ポンプインペラ入口上端までの高さ

（**図-5.34** 及び**表-5.59** 参照）

立軸ポンプ：符号（＋）吸込水位から主ポンプインペラ入口上端までの高さ

（**図-5.35** 及び**表-5.59** 参照）

0.5 ：吸込余裕水頭（m）

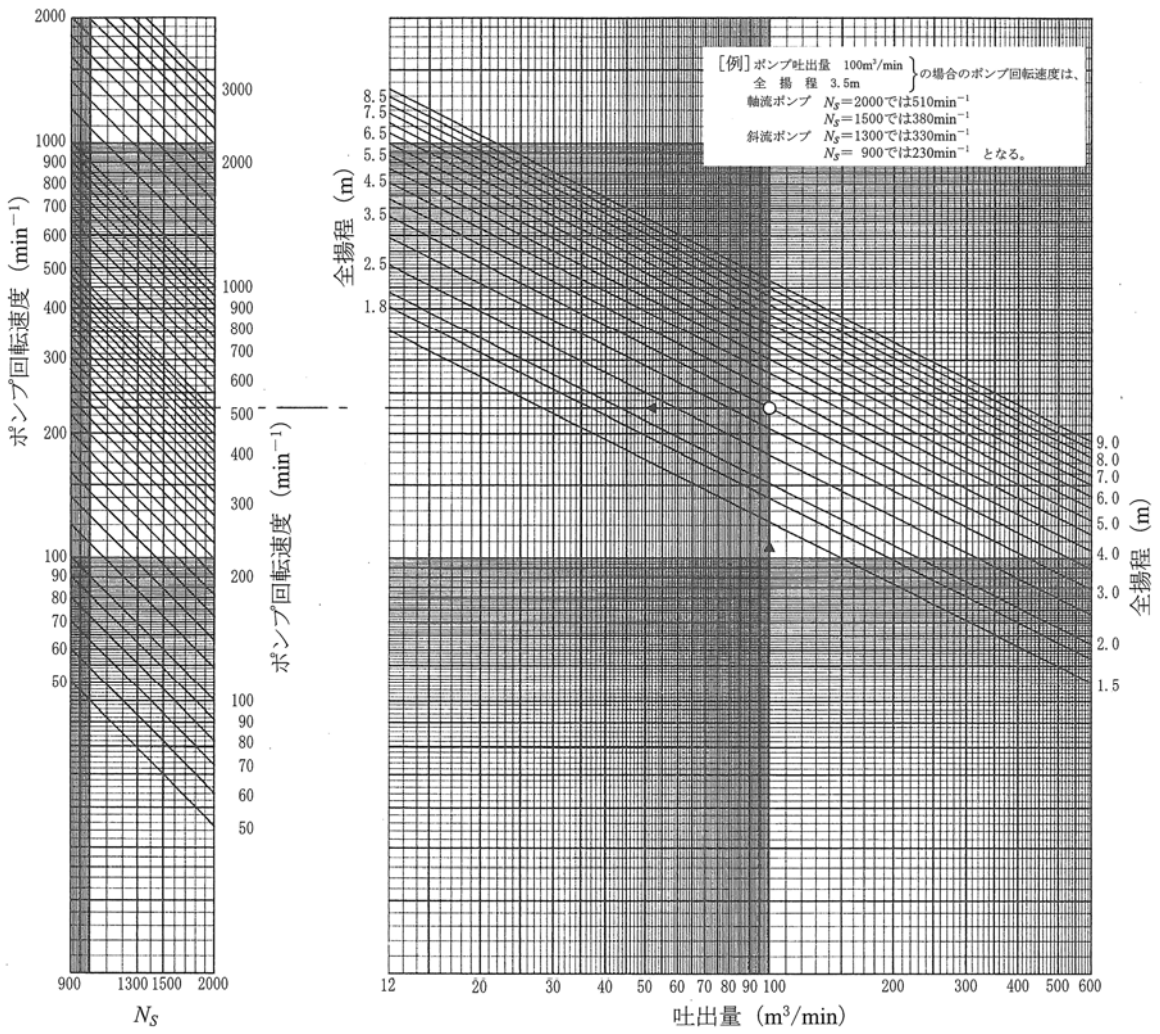



**図-5.29** 低揚程ポンプ回転速度選定図

② 設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{sv}$）

設計点以外の運転範囲内において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{sv}$）は、次の手順で算出する。

（i） $\frac{h_{a\min}}{h_t}$ を求める。

$h_{a\min}$ ：最低実揚程（m）（最低吐出し水位において）

$h_t$ ：設計点における主ポンプ全揚程（m）

(ii) $\frac{h_\ell}{h_t}$ を求める。

$h_\ell$ ：配管損失水頭（m）

(iii) **図-5.30、図-5.31**及び**図-5.32、図-5.33**から $\frac{h_{a\min}}{h_t}$ と $\frac{h_\ell}{h_t}$ の交点の吐出し量比 $q$ を求める。

(iv) **図-5.30、図-5.31**及び**図-5.32、図-5.33**の $q$ から吸込比速度 $S$ を求める。

以上、（i）～(iv) の手順により求めた $S$ により、設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{sv}$）は、**式（5.37）**により求められる。

$$H_{sv}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.37)$$

$H_{sv}$：設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（m）

$N$ ：主ポンプ回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）

$Q_0$ ：設計点における吐出し量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$）

$S$ ：**図-5.30 図-5.31 及び図-5.32、図-5.33** から求めた吸込比速度

③ 設計点以外における利用有効吸込ヘッド（$h_{sv}$）

利用有効吸込ヘッドは、**式（5.38）**により求められる。

$$h_{sv}=10^6\cdot(Pa-Pv)/\rho g-h_{\ell s}+h_s-0.5 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.38)$$

$h_{sv}$ ：利用有効吸込ヘッド（m）

$\rho$ ：揚水の密度（$\mathrm{kg/m^3}$） $\rho=1,000\mathrm{kg/m^3}$

$g$ ：重力の加速度（$\mathrm{m/s^2}$） $g=9.8\mathrm{m/s^2}$

$Pa$ ：大気圧（MPa） $Pa=0.101\mathrm{MPa}$

$Pv$ ：水の飽和蒸気圧（MPa） $Pv=0.0032$ MPa（at 25℃）

$h_{\ell s}$ ：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

横軸ポンプ：$h_{\ell s}=h_{\ell so}\cdot q^2$

立軸ポンプ：$h_{\ell s}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times q^2$（セミクローズ形吸込水槽）

$h_s$ ：設計点以外の吸込実揚程（m）

横軸ポンプ：符号（－）吸込水位からインペラ入口上端までの高さ

（主軸とインペラ入口上端までの $U$ 寸法は**表-5.59** 参照）

立軸ポンプ：符号（＋）吸込水位からインペラ入口までの深さ

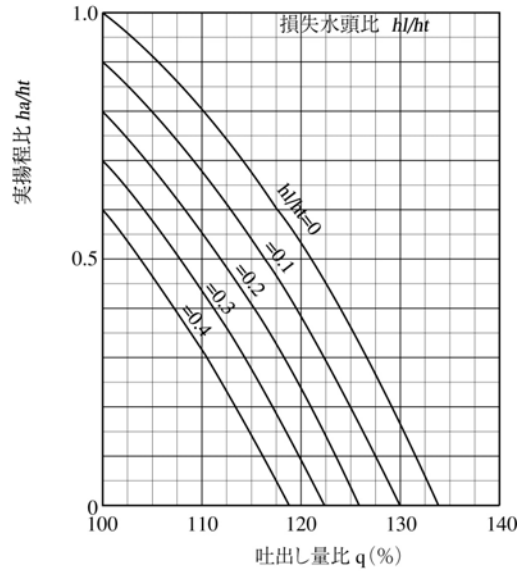
（吸込ベル下端とインペラ入口までの $U$ 寸法は**表-5.59** 参照）

0.5：吸込余裕水頭（m）

④ 吸込性能の判定基準

（i） 設計点の場合は、**式**（5.35）と**式**（5.36）による比較で
$h_{svo} \geqq H_{svo}$ であれば、有害なキャビテーションは発生しない。

(ii) 設計点以外の場合は、**式**（5.37）と**式**（5.38）による比較で
$h_{sv} \geqq H_{sv}$ であれば、有害なキャビテーションは発生しない。



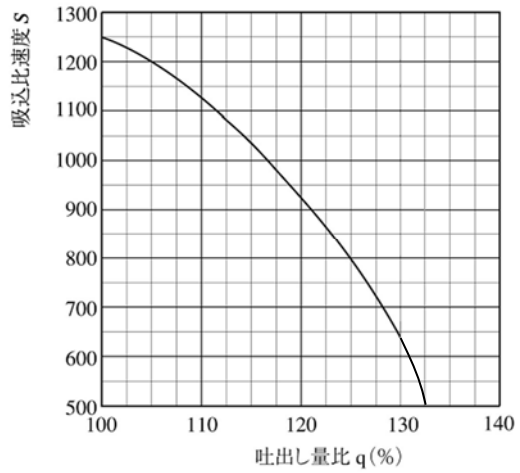
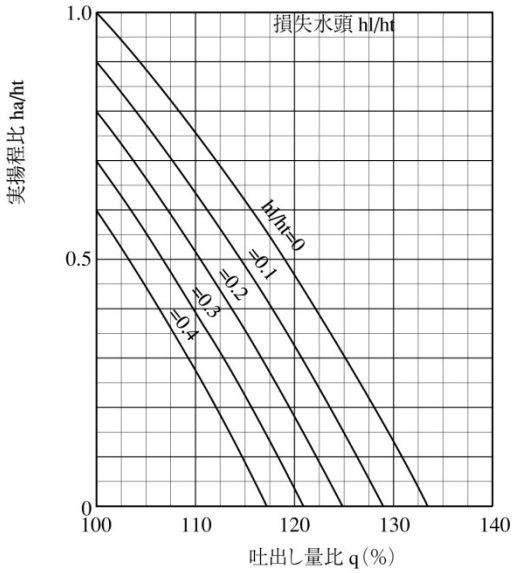




**図-5.30** 軸流ポンプ（$N_s$＝1,500）の特性図



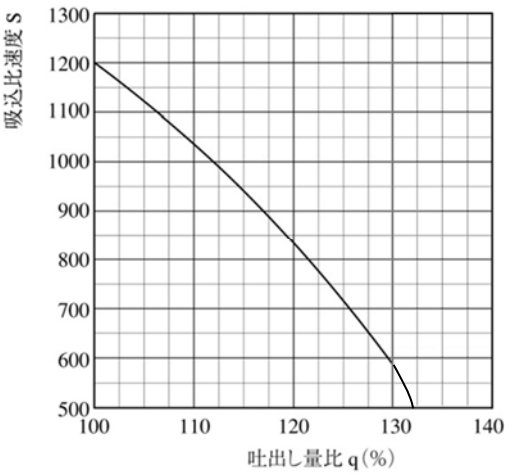




**図-5.31** 軸流ポンプ（$N_s$＝2,000）の特性図

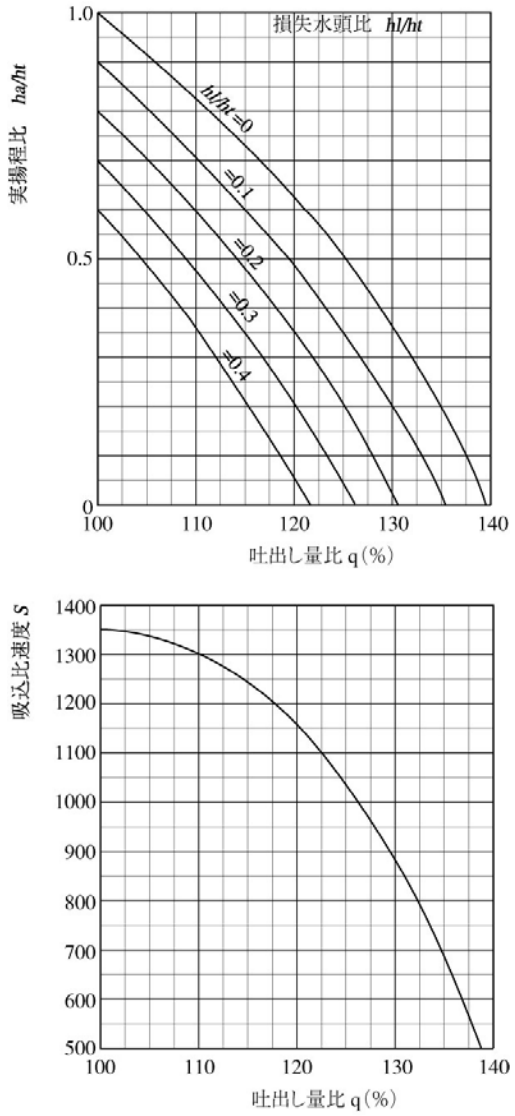



図-5.32　斜流ポンプ（$N_s$＝900）の特性図

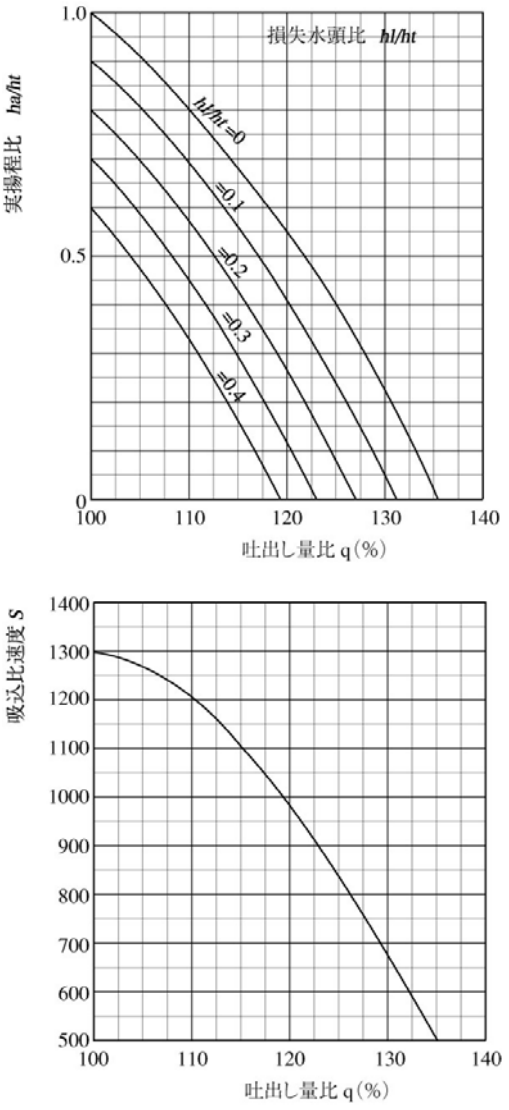



図-5.33　斜流ポンプ（$N_s$＝1,300）の特性図

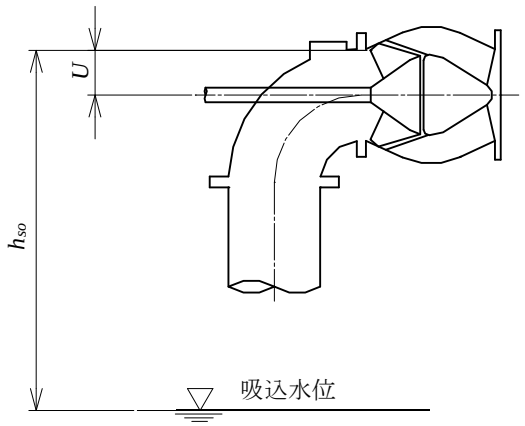



**図-5.34** 横軸ポンプの $U$ 及び $h_{so}$

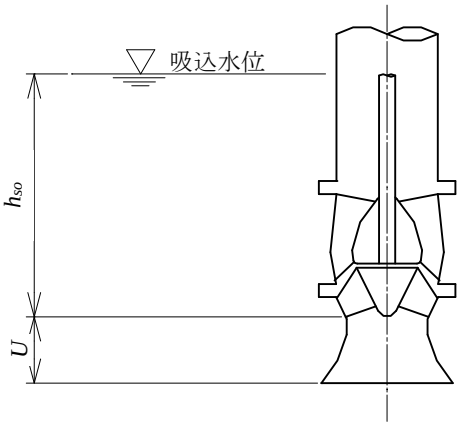



**図-5.35** 立軸ポンプの $U$ 及び $h_{so}$

**表-5.59** 主ポンプの $U$ 寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 12 超 23 以下 | 23 超 36 以下 | 36 超 50 以下 | 50 超 70 以下 | 70 超 90 以下 | 90 超 115 以下 | 115 超 150 以下 | 150 超 200 以下 | 200 超 255 以下 | 255 超 325 以下 | 325 超 400 以下 | 400 超 480 以下 | 480 超 600 以下 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U$ (mm) | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 675 | 750 | 825 | 900 | 1,000 |

注） 吐出し量が 600$m^3$/min 超の場合のインペラ没水深さは LLWL より 1,000mm 低いレベルとする。（**表-5.52**、**表-5.53** 及び「高 *Ns*・高流速ポンプ設備計画設計技術指針」の**図 5-15・5-16** を参照のこと。）

〔参　考〕洪水時排水ポンプの回転速度と吸込性能の検討

（例）　1．横軸ポンプの計算

主ポンプの計画概要

設計吐出し量　$Q$　＝100m$^3$/min

設計実揚程　　$h_a$　＝2.8m

最低実揚程　　$h_{a\min}$＝0m

（最低吐出し水位(＋0.50m)と最低吸込水位(＋0.50m)において）

最高吸込水位（HWL）　＋1.50 m

初期吸込水位　＋1.00 m

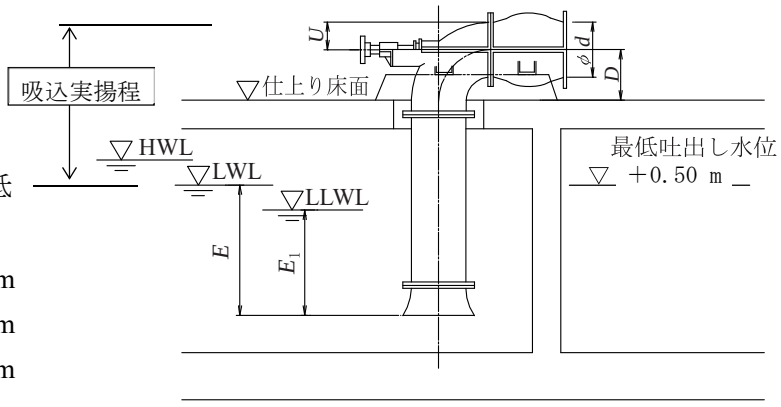
最低吸込水位（LWL）　＋0.50 m

非常停止吸込水位（LLWL）＋0.20 m

最高吐出し水位　＋5.00 m

計画吐出し水位　＋4.00 m

最低吐出し水位　＋0.50 m




吸込実揚程 $h_{so}$＝主ポンプ軸芯高さ＋主ポンプの $U$ 寸法（**表-5.59**）－最低吸込水位（LWL）
＝2.85＋0.45－0.5＝2.80m→－2.8m（横軸）

主ポンプ据付床高さ（仕上り床面）

＋2.00 m（耐水対策から、最高吸込水位より 0.5m 高いレベルに設定）

主ポンプ軸芯高さ　＋2.85 m（**表-5.31** 参照　$D$＝850mm→＋2.00＋0.85）

注）　横軸ポンプⅠ・Ⅱ型の D 寸法が同じであるので、吸込性能の検討において、吸込水槽の形状を規定する必要はない。

**図-5.14** 低揚程ポンプ形式の決定手順及び「**5.5.3**⑵低揚程ポンプ」では、吐出し管形式タイプ 2 から検討を始めることになっているが、タイプ 2、3 のいずれが吸込性能を満足しても、タイプ 1 との総合的な経済比較を行うことから、便宜上あらかじめタイプ 1 から吸込性能の検討を行うものとする。

設計点実揚程が 2.8m において、吐出し管形式タイプ 1 の配管の損失水頭は、**表-5.16-参**から 0.6m であり、概略の全揚程は 3.4m となる。また、**表-5.19**(a)**-参**から、横軸軸流ポンプは適用外のため、横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 1（Ⅰ型ポンプ）から検討を行う。

①　横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 1（Ⅰ型ポンプ）の場合

配管損失水頭　　$h_\ell$＝0.6m（内吸込配管損失 $h_{\ell s}$＝0.1m と概定）（**表-5.16-参** 参照）

主ポンプ全揚程　　$h_t$＝3.4m（＝2.8＋0.6）

主ポンプ据付床面高さ　　＋2.00

主ポンプ軸芯高さ　　＋2.85

主ポンプ回転速度（$N$min$^{-1}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N = Ns \cdot \frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}} = 225 \ (\mathrm{min}^{-1})$$

$Ns$ ＝900　　斜流ポンプの比速度

$H$ ＝3.4　　設計点における全揚程（m）

$Q_0$ ＝100　　設計点における吐出し量（m$^3$/min）

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=1.98\ (\mathrm{m})$$

$Ns$ ＝900 の場合、$S$＝1,350　　斜流ポンプの吸込比速度
$N$ ＝225　　主ポンプ回転速度（$\mathrm{min^{-1}}$）
$Q_0$ ＝100　　吐出し量（$\mathrm{m^3/min}$）

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を、**式（5.36）**より求める。

$h_{svo}=10^6\cdot(Pa-Pv)/\rho g-h_{\ell so}+h_{so}-0.5$（m）

$\rho$　：揚水の密度（$\mathrm{kg/m^3}$）　　$\rho$ ＝1,000$\mathrm{kg/m^3}$
$g$　：重力の加速度（$\mathrm{m/s^2}$）　　$g$ ＝9.8$\mathrm{m/s^2}$
$Pa$　：大気圧（MPa）　　$Pa$ ＝0.101MPa
$Pv$　：水の飽和蒸気圧（MPa）　　$Pv$ ＝0.0032MPa（at 25℃）
$h_{so}$　：吸込実揚程　－2.8m
$h_{\ell so}$　：設計点における吸込管損失水頭 0.1（m）
0.5　：吸込余裕水頭（m）

$h_{svo}$＝6.57（m）

・判定

設計点実揚程において、$h_{svo}$＝6.57m＞$H_{svo}$＝1.98m のため、有害なキャビテーションは発生しない。次に設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

（i）$\dfrac{h_{a\min}}{h_t}=0$

$h_{a\min}$＝（最低吐出し水位＋0.50）－（最低吸込水位＋0.50）※1
＝0（m）
※1：最低吸込水位は「LWL」とする。

(ii) $\dfrac{h_\ell}{h_t}$ ＝0.176（＝0.6/3.4）

(iii) $q$ ＝132%　（**図-5.32**）

(iv) $S$ ＝820　（**図-5.32**）

$$H_{sv}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{225\times\sqrt{100}}{820}\right)^{4/3}=3.84\ (\mathrm{m})$$

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを、**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_s$、0.5 は前頁と同じ。

$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）
横軸ポンプ：$h_{\ell s}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.32^2=0.174$（m）

$h_{sv}$＝6.50（m）

・判定

設計点以外において、$h_{sv}$＝6.50m＞$H_{sv}$＝3.84m のため、有害なキャビテーションは発生しない。したがって、横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ１（Ｉ型ポンプ）は適する。

次に、横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）及びタイプ３（Ｉ型ポンプ）の概略全揚程は、4m 及び 5m 以下（**表-5.19(a)-参**）であるので、吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）から吸込性能の検討を行う。

② 横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）の場合

配管損失水頭　　$h_\ell$＝1.0m（内吸込配管損失 $h_{\ell s}$＝0.1m と概定）（**表-5.16-参** 参照）
主ポンプ全揚程　　$h_t$ ＝3.8m（＝2.8＋1.0）
主ポンプ据付床面高さ　　＋2.00
主ポンプ軸芯高さ　　＋2.85

主ポンプ回転速度（$N_{\min^{-1}}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N = Ns \cdot \frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}} = 354 \ (\min^{-1})$$

$Ns$＝1,300　　斜流ポンプの比速度
$H$ ＝3.8　　設計点における全揚程（m）
$Q_0$＝100　　設計点における吐出し量（$m^3$/min）

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo} = \left( \frac{N \cdot \sqrt{Q_0}}{S} \right)^{4/3} = 3.80 \ (\mathrm{m})$$

$Ns$＝1,300 の場合、$S$ ＝1,300　　斜流ポンプの吸込比速度
$N$ ＝354　　主ポンプ回転速度（$\min^{-1}$）
$Q_0$＝100　　吐出し量　（$m^3$/min）

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を**式（5.36）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_{so}$、$h_{\ell so}$、0.5 は前頁と同じ。

$h_{svo}$＝6.57（m）

・判定

設計点実揚程において、$h_{svo}$＝6.57m＞$H_{svo}$＝3.80m のため、有害なキャビテーションは発生しない。次に設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

（ｉ） $\dfrac{h_{a\min}}{h_t} = 0$

$h_{a\min}$ ＝（最低吐出し水位＋0.50）－（最低吸込水位＋0.50）※1
＝0（m）

※ 1：最低吸込水位は「LWL」とする。

（ii） $\frac{h_\ell}{h_t}$ ＝0.263（＝1.0/3.8）

（iii） $q$ ＝125%（**図-5.33**）

（iv） $S$ ＝840 （**図-5.33**）

$$H_{sv}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{354\times\sqrt{100}}{840}\right)^{4/3}=6.80\ (\mathrm{m})$$

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$hs$、0.5は前頁と同じ。

$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

横軸ポンプ：$h_{\ell s}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.25^2=0.156$（m）

$h_{sv}$＝6.52（m）

・判定

設計点以外において、$h_{sv}$＝6.52m＜$H_{sv}$＝6.80m のため、有害なキャビテーションが発生する。したがって、横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 2（Ⅱ型ポンプ）は不適である。次に、吐出し管形式タイプ 3（Ⅰ型ポンプ）について吸込性能の検討を行う。

③ 横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 3（Ⅰ型ポンプ）の場合

| | |
|---|---|
| 配管損失水頭 | $h_\ell$＝1.0m（内吸込配管損失 $h_{\ell s}$＝0.1m と概定）（**表-5.16-参** 参照） |
| 主ポンプ全揚程 | $h_t$ ＝3.8m（＝2.8＋1.0） |
| 主ポンプ据付床面高さ | ＋2.00 |
| 主ポンプ軸芯高さ | ＋2.85 |

主ポンプ回転速度（$N\mathrm{min}^{-1}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は、**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N=Ns\cdot\frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}}=245\ (\mathrm{min}^{-1})$$

| | | |
|---|---|---|
| $Ns$ | ＝900 | 斜流ポンプの比速度 |
| $H$ | ＝3.8 | 設計点における全揚程（m） |
| $Q_0$ | ＝100 | 設計点における吐出し量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$） |

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=2.21\ (\mathrm{m})$$

| | | |
|---|---|---|
| $Ns$ | ＝900 の場合、$S$＝1,350 | 斜流ポンプの吸込比速度 |
| $N$ | ＝245 | 主ポンプ回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$） |
| $Q_0$ | ＝100 | 吐出し量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$） |

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を、**式（5.36）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_{so}$、$h_{\ell so}$、0.5は前頁と同じ。

$h_{svo}$＝6.57（m）

・判 定

設計点実揚程において、$h_{svo}$＝6.57m＞$H_{svo}$＝2.21 m のため、有害なキャビテーションは発生しない。次に設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

（i）$\dfrac{h_{a\min}}{h_t}=0$

$h_{a\min}$＝(最低吐出し水位＋0.50)－(最低吸込水位＋0.50)※1

＝0（m）

※ 1：最低吸込水位は「LWL」とする。

（ii）$\dfrac{h_\ell}{h_t}$ ＝0.263（＝1.0/3.8）

（iii）$q$ ＝128%（**図-5.32**）

（iv）$S$ ＝950 （**図-5.32**）

$$H_{sv}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{245\times\sqrt{100}}{950}\right)^{4/3}=3.54\ (\mathrm{m})$$

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを、**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_s$、0.5 は前頁と同じ。

$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

横軸ポンプ：$h_{\ell s}=h_{\ell so}\cdot q^2$＝0.1×1.28$^2$＝0.163（m）

$h_{sv}$＝6.51（m）

・判定

設計点以外において、$h_{sv}$＝6.51m＞$H_{sv}$＝3.54m のため、有害なキャビテーションは発生しない。したがって、横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ３（Ｉ型ポンプ）は適する。

・総合判定

以上の検討結果から、①横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ１（Ｉ型ポンプ）及び③横軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ３（Ｉ型ポンプ）の両案が適する。

いずれの吐出し管形式を採用するかについては、運転時間などを考慮した総合的な経済比較の結果によって決定する。

**表-5.60**　横軸ポンプの吸込性能検討結果（まとめ）

| 番号 | 主ポンプ軸形式 | 吐出し管タイプ | 主ポンプ型式 | 吸込性能の検討結果 | | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 設計点 | 設計点以外 | |
| ① | 横軸斜流 | 1 | Ⅰ | ○ | ○ | 適 |
| ② | 横軸斜流 | 2 | Ⅱ | ○ | × | 不適 |
| ③ | 横軸斜流 | 3 | Ⅰ | ○ | ○ | 適 |

○：有害なキャビテーションは発生しない。　×：有害なキャビテーションが発生する。

なお、判定がすべて「適」の場合は、適用外とした横軸軸流ポンプについても吸込性能の検討を行い、適用の可否を判定する必要がある。

2．立軸ポンプの計算

主ポンプの計画概要

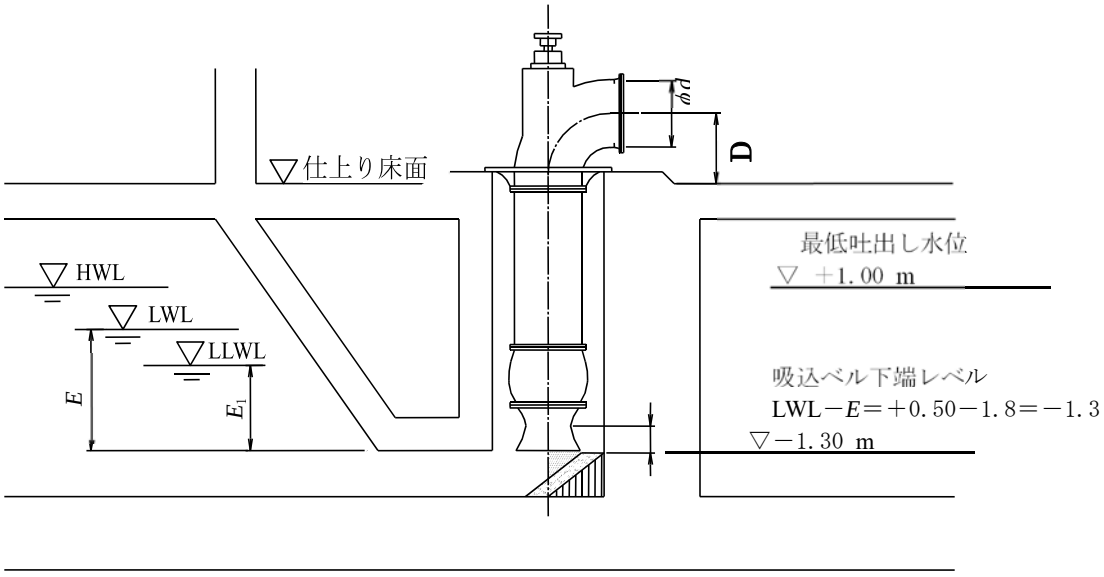
設計吐出し量　$Q$　＝300m³/min

設計実揚程　$h_a$　＝4.9m

最低実揚程　$h_{a\ min1}$＝0m　（最低吐出し水位（＋1.00m）と吸込水位（＋1.00m，＋0.50m～＋1.50m の間の水位）において）

最低実揚程　$h_{a\ min2}$＝0.5m　（最低吐出し水位（＋1.00m）と最低吸込水位（＋0.50m）において）

| | | |
|---|---|---|
| 最高吸込水位 | ＋1.50m | 最高吐出し水位 ＋7.50m |
| 初期吸込水位 | ＋1.00m | 計画吐出し水位 ＋6.70m |
| 最低吸込水位（LWL） | ＋0.50m | 最低吐出し水位 ＋1.00m |
| 非常停止吸込水位（LLWL） | ＋0.20m | |




吸込性能の検討に当たり、あらかじめ下記の項目を整理する。

・吐出し量（**表-5.23**）から、省スペース並びに掘削深さの浅いセミクローズ形吸込水槽を選定する。

・主ポンプ形式及び吐出し量から、**表-5.43** の $E$＝1,800mm、$E_1$＝1,500mm を、また、**表-5.59** から $U$＝750mm を得て、吸込ベル下端レベルを求める。LWL－$E$＝＋0.50－1.8＝－1.30m

最低実揚程（$h_{a\ min}$）が 0 m でない場合には、吸込性能の検討に必要な吸込実揚程（$h_{so}$）は 2 通りであり、それぞれの値を求める。

・最低吐出し水位における最低実揚程 $h_{a\ min1}$＝0m 時の吸込実揚程 $h_{so1}$ と、最低吸込水位（LWL）における最低実揚程 $h_{a\ min2}$＝0.5m 時の吸込実揚程 $h_{so2}$ である。

・$h_{a\ min1}$ ＝0m 時の吸込実揚程

$h_{so1}$ ＝（吸込水位＝最低吐出し水位）－（吸込ベル下端レベル）－$U$

＝{＋1.00－（－1.3）}－0.75＝1.55（m）

・$h_{a\ min2}$ ＝0.5m 時の吸込実揚程

$h_{so2}$ ＝（最低吸込水位 LWL＝$E$）－（吸込ベル下端レベル）－$U$

＝（＋0.50－（－1.3））－0.75＝1.05（m）

設計点実揚程 $h_a$＝4.9m の値から、横軸（軸流・斜流）ポンプでは有害なキャビテーションが発生する可能性が大きい（**表-5.19(a)-参**）ため、立軸ポンプから検討を行う。

また、計画吐出し量の大きさから、吸込水槽形状はセミクローズ形を採用するものとし、全揚程が 5.5m～5.9m（設計点実揚程が 4.9m、吸込水槽及び配管の損失水頭は**表-5.15-参**から 0.6m～1.0m）であることから、立軸軸流ポンプは適用外であるため、斜流ポンプにおける吸込性能の検討を行う。横軸ポンプ同様に、あらかじめ吐出し管形式タイプ１（Ｉ型ポンプ）から吸込性能の検討を始める。

①　立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ１（Ｉ型ポンプ）の場合

吸込水槽形式　　セミクローズ形吸込水槽（吐出し量が 200m³/min 超　**表-5.23** 参照）

配管損失水頭　　$h_\ell$＝0.6m（内吸込水槽損失 $h_{\ell s}$＝0.1m　**表-5.16-参** 参照）

主ポンプ全揚程　　$h_t$＝5.5m（＝4.9＋0.6）

$h_{a\,\min 1}$ ＝0m 時の吸込実揚程　　$h_{so1}$ ＝1.55（m）

$h_{a\,\min 2}$ ＝0.5m 時の吸込実揚程　　$h_{so2}$ ＝1.05（m）

主ポンプ回転速度（$N$min$^{-1}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は、**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N=N_s\cdot\frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}}=187\ (\mathrm{min}^{-1})$$

$N_s$＝900　斜流ポンプの比速度

$H$ ＝5.5　設計点における全揚程（m）

$Q$ ＝300　設計点における吐出し量（m³/min）

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=3.21\ (\mathrm{m})$$

$N_s$＝900 の場合、$S$＝1,350　　斜流ポンプの吸込比速度

$N$ ＝187　　主ポンプ回転速度（min$^{-1}$）

$Q_0$＝300　　吐出し量（m³/min）

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を、**式（5.36）**より求める。

$$h_{svo}=10^6\cdot(Pa-Pv)/\rho g+h_{so}-h_{\ell so}-0.5\ (\mathrm{m})$$

$\rho$　：揚水の密度（kg/m³）　　$\rho$ ＝ 1,000kg/m³

$g$　：重力の加速度（m/s²）　　$g$ ＝ 9.8m/s²

$Pa$　：大気圧（MPa）　　$Pa$ ＝ 0.101MPa

$Pv$　：水の飽和蒸気圧（MPa）　　$Pv$ ＝ 0.0032MPa（at 25℃）

$h_{so}$　：吸込実揚程

$h_{so1}$ ＝ 1.55（m）（$h_{a\,\min 1}$＝0m 時）

$h_{so2}$ ＝ 1.05（m）（$h_{a\,\min 2}$＝0.5m 時）

$h_{\ell so}$ ： 設計点におけるセミクローズ形吸込水槽損失水頭

$h_{\ell so}$ ＝ 0.10（m）

0.5 ： 吸込余裕水頭（m）

$h_{svo1}$＝10.92（m）（$h_{a\,min1}$＝0m 時）

$h_{svo2}$＝10.42（m）（$h_{a\,min2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点実揚程において、$h_{svo1}$＝10.92m 及び $h_{svo2}$＝10.42m＞$H_{svo}$＝3.21m のため、有害なキャビテーションは発生しない。

次に、設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

【最低実揚程 $h_{a\,min1}$＝0m 時】

（i） $\frac{h_{a\,min}}{h_t}$ ＝0 （＝0/5.5）

(ii) $\frac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.109（＝0.6/5.5）

(iii) $q$ ＝135%（**図 5.32**）

(iv) $S$ ＝690 （**図 5.32**）

$$H_{sv1}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{187\times\sqrt{300}}{690}\right)^{4/3}$$

＝7.86（m）

【最低実揚程 $h_{a\,min2}$＝0.5m 時】

（i） $\frac{h_{a\,min}}{h_t}$ ＝0.091（＝0.5/5.5）

(ii) $\frac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.109（＝0.6/5.5）

(iii) $q$ ＝133%（**図 5.32**）

(iv) $S$ ＝780 （**図 5.32**）

$$H_{sv2}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{187\times\sqrt{300}}{690}\right)^{4/3}$$

＝6.67（m）

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを、**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_s$、0.5 は前頁と同じ。

$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

セミクローズ形吸込水槽の損失水頭

【最低実揚程 $h_{a\,min1}$＝0m 時】

$h_{\ell s1}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.35^2$

＝0.182（m）

$h_{sv1}$＝10.84（m）（$h_{a\,min1}$＝0m 時）

【最低実揚程 $h_{a\,min2}$＝0.5m 時】

$h_{\ell s2}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.33^2$

＝0.177（m）

$h_{sv2}$＝10.35（m）（$h_{a\,min2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点以外において、$h_{sv1}$＝10.84m＞$H_{sv1}$＝7.86m 及び $h_{sv2}$＝10.35m＞$H_{sv2}$＝6.67m のため、有害なキャビテーションは発生しない。したがって、立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 1（Ⅰ型ポンプ）は適する。

次に、立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 2（Ⅱ型ポンプ）の場合の吸込性能の検討を行う。

② 立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ２（Ⅱ型ポンプ）の場合

吸込水槽形式　　セミクローズ形吸込水槽

配管損失水頭　　$h_\ell$＝1.0m（内吸込水槽損失 $h_{\ell s}$＝0.1m）

主ポンプ全揚程　　$h_t$ ＝5.9m（＝4.9＋1.0）

$h_{a\,\min 1}$＝0m 時の吸込実揚程　　$h_{so1}$＝1.55（m）

$h_{a\,\min 2}$＝0.5m 時の吸込実揚程　　$h_{so2}$＝1.05（m）

主ポンプ回転速度（$N$min$^{-1}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は、**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N = N_s \cdot \frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}} = 284 \ (\text{min}^{-1})$$

$N_s$ ＝1,300　　斜流ポンプの比速度

$H$ ＝5.9　　設計点における全揚程（m）

$Q_0$ ＝300　　設計点における吐出し量（m$^3$/min）

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo} = \left( \frac{N \cdot \sqrt{Q}_0}{S} \right)^{4/3} = 5.89 \ (\text{m})$$

$N_s$ ＝1,300 の場合、$S$＝1,300 斜流ポンプの吸込比速度

$N$ ＝284　　主ポンプ回転速度（min$^{-1}$）

$Q_0$ ＝300　　吐出し量（m$^3$/min）

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を**式（5.36）**より求める。

$Pa$、$Pv$、$\rho$、$g$、$h_{so}$、$h_{\ell so}$、0.5 は前頁と同じ

$h_{so1}$＝1.55（m）　　（$h_{a\,\min 1}$＝0m 時）

$h_{so2}$＝1.05（m）　　（$h_{a\,\min 2}$＝0.5m 時）

$h_{\ell so}$＝0.10（m）

0.5：吸込余裕水頭（m）

$h_{svo1}$＝10.92（m）　　（$h_{a\,\min 1}$＝0m 時）

$h_{svo2}$＝10.42（m）　　（$h_{a\,\min 2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点実揚程において、$h_{svo1}$＝10.92m 及び $h_{svo2}$＝10.42m＞$H_{svo}$＝5.89m のため、有害なキャビテーションは発生しない。次に、設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

【最低実揚程 $h_{a\,\min 1}$＝0m 時】　　【最低実揚程 $h_{a\,\min 2}$＝0.5m 時】

(i) $\frac{h_{a\,\min}}{h_t}$ ＝0（＝0/5.9）　　(i) $\frac{h_{a\,\min}}{h_t}$ ＝0.085（＝0.5/5.9）

(ii) $\frac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.169（＝1.0/5.9）　　(ii) $\frac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.169（＝1.0/5.9）

(iii)　$q$＝128%（**図-5.33**）　　(iii)　$q$＝126.5%（**図-5.33**）

(iv)　$S$＝740（**図-5.33**）　　(iv)　$S$＝800（**図-5.33**）

$$H_{sv1}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{284\times\sqrt{300}}{740}\right)^{4/3}=12.49\ (\mathrm{m})$$

$$H_{sv2}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{284\times\sqrt{300}}{800}\right)^{4/3}=11.26\ (\mathrm{m})$$

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを、**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_s$、0.5は前頁と同じ。

$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）

セミクローズ形吸込水槽の損失水頭

【最低実揚程 $h_{a\,\min1}$＝0m 時】　　【最低実揚程 $h_{a\,\min2}$＝0.5m 時】

$h_{\ell s1}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.28^2=0.164$（m）　　$h_{\ell s2}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.265^2=0.160$（m）

$h_{sv1}$ ＝10.86（m）（$h_{a\,\min1}$＝0m 時）

$h_{sv2}$ ＝10.36（m）（$h_{a\,\min2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点以外において、$h_{sv1}$＝10.86m＜$H_{sv1}$＝12.49m 及び $h_{sv2}$＝10.36m＜$H_{sv2}$＝11.26m のため、有害なキャビテーションが発生する。したがって、立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ2（Ⅱ型ポンプ）は不適である。

次に、立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ3（Ⅲ型ポンプ）の場合の吸込性能の検討を行う。

③　立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ3（Ⅲ型ポンプ）の場合

吸込水槽形式　　セミクローズ形吸込水槽

配管損失水頭　　$h_\ell$＝1.0m（内吸込水槽損失 $h_{\ell s}$＝0.1m）

主ポンプ全揚程　　$h_t$＝5.9m（＝4.9＋1.0）

$h_{a\,\min1}$＝0m 時の吸込実揚程　　$h_{so1}$ ＝1.55（m）

$h_{a\,\min2}$＝0.5m 時の吸込実揚程　　$h_{so2}$ ＝1.05（m）

主ポンプ回転速度（$N$min$^{-1}$）は**式（5.34）**より、設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッド（$H_{svo}$ m）は**式（5.35）**より求める。

・主ポンプ回転速度を求める。

$$N=N_s\cdot\frac{H^{3/4}}{Q_0{}^{1/2}}=197\ (\mathrm{min}^{-1})$$

$N_s$＝900　斜流ポンプの比速度

$H$ ＝5.9　設計点における全揚程（m）

$Q_0$＝300　設計点における吐出し量（m$^3$/min）

・設計点において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

$$H_{svo}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=3.44\ (\mathrm{m})$$

$N_s$＝900 の場合、$S$＝1,350　　斜流ポンプの吸込比速度
$N$ ＝197　　主ポンプ回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）
$Q_0$＝300　　吐出し量（$\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$）

・設計点における利用有効吸込ヘッド（$h_{svo}$）を、**式（5.36）**より求める。

$Pa$、$Pv$、$\rho$、$g$ 、$h_{so}$ 、$h_{\ell so}$、0.5 は前頁と同じ
$h_{so1}$ ＝1.55（m）　（$h_{a\,\mathrm{min}1}$＝0m 時）
$h_{so2}$ ＝1.05（m）　（$h_{a\,\mathrm{min}2}$＝0.5m 時）
$h_{\ell so}$ ＝0.10（m）
0.5：吸込余裕水頭（m）
$h_{svo1}$ ＝10.92（m）　（$h_{a\,\mathrm{min}1}$＝0m 時）
$h_{svo2}$ ＝10.42（m）　（$h_{a\,\mathrm{min}2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点実揚程において、$h_{svo1}$＝10.92m 及び $h_{svo2}$＝10.42m＞$H_{svo}$＝3.44m のため、有害なキャビテーションは発生しない。次に、設計点以外の場合の検討を行う。

・設計点以外において主ポンプが要求する必要有効吸込ヘッドを求める。

【最低実揚程 $h_{a\,\mathrm{min}1}$＝0m 時】

(i)　$\dfrac{h_{a\,\mathrm{min}}}{h_t}$ ＝0　（＝0/5.9）
(ii)　$\dfrac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.169　（＝1.0/5.9）
(iii)　$q$ ＝132%　（**図-5.32**）
(iv)　$S$ ＝800　（**図-5.32**）

$$H_{sv1}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{197\times\sqrt{300}}{800}\right)^{4/3}=6.91\ (\mathrm{m})$$

【最低実揚程 $h_{a\,\mathrm{min}2}$＝0.5m 時】

(i)　$\dfrac{h_{a\,\mathrm{min}}}{h_t}$ ＝0.085　（＝0.5/5.9）
(ii)　$\dfrac{h_\lambda}{h_t}$ ＝0.169　（＝1.0/5.9）
(iii)　$q$ ＝130.5%　（**図-5.32**）
(iv)　$S$ ＝875　（**図-5.32**）

$$H_{sv2}=\left(\frac{N\cdot\sqrt{Q_0}}{S}\right)^{4/3}=\left(\frac{197\times\sqrt{300}}{875}\right)^{4/3}=6.14\ (\mathrm{m})$$

・設計点以外の利用有効吸込ヘッドを、**式（5.38）**より求める。

$\rho$、$g$、$Pa$、$Pv$、$h_s$、0.5 は前頁と同じ。
$h_{\ell s}$：吐出し量比 $q$ における吸込管損失水頭（m）
　セミクローズ形吸込水槽の損失水頭

【最低実揚程 $h_{a\,\mathrm{min}1}$＝0m 時】

$h_{\ell s1}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.32^2$
＝0.174（m）

【最低実揚程 $h_{a\,\mathrm{min}2}$＝0.5m 時】

$h_{\ell s2}=h_{\ell so}\cdot q^2=0.1\times1.305^2$
＝0.170（m）

$h_{sv1}$ ＝10.85（m）（$h_{a\,min1}$＝0m 時）

$h_{sv2}$ ＝10.35（m）（$h_{a\,min2}$＝0.5m 時）

・判定

設計点以外において、$h_{sv1}$＝10.85m＞$H_{sv1}$＝6.91m 及び $h_{sv2}$＝10.35m＞$H_{sv2}$＝6.14m のため、有害なキャビテーションは発生しない。したがって、立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 3（Ⅲ型ポンプ）は適する。

・総合判定

以上の検討結果から、①立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 1（Ⅰ型ポンプ）及び③立軸斜流ポンプの吐出し管形式タイプ 3（Ⅲ型ポンプ）の両案が適する。いずれの吐出し管形式を採用するかについては、運転時間などを考慮した総合的な経済比較の結果によって決定する。

**表-5.61** 立軸ポンプの吸込性能検討結果（まとめ）

| 番号 | 主ポンプ軸形式 | 吐出し管タイプ | 主ポンプ型式 | 吸込性能の検討結果 | | | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 設計点 | 設計点以外 | | |
| | | | | | 最低実揚程 $h_{a\,min1}$＝0m 時 最低吐出し水位 ＋1.00 吸込水位 ＋1.00 | 最低実揚程 $h_{a\,min2}$＝0.5m 時 最低吐出し水位 ＋1.00 最低吸込水位 ＋0.50 | |
| ① | 立軸斜流 | 1 | Ⅰ | ○ | ○ | ○ | 適 |
| ② | 立軸斜流 | 2 | Ⅱ | ○ | × | × | 不適 |
| ③ | 立軸斜流 | 3 | Ⅲ | ○ | ○ | ○ | 適 |

○：有害なキャビテーションは発生しない。　×：有害なキャビテーションが発生する。

なお、判定がすべて「適」の場合は、適用外とした立軸軸流ポンプについても吸込性能の検討を行い、適用の可否を判定する必要がある。

## 5.6　主ポンプの構造と材料

### 5.6.1　主ポンプの構造と材料

主ポンプの構造は、施工や維持管理に配慮した構造にするものとする。具体的には、横軸軸流・斜流ポンプは上下二分割構造のケーシングとし、分解及び吊り上げが容易な構造とする。立軸軸流・斜流ポンプは揚水管及び主軸の長さをクレーンによる吊り上げ、吊り下ろしができるものとし、主ポンプ本体は吊り上げが容易な構造とする。

⑴　主ポンプの構造例（JIS B 0131 ターボポンプ用語より抜粋）

主ポンプの構造例を、以下に示す。

| 番 号 | 名　　称 | 材　料 |
|---|---|---|
| 4101 | ケ　ー　シ　ン　グ | FC250 |
| 4201 | ケーシングカバー | FC250 |
| 4301 | イ　ン　ペ　ラ | CAC402 |
| 4401 | 主　　軸 | SUS403 |
| 4512 | インペラナット | SUS304 |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4704 | ラ イ ナ リ ン グ | CAC406 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4708 | 封　水　リ　ン　グ | CAC406 |
| 4720 | パッキン押さえボルト | SS400 |
| 4955 | フ　レ　ー　ム | FC150 |
| 6109 | 軸　継　手 | FC200 |

注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

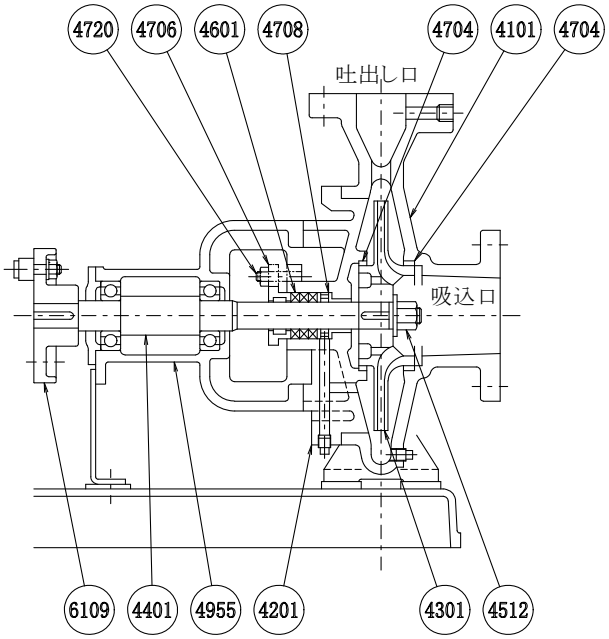



**図-5.36**　横軸片吸込渦巻ポンプの構造（例）

| 番 号 | 名　　称 | 材　料 |
|---|---|---|
| 4107 | 吐出しケーシング | FC250 |
| 4108 | 吸込ケーシング | FC250 |
| 4109 | 中間ケーシング | FC250 |
| 4203 | バランス室カバー | FC250 |
| 4301 | インペラ | CAC402 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4502 | パッキンスリーブ | SUS304 |
| 4505 | スリーブナット | SUS304 |
| 4508 | バランスディスク | SUS304 |
| 4516 | 水切りツバ | ゴム |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4704 | ライナリング | CAC406 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4708 | 封水リング | CAC406 |
| 4710 | 中間ブッシュ | CAC406 |
| 4713 | バランスシート | CAC406 |
| 4719 | 締付ボルト | S35C |
| 6109 | 軸　継　手 | FC200 |

注）材料については**表-5.62**を参照のこと。

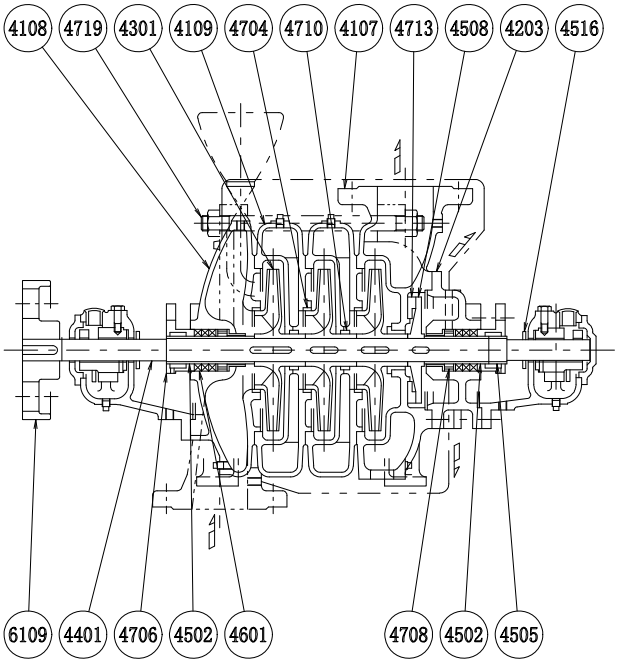



**図-5.37**　横軸片吸込多段渦巻ポンプの構造（例）

| 番 号 | 名　　称 | 材　料 |
|---|---|---|
| 4105 | 上部ケーシング | FC250 |
| 4106 | 下部ケーシング | FC250 |
| 4301 | インペラ | CAC402 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4801 | 転がり軸受 | —— |
| 4807 | 軸受ハウジング | FC250 |

注）材料については**表-5.62**を参照のこと。

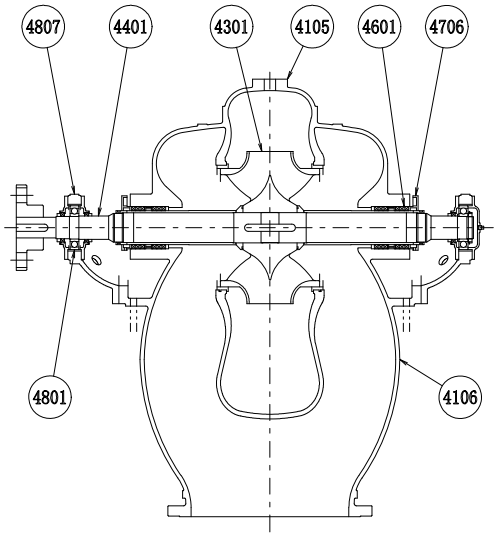
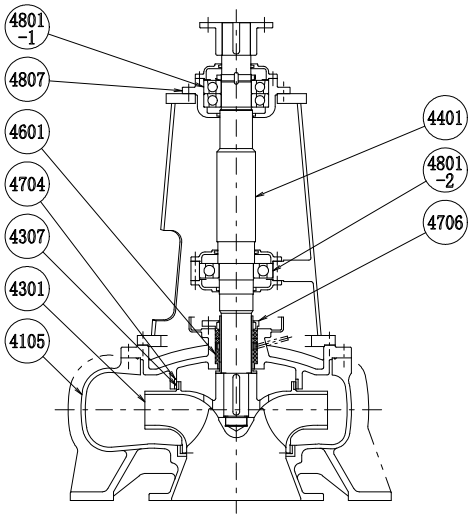



**図-5.38**　横軸両吸込単段渦巻ポンプの構造（例）

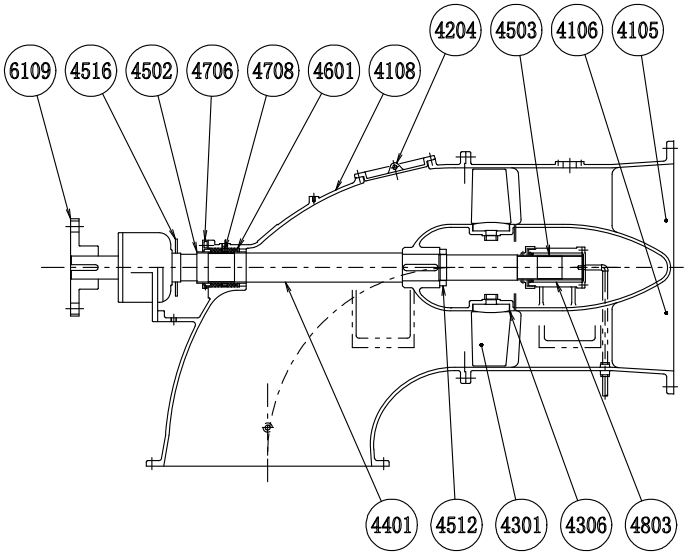
| 番 号 | 名　　称 | 材　　料 |
|---|---|---|
| 4105 | ケ ー シ ン グ | FC250 |
| 4301 | イ　ン　ペ　ラ | CAC402 |
| 4307 | インペラリング | CAC406 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4704 | ラ イ ナ リ ン グ | CAC406 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4801-01 | 転がり軸受（上） | —— |
| 4801-02 | 転がり軸受（下） | —— |
| 4807 | 軸受ハウジング | FC250 |




注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

**図-5.39**　立軸片吸込単段渦巻ポンプの構造（例）（インペラがクローズの場合）

| 番 号 | 名　　称 | 材　　料 |
|---|---|---|
| 4105 | 上部ケーシング | FC250 |
| 4106 | 下部ケーシング | FC250 |
| 4108 | 吸込ケーシング | FC250 |
| 4204 | 点 検 カ バ ー | FC250 |
| 4301 | イ　ン　ペ　ラ | CAC402 |
| 4306 | インペラハブ | FC250 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4502 | パッキンスリーブ | SUS304 |
| 4503 | 水中軸受スリーブ | SUS304 |
| 4512 | インペラナット | SUS304 |
| 4516 | 水 切 り ツ バ | ゴム |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4708 | 封 水 リ ン グ | CAC406 |
| 4803 | 水　中　軸　受 | 特殊合金 |
| 6109 | 軸　　継　　手 | FC200 |




注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

**図-5.40**　横軸軸流ポンプの構造（例）

| 番 号 | 名　　称 | 材　　料 |
|---|---|---|
| 4105 | 上部ケーシング | FC250 |
| 4106 | 下部ケーシング | FC250 |
| 4108 | 吸込ケーシング | FC250 |
| 4204 | 点検カバー | FC250 |
| 4301 | インペラ | CAC402 |
| 4308 | インペラキャップ | SUS304 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4502 | パッキンスリーブ | SUS304 |
| 4503 | 水中軸受スリーブ | SUS304 |
| 4515 | インペラキー | S50C |
| 4516 | 水切りツバ | ゴム |
| 4601 | グランドパッキン | 炭化繊維 |
| 4706 | パッキン押さえ | CAC406 |
| 4708 | 封水リング | CAC406 |
| 4803 | 水中軸受 | 特殊合金 |
| 6109 | 軸　継　手 | FC200 |

注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

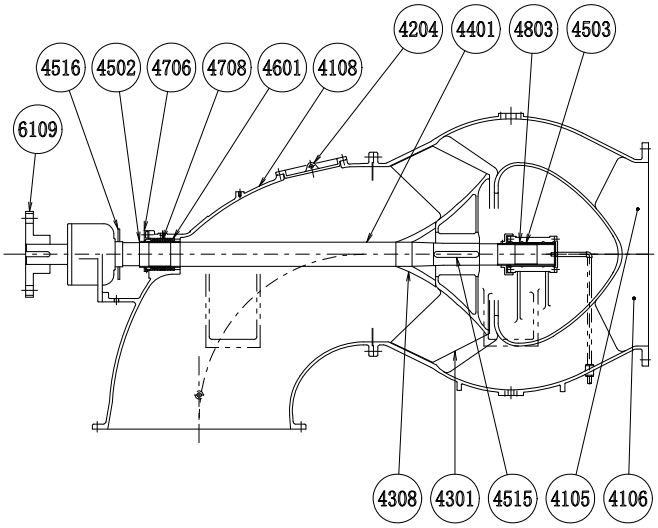



**図-5.41**　横軸斜流ポンプの構造（例）

| 番号 | 名称 | 材料 |
|---|---|---|
| 4110 | 吐出しボウル | FC250 |
| 4111 | 吐出しエルボ | FC250 |
| 4112 | 揚水管 | FC250 |
| 4115 | 吸込ベル | FC250 |
| 4301 | インペラ | CAC402 |
| 4306 | インペラハブ | FC250 |
| 4402 | 上部軸 | SUS403 |
| 4403 | 下部軸 | SUS403 |
| 4405 | 中間軸継手 | SUS304 |
| 4503 | 水中軸受スリーブ | 特殊合金 |
| 4512 | インペラナット | SCS13 |
| 4601 | 無給水軸封装置 | － |
| 4803 | 水中軸受 | セラミックス |
| 4804 | 水中軸受支え | FC250 |
| 4951 | 原動機架台 | FC250 |
| 6107 | ソールプレート | FC200 |
| 6109 | 軸継手 | FC200 |

注）材料については**表-5.62**を参照のこと。

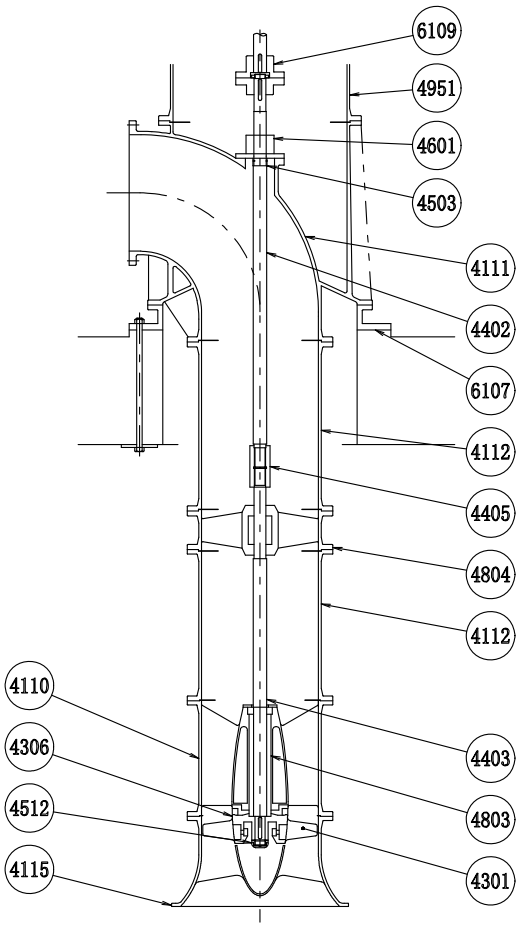



**図-5.42**　立軸軸流ポンプの構造（例）

| 番 号 | 名　　称 | 材　料 |
|---|---|---|
| 4110 | 吐 出 し ボ ウ ル | FC250 |
| 4111 | 吐 出 し エ ル ボ | FC250 |
| 4112 | 揚　水　管 | FC250 |
| 4115 | 吸　込　ベ　ル | FC250 |
| 4301 | イ　ン　ペ　ラ | CAC402 |
| 4402 | 上　部　軸 | SUS403 |
| 4403 | 下　部　軸 | SUS403 |
| 4405 | 中 間 軸 継 手 | SUS304 |
| 4503 | 水中軸受スリーブ | 特殊合金 |
| 4512 | イ ン ペ ラ ナ ッ ト | SCS13 |
| 4601 | 無給水軸封装置 | － |
| 4803 | 水　中　軸　受 | セラミックス |
| 4804 | 水 中 軸 受 支 え | FC250 |
| 6107 | ソ ー ル プ レ ー ト | FC200 |
| 6109 | 軸　継　手 | FC200 |

注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

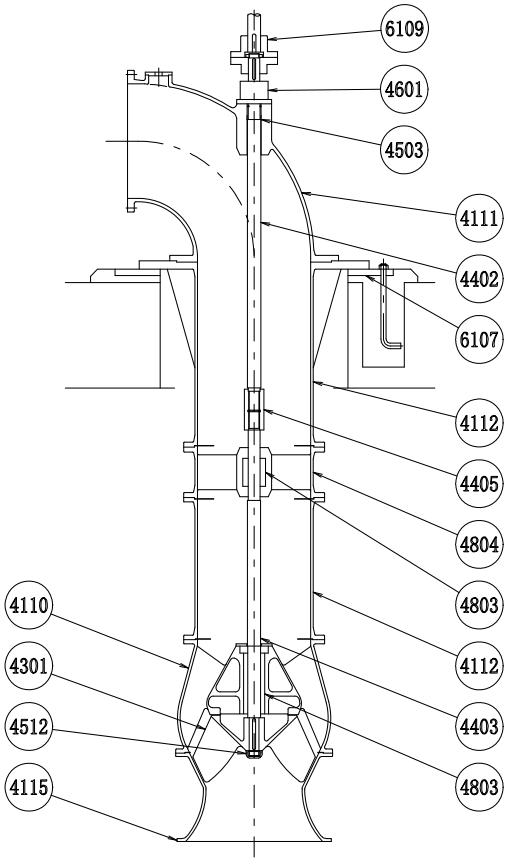



**図-5.43**　立軸斜流ポンプの構造（例）

| 番 号 | 名　　称 | 材　料 |
|---|---|---|
| 4108 | 吸 込 ケ ー シ ン グ | FC250 |
| 4110 | 吐 出 し ボ ウ ル | FC250 |
| 4301 | イ　ン　ペ　ラ | CAC402 |
| 4401 | 主　　軸 | S35C |
| 4602 | メ カ ニ カ ル シ ー ル | － |
| 4803 | 水　中　軸　受 | FC/WJ |
| 4807 | 軸 受 ハ ウ ジ ン グ | FC250 |

注）材料については**表-5.62** を参照のこと。

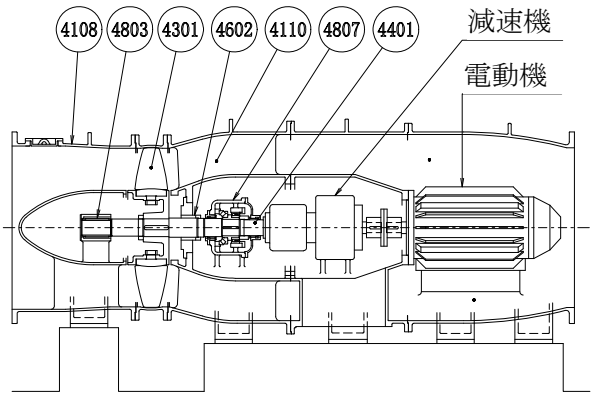



**図-5.44**　軸流形チューブラポンプの構造（例）

⑵　主ポンプの主要部材料

主ポンプに使用する材料は、設置場所、使用条件を検討し、安全かつ経済的で維持管理も考慮した最も適したものを選定する必要がある。主ポンプに使用される一般的な材料を**表-5.62** に示す。

**表-5.62**　主ポンプ主要部の材料

| 主ポンプ形式 ＼ 部品 | 片吸込渦巻ポンプ（多段を含む） | 両吸込渦巻ポンプ（多段を含む） | 斜流ポンプ | | 軸流ポンプ | | 立軸渦巻ポンプ | チューブラポンプ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 横　軸 | 立　軸 | 横　軸 | 立　軸 | | 斜　流 | 軸　流 |
| インペラ | ねずみ鋳鉄 FC<br>青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | 青銅鋳物 CAC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS |
| （インペラ）<br>ハ　ブ | － | － | － | － | ねずみ鋳鉄 FC<br>炭素鋼鋳鋼 SC | ねずみ鋳鉄 FC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS | － | － | ねずみ鋳鉄 FC<br>炭素鋼鋳鋼 SC<br>ステンレス鋼鋳鋼 SCS |
| ケーシング | ねずみ鋳鉄 FC<br>球状黒鉛鋳鉄 FCD | ねずみ鋳鉄 FC<br>球状黒鉛鋳鉄 FCD | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC | ねずみ鋳鉄 FC |
| 主　軸 | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C<br>ステンレス鋼 SUS | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C<br>ステンレス鋼 SUS | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C | 機械構造用炭素鋼 S－C |
| スリーブ | 青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼 SUS | 青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼 SUS | 青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼 SUS | ステンレス鋼 SUS | 青銅鋳物 CAC<br>ステンレス鋼 SUS | ステンレス鋼 SUS | ステンレス鋼 SUS | ステンレス鋼 SUS | ステンレス鋼 SUS |

注 1）高揚程渦巻ポンプでおおむね揚程 80m 以上のものについては、インペラの周速が速くなり、壊食が生じやすくなることからステンレス鋼鋳鋼、ケーシングは耐圧の関係から球状黒鉛鋳鉄又は炭素鋼鋳鋼が採用されることがある。

2）特に水質の悪い場合や塩素イオン濃度が高い場合には、回転部（インペラ、シャフト、スリーブ等）にステンレス鋼鋳鋼などの適切な材料を選定することが望ましい。また、水面が上下変動するいわゆる乾湿交番に接する立軸ポンプのケーシング部や吸込・吐出し管部は腐食の進行が著しいので、塗装などで対応することがある。

3）吐出し量が 600m$^3$/min 超の大容量の主ポンプの場合はケーシングの一部を鋼板で製作することもある。

4）海水等の影響による腐食が懸念される場合は、重防食塗装に加え、犠牲陽極等の電食防止対策を考慮する。

＊重防食塗装（JIS Z-0103）

海岸や海上のような腐食性の激しい環境に建設される鋼構造物の塗り替え周期を長くするため防食性，耐久性を有する防食塗装をいう。一般にジンクリッチペイントをプライマーとして、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ふっ素樹脂塗料などを組み合わせて用いる。

5）異種金属の接続あるいは接近する場合は腐食に対する対策を考慮する。

6）軸受にセラミックス軸受が、また軸封装置に無給水軸封装置が採用される場合もあるが、次の点に留意する必要がある。

〈セラミックス軸受〉① 価格がゴム軸受に比べ高価である。

② 希釈海水（塩素イオン濃度 200ppm 程度以上）中で使用する場合は、原則として海水用セラミックス軸受とする。一般に使用されているセラミックス軸受は、軸受用スリーブの超硬合金を接着するバインダーが腐食するおそれがあり、耐食性について改善された海水用セラミックス軸受とする。

③ 横軸ポンプに採用する場合、使用条件・主ポンプ吐出し量等により、適用する。

〈無給水軸封装置〉① 価格がグランドパッキンに比べて高価である。

② 横軸ポンプに採用する場合、空気の混入がグランドパッキンより多く、落水発生の危険性もあるため小水量運転時には制約がある。（無給水軸封装置の種類と分類については、**図-5.46** 参照）

7）立軸ポンプでゴム軸受等を使用し保護管を設ける場合は、配管用ステンレス鋼管（SUS）が採用される。

8）水中軸受に用いる材質は、「**表-5.63-参**　水中軸受の比較」に示す材質ごとの特性を考慮して選定する。

**表-5.63-参** 水中軸受の比較

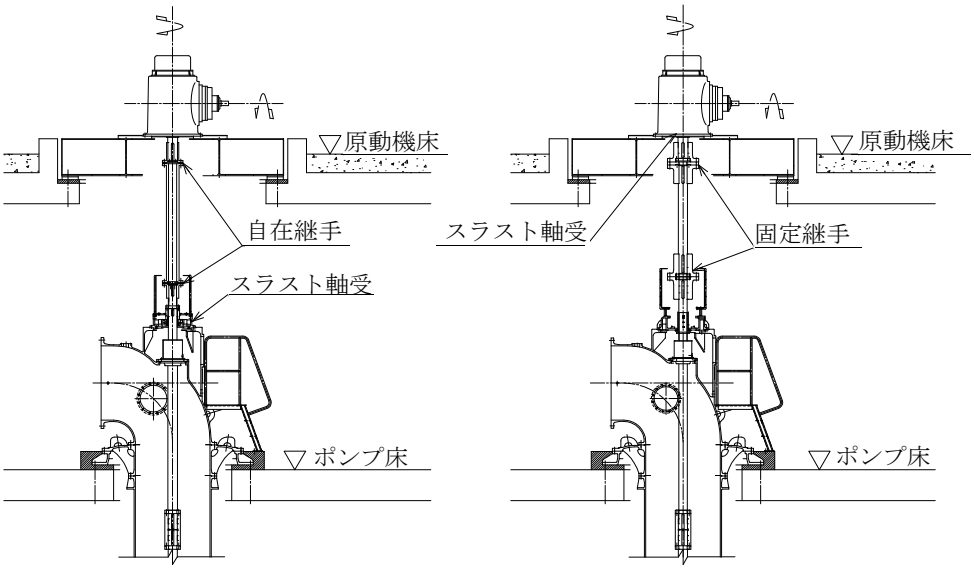
| 材料 / 事項 | セラミックス | ゴム（カットレス） | 樹脂 | ホワイトメタル | 青銅系特殊合金 |
|---|---|---|---|---|---|
| 潤滑方式 | 無注水 | 注水 | 無注水 | グリース | グリース |
| 主な適用機種 | 立軸 | 立軸 | 立軸 | 横軸 | 横軸 |
| 負荷条件 | 軽荷重 | 軽荷重 | 軽荷重 | 中荷重 | 中荷重 |
| 耐摩耗性 | ○ | ○ | △<br>砂が多いと磨耗が進みやすい | ○ | ○ |
| 耐衝撃性 | △<br>樹脂等と比べ衝撃に弱い | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 耐希釈海水 | 耐食性のよいスリーブ材料を用いる必要がある | 接液しないため問題なし | 良好 | 接液しないため問題なし | 接液しないため問題なし |
| 気中運転の可否 | △<br>始動時程度の短時間の気中運転は可能 | ○ | ○ | ×<br>横軸ポンプの気中運転は不可能 | ×<br>横軸ポンプの気中運転は不可能 |

## 5.6.2　主ポンプのスラスト支持方法と軸封装置

⑴　スラスト支持方法

二床式立軸ポンプでは、スラストを下段の主ポンプ床に設置している主ポンプで支持する場合と、上段の原動機床に設置している減速機や電動機で支持する場合がある。主ポンプでスラストを支持する方が据付及び分解が容易であり、また床面に対しても問題が生じにくいので、スラスト荷重の支持が可能なら、この方式が好ましい。吐出し量がおおむね 600m$^3$/min 以下の二床式立軸ポンプにおいては、主ポンプで支持する構造が一般的である。

一方、一床式（及び半二床式）立軸ポンプでは、スラストを主ポンプ、減速機あるいは電動機のいずれで支持しても、スラストは主ポンプケーシング内部で打ち消し合い、主ポンプ床に作用しないので、二床式のような問題は発生しない。主ポンプ床面から吐出しエルボ天端高さを小さく抑えるために扁平形吐出しエルボを採用する大容量ポンプにおいては、エルボの構造上の制約からスラストの支持は主ポンプではなく減速機（あるいは電動機）としている場合が多い。



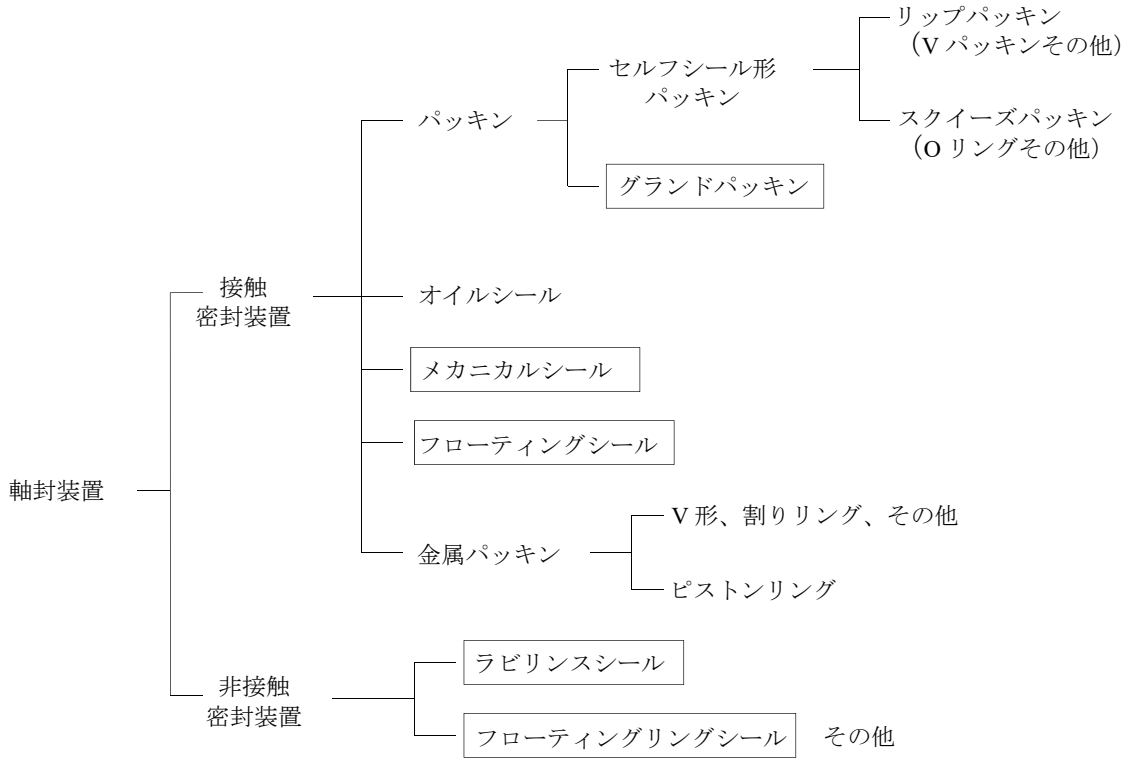

スラスト：ポンプ支持の場合　　スラスト：減速機支持の場合

**図-5.45**　主ポンプのスラスト支持方法

注）ポンプスラスト荷重の支持位置で床面に加わる荷重条件が異なるため、注意を要する。
特に、既設設備の更新などでは、床荷重条件の十分な確認検討が必要である。

⑵ 主ポンプの軸封装置の種類と分類

主ポンプの軸封装置の選定に当たっては、主ポンプの用途や運転状況を考慮し、また経済性などを考慮して選定する必要がある。**図-5.46** に、種類と分類を示す。




注） 枠内は、斜流・軸流ポンプに使用される形式を示す。

**図-5.46** 軸封装置の種類と分類（参考）

### 5.6.3　不同沈下対策

ポンプ場建設後においては、地盤状況や地震動の影響により、ポンプ据付床面に不同沈下が生じる場合がある。

例えば、立軸ポンプにおいては、ポンプケーシングはポンプ据付床面に固定して垂直に設置されているが、回転体（インペラ及び主軸）は原動機または減速機等により吊下げられていることから、ポンプ据付床面に傾きが生じると、鉛直に吊下げられた回転体とケーシングが接触し、運転不能となる。こうしたことを踏まえ、地震等よりポンプ据付床面に不同沈下が発生した場合においてもポンプ設備の致命的な損傷を防ぎ、復旧を容易とする対策について検討する必要がある。

不同沈下対策の例を以下に示す。

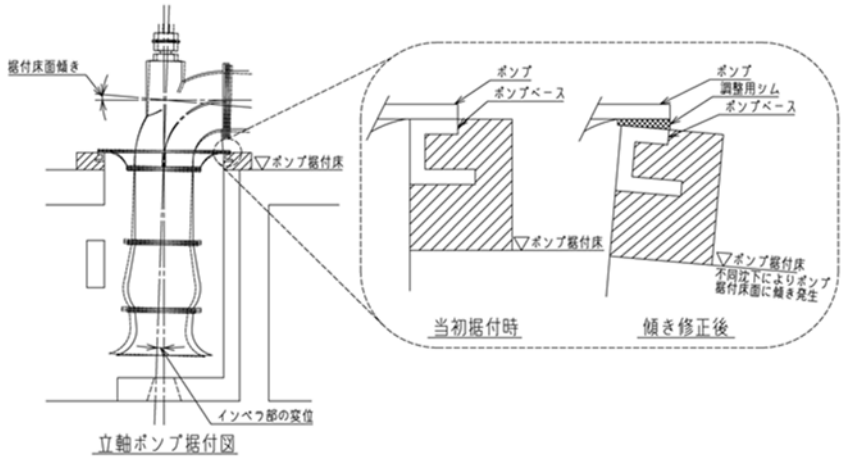
⑴　管の配管上の対策

たわみ管継手など伸縮継手を設ける等により変位に対応できるようにする。また、損傷時における復旧が容易となるように、屋外の小配管等は直埋設を避けてピット内配管とする。

⑵　立軸ポンプにおける対策

原動機（または減速機）とポンプとを繋ぐ動力伝達用の連結軸として、変位等を吸収するたわみ軸継手や自在軸継手を採用するとともに、ポンプケーシングの据付基礎にケーシングの傾きを修正する装置を設ける（下図参照）。あわせて、予防保全として不同沈下測定用の座を設置し、傾向管理を行う。

＜立軸ポンプの不同沈下対策事例＞



立軸ポンプ据付図

## 5.6.4 基礎ボルトの耐震設計

⑴ 耐震設計の考え方

耐震設計の基本は、主ポンプ設備等の機器、装置、配管等と据付られる構造物自体が十分な耐震性を有しなければ、設備の耐震性は意味をもたない。

したがって、設備の耐震性は、当該施設における土木・建築構造の耐震性と同程度となるよう整合を図ることが必要である。

⑵ 地震力の算定

設備のうち屋内設置設備及び屋外設置一般設備に対する地震力の算定は、原則として局部震度法[注)]によるものとし、基礎が土木工事となる屋外設置特殊設備については、設備の種別と重要度並びに地盤条件により、適切な算定法を選定するものとする。また、法的規制対象設備については、その規定に準拠するものとする。

注) 局部震度法とは、機器の重心等に標準の地震力が作用するとしたもの。
なお、設備機器に対する設計用地震力には、局部震度法による地震力と動的解析による地震力がある。

なお、主ポンプ設備の耐震設計においては、以下の指針を使用する。

・機械設備：
「建築設備耐震設計・施工指針」((財) 日本建築センター)
・電気設備（配電盤、制御盤）：
「配電盤・制御盤の耐震設計指針（JEM-TR144)」((一社) 日本電機工業会)
・自家用発電設備：
「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」((一社) 日本内燃力発電設備協会)

電気設備の具体的な設計に当たっては、「電気設備計画設計技術指針（高低圧編）」を参考とする。

① 設計用水平地震力

設備機器に対する設計用水平地震力 $F_H$ は、**式（5.39）**、**式（5.40）**によるものとし、作用点は原則として重心とする。

$$F_H = K_H \cdot W \ (\mathrm{kN}) \quad \cdots\cdots (5.39)$$

ここに、$K_H$ ：設計用水平震度
$W$ ：機器の重量（kN）
$W = W_0 \cdot g / 1,000$
$W_0$：機器の質量（kg）
$g$：重力の加速度（9.8 m/s$^2$）

② 設計用鉛直地震力

設計用鉛直地震力 $F_V$ を考慮する必要がある場合は、

$$F_V = K_V \cdot W \ (\mathrm{kN}) \quad \cdots\cdots (5.40)$$

ここに、$K_V$：設計用垂直震度
$K_V = (1/2) K_H$
$K_H$ ：設計用水平震度
$W$：機器の重量（kN）
$W = W_0 \cdot g / 1,000$
$W_0$ ：機器の質量（kg）
$g$ ：重力の加速度（9.8 m/s$^2$）

ただし、水槽及び自由表面を有する液体貯槽の場合、有効重量比$\alpha_T$、作用点高さと等価高さの比$\beta_T$を用い、設計用重量及び地震力の作用点高さを決め使用してもよい。その算出方法は、「建築設備耐震設計・施工指針」（(財) 日本建築センター）を参照のこと。

⑶　設計用水平震度（$K_H$）

土木建築構造物について動的解析が行われる場合は、その動的解析結果から、それぞれの機器の設置レベルにおける設計震度を決定する。動的解析が行われない場合の設計用水平震度は、**式(5.41)**により算出する。

$$K_H = Z \cdot K_S \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.41)$$

ここに、$K_H$　：設計用水平震度

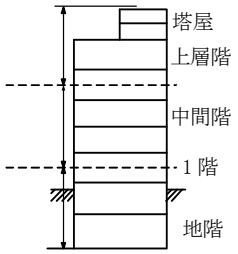
$K_S$　：設計用標準震度

**表-5.64** の値以上とする。

$Z$　：地域係数

**図-13.42**（詳細　**表-13.29**）による。通常１としてよい。

**表-5.64**　局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

| | 建築設備機器の耐震クラス | | | 適用階の区分 |
|---|---|---|---|---|
| | 耐震クラスS | 耐震クラスA | 耐震クラスB | |
| 上層階、屋上及び塔屋 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |  |
| 中間階 | 1.5 | 1.0 | 0.6 | |
| 地階及び１階 | 1.0（1.5） | 0.6（1.0） | 0.4（0.6） | |



注 1)　上層階の定義：2～6 階建の建築物では、最上階を上層階とする。

2)　中間階の定義：地階、１階を除く各段で上層階に該当しない階を中間階とする。

3)　（　　）内の数値は、地階及び１階（地表）に設置する水槽の場合に適用する。

4)　各耐震クラスの適用について

①　設備機器の応答倍率を考慮して耐震クラスを適用する。
（例：防振装置を付した機器は耐震クラスA又はSによる。）

②　建築物あるいは設備機器等の地震時あるいは地震後の用途を考慮して耐震クラスを適用する。
（例：防災拠点建築物、あるいは重要度の高い水槽など。）

③　耐震クラスの適用例は、以下を参照のこと。
・「建築設備耐震設計・施工指針」（(財) 日本建築センター）
・「配電盤・制御盤の耐震設計指針」（JEM-TR144）

⑷ 機器の基礎ボルトの検討

基礎ボルトの選定に当たっては、耐震性を含む検討を行うものとし、以下により基礎ボルトの引抜力とせん断力を求めて、これが各ボルトの許容応力以下であることを確認する。

① 基礎ボルトの選定フロー

基礎ボルトのせん断応力による選定フローを、**図-5.47** に示す。

なお、この選定フローではボルト本数は固定しているが、あまりにボルト径が大きくなる場合にはボルト本数を多くして､基礎ボルト１本当たりの引抜力(*Rb*)ボルトに作用するせん断力(*Q*)又はせん断応力（*τ*）を計算して再度検討を行う。

また、基礎ボルトが基礎の隅角部、辺部に打設される場合には、せん断力 *Q* によりコンクリートが破壊しないことを確認する。

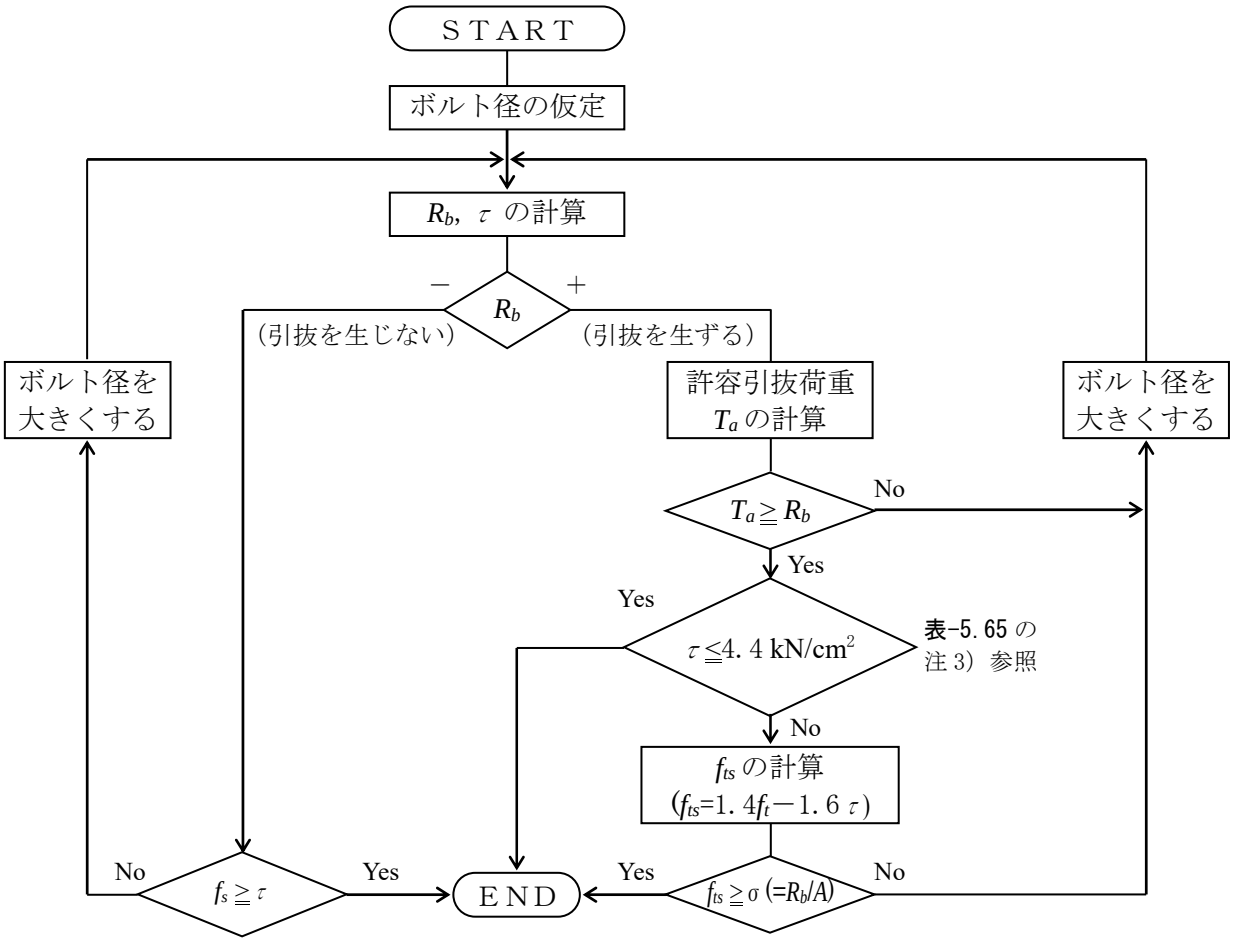



**図-5.47** 基礎ボルト選定フロー

**表-5.65**　ボルト（材料 SS400）及びステンレスボルト（A2-50）の許容応力表（単位：kN/cm$^2$）

| ボルトの径 | 長期許容応力 | | 短期許容応力 | |
|---|---|---|---|---|
| | 引張（$f_t$） | せん断（$f_s$） | 引張（$f_t$） | せん断（$f_s$） |
| ボルト（SS400） | 11.7 | 6.77 | 17.6 | 10.1 |
| ステンレスボルト（A2-50） | 10.5 | 6.08 | 15.8 | 9.12 |

注 1)　上表の値は、以下の指針に基づく。
・「建築設備耐震設計・施工指針」（(財) 日本建築センター）
・「配電盤・制御盤の耐震設計指針」（JEM-TR144）
2)　ボルトの引張応力を検討する必要が生じた場合には、**表-5.65** の $f_t$ の値を用いる。
3)　引張とせん断を同時に受けるボルトの強度確認は、次による。
①　$\tau < f_s$
②　$\sigma <$（$f_s$ と $f_{ts}$ の最小のもの）ただし、$f_{ts}=1.4f_t-1.6\tau$
ここに、　$\tau$　：ボルトに作用するせん断応力
$\sigma$　：ボルトに作用する引張応力（$\sigma=R_b/A$）
$f_s$　：せん断のみを受けるボルトの許容せん断応力（**表-5.65** の値）
$f_t$　：引張のみを受けるボルトの許容引張応力（**表-5.65** の値）
$f_{ts}$　：引張とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力
ただし、$f_{ts} < f_t$（$\tau=4.4$ kN/cm$^2$ 以下の時は、$f_{ts}=f_t$ となる。）
4)　上表の引張許容応力は、ボルトのねじ谷径断面を評価してある。選定のための計算には、軸断面積（呼径による断面積）を用いてよい。ねじ谷径断面は軸断面の 75%とした。
5)　ねじ部にせん断力が作用する場合は、軸断面積を用いて**表-5.65** の $f_s$ の値に 0.75 を乗ずること。

② 基礎ボルトの引抜力

（i）短形配列の基礎ボルトの場合（例えば、横軸ポンプなど）

短形配列の基礎ボルトは直交 2 方向の外力に対して、以下により独立して検討し、引抜力の大きい方の条件を採用する。

$$R_b=\frac{F_H\cdot h_G-(W-F_V)\cdot \ell_G}{\ell\cdot n_t}\ \text{(kN)} \quad \cdots\cdots\cdots\

$W_0$ ： 機器の自重（kg）

$g$ ： 重力の加速度（9.8 m/s$^2$）

$F_{H3}$ ： 水平方向地震力（N） **式（5.39）**による。

$F_V$ ： 設計用鉛直力（kN）

$F_V = F_{V1} + F_{V2}$

$F_{V1}$ ： 鉛直方向動荷重（kN） 水平方向動荷重と通常は同じとする。

$F_{V2}$ ： 鉛直方向地震力（kN） **式（5.40）**による

$h_G$ ： 据付面より機器重心（$G$）までの高さ（cm）

$\ell$ ： 検討する方向からみたボルトスパン（cm）

$\ell_G$ ： 検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの距離
（ただし、$\ell_G < \ell/2$）（cm）

$n_t$ ： 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の基礎ボルト総本数
（**図-5.48** において、検討方向の片側に設けられた基礎ボルト本数）

$G$ ： 機器重心位置

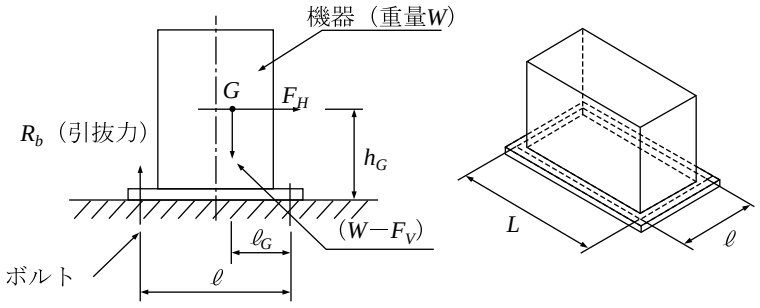



**図-5.48** 短形断面の場合の引抜力とせん断力

(ii) 円形配置の基礎ボルトの場合（例えば、立軸ポンプなど）

円周上に配置された基礎ボルトの引抜力については、モーメントの中立軸が円の中心を通るものとして、便宜的に**式（5.43）**により求めることができる。(**図-5.49**)

$$R_b = \frac{4}{n \cdot D} F_H \cdot h_G - \frac{W - F_V}{n} \quad \cdots\cdots (5.43)$$

ここに、$R_b$、$F_H$、$F_V$、$h_G$、$W$、$G$ は、(i) 項と同じ。

$D$：円形断面の基礎ボルトスパン（cm）

$n$：基礎ボルトの総数

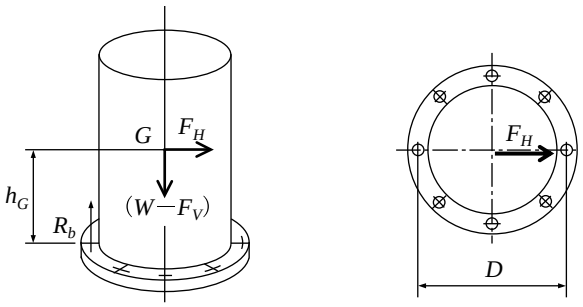



**図-5.49**　円形断面の場合の引抜力とせん断力

③　基礎ボルトのせん断力

基礎ボルトの総本数によってせん断力を負担するものとして、**式（5.44）**による。

$$\tau=\frac{F_H}{n\cdot A}\quad 又は\quad Q=\frac{F_H}{n} \qquad (5.44)$$

ここに、$\tau$：基礎ボルトに作用するせん断応力（kN/cm$^2$）

$Q$：基礎ボルトに作用するせん断力（kN）

$F_H$：設計用水平力（kN）

$A$：基礎ボルト１本当たりの軸断面積（呼径による断面積）（cm$^2$）

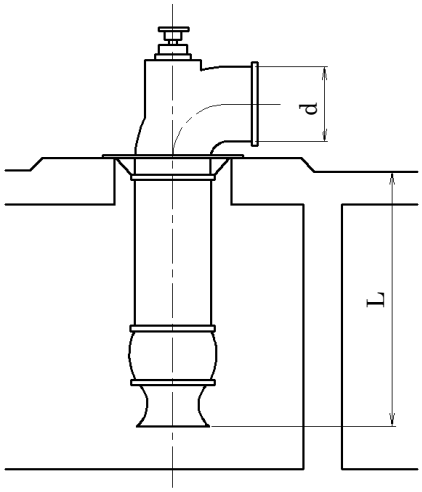
$n$：基礎ボルトの総数

⑸ 立軸ポンプの基礎ボルトの計算例

この計算例は箱抜き式の場合であり、基礎ボルトを鉄筋に溶接する場合、スラブ貫通式の場合等には、別途検討を要する。

① 計算例

主ポンプ形式 ： 1,500mm
Ⅰ型二床式立軸斜流ポンプ
主ポンプの長さ（$L$） ： 4,000mm
主ポンプの計画全揚程($H$) ： 5m
吐出し量 ： 300m$^3$/min
（吐出し口径（$d$） ： 1.5m）
基礎ボルト ： M36×16 本（仮定）
荷重分布 ： **図-5.50** 参照




② 重心位置（$G$）の設定

計算を簡単にするために、重心位置($G$)を吐出し中心と吸込管端までの距離(＝1,700＋4,000)の中央と仮定する。正確には、各々について計算する必要がある。

5,700÷2＝2,850

したがって、重心高さ $h_G$＝4,000－2,850＝1,150mm＝115cm

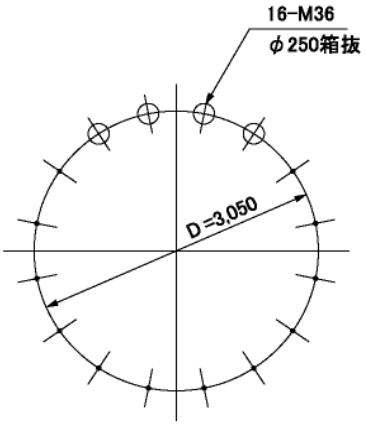
③ 水流による反力

吐出し水流による反力 $Fc$ は、計画全揚程 $H$ から吸込水面の高さ $h_W$ を引いた圧力が、吐出し口にかかることになるが、$h_W$ は運転状態によって変化するから、安全側として計画全揚程（$H$ ）そのものが吐出し口にかかるものとして計算する。

$$F_C = \frac{\pi}{4,000} d^2 \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

ここに、 $F_C$ ： 水流による反力（＝$F_H$ ）(kN)
$H$ ： 主ポンプの全揚程（m） $H$＝5
$d$ ： 吐出し口径（m） $d$＝1.5
$\rho$ ： 水の密度（kg/m$^3$） $\rho$＝1,000
$g$ ： 重力の加速度（m/s$^2$） $g$＝9.8

$$F_C = \frac{\pi}{4,000} \times 1.5^2 \times 5 \times 1,000 \times 9.80 = 86.55\text{kN}$$




注） 水流、吐出し圧力による反力（スラスト）は、配管レイアウト上で相殺する場合、または主配管の壁貫通部で支持する場合などは、考慮しない。

④　水平加振力

運転中の振動による水平加振力 $F_U$ は、垂直加振力の考え方から

$F_U = 0.4W_3'$

ここに、Ｉ型二床式

$W_3'$：立軸ポンプの床盤荷重（1.2 倍しないもの）

「13.4.1　**ポンプ荷重**」 **表-13.10** から　$W_3' = 327/1.2 = 272.5$kN

したがって、

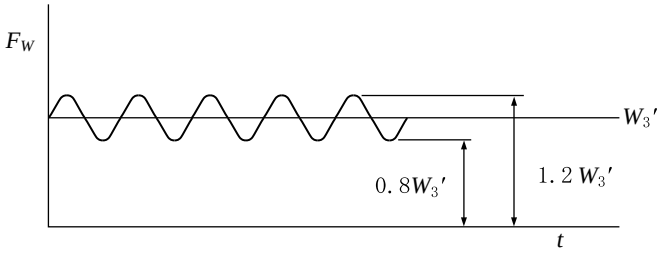
$F_U = 0.4 \times 272.5 = 109$kN

⑤　下向きの力

転倒モーメントの計算においては、下向きの力 $Fw$ は $W_3' \pm 0.2W_3'$ であると考えて、最小の値とする。

$F_W = 0.8 \cdot W_3'$

$= 0.8 \times 272.5 = 218$kN




⑥　設計用水平震度

設計用水平震度（$K_H$）は、**式（5.41）**より

$K_H = Z \cdot K_S$

ここに、

$K_S$　：設計用標準震度　主ポンプは地下１階に設置されているので、**表-5.64** より

$K_S = 0.4$

$Z$　：地域係数　$Z = 1.0$ とする（**図-13.42**（詳細**表-13.37** より）より）

$K_H = 1.0 \times 0.4 = 0.4$

⑦　設計用水平地震力

設計用水平地震力 $F_{H3}$ は、式（5.38）より

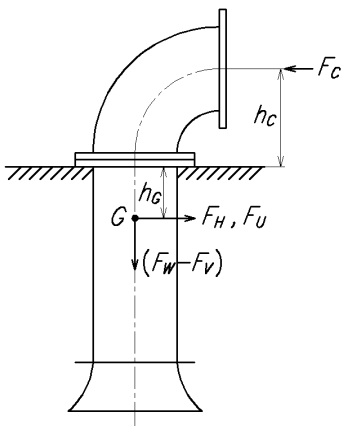
$F_H = K_H \cdot W_3' = 0.4 \times 272.5 = 109$ kN

⑧　設計用鉛直地震力

設計用鉛直地震力は、**式（5.40）**より

$$F_V = K_V \cdot W_3' = \frac{1}{2} K_H \cdot W_3$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.4 \times 272.5 = 54.5 \text{ kN}$$




注）$G$：重心位置

**図-5.50**　立軸ポンプの荷重分布（例）

⑨　荷重分布

以上の荷重分布を示すと、**図-5.50** のようになる。

⑩ 基礎ボルトの引抜力

**図-5.50** に示す基礎ボルトの引抜力 $R_b$ は、**式（5.43）**から**式（5.45）**が導かれる。

$$R_b=\frac{4}{n\cdot D}\left\{F_C\cdot h_C+(F_H+F_U)\cdot h_G\right\}-\frac{F_W-F_V}{n} \quad \cdots\cdots (5.45)$$

ここに、 （計算例各数値）

$R_b$ ：基礎ボルトの 1 本当りの引抜力 （kN）

$n$ ：基礎ボルトの総本数 （$n$ ＝16）

$D$ ：円形断面のボルトスパン （cm） （$D$ ＝305cm）

$F_C$ ：水流による反力 （kN） （$F_C$ ＝86.55kN）

$F_U$ ：水平加振力 （kN） （$F_U$ ＝109kN）

$F_W$ ：下向きの力 （kN） （$F_W$ ＝218kN）

$F_H$ ：水平地震力 （kN） （$F_H$ ＝109kN）

$F_V$ ：垂直地震力 （kN） （$F_V$ ＝54.5 kN）

$h_C$ ：**図-5.50** に示す寸法 （$h_C$ ＝170cm、**表-5.38** の $D$ 寸法）

$h_G$ ：**図-5.50** に示す寸法 （$h_G$ ＝115cm）

以上の計算例各数値を**式（5.44）**に代入し、基礎ボルトの引抜力（$R_b$）を求める。

$$R_b=\frac{4}{16\times 305}\{86.61\times 170+(109+109)\times 115\}-\frac{(218-54.5)}{16}$$

$$=22.399\ \text{kN/本}$$

⑪ 基礎ボルトのせん断力

**図-5.50** に示す基礎ボルトのせん断力（$Q$）は、**式（5.44）**から**式（5.46）**が導かれる。

$$Q=\frac{F_C+F_H+F_U}{n} \quad \cdots\cdots (5.46)$$

計算例各数値を**式（5.46）**に代入し、基礎ボルトのせん断力（$Q$）を求める。

$$Q=\frac{86.55+109+109}{16}=19.03\ \text{kN/本}$$

⑫ 基礎ボルトの短期許容引抜荷重

基礎ボルト（箱抜 L 形 M36、16 本）回りの寸法は、図のとおりとする。

基礎ボルト 1 本当たりの短期許容引抜荷重 $T_a$ は、

$T_a=\frac{F_{C1}}{80}\pi\cdot L\cdot W$（「建築設備耐震設計・施工指針」（(財)日本建築センター）を参照。）

ここに、

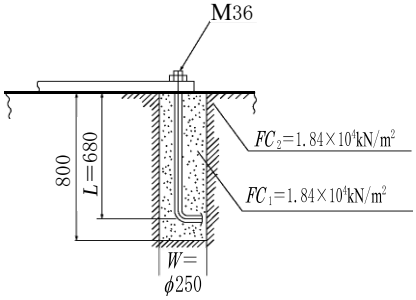
$T_a$ ：基礎ボルト 1 本当たりの短期許容引抜荷重（kN/本）

$F_{C1}$ ：充填モルタルの設計基準強度（kN/cm$^2$）

$F_{C1}$＝1.2 kN/cm$^2$（通常の場合）

$L$ ：基礎ボルトの埋込長さ（cm） $L$＝68

$W$ ：箱寸法（cm） $W$＝25




$T_a=\frac{1.2}{80}\times 3.14\times 68\times 25=80.07$ kN/本＞$R_b$＝22.399kN/本

したがって、$T_a>R_b$ につき安全側にある。

⑬　基礎ボルトの短期許容せん断力

せん断力（$Q$）については、**表-5.65** より、基礎ボルト（SS400、M36）の、短期せん断許容応力 $f_s$ は、

$f_s$＝10.1kN/cm$^2$

この場合、断面積は呼称面積でよいこととなっている。

基礎ボルト（M36）断面積 $A$ は、

$$A=\frac{\pi}{4}d_2{}^2=\frac{3.14}{4}\times3.6^2=10.174\ \text{cm}^2$$

ボルトの短期許容せん断力は、

$f_s \cdot A$＝10.1×10.174＝102.757 kN/本＞$Q$＝19.03 kN/本

したがって、安全側にある。

なお、引張りについては、基礎ボルト自体の許容応力にあることを確認する。

短期引張許容応力 $f_t$ は、

$f_t$＝17.6 kN/cm$^2$

この値は、ボルトのねじ谷径断面を考慮しており、計算には呼称断面積でよいこととなっている。

⑭　結論

引張とせん断を同時に受けることから、

$\sigma$≦（$f_t$ と $f_{ts}$ の小さい方）

ただし、$f_{ts}=1.4f_t-1.6\tau$ ・・・

⑹ 配電盤の基礎ボルトの計算例

配電盤の基礎ボルトは、「配電盤・制御盤の耐震設計指針」（JEM-TR144）に準じて設計するが、詳細については、「電気設備計画設計技術指針（高低圧編）」を参照すること。

なお、盤の箱体とベースとの締付ボルトの強度計算や、盤据付アンカーボルトを設ける場合は、埋込アンカー又はあと施工アンカーとし箱抜アンカーは採用しない等、製作・据付上の留意事項は、指針（JEM-TR144）に準じて検討すること。

① 計算例

| | |
|---|---|
| 配電盤形式 | ：屋内自立閉鎖型 |
| 基礎ボルト | ：M12×4本（仮定） |
| 荷重分布 | ：**図-5.51**参照 |
| 設置階 | ：1階（仮定） |
| 耐震クラス | ：A（仮定） |

② 設計用水平震度

設計用水平震度（$K_H$）は、**式（5.41）**より

$K_H = Z \cdot K_S$

ここに、

$K_S$ ：設計用標準震度　盤は1階に設置されているので、**表-5.64**より

$K_S = 0.6$

$Z$ ：地域係数　$Z = 1.0$　（指針（JEM-TR144）より、通常は1.0として設計する）

$K_H = 1.0 \times 0.6 = 0.6$

③ 設計用鉛直震度

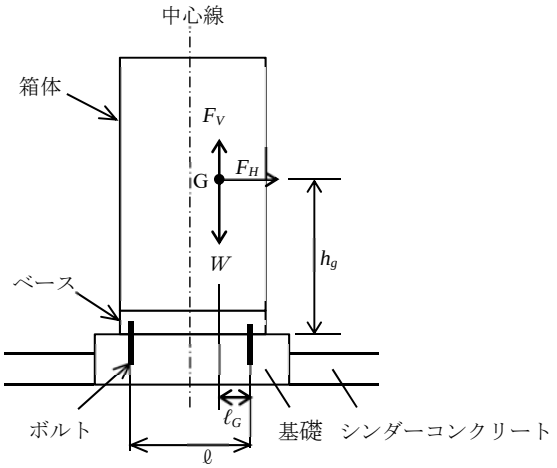
設計用鉛直震度（$K_V$）は、**式（5.48）**より

$K_V = (1/2) \cdot K_H$ ····· (5.48)

$K_V = (1/2) \times 0.6 = 0.3$

④ 荷重分布

以上の荷重分布を示すと、**図-5.51**のようになる。




注）G：重心位置

**図-5.51** 盤の荷重分布（例）

⑤　基礎ボルトの引抜力

**図-5.51** に示す基礎ボルトの引抜力 $R_b$ は、**式（5.49）**により求める。

$$R_b=\frac{F_H\cdot h_G-(W-F_V)\cdot \ell_G}{\ell\cdot n_1} \quad \cdots\cdots (5.49)$$

ここに、　（計算例各数値）

$R_b$　：基礎ボルトの 1 本当りの引抜力　（kN）

$W$　：盤の総重量　（kN）　（$W$ ＝5kN）

$n$　：基礎ボルトの総本数　（$n$ ＝4）

$n_1$　：基礎ボルトの片側本数　（$n_1$ ＝2）

$h_G$　：据付面から盤重心までの高さ　（cm）　（$h_G$ ＝100cm）

$\ell$　：検討する方向から見たアンカーボルトスパン　（cm）

　$\ell_1$：前後方向　（$\ell_1$ ＝30cm）

　$\ell_2$：左右方向　（$\ell_2$ ＝50cm）

$\ell_G$　：検討する方向から見たアンカーボルト中心から盤重心までの距離（cm）

　$\ell_{1G}$：前後方向　（$\ell_{1G}$ ＝15cm）

　$\ell_{2G}$：左右方向　（$\ell_{2G}$ ＝25cm）

$F_H$　：設計用水平地震力　（kN）（＝$K_H\cdot W$）　（$F_H$ ＝0.6×5 ＝3.0kN）

$F_V$　：設計用垂直地震力　（kN）（＝$K_V\cdot W$）　（$F_V$ ＝0.3×5 ＝1.5kN）

以上の計算例各数値を**式（5.49）**に代入し、基礎ボルトの引抜力（$R_b$）を求める。

（前後方向）　$R_{b1}=\dfrac{3.0\times100-(5-1.5)\times15}{30\times2}$ ＝4.125 kN/本

（左右方向）　$R_{b2}=\dfrac{3.0\times100-(5-1.5)\times25}{50\times2}$ ＝2.125 kN/本

⑥　基礎ボルトのせん断力

**図-5.51** に示す基礎ボルトのせん断力（$Q$）は、**式（5.44）**により求める。

$$Q=\frac{F_H}{n}$$

$$Q=\frac{3.0}{4}=0.75\ \text{kN/本}$$

⑦　基礎ボルトの短期許容引抜荷重

基礎ボルト（あと施工接着系アンカーボルト、M12）1 本当たりの短期許容引抜荷重 $T_a$ は、指針（JEM-TR144）より、以下に基づく。

・「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」（日本内燃力発電設備協会）

ボルトの短期許容引抜荷重は、

$T_a$＝9.20 kN/本＞$R_b$＝4.125kN/本　（$R_b$：$R_{b1}$、$R_{b2}$ の大きい方の値）

したがって、$T_a$＞$R_b$ につき安全側にある。

⑧ 基礎ボルトの短期許容せん断力

せん断力（$Q$）については、**表-5.65** より、基礎ボルト（SS400、M12）の、短期せん断許容応力 $f_s$ は、

$f_s$＝10.1kN/cm$^2$

この場合、断面積は呼称面積でよいこととなっている。

基礎ボルト（M12）断面積 $A$ は、

$$A=\frac{\pi}{4}d_2{}^2=\frac{3.14}{4}\times1.2^2=1.130\ \text{cm}^2$$

ボルトの短期許容せん断力は、

$f_s \cdot A$＝10.1×1.130＝11.413 kN/本＞$Q$＝0.75 kN/本

したがって、安全側にある。

なお、引張りについては、基礎ボルト自体の許容応力にあることを確認する。

短期引張許容応力 $f_t$ は、

$f_t$＝17.6 kN/cm$^2$

この値は、ボルトのねじ谷径断面を考慮しており、計算には呼称断面積でよいこととなっている。

⑨ 結論

引張とせん断を同時に受けることから、

$\sigma \leqq$（$f_t$ と $f_{ts}$ の小さい方）

ただし、$f_{ts}=1.4f_t-1.6\tau$ ・・・

# 第 6 章　主原動機の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-3〕

## 6.1　主原動機の選定

主原動機の選定は、基準9、運用9-3によるが、電動機と内燃機関の一般的な比較を**表-6.1**に示す。

**表-6.1**　電動機と内燃機関の比較

| 区分 | 電　動　機 | 内　燃　機　関 | |
|---|---|---|---|
| | | ディーゼル機関 | ガスタービン |
| 利点 | ①　送電所が近く、供給電圧が電動機要求電圧と合致する場合、イニシャルコストは少なくてすむ。<br>②　操作が簡単である。<br>③　構築物に対する荷重が少なく、振動の少ない円滑な運転が行われる。<br>④　保守管理が容易である。 | ①　停電時に操作が中断される心配がない。<br>②　運転頻度の少ない機場においては電力料金（特に基本料金）の節約ができる。 | ①　冷却水が不要である。<br>②　運転頻度の少ない機場においては電力料金（特に基本料金）の節約ができる。<br>③　振動の少ない円滑な運転ができる。 |
| 欠点 | ①　買電の場合、受電経路の断絶、発電所、変電所等の事故があった場合、ポンプ自体の能力をはなはだしく減退させる。<br>②　買電の場合、運転頻度の少ないものに対しては契約電力(特に基本料金)の関係上ランニングコストが大きくなる。 | ①　構築物に対する荷重が大きい。<br>②　休止期間中にも、定期的に保守運転を行う必要がある。<br>③　保守管理が面倒であるが、保守点検・整備は殆ど現地で実施可能である。<br>④　制御用直流電源が必要である。 | ①　出力別機種が少ない。<br>②　排気用ダクトが大きく、そのスペースが必要である。<br>③　燃料消費率が大きい。<br>④　休止期間中にも、定期的に保守運転を行う必要がある。<br>⑤　主要な点検・整備は工場に持ち込む必要があり、保守管理が比較的面倒である。<br>⑥　制御用直流電源が必要である。 |

主原動機の選定においては、ポンプ場の立地条件、主ポンプの運転状況、信頼性、管理費等の条件を勘案し、比較検討の上で最も経済的な方式を選定する。なお、電源の故障に備え、電動機と内燃機関を併用することも考慮する必要がある。

### 6.1.1　主原動機の種類

#### 6.1.1.1　主ポンプ用電動機

電動機の概要及び一般的な機能等を示す。

設計に当たっては「電気設備計画設計技術指針(高低圧編)」を参照のこと。

電動機の種類を大別すれば、三相誘導電動機、同期電動機、直流電動機、交流整流子電動機となり、これらの電動機のうちで主ポンプ駆動用電動機としては、三相誘導電動機は構造が簡単、取扱いが容易、価格が安価等の利点から最も多く用いられている。三相誘導電動機の中にはかご形誘導電動機と巻線形誘導電動機がある。かご形誘導電動機は小容量から大容量まで広く適用されているが、大容量になると、始動電流の関係から巻線形誘導電動機も多く使用されており、詳細は電力会社との協議により決定する。

なお、かご形誘導電動機と巻線形誘導電動機の一般的な比較を、**表-6.2**に示す。

**表-6.2** かご形誘導電動機と巻線形誘導電動機の比較

| | かご形誘導電動機 | | 巻線形誘導電動機 |
|---|---|---|---|
| | トップランナーモータ | 標準型 | |
| 構　造 | 簡単、堅牢である。 | | やや複雑である。 |
| 保　守 | 故障少なく、簡単である。 | | スリップリング、ブラシがあり、やや複雑である。 |
| 始動電流 | 大（600～900〔%〕） | 大（500～800〔%〕） | 小（100～150〔%〕） |
| 始動トルク | 70～150〔%〕 | | 100～150〔%〕 |
| 始動方式 | 直入れ又は減電圧始動 | | 二次抵抗始動注) |
| 回転速度制御方式 | インバータ制御（VVVF） | | 制御用抵抗器注) 又は静止セルビウス |
| 適　用 | ① 構造簡単、保守簡単、安価などの点から小容量から大容量まで広く適用されている。<br>② トップランナーモータは、 JIS C4213 における、極数が 2P～6P、出力が 0.75kW～375kW の低圧電動機が対象となる。 | | ① 始動電流を制限する必要のある場合。<br>② 回転速度制御を制御用抵抗器又は静止セルビウスで行う場合。<br>③ はずみ車効果（$GD^2$）の大きい負荷、始動頻度が高くかご形では対応できない負荷の場合。 |

注） 電動機の始動方式及び回転速度制御方式の抵抗器には金属抵抗器と液体抵抗器がある。回転速度制御方式の抵抗器は、無段階での制御が可能であることと発熱量を抑えきれることから、一般的には液体抵抗器が使用される。

⑴ 電動機の選定

電動機の選定に当たっては、次の事項を検討する必要がある。

① 負荷から要求される特性や保守の難易性等に対し適しているか。

② 電源容量との関係で始動方式は妥当であるか。電圧降下は発生しないか。

③ 電動機容量に対する電圧は、製作適用範囲、経済性等に対し妥当であるか。

④ 保護方式、冷却方式が使用環境に適合しているか。

⑵ 電動機の保護・冷却方式

三相誘導電動機の保護・冷却方式は、開放防滴保護形、全閉外扇形、全閉内冷形等がある。

詳細は、JIS C 4034 に記載されているが、各方式の特徴はおおむね次のとおりである。

① 開放防滴保護形は、外気が内部に侵入するため、塵芥やほこりが少なく、湿度が低く、換気しやすい場所で使用される。ただし、騒音規制の厳しい場所や塩害のひどい地域には不向きである。

② 全閉外扇形は、電動機本体外部の換気扇で自己冷却するもので、小容量から中・大容量まで幅広い容量の電動機で用いられている。

③ 全閉内冷形は、外部からの供給水によって強制冷却するもので、音が小さく換気対策も容易である。一般には大容量の電動機で使われている。

なお、かご形電動機では、全閉外扇形を標準とすることが増えている。

(3)　電動機の始動方式

電動機の始動方式を、**表-6.3**に示す。

**表-6.3**　電動機の始動方式

| 始動方式 | | | 端子電圧 / 電源電圧 | 始動トルク / 全電圧始動トルク | 始動電流 / 全電圧始動電流 |
|---|---|---|---|---|---|
| かご形誘導電動機 | 直入れ（全電圧始動） | | 1.0 | 1.0（70～150%） | 1.0（500～900%） |
| | 減電圧始動 | 人－Δ 始動 | | | |
| | | オープン回路 | 0.577（＝1/√3） | 0.333 | 0.667 |
| | | クローズド回路 | 0.577（＝1/√3） | 0.333 | 0.333 |
| | | リアクトル始動 | | | |
| | | 80% タップ | 0.80 | 0.64 | 0.80 |
| | | 65% タップ | 0.65 | 0.42 | 0.65 |
| | | 50% タップ | 0.50 | 0.25 | 0.50 |
| | | コンドルファ始動 | | | |
| | | 80% タップ | 0.80 | 0.64 | 0.64 |
| | | 65% タップ | 0.65 | 0.42 | 0.42 |
| | | 50% タップ | 0.50 | 0.25 | 0.25 |
| | | 特殊コンドルファ始動 50%→70% 2 段タップ | 0.5→0.7 | (0.25)→0.49 | 0.25（発電機）<br>0.49（商用電源） |
| | VVVF 始動 | | － | 1.0 | 0.167 |
| 巻線形誘導電動機 | 二次抵抗始動 | | 1.0 | 1.0 | 定格電流の 100%～150% |

注 1)　本表の数値は、直入れ（全電圧始動）を 1.0 としたときの他の始動方式について比率で表している。
2)　かご形誘導電動機の直入れ始動の場合の始動トルクは定格値の 70～150%、始動電流は定格値の 500～900%である。トップランナーモータの場合は、これらの確認が必要である。
3)　タップ値はメーカー参考値である。
4)　特殊コンドルファ始動は、発電機の過渡時最大電圧降下による出力を低減させる目的で用いる始動方式で、初期始動用 50%タップで始動し、加速用 70%タップに自動昇圧する。始動トルクは比率 0.49 と考えて良いが、始動電流は、発電機の容量を決める際には 0.25、商用電源の変圧器容量を決める際には 0.49 と考える必要がある。(一般社団法人日本内燃力発電設備協会 NEGA C201)

(4)　トップランナーモータ

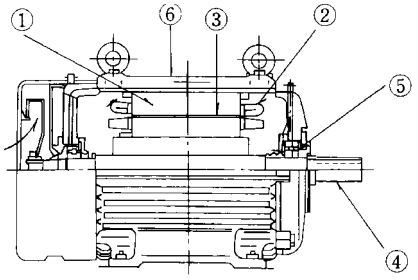
三相誘導電動機は、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（昭和 54 年 6 月 22 日法律第 49 号)」に基づくトップランナー制度の対象機器として、平成 27 年 4 月から、電動機製造事業者等が加重平均で電動機効率の目標基準値を達成したものを出荷することが義務付けられている。適用範囲は「JIS C4213　低圧三相かご形誘導電動機－低圧トップランナーモータ」による。

この目標基準値に適合する「トップランナーモータ」は、始動電流が 600%～900%と標準電動機の 500%～800%と比べて大きくなるので、電気設備のシステムとしての保護協調（ブレーカー容量・電圧降下・フリッカー、力率値等の再確認）が必要である。また、トップランナーモータは標準電動機に比べて回転速度及び電動機寸法が大きくなるので、既設の電動機のみを更新する場合には、ポンプ軸動力の増大を考慮したインペラ外径の修正、電動機寸法を考慮した共通ベース・軸継手の取替について検討する必要がある。

〔参　考〕

1．電動機の種類と特徴

⑴　かご形誘導電動機




| 番 号 | 名　　称 |
|---|---|
| 1 | 固 定 子 鉄 心 |
| 2 | 固 定 子 巻 線 |
| 3 | 回 転 子 鉄 心 |
| 4 | 軸 |
| 5 | 軸　　受 |
| 6 | 固 定 子 枠 |

①　構造が簡単、堅牢で取扱いが容易で、しかも安価であるので小容量から大容量まで最も多く用いられる。

②　保守が簡単である。

③　始動時の損失が電動機内部にすべて発生するので、はずみ車効果の大きい負荷や高頻度始動の用途には回転子の熱容量を大きくすることが必要である。

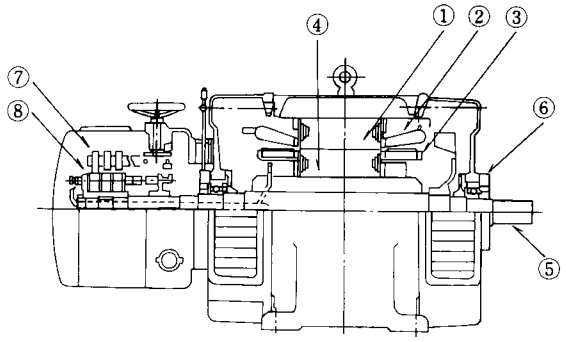
④　始動電流が大きい（定格の 5～9 倍）ので、電圧降下が電磁接触器の離落あるいは外の機器に対して悪影響を与えるので始動方式等の検討を要する。

⑤　始動トルクが巻線形に比べて小さい。

⑥　回転速度制御方式には各種の方式があるが、インバータ制御（VVVF）が多く用いられる。

⑦　低負荷では力率が低いが、コンデンサを入れることにより改善できる。

⑵　巻線形誘導電動機




| 番 号 | 名　　称 |
|---|---|
| 1 | 固 定 子 鉄 心 |
| 2 | 固 定 子 巻 線 |
| 3 | 回 転 子 巻 線 |
| 4 | 回 転 子 鉄 心 |
| 5 | 軸 |
| 6 | 軸　　受 |
| 7 | ブラシ及び保持器 |
| 8 | スリップリング |

①　始動電流を制限する必要のある場合、回転速度制御を制御用抵抗器又は静止セルビウス等の回転速度制御装置で行う場合、及びはずみ車効果（$GD^2$）の大きい負荷、始動頻度が高くかご形誘導電動機では対応できない負荷を運転する場合等に用いられる。

②　電動機の外部に始動抵抗器を接続し始動電流を制限（一般に定格電流の 100%～150%）することができる。

③　回転速度制御を行う場合、外部に回転速度制御用抵抗器を接続し、簡単に回転速度制御ができる。この場合、抵抗器で発生する損失はすべて熱となり、効率の低下につながる。

④　効率よく回転速度制御する場合は、静止セルビウス方式が適している。
⑤　始動完了後二次短絡運転を行う場合は、二次短絡及びブラシ引上装置（手動及び電動）をもつブラシ引上装置付と、回転速度制御のため常時スリップリングとブラシが接続して運転するブラシ引上装置なしの 2 種類がある。
⑥　ブラシ引上装置なしで二次巻線を短絡して運転する場合は、外部回路で電磁接触器を用いて短絡する。
⑦　スリップリング、ブラシがあり、保守が必要。

2. 回転速度制御方式と特徴

回転速度制御方式には各種の方式があるが、現在多く用いられている回転速度制御方式と特徴を、**表-6.4** に示す。

**表-6.4**　回転速度制御方式

| 回転速度制御方式 | 二次抵抗制御 | インバータ制御 | 静止セルビウス制御 |
|---|---|---|---|
| 主電動機 | 巻線形誘導電動機 | かご形誘導電動機 | 巻線形誘導電動機 |
| 制御方法 | ①　巻線形誘導電動機の二次抵抗値を調整して回転速度制御する。<br>②　二次抵抗器には制御をスムーズにするため液体抵抗器を用いる。<br>③　操作方式は遠方及び自動制御を行う関係上、電動操作とする。（切替で手動が可能） | 順逆変換共等価正弦 PWM 制御にて出力電圧、周波数を可変する。 | ①　サイリスタインバータの点弧角を調整して直流電圧を制御し回転速度制御する。<br>②　二次出力をサイリスタインバータにより電源周波数の交流に変換する。 |
| 出力範囲 | 実用的には 75kW 程度以上である。 | 特に制限はない。 | 特に制限はない。 |
| 回転速度制御範囲 | 60～100%<br>（100%時＝約 0.94 同期速度） | 10～100%<br>（100%時＝約 0.95 同期速度） | 50～100%<br>（100%時＝約 0.95 同期速度） |
| 特　　徴 | ①　電動機の保守が面倒である。<br>②　設置スペースは小さい。<br>③　設置が簡単で手軽に使用できる。<br>④　二次電力をすべて二次抵抗で熱として放出するので効率が悪い。<br>⑤　金属抵抗器では無段階制御ができないので、採用に当たっては注意が必要である。<br>⑥　液体抵抗器は温度によって二次抵抗が変わるので、十分な冷却が必要である。 | ①　電動機の保守が容易である。<br>②　設置スペースは静止セルビウスより小さい。<br>③　商用電源周波数に関係なく広範囲の無段階回転速度制御ができる。<br>④　全回転速度領域で高効率の運転ができる。<br>⑤　1 次電源側への高調波の影響が有るので対策が必要である。 | ①　電動機の保守が面倒である。<br>②　設置スペースが大きい。<br>③　無段階回転速度制御ができる。<br>④　高精度の回転速度制御ができる。<br>⑤　全回転速度領域で高効率である。<br>⑥　力率が悪い。<br>⑦　回転速度範囲が狭くなるにつれて装置は小形となる。<br>⑧　1 次電源側への高調波の影響があるので対策が必要である。 |

注）1)　回転速度制御範囲において「100%時＝約 0.94 同期速度」等の意味は、100%の場合においても電動機同期速度に対して約 94%の回転速度であることを示す。なお、原動機回転速度の制御範囲は、ポンプ吐出量の制御範囲とは異なるので注意すること。

3．高調波対策

電動機の回転速度制御方式としてインバータ制御や静止セルビウス制御を採用する場合は、高調波が発生して系統に接続された各機器に悪影響を及ぼすことがあるため、十分な対策が必要である。

1）高調波対策に関する指針等

高圧需要設備に関しては、「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン（経済産業省）」に具体的な規制値が示されており、発生次数毎に所定のレベルまで高調波を抑制することが要求されている。

低圧需要設備や自家発電設備を電源とする設備では、このような具体的規制はない。（電気・電子機器（家電・汎用品）に適用される「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン（経済産業省）」においても、低圧需要設備における具体的な許容レベルは定められていない。）

2）高調波による影響

高調波による影響として、次のようなものがある。

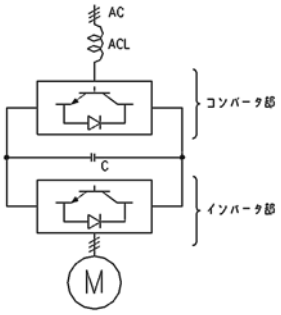
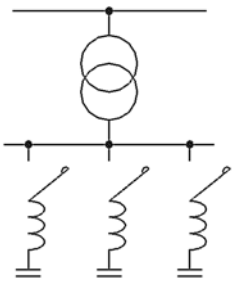
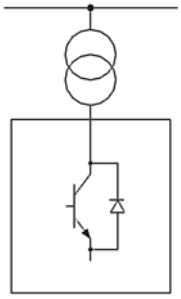
・電力コンデンサの過熱・劣化・振動
・電動機巻線の過熱・絶縁破壊
・変圧器の過熱・磁気歪振動・効率低下
・許容等価逆相容量（PG4）による発電機定格の増大（PG4 の求め方については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）参照。）

3）代表的な対策方法

高調波対策の代表的な方法と特長を**表-6.5** に示す。

高調波抑制対策機器は製作コスト、設置コスト、運用コストともに高くなる場合が多いので、回転速度制御方式の適用を検討する際には高調波対策に係る費用も考慮する必要がある。

**表-6.5** 代表的な高調波対策方法

| | 発生器側での対策 | フィルタによる対策 | |
|---|---|---|---|
| | PWM 等価正弦波制御方式の VVVF 装置 | LC フィルタ | アクティブフィルタ |
| 回路構成 |  |  |  |
| 高調波抑制効果 | 優れている | 劣る | 並 |
| 単独で使用する場合の発電機定格 | PG1 | PG4 | PG1 |
| 構成 | 発生毎に 1 台必要 | 発生源毎に 1 式（次数毎）必要 | 主幹電源に対し 1 台必要 |
| 1 台当たりの価格 | 並 | 安価 | 高価 |
| 適用 | 発生源の数が少ない場合に経済的 | 単独で用いられることは少ない | 発生源の数が多い場合に経済的 |

### 6.1.2　主ポンプ用内燃機関

内燃機関としては、**図-6.1** のように、ディーゼル機関とガスタービンに分類される。

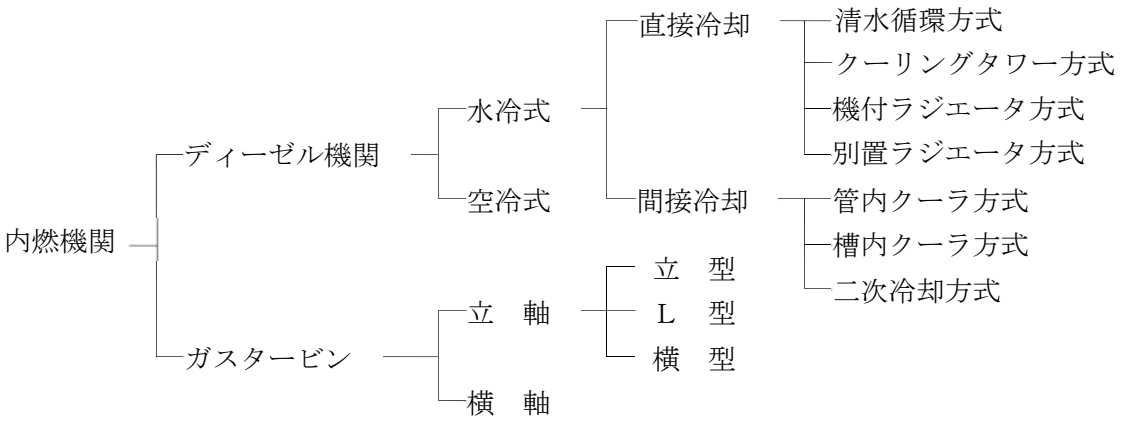



**図-6.1**　内燃機関の分類

主ポンプ駆動用としては、保守管理性、信頼性の面で実績の多いディーゼル機関が一般に使用されるが、機関出力、設置スペース、経済性やポンプ場付近の環境基準等によっては、ガスタービンが使用されることもある。

ディーゼル機関は水冷式と空冷式に大別される。空冷式（出力 270 kW 程度まで)、機付ラジエータ方式（出力 400 kW 程度まで）は給水系統設備の簡素化が可能となる。出力が 400 kW を超える場合には、給水系統設備の簡素化が見込めないが、節水に効果のある方式として、別置ラジエータ方式、管内クーラ方式、槽内クーラ方式、クーリングタワー方式がある。

内燃機関の選定に当たっては、機能、信頼性、補機設備・減速機・土木、建築費等を含めた経済性、保守管理性等の面より総合的に検討する必要がある。

ディーゼル機関とガスタービンの比較を、**表-6.6** に示す。

**表-6.6** ディーゼル機関とガスタービンの比較

| 項目＼内燃機関の種類 | ディーゼル機関 | ガスタービン |
|---|---|---|
| 補機設備 | ① 冷却に関連した各種補機設備が必要である。<br>② ガスタービンに比べ関連する補機設備が多い。<br>③ 始動装置（空気槽、直流電源装置等）容量が小さい。 | ① 冷却水が不要となることにより、補機設備が簡素化される。<br>② 燃料貯油槽の容量がディーゼル機関に比べ大となる。(燃料消費率が大きい)<br>③ 始動装置（空気槽、直流電源装置等）容量が大きい。 |
| 始動性・操作性 | ① 関連する補機設備が多く、操作はやや複雑である。<br>② ねじり振動の制約より回転速度制御時には注意を要する。<br>③ 高過給機の場合、始動トルクが出力に比し小さくなることがあるので注意を要する。 | ① ディーゼル機関に比べ始動性が良い。<br>② 制御は複雑であるが、ディーゼル機関に比べて操作は簡単である。 |
| 建屋・基礎 | 本体荷重及び動荷重が大きいのでそれに見合う強固な土木基礎が必要である。 | ① 機器荷重及び動荷重が小さい。<br>② ディーゼル機関に比べ排気量、発生熱量が大となるので、大きな排気消音器、ダクトのスペースと大型の換気設備を考慮する必要がある。 |
| 振動・騒音 | ① 往復動内燃機関のため振動や騒音が大きい。<br>② 周囲の環境によっては建屋側での十分な考慮が必要となる。(空冷式の騒音はパッケージ化により比較的容易に対応できる) | ① 回転機械なので振動は小さい。<br>② 本体発生音は大きいが高周波音域であるためパッケージ化により比較的容易に対応できる。 |
| 燃料・排気ガス | ① A 重油<br>② ガスタービンに比べ NOx 値が高い。<br>③ 排気温度はガスタービンより低い。 | ① 灯油、軽油、A 重油が可能であるが、維持管理や環境を考慮して選定する。<br>② ディーゼル機関に比べ NOx･SOx やばい塵量の低減が図れる。<br>③ 排気ガス量はディーゼル機関より多い。 |
| 保守管理性 | ① 点検個所はガスタービンより多いが、点検整備はほとんど現地で可能である。(水冷式)<br>点検整備は専門業者による対応となる(空冷式)。<br>② 寒冷地では凍結防止等の対策が必要である。<br>③ 無負荷運転は短時間しかできない。 | ① 構造が簡単なため、部品点数も少なく点検個所も少ないが、主要部の分解整備時は工場へ持込む必要がある。<br>② 通常の日点検、月点検では点検する箇所は少ない。<br>③ 軽負荷運転が可能である。 |
| 危機対応 | ① 専門業者による緊急修繕対応が可能である。(水冷式)<br>製造業者以外の緊急修繕が困難である（空冷式)。<br>② 老朽化でなければ安定した部品供給が可能である。(水冷式)<br>国内で調達できない部品もあり、緊急時の部品供給が困難である（空冷式)。 | ① 製造業者以外の緊急修繕対応が困難である。<br>② 国内で調達できない部品を使用した機種があり、緊急時の部品供給が困難である。 |

〔参　考〕

1．空冷ディーゼル機関

空冷ディーゼル機関は、冷却水は不要で、ブロワで送られる空気により、エンジンを直接冷却するもので概念図を、**図-6.2** に示す。

なお、空冷ディーゼル機関は出力 270kW 程度までである。

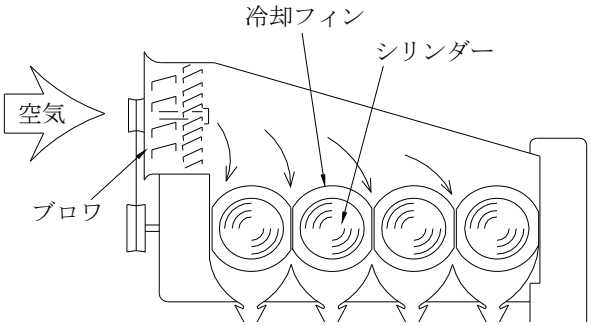



**図-6.2**　直接冷却の概念図

2．ガスタービンの分類

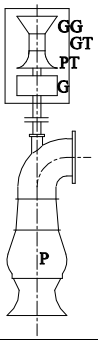
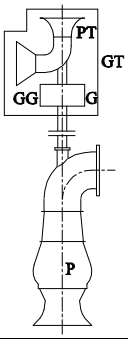
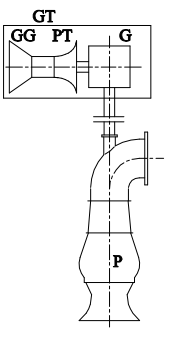
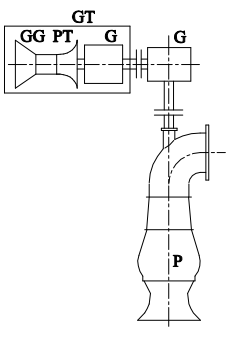
ガスタービンは出力軸の方向により立軸、横軸に分類され、立軸はさらに立型、Ｌ型、横型に区分される。

ガスタービンの分類を**表-6.7** に、概念図を**表-6.8** に示す。

**表-6.7**　ガスタービンの分類

| ガスタービンの形式 | 原動機としての出力軸方向 | ガスタービンの種類 | 軸の構成と方向 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ガス発生機 | 出力タービン |
| 立軸ガスタービン | 立方向 | 立型ガスタービン | 立方向 | 立方向 |
| | | Ｌ型ガスタービン | 横方向 | 立方向 |
| | | 横型ガスタービン | 横方向 | 横方向 |
| 横軸ガスタービン | 横方向 | 横型ガスタービン | 横方向 | 横方向 |

**表-6.8**　ガスタービンの概念図

| 立軸ガスタービン | | | 横軸ガスタービン |
|---|---|---|---|
| 立型ガスタービン | Ｌ型ガスタービン | 横型ガスタービン | 横型ガスタービン |
|  |  |  |  |



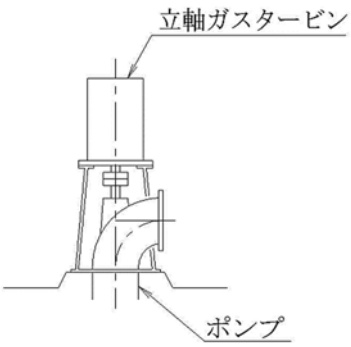
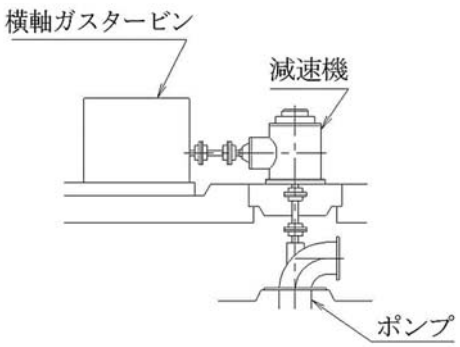
注 1)　GT:ガスタービン（GG：ガス発生機、PT：出力タービン）　G：減速機　P：ポンプ

2)　大出力ガスタービンに関しては減速機を内蔵しない場合もある。

立軸ガスタービンは、横軸ガスタービンに比べ設備の設置面積を小さくすることができるが、ガスタービン本体の比較だけでなく、設置高さ、給排気ダクトの配置、保守管理性や土木・建築費の経済性等を検討し、形式を選定する。

立軸ガスタービンと横軸ガスタービンの比較を、**表-6.9** に示す。

**表-6.9** 立軸ガスタービンと横軸ガスタービンの比較

| 形　　式 | 立軸ガスタービン | 横軸ガスタービン |
|---|---|---|
| 機器構成 |  |  |
| 設置面積 | 極小 | 小 |
| 高　　さ | 高い | 低い |
| 減 速 機 | 内蔵 | 別置 |
| 保 守 性 | 一床式の場合、パッケージ廻りに点検歩廊が必要 | 床面からの保守が可能 |

3．ディーゼル機関の冷却方式

水冷ディーゼル機関の冷却方式の比較を**表-6.10** に示す。

**表-6.10**　水冷ディーゼル機関冷却方式の比較

| 項　目 | 冷却方式 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 機付ラジエータ | 別置ラジエータ | 管内クーラ、槽内クーラ | クーリングタワー |
| 適用単機出力 | 400kW 以下 | 2000kW 以下 | 2000kW 以下 | 2000kW 以下 |
| 系統機器区分 | 直属系統機器 | 直属系統機器 | 管内クーラは直属系統機器 | 共通系統機器（予備機設置） |
| 冷却水 | 機関内不凍液のみで、定期的に補充する | 不凍液の温度が高いため、開放型の調圧水槽を設置して、配管等の熱膨張対策としているため、蒸発分を補充する。 | 蒸発等による消費が最も少ない | 蒸発と飛散で冷却水量の 3%程度を見込む |
| 冷却水ポンプ | 機付ポンプ | 機付ポンプ（揚程が不足する場合は電動ポンプを設置） | 機付ポンプ（揚程が不足する場合は電動ポンプを設置） | 機付きポンプ(電動ポンプが必要になるケースが多い) |
| ファン動力 | 機関本体取出し | 電動ファン | 不要 | 電動ファン |
| 二次冷却方式からの改造の留意点 | ダクト設置スペース<br>室内の換気風量 | 屋外の設置スペース<br>騒音対策 | 主配管、水槽内の設置スペース、搬出入方法 | 屋外の設置スペース<br>対策騒音 |

注 1）適用単機出力が 2000kW を超える場合は、二次冷却方式の採用を検討する。

2）二次冷却方式から改造する場合は、設置スペース、騒音、換気風量等に留意する。

4．内燃機関の付属装置

⑴　始動装置

ディーゼル機関の始動方式は、分配弁方式、エアモータによる方式及びセルモータによる方式がある。

分配弁方式は、着火前でも比較的大きい始動トルクが発生し、従来は中・大型機関に採用されてポンプの直結始動が可能なものもあったが、近年は高過給化により始動トルクが小さくなる傾向にあるため、クラッチ付の要否を検討する必要がある。

エアモータ方式やセルモータ方式は、始動トルクが小さいため、クラッチ等（遠心クラッチ、油圧クラッチ、流体継手）を設置して無負荷始動とする必要がある。

また更新する場合は、機種により回転方向が固定化されているため、注意が必要である。

ガスタービンの始動方式は、セルモータによる方式とエアモータによる方式があるが、後者は、空気槽の容量がディーゼル機関の場合に比べて5～6倍程度大きいものを必要とするので、前者を採用しているのが一般的である。

ガスタービンの軸形式は一軸式と二軸式に分けられるが、一軸式にはクラッチを設ける必要がある。

⑵ 排気装置

内燃機関から発生する騒音には、排気管から大気中に放出される排気音と、機関の運動部分の振動や燃焼音等によって生ずる機関自体の機械音とがある。これらの騒音は、騒音規制法等により規制される。

ポンプ場における騒音対策は主として排気音であり、これを減衰させる有効な方法は、排気系統中に消音器を設備することである。消音器には低周波音に効果のある容積型、高周波音に効果のある吸音型に分けられるが、消音量に応じて使い分けることが望ましい。特に消音量が大きいときは、容積型と吸音型を直列に組合せると有効である。

また、ポンプ場における主ポンプ及び自家用発電機の駆動用原動機として用いる内燃機関は、大気汚染防止法に基づき、「ばい煙発生施設の設置の届出」等の規定を遵守する必要がある。

（大気汚染防止法の対象となるばい煙発生施設：燃料消費量 50L/h 以上の内燃機関が該当）

⑶ 寒冷地における留意事項

ディーゼル機関の性能を十分発揮させるためには、機関の冷却水温度は適切な高さに保つ必要がある。冷却水温度が極端に低い場合、機関が過冷却状態となり機関の始動性に影響するほか、過冷却状態が長く続くと、クランク室内の結露により潤滑油が劣化し機関を損傷する可能性もある。

寒冷地における留意事項には次のようなものがあるが、室温・水温等により十分検討して選定する必要がある。

① 機関の吸気管やジャケットに赤外線ランプ等を使用して照射する。

② 機関のジャケットを保温するため温水循環（ヒータ＋温水循環ポンプ）とする。

③ 冷却水槽にヒータを取付け、機関及び潤滑油槽内にその温水を通す温水循環とする。

⑷ 初期潤滑油ポンプ

一般に水冷のディーゼル機関では、機関の始動前に潤滑油を行き渡らせるための初期潤滑油ポンプが必要となる。（機種により不用となる場合があるので確認が必要。）

なお、空冷ディーゼル機関は、潤滑油管路が短く非常に短時間で油圧が立ち上がるため、初期潤滑油ポンプが不要である。

初期潤滑油ポンプの電動機容量（目安）を、**表-6.11** に示す。

**表-6.11** ディーゼル機関の初期潤滑油ポンプ電動機容量（目安）

| 機関出力（kW） | 電動機容量（kW） |
|---|---|
| ～ 300 | 0.4 ～ 0.75 |
| 300 ～ 600 | 0.75 ～ 1.5 |
| 600 ～ 900 | 1.5 ～ 2.2 |
| 900 ～ 2000 | 1.5 ～ 3.7 |

## 6.2　主原動機の回転速度及び出力

### 6.2.1　主原動機の回転速度

#### 6.2.1.1　電動機の回転速度

電動機の回転速度は、基準の運用「**9.3　主原動機の設計**」に記述のとおり、動力伝達装置を考慮する場合は減速比を加味し回転速度を決めるが、主ポンプと直結する電動機の回転速度は、下記の条件を満足するように決める。

$N_m \leqq N$

ここに、$N_m$：電動機実回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）

誘導電動機回転速度＝同期速度－スリップ

同期電動機回転速度＝同期速度

$$\text{同期速度} = \frac{120 \times \text{電源周波数}}{\text{極数}}$$

$N$　：「**5.5.3　主ポンプの据付高さと回転速度**」により求められた主ポンプの回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）

誘導電動機実回転速度の参考を、**表-6.12** に示す。

**表-6.12**　誘導電動機実回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）

| 極数 | 50Hz | 60Hz |
|---|---|---|
| 4 | 1,450（1,465） | 1,750（1,765） |
| 6 | 970（985） | 1,160（1,175） |
| 8 | 730 | 880 |
| 10 | 580 | 700 |
| 12 | 485 | 580 |
| 14 | 415 | 500 |
| 16 | 360 | 435 |
| 18 | 325 | 390 |
| 20 | 290 | 350 |

注）　上表の実回転速度は誘導電動機のスリップを約 3%程度見込んで決定したものであり、（　）書きはトップランナーモータの値である。この値は誘導電動機の特性により多少変化する。

#### 6.2.1.2　内燃機関の回転速度

内燃機関の回転速度はポンプ室床版荷重、ポンプ室スペース、減速機の減速比、騒音、振動、回転不整率、動力伝達系の危険速度、クラッチの容量等に直接、間接に影響するので、経済性の点も含めて、**表-6.13** に示す範囲で十分検討して決定する。

**表-6.13**　内燃機関の回転速度

| 内燃機関の種類 | | 定　格　出　力 | 定格回転速度 |
|---|---|---|---|
| ディーゼル機関 | | 588kW 以下 | 1,800$\mathrm{min}^{-1}$以下 |
| | | 588kW 超～1,397kW 以下 | 1,200$\mathrm{min}^{-1}$以下 |
| | | 1,397kW 超 | 1,000$\mathrm{min}^{-1}$以下 |
| ガスタービン | 立軸 | 3,000kW 以下 | ポンプ回転速度 |
| | 横軸 | 3,000kW 以下 | 1,800$\mathrm{min}^{-1}$以下 |

注 1）　1,800$\mathrm{min}^{-1}$の高速ディーゼル機関の場合、クラッチがないと始動できないものがあるので注意する必要がある。
2）　3,000kW 超のガスタービンの定格回転速度は、個別に検討する。

### 6.2.2 主原動機の出力

主原動機の出力は、**式（6.1）**により算出される。

$$P=\frac{\rho\cdot g\cdot Q\cdot H}{60\times 1,000\cdot \eta_p\cdot \eta_g}\cdot(1+R)=\frac{0.163\cdot Q\cdot H}{\eta_p\cdot \eta_g}\cdot(1+R)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\quad(6.1)$$

ここに、$P$ ：主原動機の出力（kW）

$\rho$ ：密度（水の単位体積当り質量)、常温清水の場合は 1,000（kg/m$^3$）

$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

$Q$ ：主ポンプの吐出し量（m$^3$/min）

$H$ ：主ポンプの全揚程（m）

$\eta_p$ ：主ポンプの効率（**表-6.14～表-6.23** による）

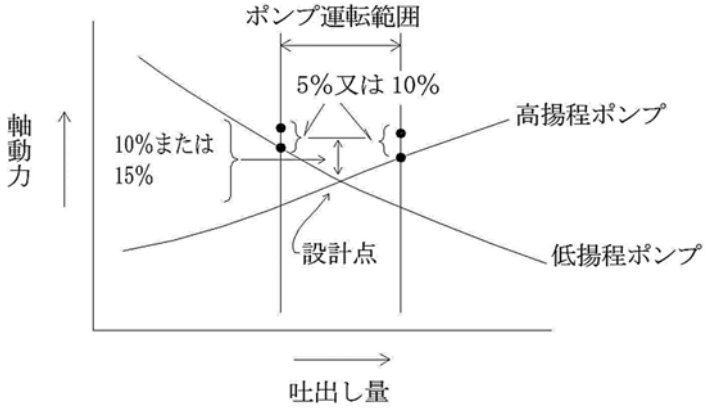
$\eta_g$ ：減速機伝達効率（**表-6.24** による）

$R$ ：主原動機の余裕係数（%）$\times\frac{1}{100}$

主原動機出力は、主ポンプの運転範囲内で過負荷が生じないよう余裕を見込む必要がある。ポンプの軸動力は運転点により異なるので運転範囲内の軸動力の大きい点で過負荷を起こさないよう、その点の軸動力に対して電動機の場合 5%以上、内燃機関の場合 10%以上の余裕をとる。さらに、設計点の軸動力に対して、電動機の場合 10%、内燃機関の場合 15%の余裕をとる。

主原動機出力の選定は、前述で算出した値のいずれか大きい方の値で決定する。

なお、主ポンプの運転範囲が概定の場合の主原動機出力の選定は、「**5.4.3.1 主ポンプの特性**」をもとに決定する。




ただし、内燃機関の場合の出力算出における大気条件は、下記の標準大気条件[注)] としている。この条件と異なる場合は、ディーゼル機関の場合「往復動内燃機関－性能」(JIS B 8002)、ガスタービンの場合「ガスタービン－受渡試験方法」(JIS B 8041）により出力補正をしなければならない。

注） 標準大気条件

大気圧（$P_r$）100kPa　　相対湿度（$\phi_r$）：30%　　大気温度（$T_r$）：298K（25℃）

### 6.2.2.1　主ポンプの効率

主ポンプの効率は、**表-6.14～23** に示す値以上とする。

**表-6.14**　高揚程渦巻ポンプの効率（吸込口径 200mm 未満）

| 吐出し量（$m^3$/min） | 吸込口径（mm） | 効率 |
|---|---|---|
| 0.30 | 50 | 0.470 |
| 0.45 | 65 | 0.510 |
| 0.70 | 80 | 0.540 |
| 1.10 | 100 | 0.570 |
| 1.70 | 125 | 0.600 |
| 3.00 | 150 | 0.640 |

注 1)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。
2)　中間水量における効率を求める場合は、下記を参考に計算する。
（例）吐出し量 1.50$m^3$/min における効率

$$\left(\frac{0.600-0.570}{1.70-1.10}\right)\times(1.50-1.10)+0.570=0.5900$$

したがって、効率は 0.590 とする。

**表-6.15**　高揚程渦巻ポンプの効率（吸込口径 200mm 以上）

| 吐出し量（$m^3$/min） | 吸込口径（mm） | 効率 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 単段渦巻ポンプ | | | | 多段渦巻ポンプ |
| | | *Ns* | | | | *Ns* |
| | | 160 | 250 | 400 | 630 | 150～250 程度 |
| 4.0 | 200 | 0.750 | 0.760 | 0.760 | 0.750 | 0.690 |
| 6.3 | 250 | 0.770 | 0.780 | 0.780 | 0.770 | 0.720 |
| 10 | 300 | 0.790 | 0.800 | 0.800 | 0.790 | 0.750 |
| 16 | 350 | 0.810 | 0.820 | 0.820 | 0.810 | 0.790 |
| 20 | 400 | 0.815 | 0.825 | 0.825 | 0.815 | 0.795 |
| 25 | 450 | 0.825 | 0.835 | 0.835 | 0.825 | 0.805 |
| 32 | 500 | 0.830 | 0.840 | 0.840 | 0.830 | 0.810 |
| 40 | 600 | 0.840 | 0.850 | 0.850 | 0.840 | 0.820 |
| 63 | 700 | 0.850 | 0.860 | 0.860 | 0.850 | 0.830 |
| 85 | 800 | 0.855 | 0.865 | 0.865 | 0.855 | — |
| 100 | 900 | 0.860 | 0.870 | 0.870 | 0.860 | — |
| 130 | 1,000 | 0.860 | 0.870 | 0.870 | 0.860 | — |
| 160 | 1,200 | 0.865 | 0.875 | 0.875 | 0.865 | — |

注 1)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。
2)　*Ns* は「**5.5　主ポンプの据付高さと回転速度**」の**式（5.32）**で求めた値とする。
3)　多段渦巻ポンプで *Ns*＝150～250 の範囲を外れる場合は別途確認をすること。
4)　中間水量における効率を求める場合は、下記を参考に計算する。
（例）吐出し量 18.0$m^3$/min、*Ns*＝200 における効率

①　*Ns*＝160 の場合の計算　$\left(\frac{0.815-0.810}{20-16}\right)\times(18-16)+0.810=0.8125$

②　*Ns*＝250 の場合の計算　$\left(\frac{0.825-0.820}{20-16}\right)\times(18-16)+0.820=0.8225$

③　*Ns*＝200 の場合の計算　$\left(\frac{0.822-0.812}{250-160}\right)\times(200-160)+0.812=0.8164$

したがって、効率は 0.816 とする。

**表-6.16** 高揚程立軸斜流ポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | 吐出口径（mm） | 効率 |
|---|---|---|
| 8 超～ 12 以下 | 300 | 0.690 |
| 12 超～ 18 以下 | 350 | 0.710 |
| 18 超～ 23 以下 | 400 | 0.730 |
| 23 超～ 28 以下 | 450 | 0.750 |
| 28 超～ 36 以下 | 500 | 0.760 |
| 36 超～ 50 以下 | 600 | 0.790 |
| 50 超～ 70 以下 | 700 | 0.800 |
| 70 超～ 90 以下 | 800 | 0.810 |
| 90 超～115 以下 | 900 | 0.820 |

注 1） 本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。
2） 本表の効率は据付床面から吸込ベル先端まで 4m 以下の条件で示してある。これを超える場合は、0.01 減じた値とする。

**表-6.17** 低揚程横軸軸流ポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | |
|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 2.5m 以下 | 全揚程が 2.5m 超 |
| 12 超～ 23 以下 | 0.720 | 0.680 | 0.690 |
| 23 超～ 36 以下 | 0.770 | 0.730 | 0.740 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.780 | 0.740 | 0.750 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.790 | 0.750 | 0.760 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.800 | 0.760 | 0.770 |
| 90 超～115 以下 | 0.810 | 0.770 | 0.780 |
| 115 超～150 以下 | 0.820 | 0.780 | 0.790 |
| 150 超～200 以下 | 0.830 | 0.790 | 0.800 |
| 200 超～255 以下 | 0.835 | 0.795 | 0.805 |
| 255 超～325 以下 | 0.840 | 0.800 | 0.810 |
| 325 超～400 以下 | 0.845 | 0.805 | 0.815 |
| 400 超～480 以下 | 0.850 | 0.810 | 0.820 |
| 480 超～600 以下 | 0.850 | 0.810 | 0.820 |

注 1） 上記の効率は、Ⅰ型は $Ns$＝1,500 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝2,000 の場合である。
2） 全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕** 主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
3） 本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

**表-6.18** 低揚程横軸斜流ポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | |
|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 3.2m 以下 | 全揚程が 3.2m 超 |
| 12 超～ 23 以下 | 0.740 | 0.710 | 0.720 |
| 23 超～ 36 以下 | 0.790 | 0.760 | 0.770 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.800 | 0.770 | 0.780 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.810 | 0.780 | 0.790 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.820 | 0.790 | 0.800 |
| 90 超～115 以下 | 0.830 | 0.800 | 0.810 |
| 115 超～150 以下 | 0.840 | 0.810 | 0.820 |
| 150 超～200 以下 | 0.850 | 0.820 | 0.830 |
| 200 超～255 以下 | 0.855 | 0.825 | 0.835 |
| 255 超～325 以下 | 0.860 | 0.830 | 0.840 |
| 325 超～400 以下 | 0.865 | 0.835 | 0.845 |
| 400 超～480 以下 | 0.870 | 0.840 | 0.850 |
| 480 超～600 以下 | 0.870 | 0.840 | 0.850 |

注 1） 上記の効率は、Ⅰ型は $Ns$＝900 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝1,300 の場合である。
2） 全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕** 主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
3） 本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

**表-6.19**　低揚程立軸軸流ポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | | Ⅲ型 |
|---|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 2.5m 以下 | 全揚程が 2.5m 超 | |
| 12 超～ 23 以下 | 0.710 | 0.630 | 0.640 | 0.670 |
| 23 超～ 36 以下 | 0.760 | 0.680 | 0.690 | 0.720 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.770 | 0.690 | 0.700 | 0.730 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.780 | 0.700 | 0.710 | 0.740 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.790 | 0.710 | 0.720 | 0.750 |
| 90 超～115 以下 | 0.800 | 0.720 | 0.730 | 0.760 |
| 115 超～150 以下 | 0.810 | 0.730 | 0.740 | 0.770 |
| 150 超～200 以下 | 0.820 | 0.740 | 0.750 | 0.780 |
| 200 超～255 以下 | 0.825 | 0.745 | 0.755 | 0.785 |
| 255 超～325 以下 | 0.830 | 0.750 | 0.760 | 0.790 |
| 325 超～400 以下 | 0.835 | 0.755 | 0.765 | 0.795 |
| 400 超～480 以下 | 0.840 | 0.760 | 0.770 | 0.800 |
| 480 超～600 以下 | 0.840 | 0.760 | 0.770 | 0.800 |

注 1)　上記の効率は、Ⅰ型・Ⅲ型は $Ns$＝1,500 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝2,000 の場合である。
2)　本表の効率は、据付床面から吸込ベル先端まで 4m（吐出し量 400～600$m^3$/min のポンプでは 4.5m）以下の条件で示してある。これを越える場合は、0.01 減じた値とする。
3)　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
4)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

**表-6.20**　低揚程立軸斜流ポンプの効率

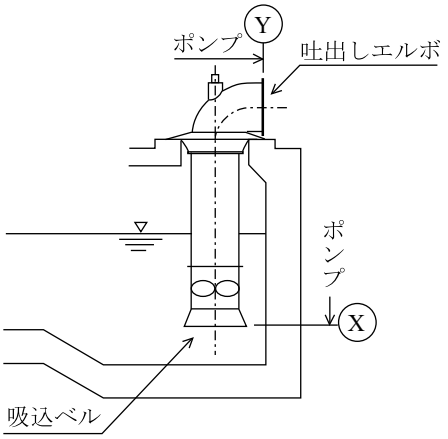
| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | | Ⅲ型 |
|---|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 3.2m 以下 | 全揚程が 3.2m 超 | |
| 12 超～ 23 以下 | 0.730 | 0.680 | 0.690 | 0.710 |
| 23 超～ 36 以下 | 0.780 | 0.730 | 0.740 | 0.760 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.790 | 0.740 | 0.750 | 0.770 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.800 | 0.750 | 0.760 | 0.780 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.810 | 0.760 | 0.770 | 0.790 |
| 90 超～115 以下 | 0.820 | 0.770 | 0.780 | 0.800 |
| 115 超～150 以下 | 0.830 | 0.780 | 0.790 | 0.810 |
| 150 超～200 以下 | 0.840 | 0.790 | 0.800 | 0.820 |
| 200 超～255 以下 | 0.845 | 0.795 | 0.805 | 0.825 |
| 255 超～325 以下 | 0.850 | 0.800 | 0.810 | 0.830 |
| 325 超～400 以下 | 0.855 | 0.805 | 0.815 | 0.835 |
| 400 超～480 以下 | 0.860 | 0.810 | 0.820 | 0.840 |
| 480 超～600 以下 | 0.860 | 0.810 | 0.820 | 0.840 |

注 1)　上記の効率は、Ⅰ型・Ⅲ型は $Ns$＝900 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝1,300 の場合である。
2)　本表の効率は、据付床面から吸込ベル先端まで 4m（吐出し量 400～600$m^3$/min のポンプでは 4.5m）以下の条件で示してある。これを越える場合は、0.01 減じた値とする。
3)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
4)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

**表-6.21**　大容量立軸ポンプの効率

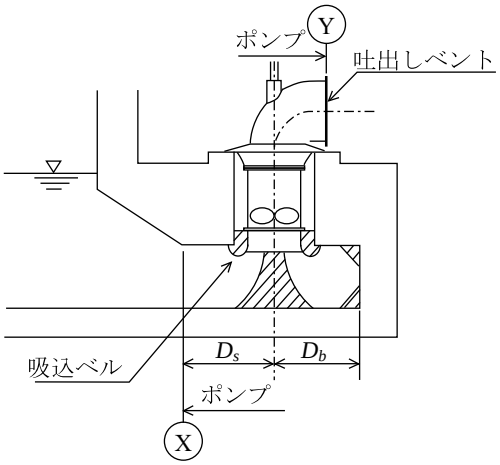
| 吐出し量（$m^3$/min） | 立軸軸流（Ⅰ型） | 立軸斜流（Ⅰ型） |
|---|---|---|
| 600 超～ 740 以下 | 0.815 | 0.840 |
| 740 超～ 850 以下 | 0.815 | 0.840 |
| 850 超～1,000 以下 | 0.820 | 0.845 |
| 1,000 超～1,150 以下 | 0.820 | 0.845 |

注 1)　上記の効率は、軸流は $Ns$＝1,500 の場合であり、斜流は $Ns$＝900 の場合である。
2)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。
3)　JIS B 8327 2002 模型によるポンプ性能試験方法の改正により、効率の換算式が変わり、ポンプ効率を見直しした。




注） ポンプ効率の範囲は、Ⓧ-Ⓨ間とする。

**図-6.3** 立軸ポンプ効率範囲（吐出し量：600m$^3$/min以下）




注1） ポンプ効率の範囲はⓍ-Ⓨの間とし、ポンプの性能は同一範囲での模型試験にて確認する。
2） $D_s$、$D_b$寸法は、**表-5.52**及び**表-5.53**による。

**図-6.4** 立軸ポンプ効率範囲（吐出し量：600m$^3$/min超）

〔参　考〕チューブラポンプのポンプ効率は、**表-6.22、6.23** を参考とする。

**表-6.22**　軸流チューブラポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | |
|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 2.5m 以下 | 全揚程が 2.5m 超 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.780 | 0.700 | 0.710 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.790 | 0.710 | 0.720 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.800 | 0.720 | 0.730 |
| 90 超～115 以下 | 0.810 | 0.730 | 0.740 |
| 115 超～150 以下 | 0.820 | 0.740 | 0.750 |
| 150 超～200 以下 | 0.830 | 0.750 | 0.760 |
| 200 超～255 以下 | 0.835 | 0.755 | 0.765 |
| 255 超～325 以下 | 0.840 | 0.760 | 0.770 |
| 325 超～400 以下 | 0.845 | 0.765 | 0.775 |
| 400 超～480 以下 | 0.850 | 0.770 | 0.780 |
| 480 超～600 以下 | 0.850 | 0.770 | 0.780 |

注 1)　上記の効率は、Ⅰ型は $Ns$＝1,500 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝2,000 の場合である。
2)　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
3)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

**表-6.23**　斜流チューブラポンプの効率

| 吐出し量（$m^3$/min） | Ⅰ型 | Ⅱ型 | |
|---|---|---|---|
| | | 全揚程が 3.2m 以下 | 全揚程が 3.2m 超 |
| 36 超～ 50 以下 | 0.800 | 0.750 | 0.760 |
| 50 超～ 70 以下 | 0.810 | 0.760 | 0.770 |
| 70 超～ 90 以下 | 0.820 | 0.770 | 0.780 |
| 90 超～115 以下 | 0.830 | 0.780 | 0.790 |
| 115 超～150 以下 | 0.840 | 0.790 | 0.800 |
| 150 超～200 以下 | 0.850 | 0.800 | 0.810 |
| 200 超～255 以下 | 0.855 | 0.805 | 0.815 |
| 255 超～325 以下 | 0.860 | 0.810 | 0.820 |
| 325 超～400 以下 | 0.865 | 0.815 | 0.825 |
| 400 超～480 以下 | 0.870 | 0.820 | 0.830 |
| 480 超～600 以下 | 0.870 | 0.820 | 0.830 |

注 1)　上記の効率は、Ⅰ型は $Ns$＝900 の場合であり、Ⅱ型は $Ns$＝1,300 の場合である。
2)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照のこと。
3)　本表の効率を保証効率として取扱う場合の保証条件は、JIS B 8301 による。

### 6.2.2.2　減速機の伝達効率

減速機の伝達効率は、**表-6.24** に示す値以上とする。

**表-6.24**　減速機の伝達効率

| 主原動機出力 / 減速機の種類 | 75kW 未満 | 75kW 以上 ～220kW 未満 | 220kW 以上 |
|---|---|---|---|
| 直交軸傘歯車減速機（一段） | 0.950 | 0.960 | 0.970 |
| 直交軸傘歯車減速機（二段） | 0.930 | 0.940 | 0.950 |
| 平行軸歯車減速機（一段） | 0.950 | 0.960 | 0.970 |
| 平行軸歯車減速機（二段） | 0.930 | 0.940 | 0.950 |
| 遊星歯車減速機 | 0.950 | 0.960 | 0.975 |

注1)　機付ファン空冷減速機の場合は、上表から 0.005 を減じた値とする。
2)　油圧クラッチ内蔵の場合は、上表に 0.98 を乗じた値とする。
3)　流体継手内蔵の場合は、上表に 0.96 を乗じた値とする。

# 第 7 章　動力伝達装置の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-4〕

## 7.1　動力伝達装置の機能と配置例

主原動機の動力を主ポンプへ伝達する動力伝達装置には、動力伝達機能の軸継手の他に、減速機能あるいは軸方向変換機能を持つ減速機、クラッチ機能（伝達・遮断機能等）を持つクラッチ又は流体継手がある。

**表-7.1** に、動力伝達装置の配置例を示す。

**表-7.1(1)**　動力伝達装置の配置（例）

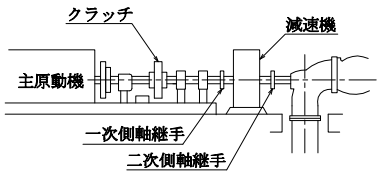
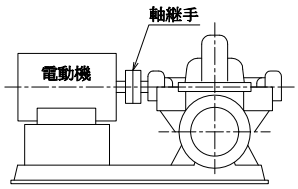
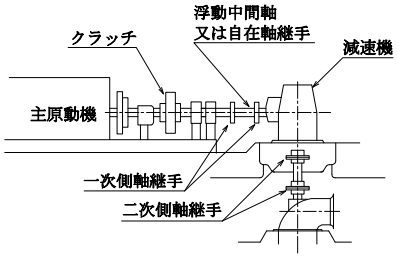
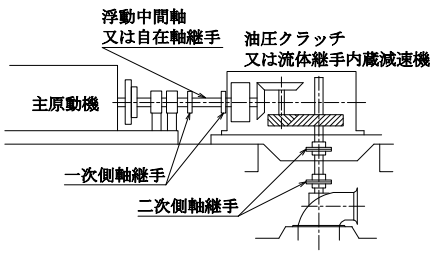
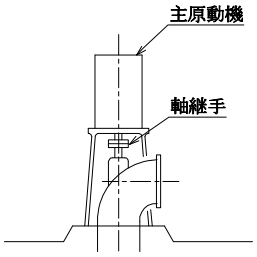
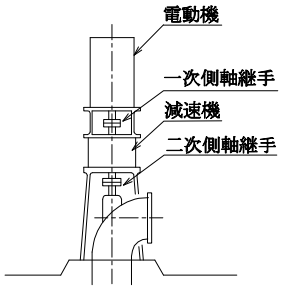
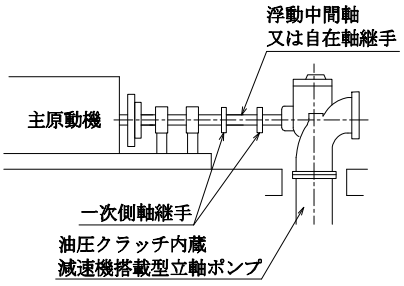
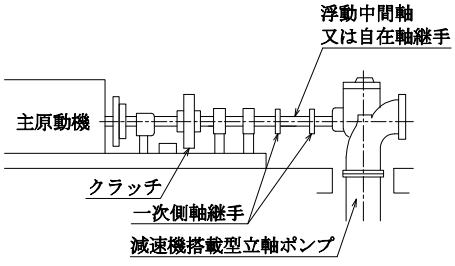
<table>
<tr><th rowspan="2">主ポンプ<br>形　式</th><th rowspan="2">減速機</th><th rowspan="2">クラッチ<br>な　ど</th><th colspan="2">軸 継 手</th><th rowspan="2">配　　置</th></tr>
<tr><th>一次側</th><th>二次側</th></tr>
<tr><td rowspan="2">横軸ポンプ</td><td>平行軸歯車減速機<br>又は<br>横軸遊星歯車減速機</td><td>遠心クラッチ</td><td>たわみ軸継手</td><td>たわみ軸継手</td><td>主原動機：電動機、ディーゼル機関、ガスタービン<br>  <br></td></tr>
<tr><td>－</td><td>－</td><td colspan="2">たわみ軸継手</td><td>主原動機：電動機<br>  <br></td></tr>
<tr><td rowspan="2">立軸ポンプ</td><td>直交軸傘歯車減速機</td><td>遠心クラッチ</td><td>自在軸継手又はたわみ軸継手</td><td>自在軸継手</td><td>主原動機：ディーゼル機関、ガスタービン<br>  <br></td></tr>
<tr><td>直交軸傘歯車減速機</td><td>油圧クラッチ又は流体継手</td><td>自在軸継手又はたわみ軸継手</td><td>自在軸継手</td><td>主原動機：ディーゼル機関、ガスタービン<br>  <br></td></tr>
</table>

**表-7.1⑵**　動力伝達装置の配置（例）

| 主ポンプ形式 | 減速機 | クラッチなど | 軸継手 一次側 | 軸継手 二次側 | 配置 |
|---|---|---|---|---|---|
| 立軸ポンプ | — | — | たわみ軸継手又は自在軸継手 | | 主原動機：電動機、ガスタービン   |
| 立軸ポンプ | 立軸遊星歯車減速機 | — | 自在軸継手又はたわみ軸継手 | 自在軸継手 | 主原動機：電動機   |
| 減速機搭載型立軸ポンプ | 減速機搭載型 | 油圧クラッチ | 自在軸継手又はたわみ軸継手 | — | 主原動機：電動機、ディーゼル機関、ガスタービン   |
| 減速機搭載型立軸ポンプ | 減速機搭載型 | 遠心クラッチ | 自在軸継手又はたわみ軸継手 | — | 主原動機：電動機、ディーゼル機関、ガスタービン   |

注 1)　軸継手で、主原動機と減速機の間を「一次側」、減速機と主ポンプの間を「二次側」とする。
2)　横軸ポンプで、主原動機に電動機を用いる場合には、通常クラッチは設置しない。
3)　立軸ポンプのスラスト荷重を歯車減速機、電動機又はガスタービンで支持する場合には固定軸継手とする。
4)　立軸ポンプで、ポンプ軸中心から原動機軸端までの所定据付配置寸法と減速機軸端までの機器寸法から据付配置上空間ができる場合には、自在軸継手又はたわみ軸継手を用いた浮動中間軸を使用する。
5)　主原動機に 2 軸式ガスタービンを用いる場合で、管理運転としてガスタービンの単独運転を行う必要がない場合には、クラッチ機能は不要である。
6)　主ポンプやそれに付属の設備・機器が逆転を許容しないときには、最適な逆転防止装置を設ける。

## 7.2 減速機

主原動機と主ポンプの回転速度を合致させる方法の一つに減速機を使用することがある。特に排水ポンプ等では回転速度が低いため、減速機を必要とする場合が多い。また、立軸ポンプに横軸の主原動機を採用する場合には、軸方向を90°変えられる直交軸傘歯車減速機が使用される。

なお、ポンプ設備の中には、原動機の直結が可能な場合もあるので、減速機介在との比較検討を行い、直結方式を採用することもある。

### 7.2.1 減速機の形式と構造

平行軸歯車減速機　軸形式は横軸が一般的で、構造は比較的簡単であるが、入出力軸の軸心が同一線上になく、据付面積が遊星形に比べやや大きくなる。保守管理が容易であることから中小容量機に使用される場合が多い。
平行軸歯車減速機の構造例を、**図-7.1** に示す。

遊星歯車減速機　軸形式は、横軸と立軸があり、太陽歯車、内歯車及び遊星歯車によって構成される。入出力軸は同一軸芯になるため、所要空間の小さい配置が可能であると同時に大きな減速比が取れるため、広く用いられている。横軸遊星歯車減速機及び立軸遊星歯車減速機の構造例を、**図-7.2** 及び**図-7.3** に示す。

直交軸傘歯車減速機　軸形式は、入力軸が横軸、出力軸が立軸で構成される直交軸形式で、歯車は傘歯車が使用される。減速比に応じて一段減速機及び二段減速機に使い分けられる。これらはいずれも、出力軸の上端にスラスト軸受を設けるのが一般的である。直交軸傘歯車減速機の構造例を、**図-7.4** に示す。

複合形直交軸傘歯車減速機　直交軸傘歯車減速機のケース内に流体継手あるいは油圧クラッチを収納することにより、省スペース化が図れる複合形傘歯車減速機がある。複合形直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵（二段）、油圧クラッチ内蔵）の構造例を、**図-7.5** に示す。

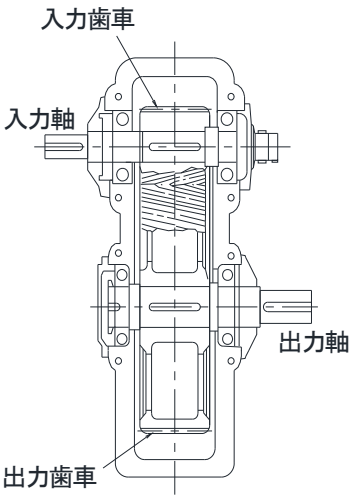



**図-7.1**　平行軸歯車減速機の構造（例）

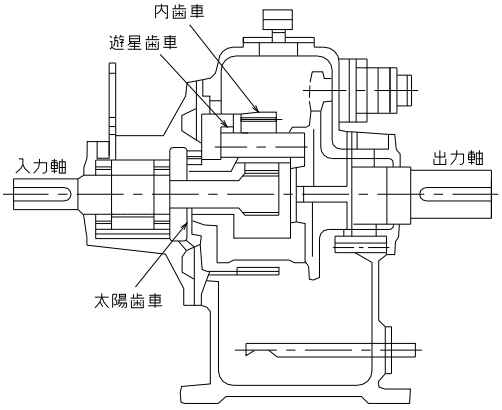



**図-7.2**　横軸遊星歯車減速機の構造（例）

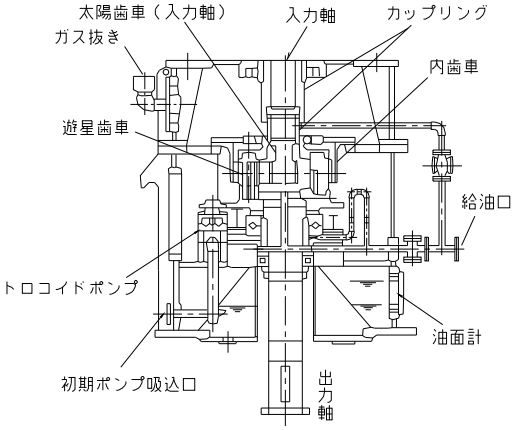
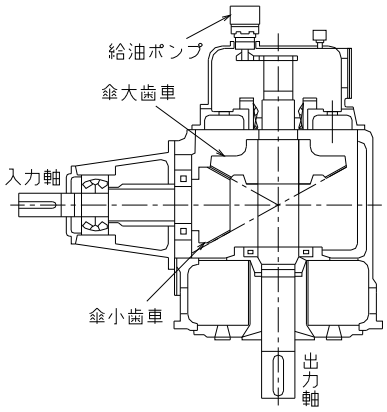
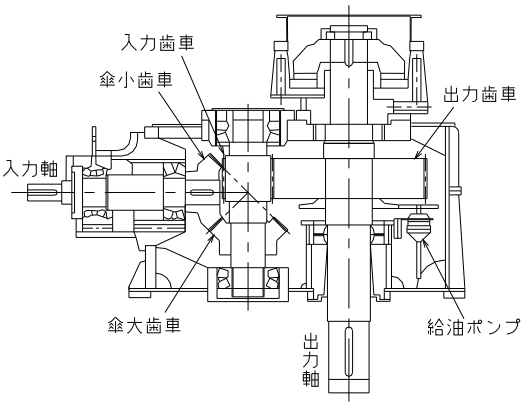



**図-7.3**　立軸遊星歯車減速機の構造（例）

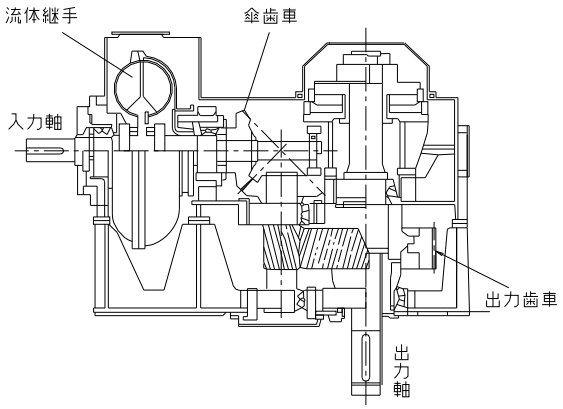



傘歯車減速機（一段）

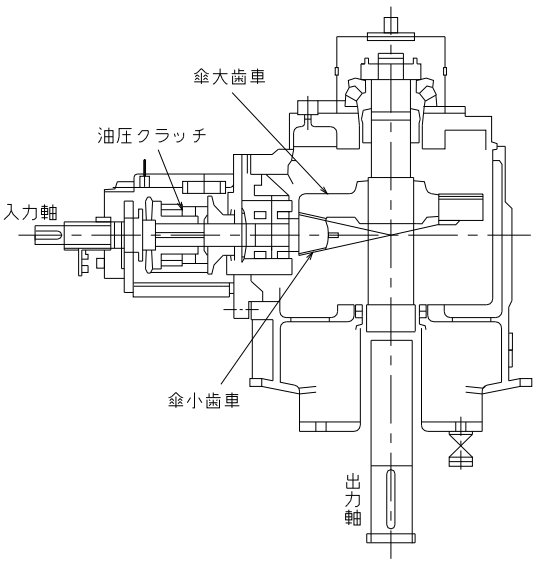



傘歯車減速機（二段）

**図-7.4**　直交軸傘歯車減速機の構造（例）




流体継手内蔵（二段）




油圧クラッチ内蔵

**図-7.5**　複合形直交軸傘歯車減速機の構造（例）

### 7.2.2 減速機搭載型立軸ポンプ

立軸ポンプの吐出しエルボ上に歯車減速装置を搭載したものであり、次のような特徴がある。

① 建屋構造を一床式にできる。

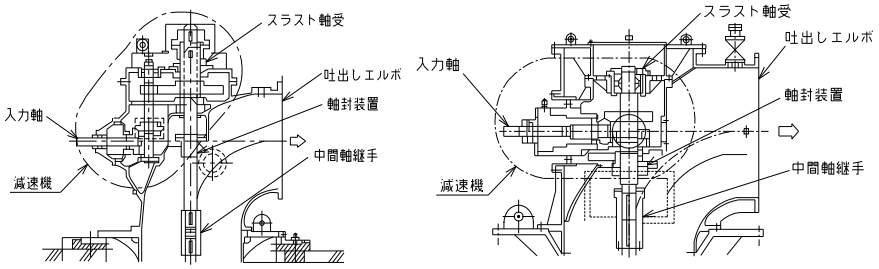
② 減速機の潤滑油は、揚水による自己冷却、又は機付ファンや油冷却による冷却である。

③ 一床式であるので、保守管理が容易である。

④ 減速機が吐出しエルボ上に搭載されているので、据付が簡素化できる。

なお、主原動機の据付レベルが低いので浸水対策が必要な場合がある。

減速機搭載型立軸ポンプの減速機部構造例を、**図-7.6** に示す。




A 形　　B 形

**図-7.6** 減速機搭載型立軸ポンプの減速機部構造（例）

### 7.2.3 減速機の冷却方式

減速機の潤滑油は、従来、水による冷却が多く実施されていたが、冷却水系統の簡素化による設備の信頼性の向上を目的とし、空冷方式も採用されている。

一般に、空冷方式には次の 3 通りあるが、適用主原動機の出力は直交軸傘歯車 2 段減速機をベースとした値であり、減速機形式により異なるので、以下は目安である。

① 自然冷却方式　　：適用主原動機出力　220kW 程度以下

② 機付ファン冷却方式（本体冷却）　　：適用主原動機出力　510kW 程度以下

③ 機付ファン冷却方式（搭載ラジエータ冷却）　：適用主原動機出力　2,050kW 程度以下

現在、前項のほとんどの減速機形式に対して、空冷方式の適用が可能となっているが、採用に当たっては、次の事項に留意する必要がある。

① 水冷式に比べて室内換気風量が大きくなる。

② 水冷式に比べて価格が高価である。

③ 騒音がやや大きい。

④ 原動機出力がおおむね 2,050kW 超では別置ラジエータになる。

### 7.2.4 減速機選定に必要な伝達容量

減速機の選定に必要な伝達容量は、**式（7.1）**によって算定する。

$$\text{伝達容量（kW）} = \text{主原動機出力（kW）} \times \frac{\text{荷重係数}}{\text{寿命係数}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.1)$$

ここに、荷重係数：**表-7.2** による。

寿命係数：**表-7.3** による。

主原動機出力は、正確にはポンプ軸入力を採用すべきであるが、便宜上、主原動機出力を代入してもよい。

**表-7.2**　荷重係数

| 主　原　動　機 | たわみ軸継手 | 高弾性軸継手 | 流 体 継 手 |
|---|---|---|---|
| ディーゼル機関 | 1.25 | 1.1 | 1.0 |
| ガスタービン | 1.0 | － | 1.0 |
| 電　　動　　機 | 1.0 | － | 1.0 |

注）　高弾性軸継手はディーゼル機関のねじり振動を吸収するために用いられるが、ディーゼル機関機付とすることが多い。

**表-7.3**　寿命係数

| 寿命時間（h） | 12,000<br>以下 | 25,000<br>以下 | 35,000<br>以下 | 50,000<br>以下 | 75,000<br>以下 | 100,000<br>以下 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 寿命係数 | 1.33 | 1.0 | 0.87 | 0.82 | 0.72 | 0.65 |

注）　寿命時間（h）は、運転する総時間として定めた数値である。

### 7.2.5　減速機の選定

減速機の選定は、減速比、主原動機回転速度、伝達容量及び許容スラスト荷重等によって行うが、選定に際しては、あらかじめ経済性等総合的な比較をしておくことが必要である。

選定の手順は、次により行う。

①　減速比を求める。

$$減速比＝\frac{主原動機の回転速度}{主ポンプの回転速度} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.2)$$

②　主原動機及び軸継手の種類から荷重係数（**表-7.2**）を選ぶ。

③　主ポンプの予想総運転時間（寿命時間）から寿命係数（**表-7.3**）を選ぶ。

④　伝達容量を、**式**（7.1）により求める。

⑤　選定図（**図-7.7-参 1～図-7.9-参 35**）によって、採用すべき減速機の型番を選ぶ。

⑥　立軸ポンプでスラスト荷重を減速機支持とする場合は、さらに減速機軸受の許容スラスト荷重をチェックする。立軸ポンプのスラスト荷重を求め、これが立軸遊星歯車減速機（**表-7.6**）及び直交軸傘歯車減速機（**表-7.7～表-7.9、表-7.12～表-7.13**）の軸受許容スラスト荷重以下に収まっているかをチェックする。

〔参　考〕

⑴　減速機の選定図と概略寸法及び質量

各形式の減速機選定図と概略寸法及び質量を次に示す。なお、表中の A、B…は一般的に使われている型番を表す。

a. 水冷方式減速機の選定図を、**図-7.7-参 1**～**図-7.7-参 56** に示す。
概略寸法及び質量を、**表-7.4**～**表-7.9** に示す。

b. 機付ファン空冷方式減速機の選定図を、**図-7.9-参 1**～**図-7.9-参 34** に示す。
概略寸法及び質量を、**表-7.10**～**表-7.13** に示す。

型番と線種は、次のとおりである。

| 型 番 | 線　　種 |
|---|---|
| A： | －－－－－－－－－－ |
| B： | ―――――――――― |
| C： | ――― － ――― － ――― |
| D： | ―― － － ――― － － ―― |
| E： | ---------- |

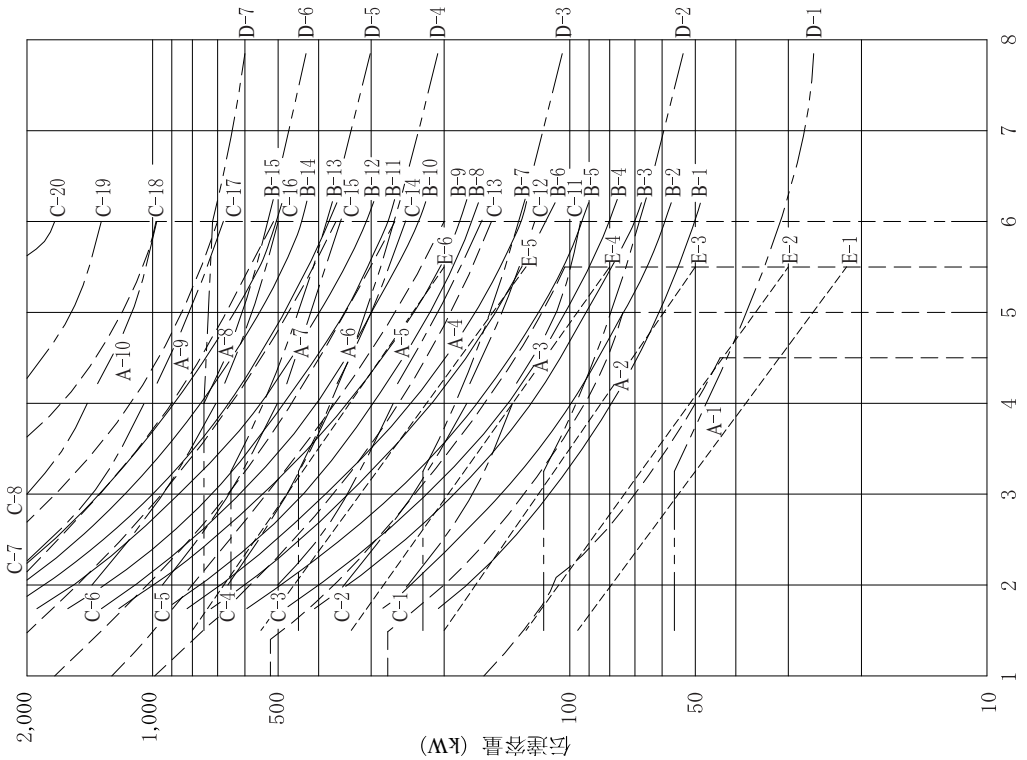



**図-7.7-参 2**　水冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 000min$^{-1}$）

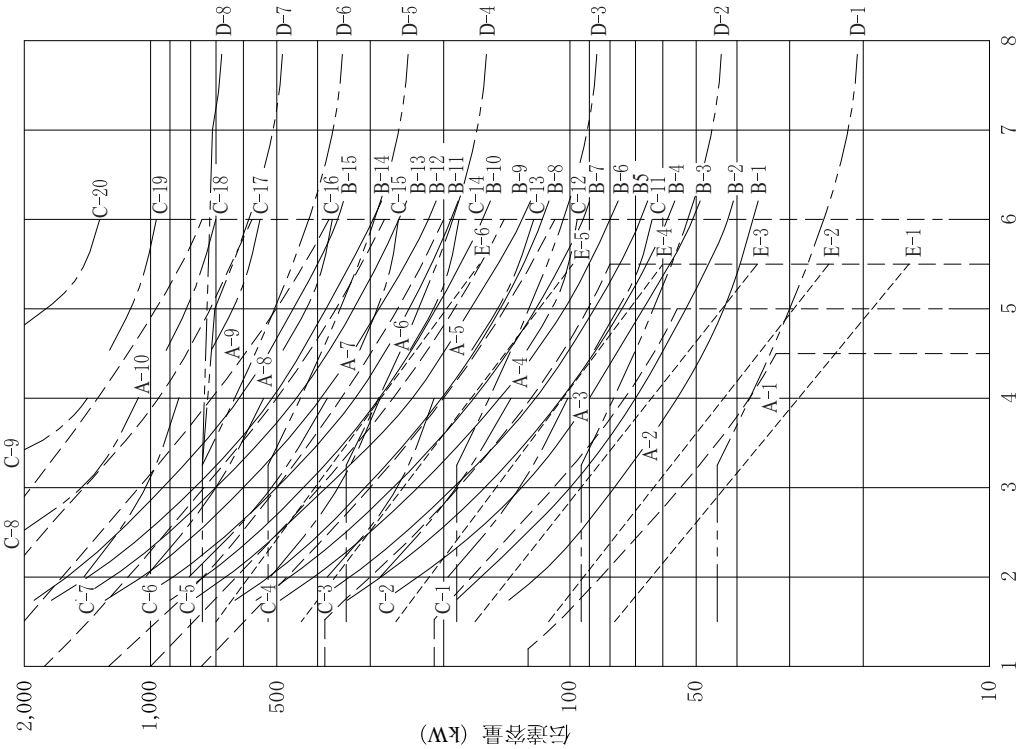



**図-7.7-参 1**　水冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

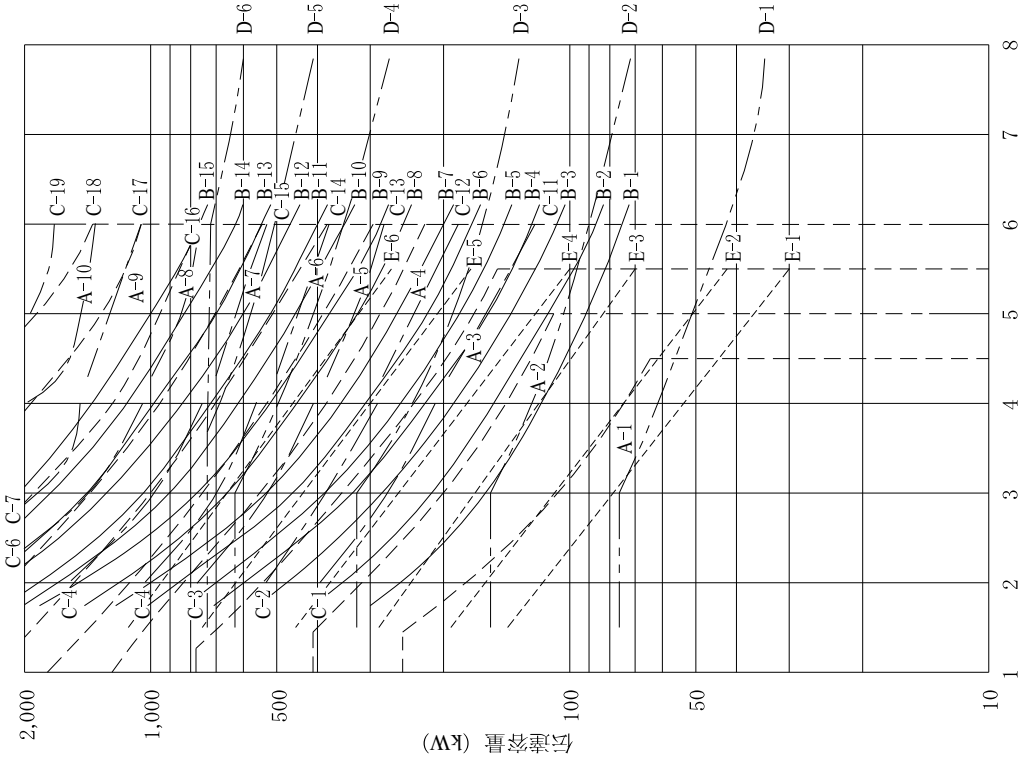



**図-7.7-参4** 水冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,500min$^{-1}$）

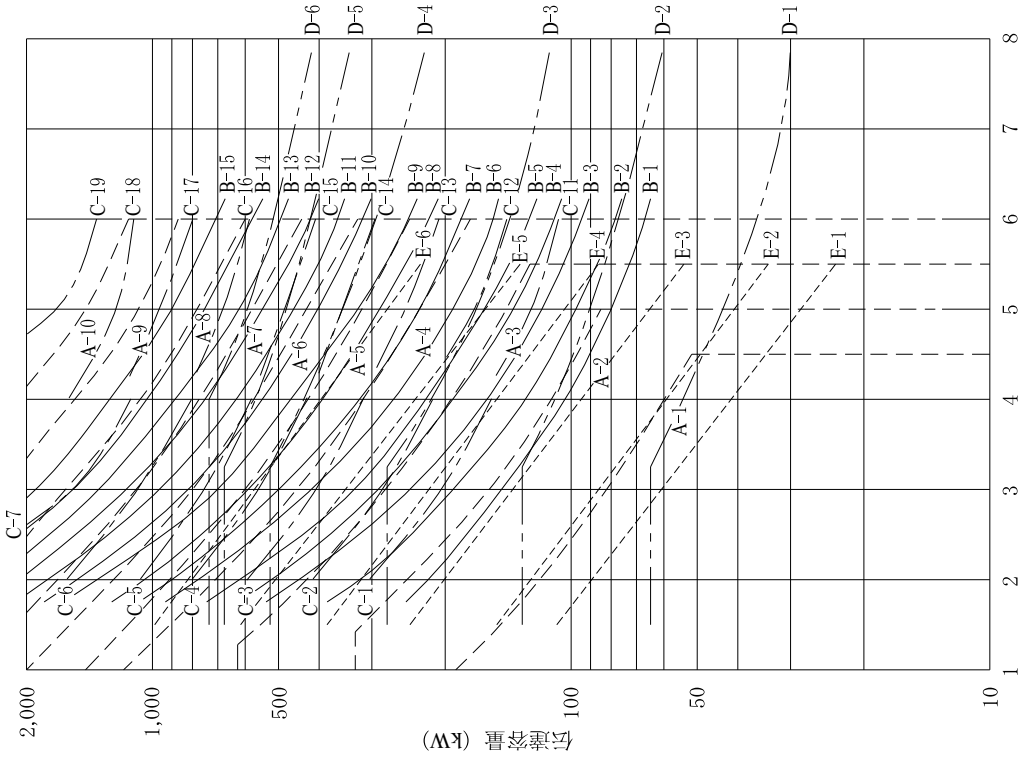



**図-7.7-参3** 水冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

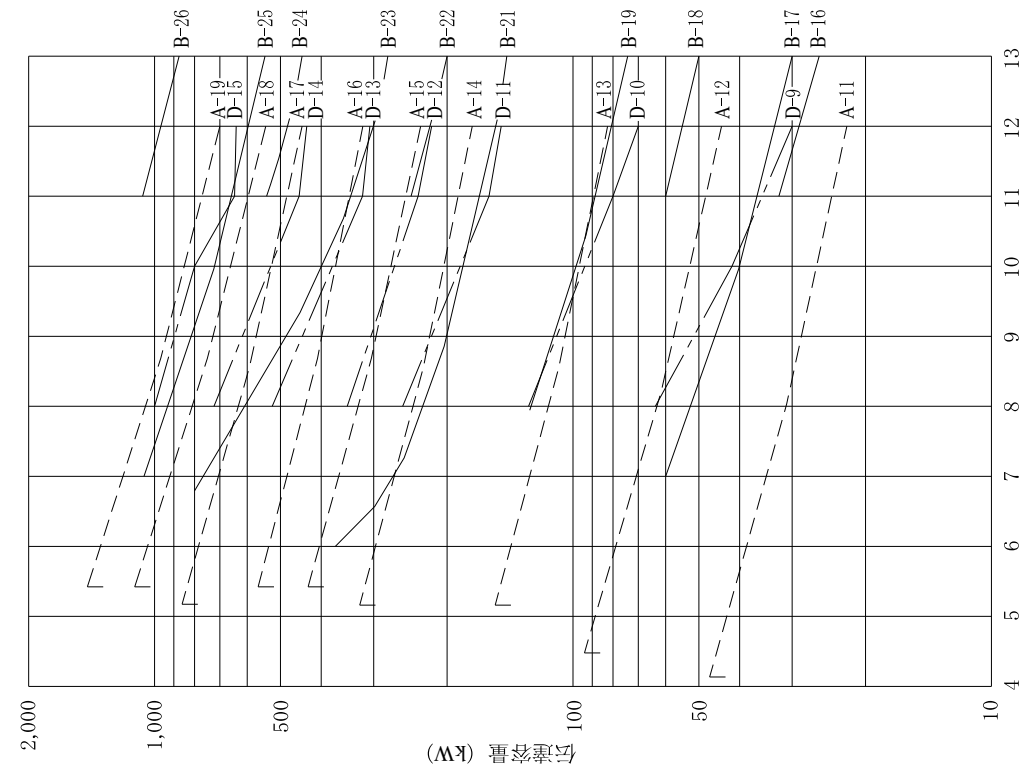



**図-7. 7-参 6**　水冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

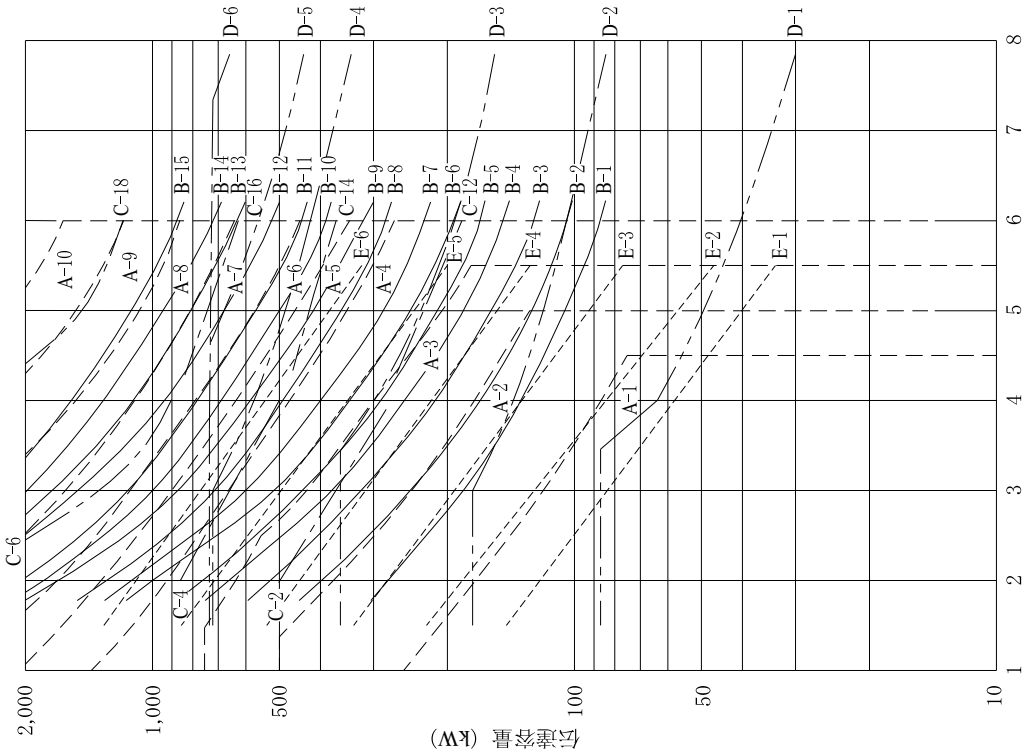



**図-7. 7-参 5**　水冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

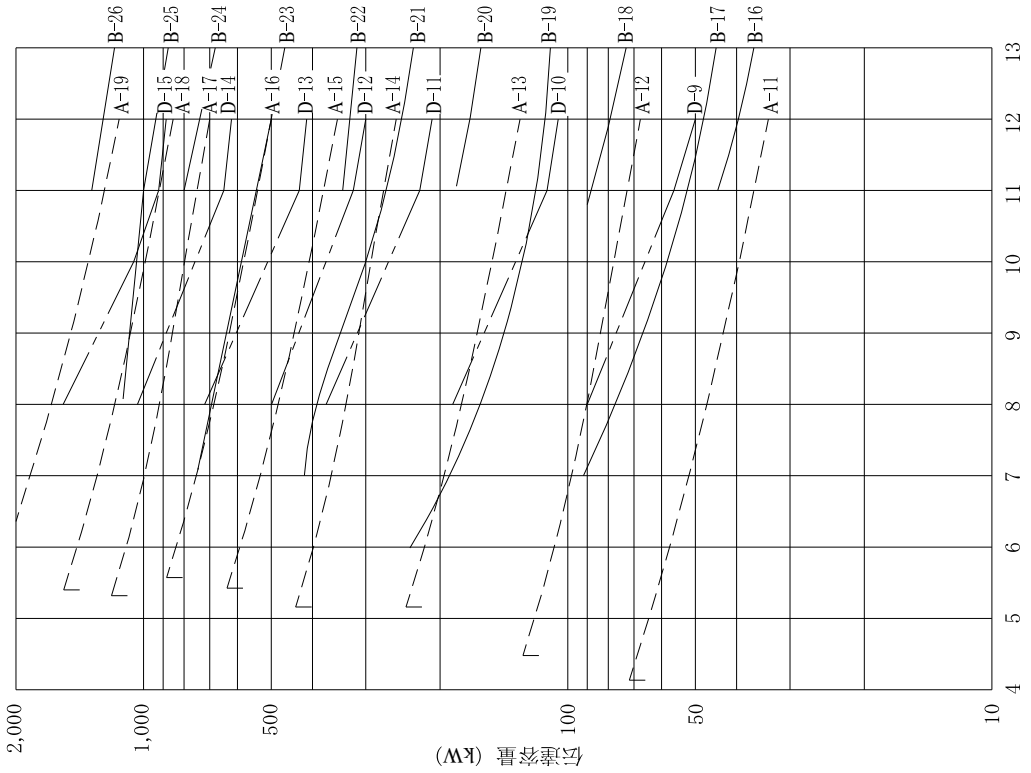



**図-7.7-参8** 水冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

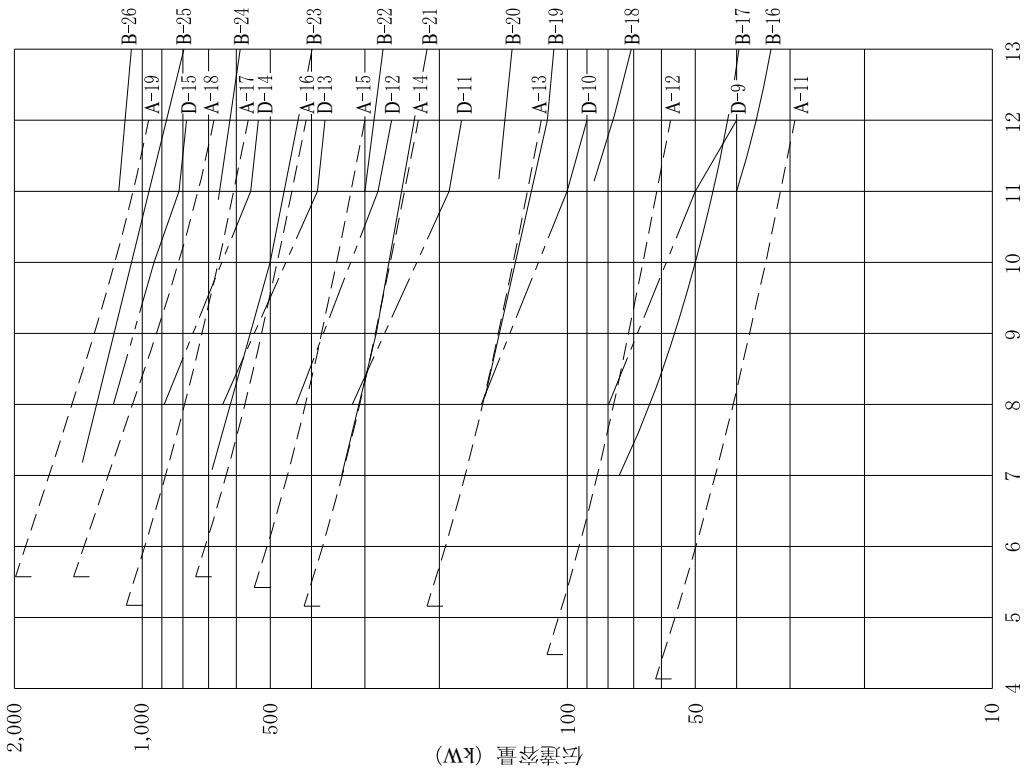



**図-7.7-参7** 水冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

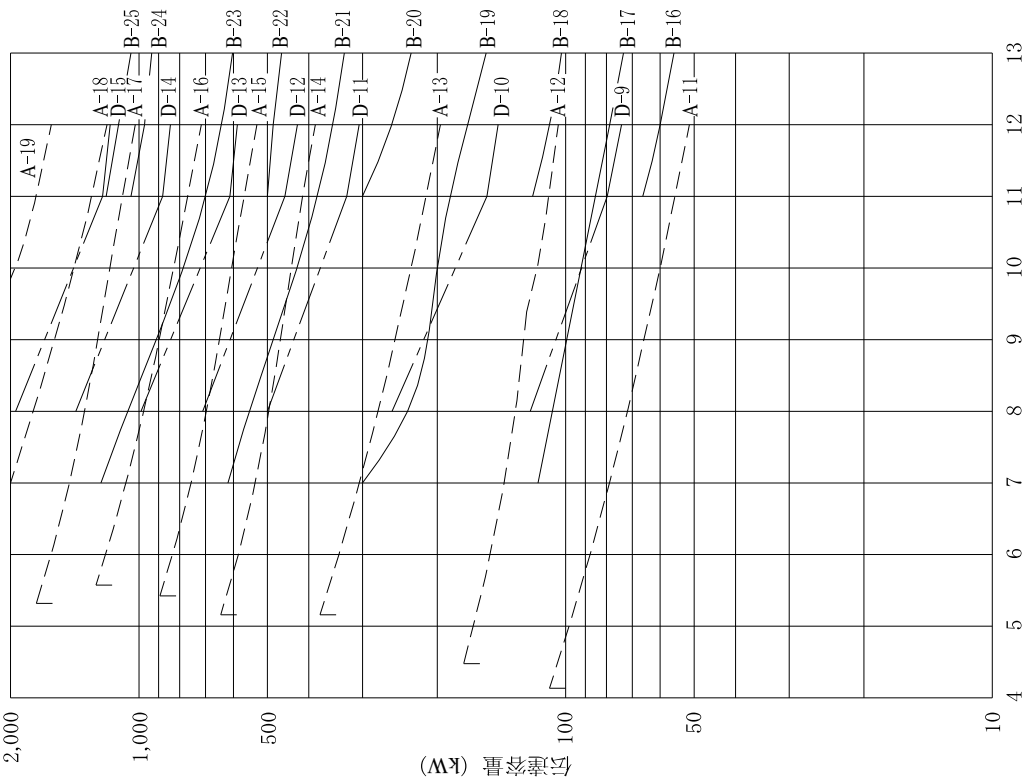



**図-7. 7-参 10**　水冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

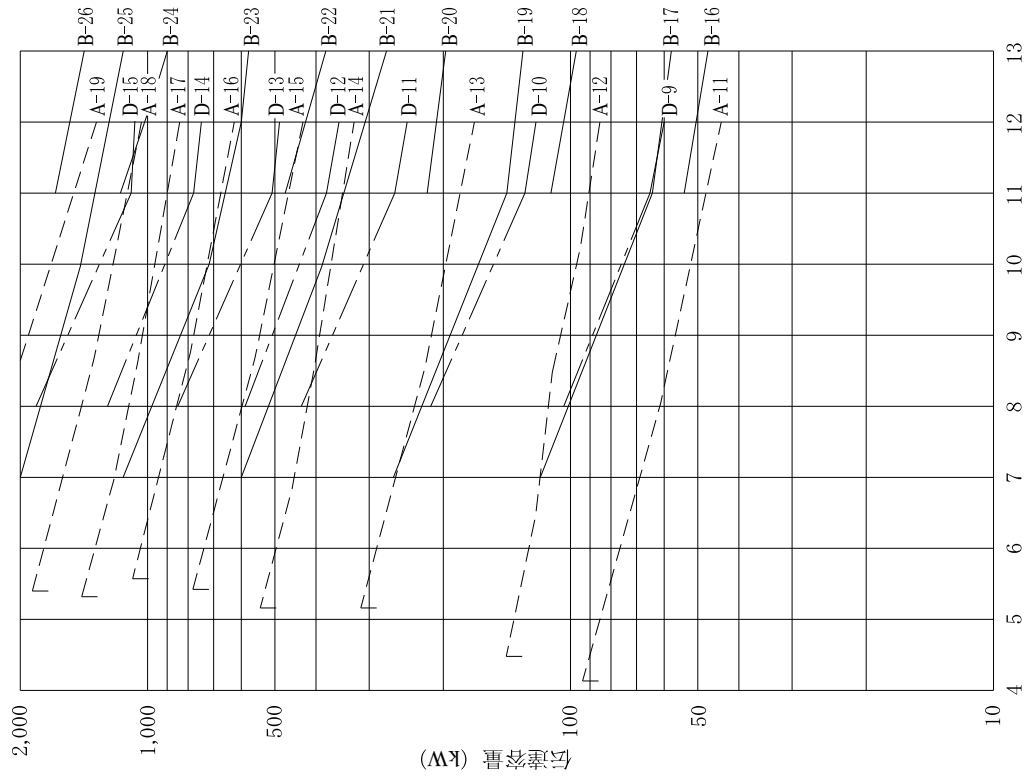



**図-7. 7-参 9**　水冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

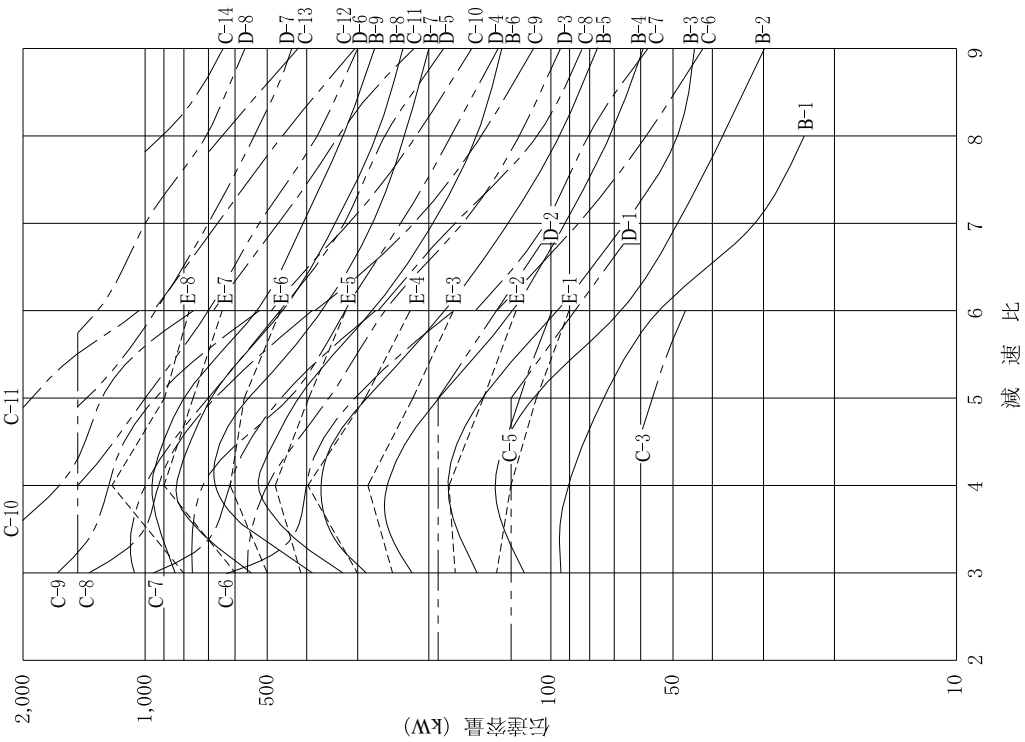



**図-7.7-参12** 水冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1,000min$^{-1}$)

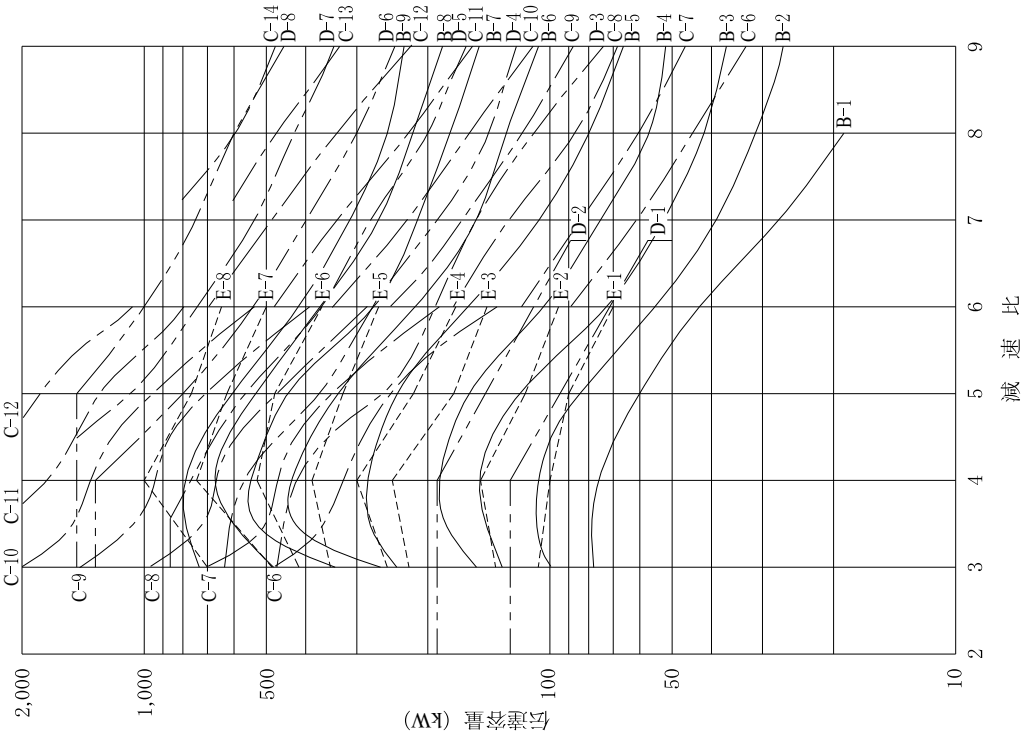



**図-7.7-参11** 水冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (750min$^{-1}$)

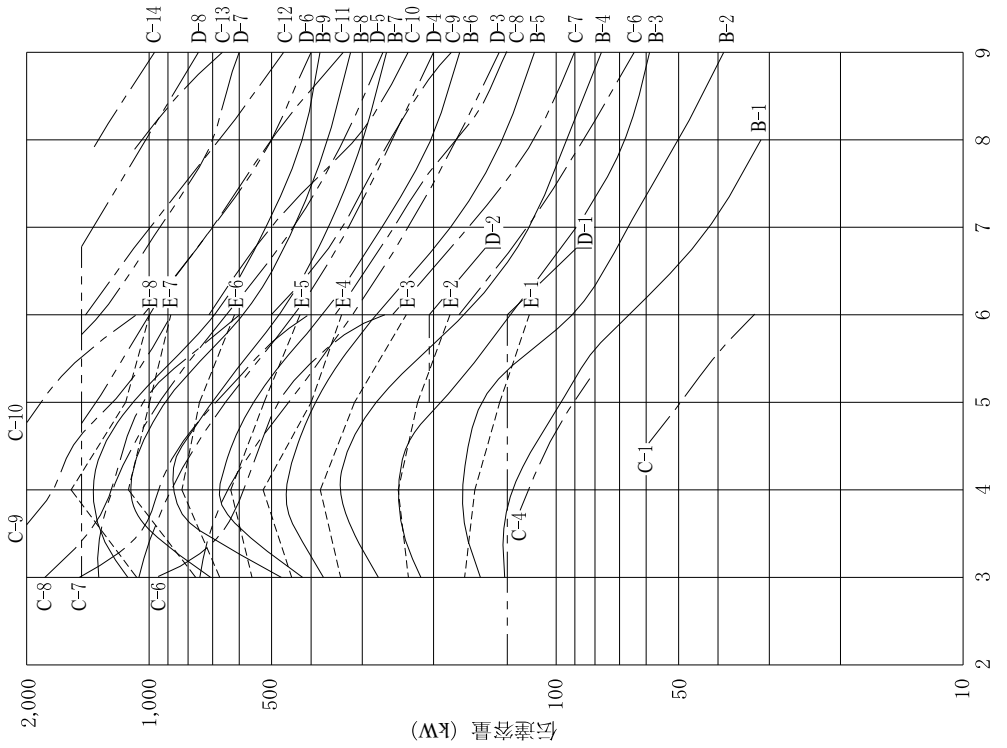



**図-7.7-参 14**　水冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1, 500min$^{-1}$)

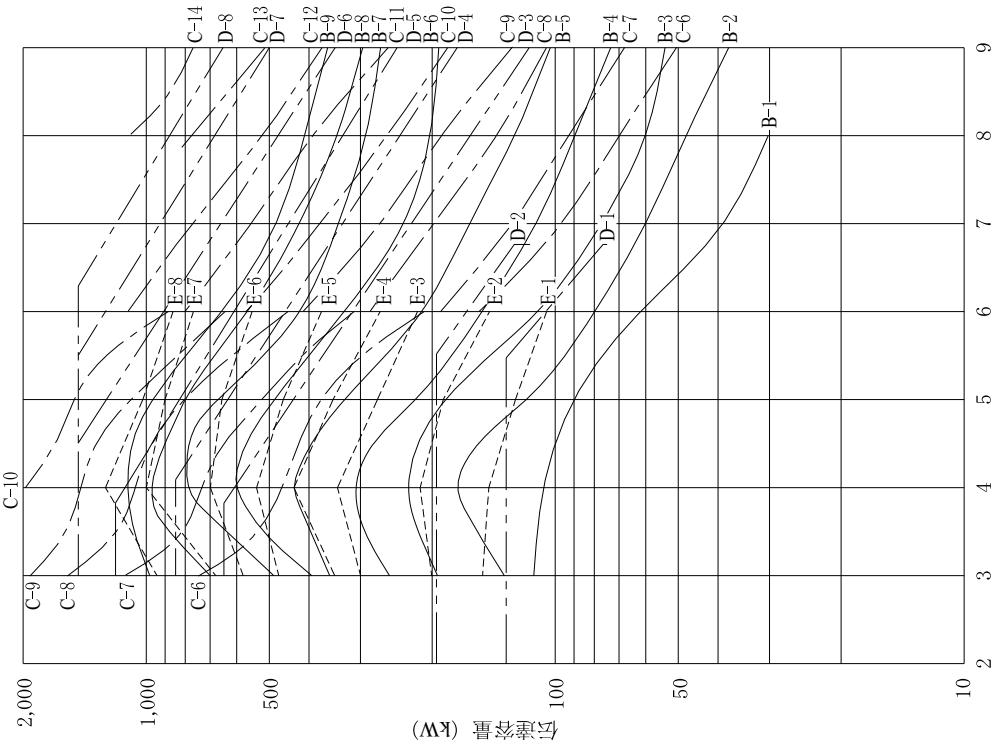



**図-7.7-参 13**　水冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1, 200min$^{-1}$)

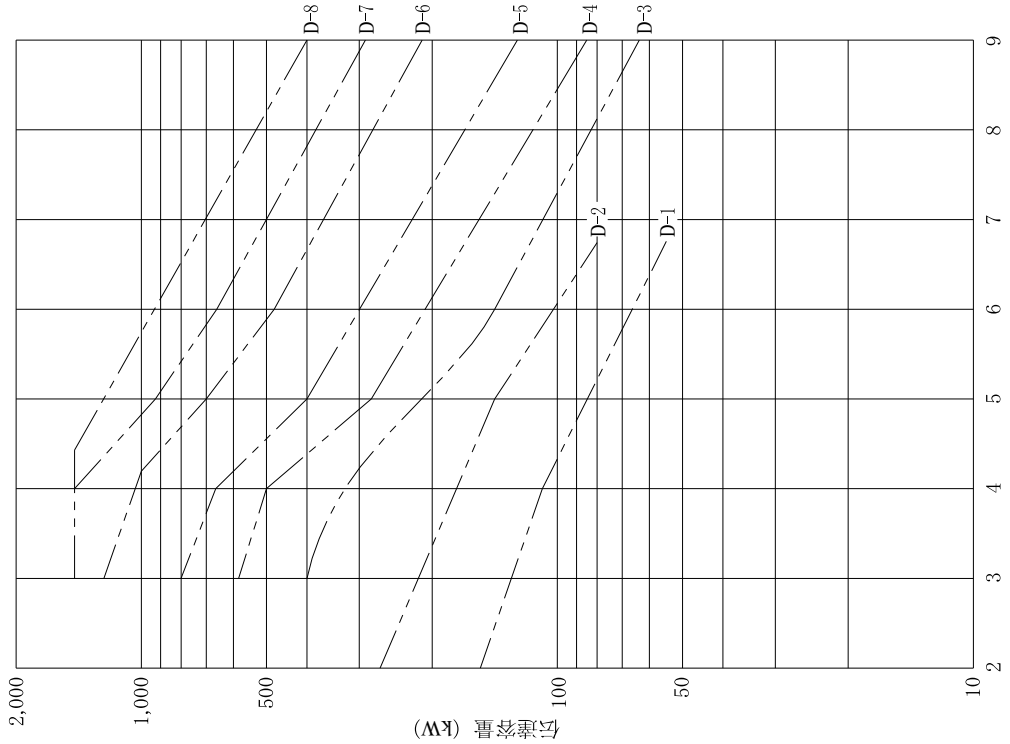



**図-7. 7-参16** 水冷立軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (750min$^{-1}$)

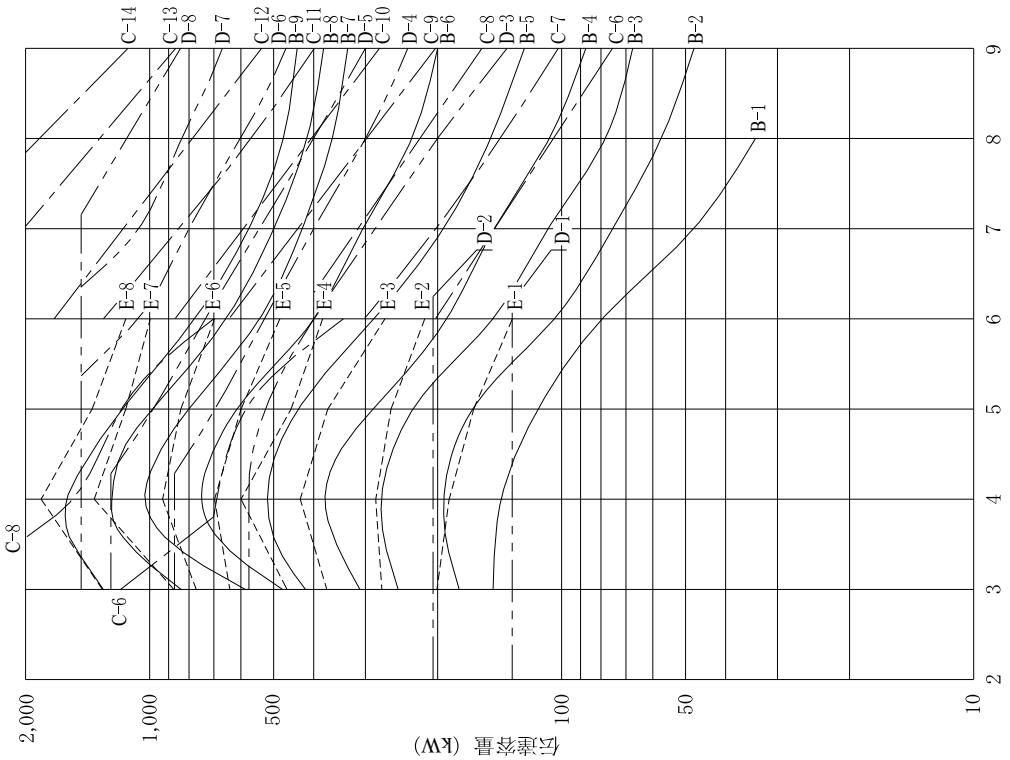



**図-7. 7-参15** 水冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1, 800min$^{-1}$)

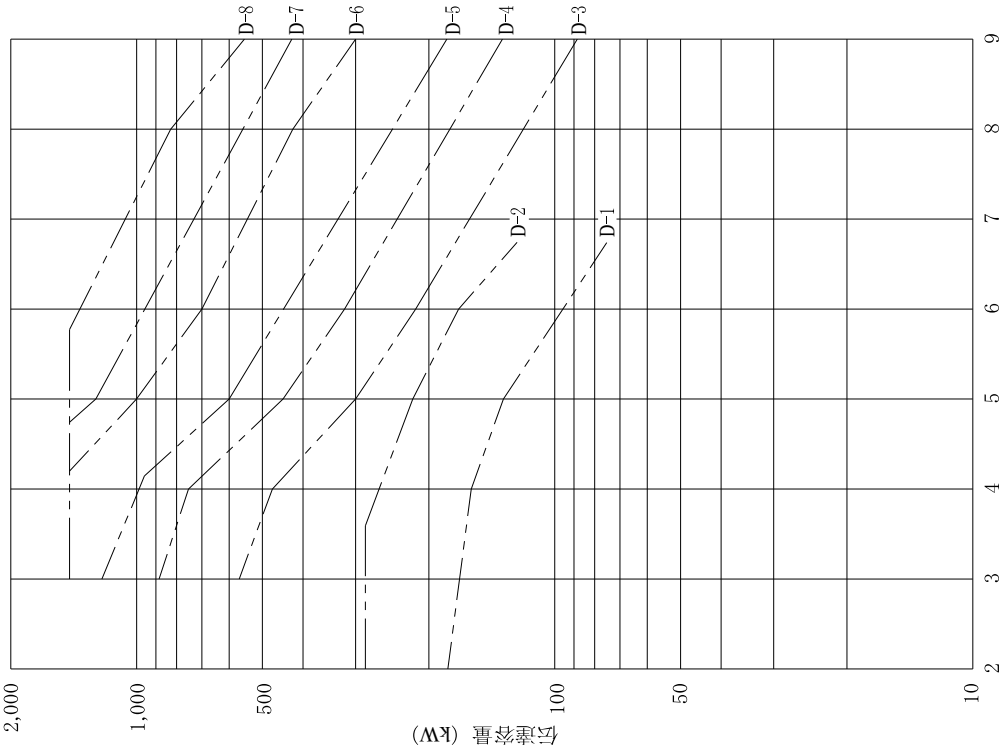



**図-7. 7-参 18**　水冷立軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度（1, 200min$^{-1}$）

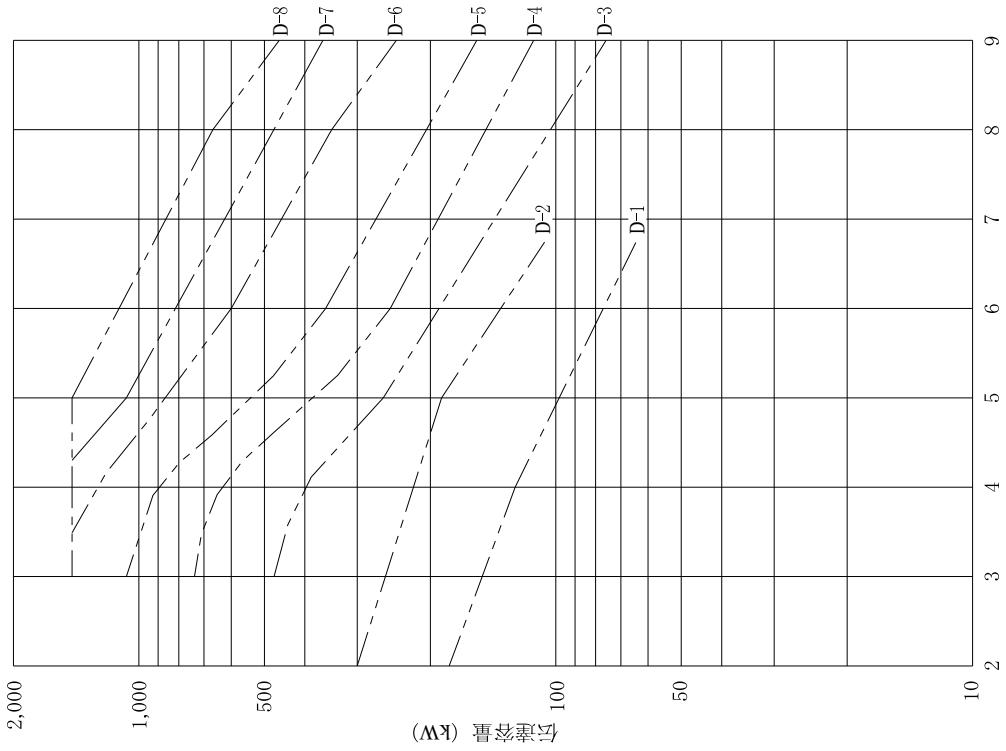



**図-7. 7-参 17**　水冷立軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度（1, 000min$^{-1}$）

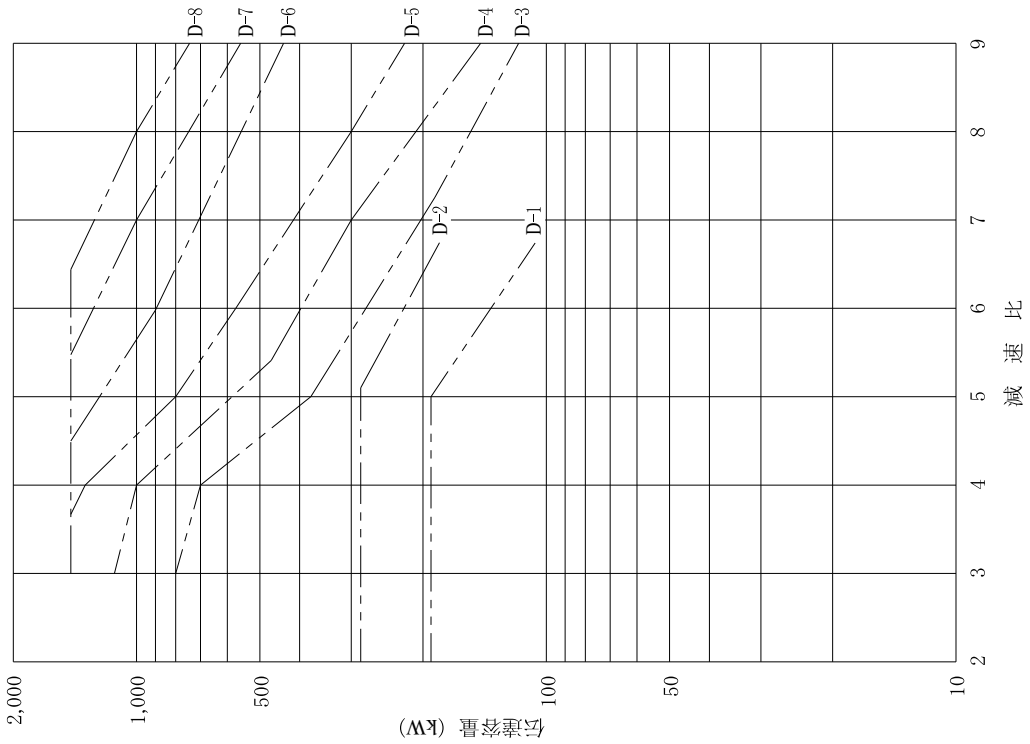



**図-7. 7-参20** 水冷立軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

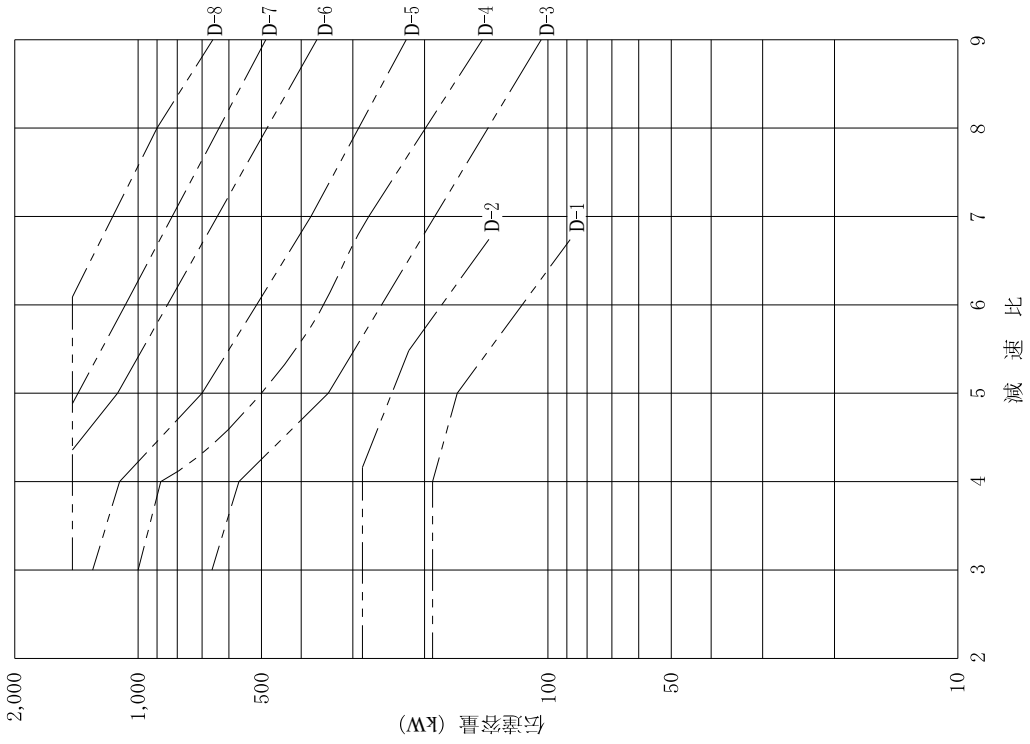



**図-7. 7-参19** 水冷立軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

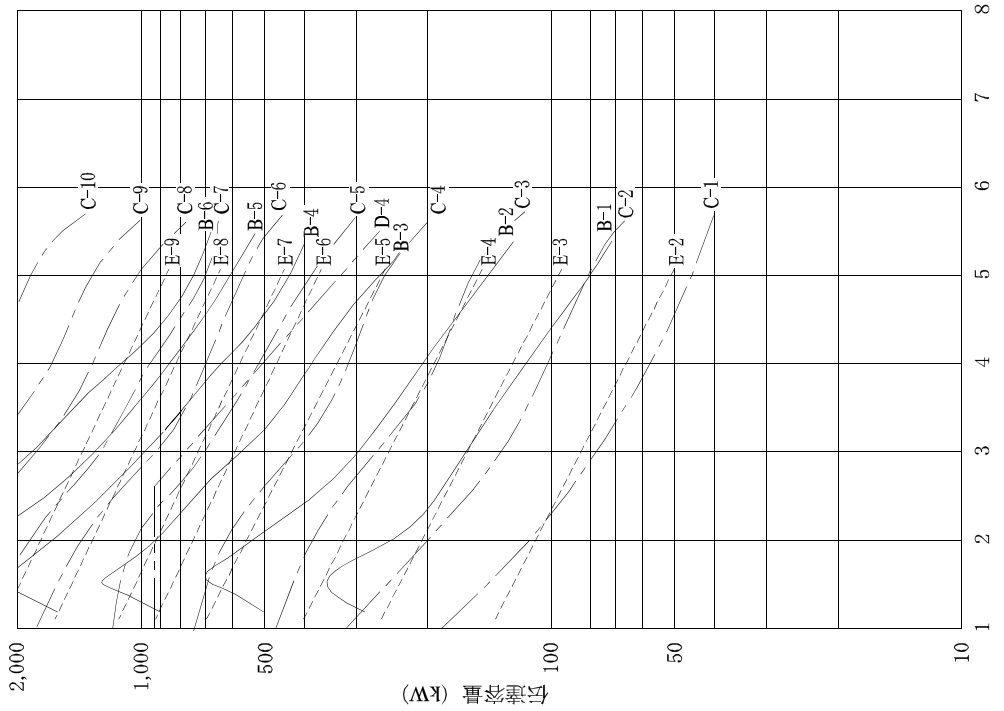



**図-7. 7-参 22**　水冷直交軸斜歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (1, 000min$^{-1}$)

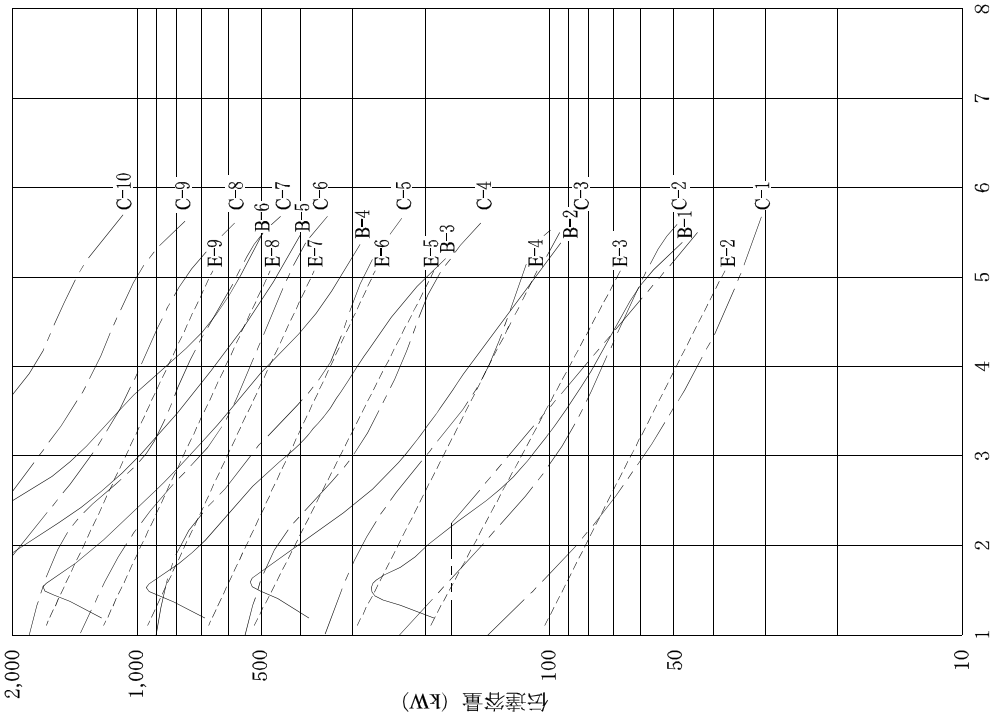



**図-7. 7-参 21**　水冷直交軸斜歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (750min$^{-1}$)

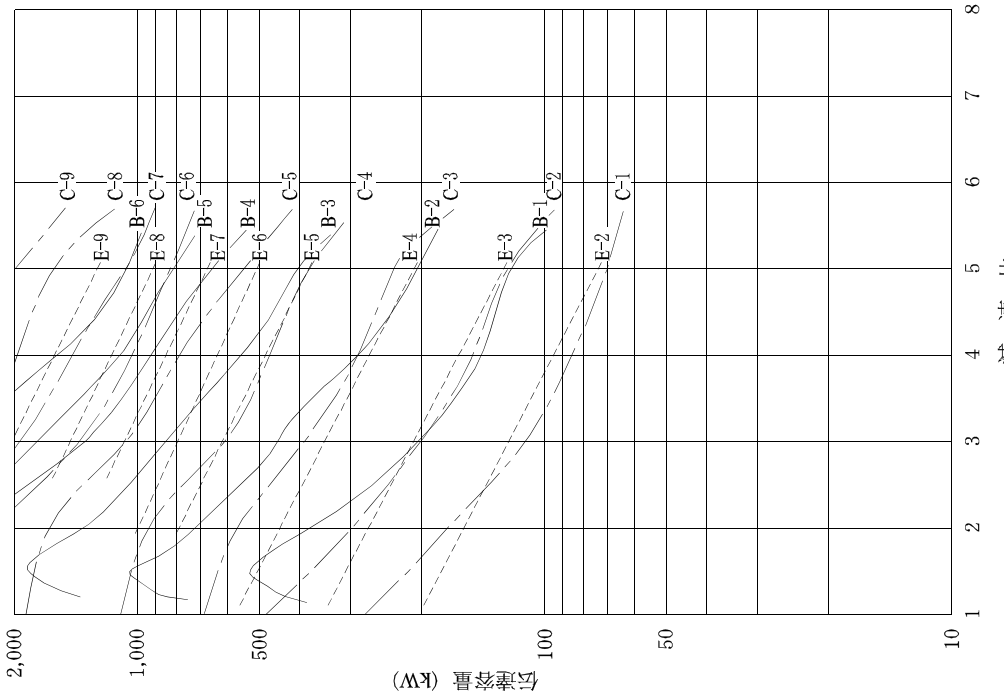



**図-7.7-参24** 水冷直交軸傘歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (1,500min$^{-1}$)

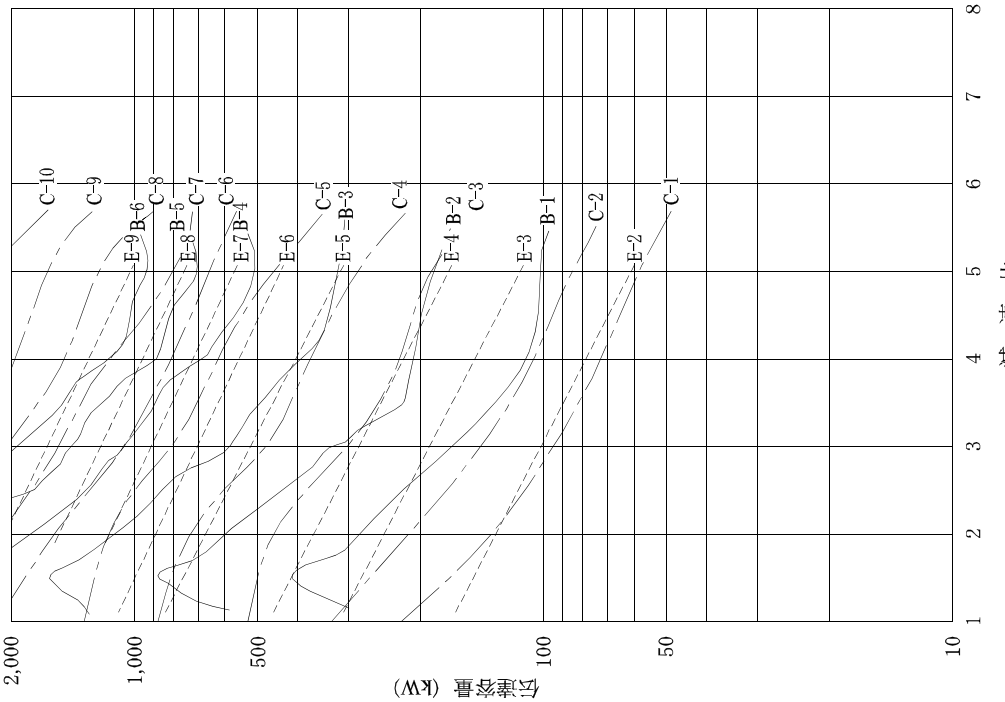



**図-7.7-参23** 水冷直交軸傘歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$)

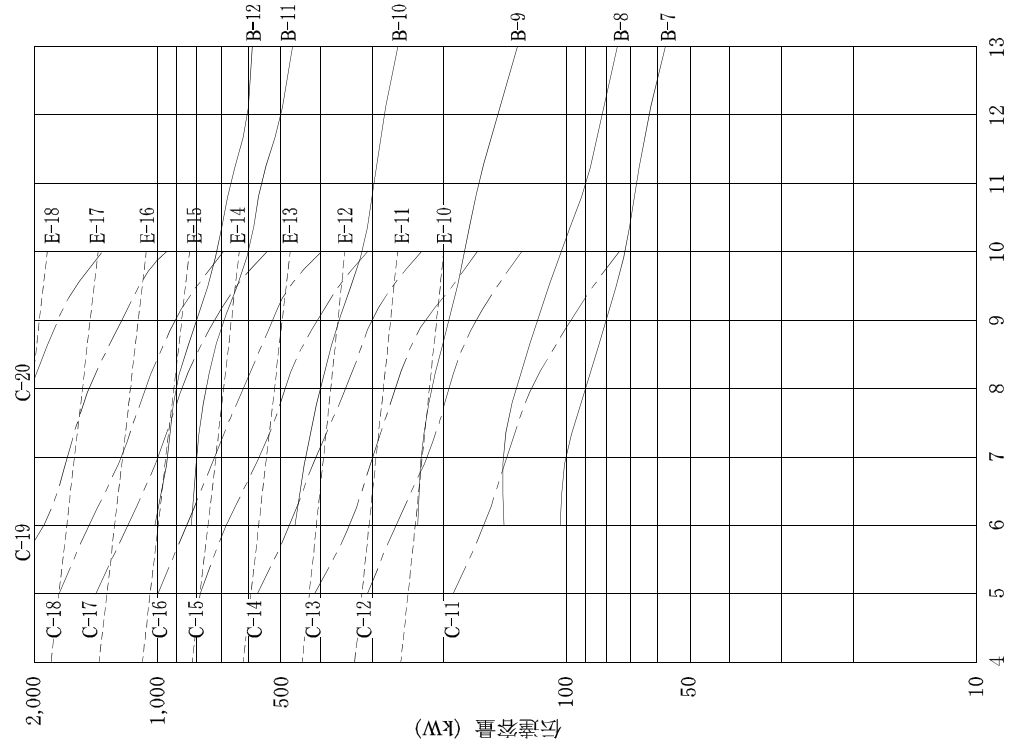



**図-7. 7-参 26**　水冷直交軸斜歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

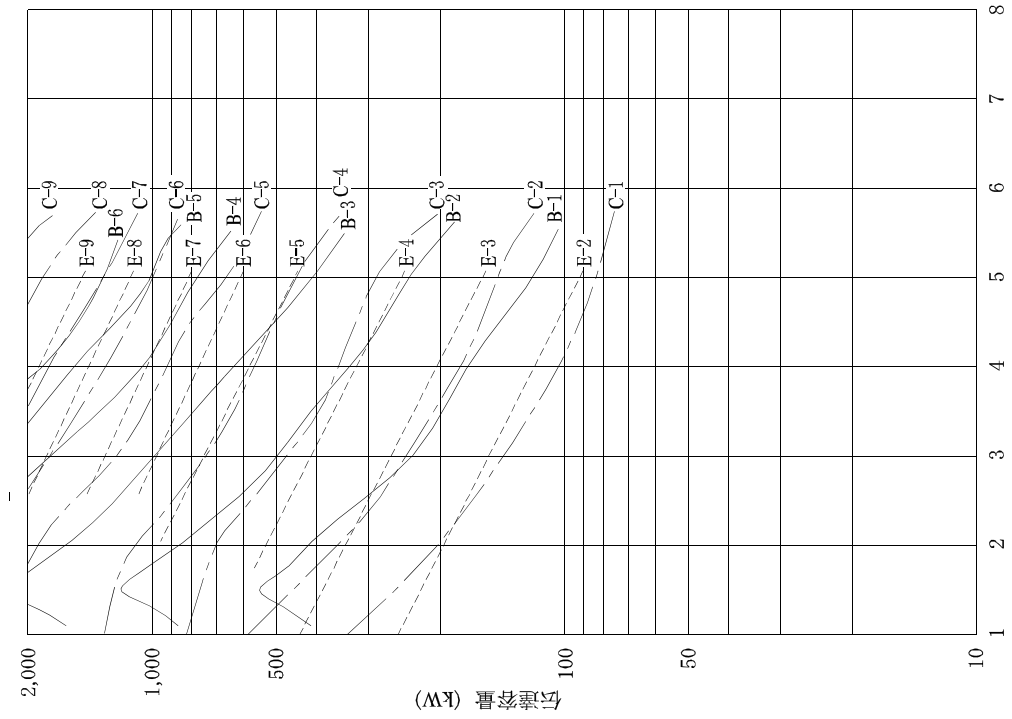



**図-7. 7-参 25**　水冷直交軸斜歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

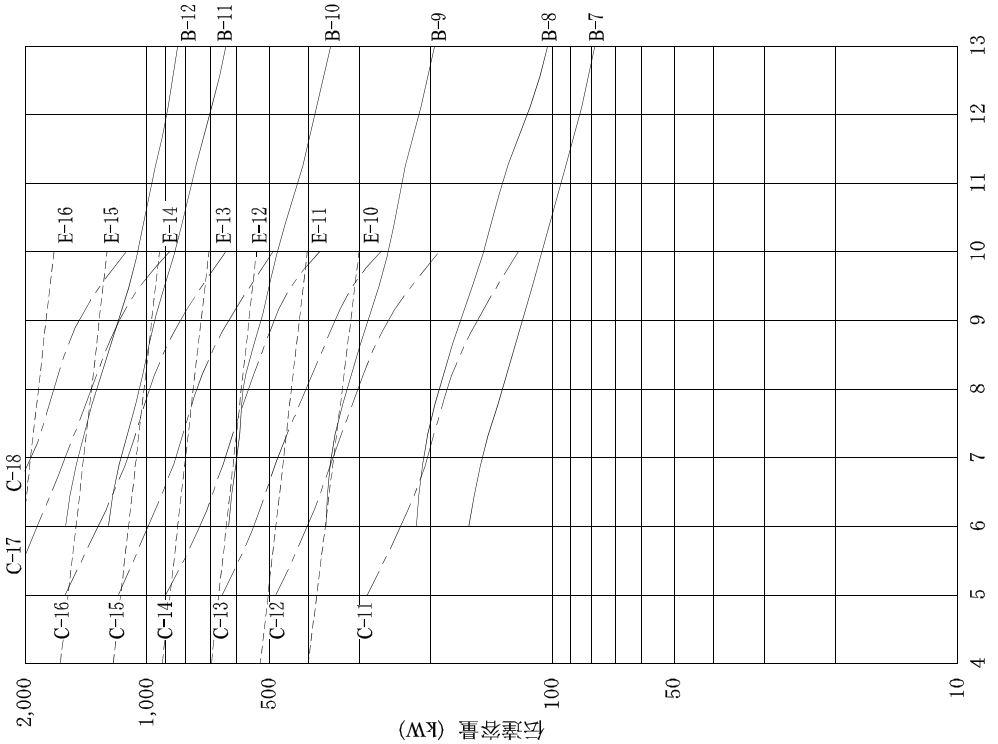



**図-7. 7-参 28** 水冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

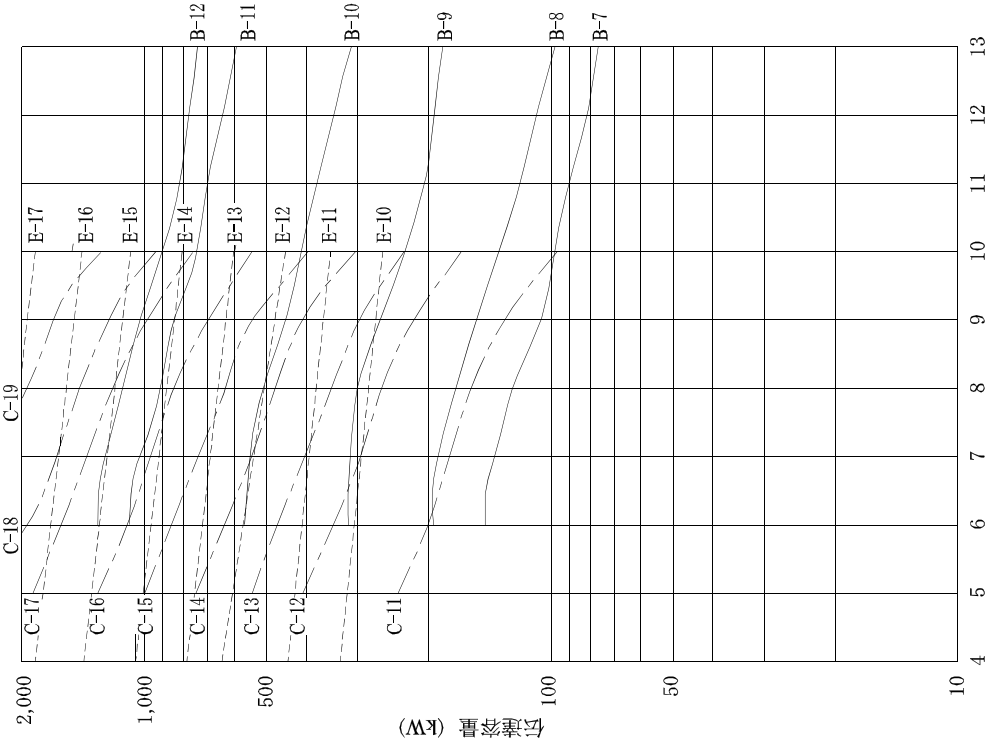



**図-7. 7-参 27** 水冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

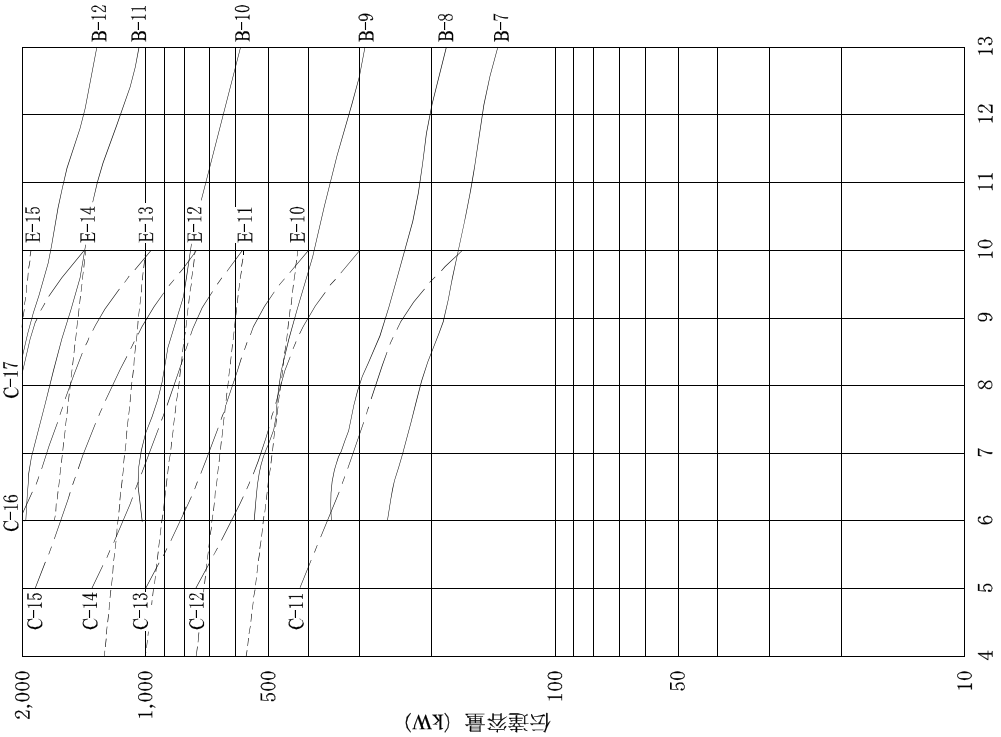



**図-7. 7-参 30**　水冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

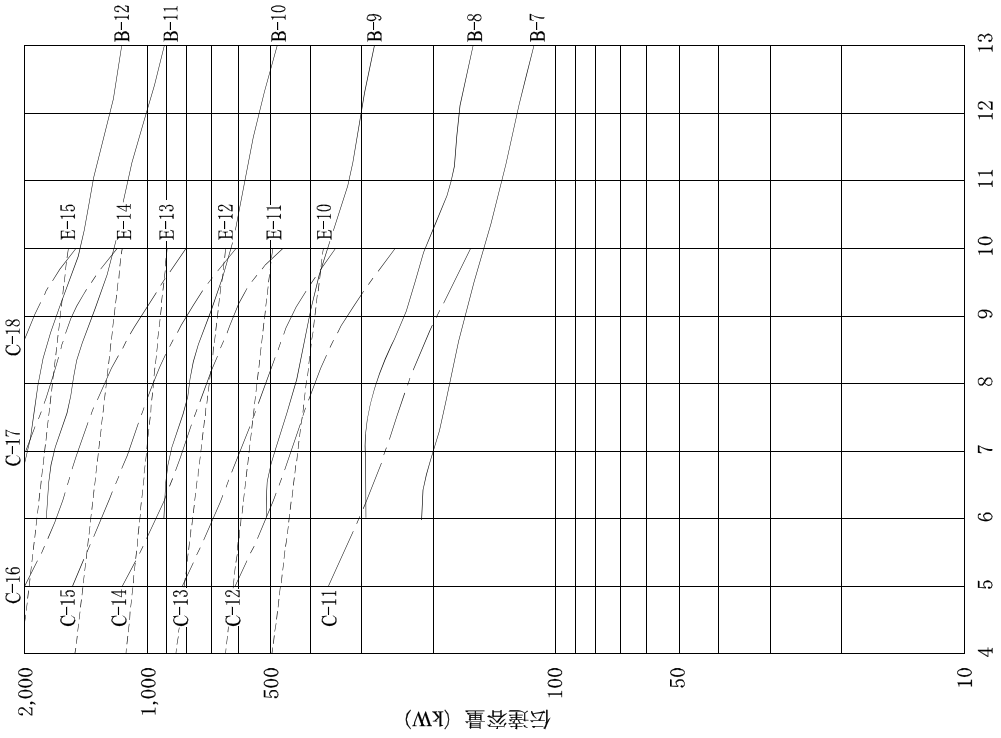



**図-7. 7-参 29**　水冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

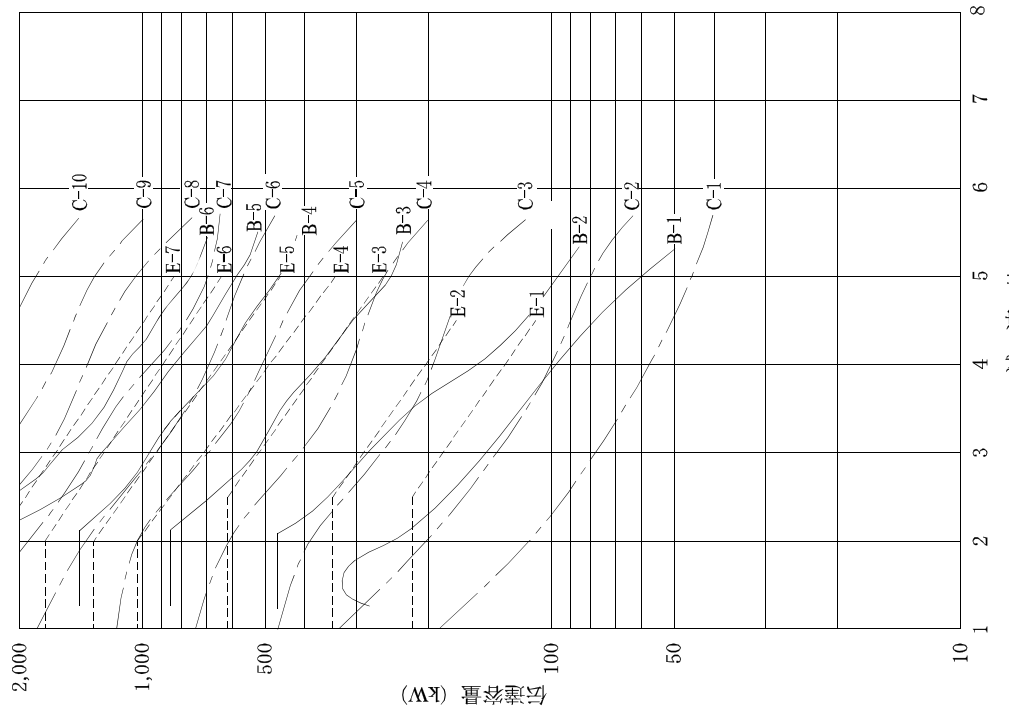



**図-7. 7-参 32** 水冷直交軸斜歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 000min$^{-1}$）

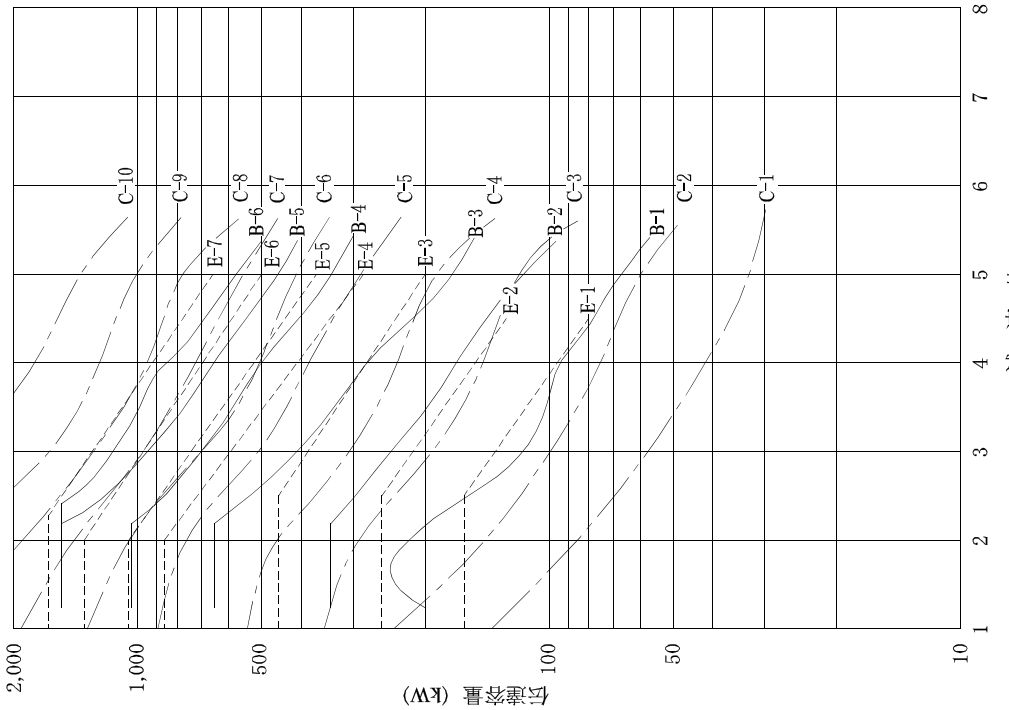



**図-7. 7-参 31** 水冷直交軸斜歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

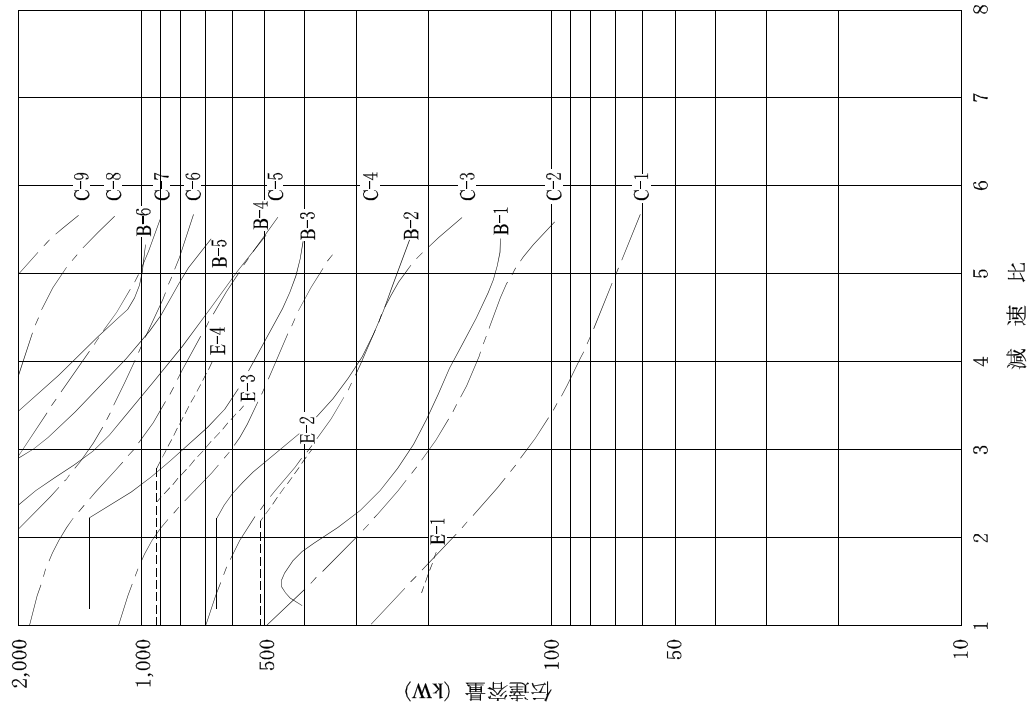



**図-7. 7-参 34**　水冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

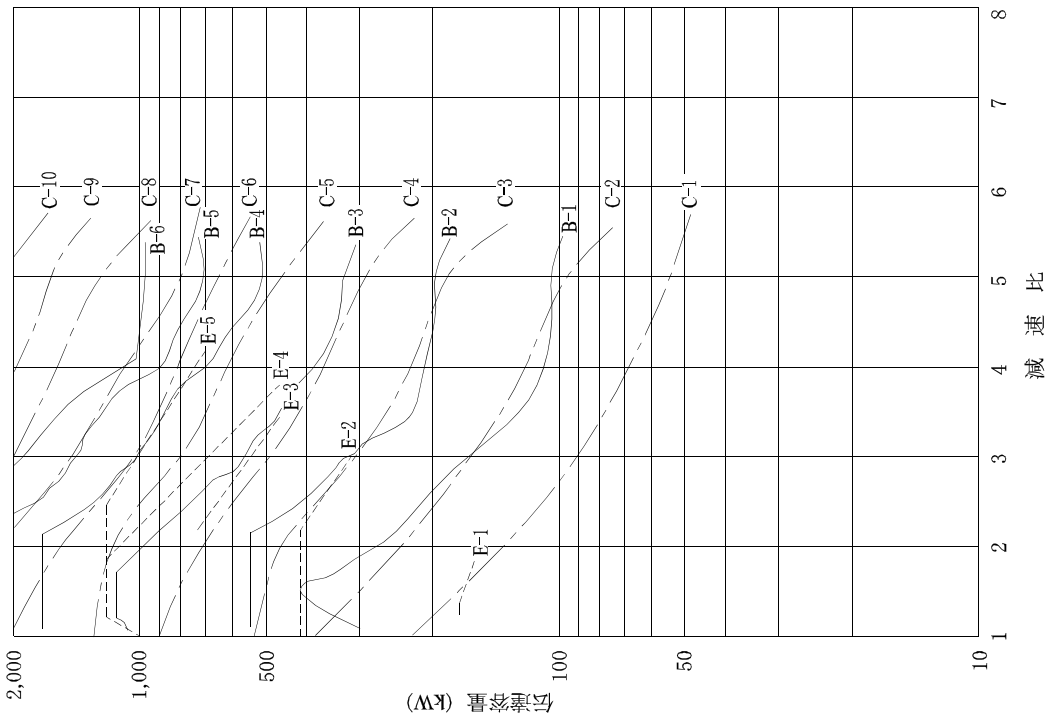



**図-7. 7-参 33**　水冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 200min$^{-1}$）

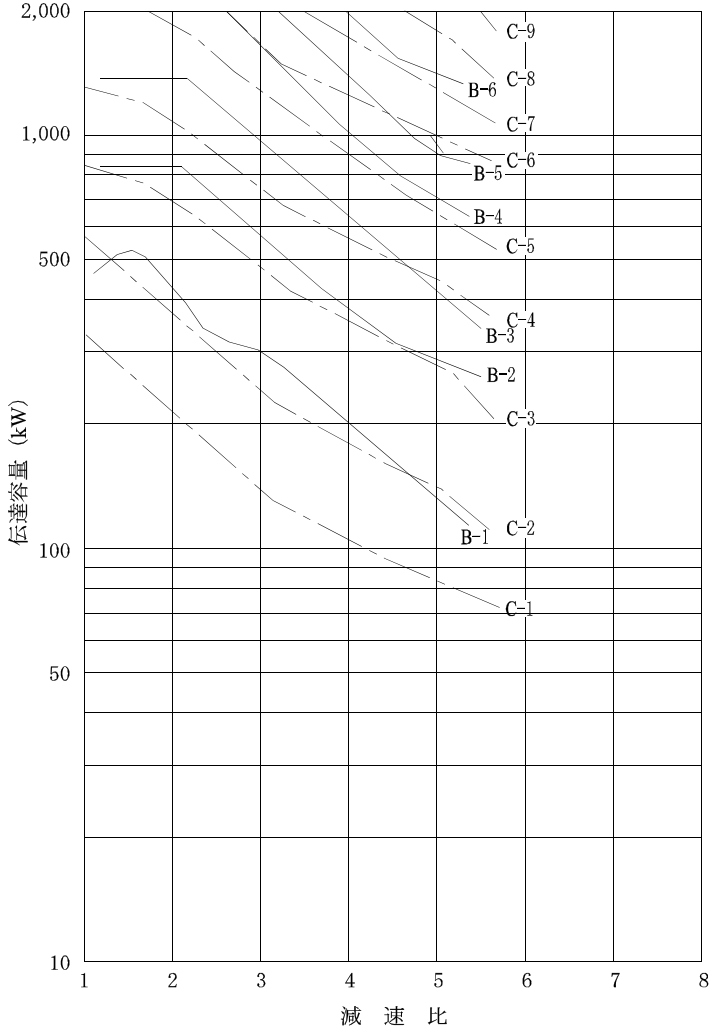



**図-7.7-参35**　水冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,800min$^{-1}$）

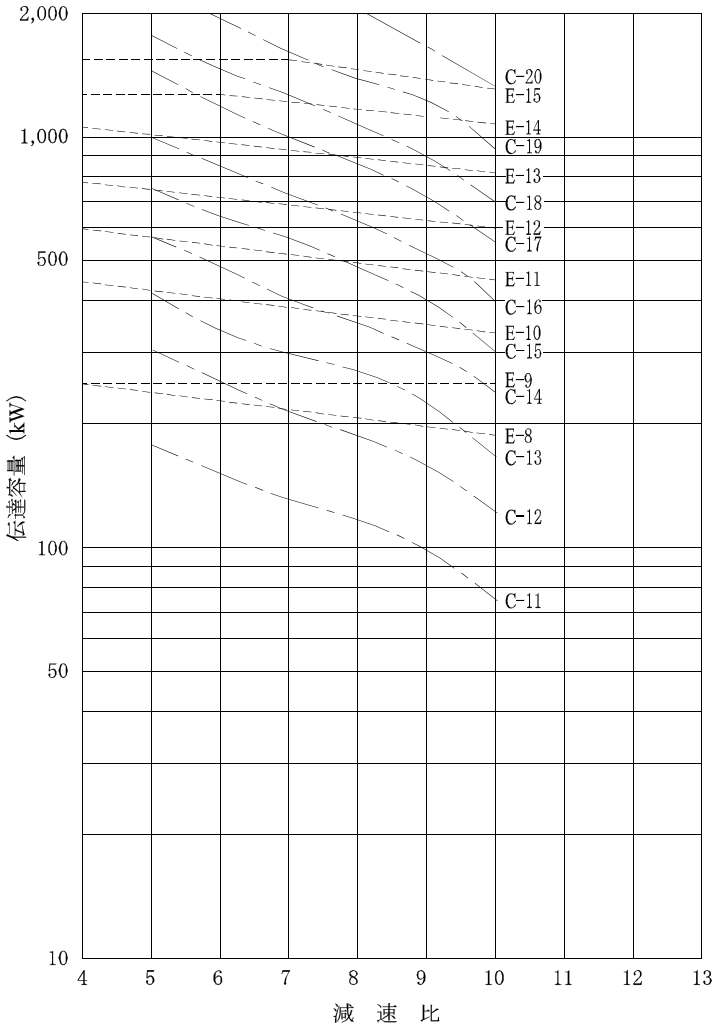



**図-7.7-参36**　水冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

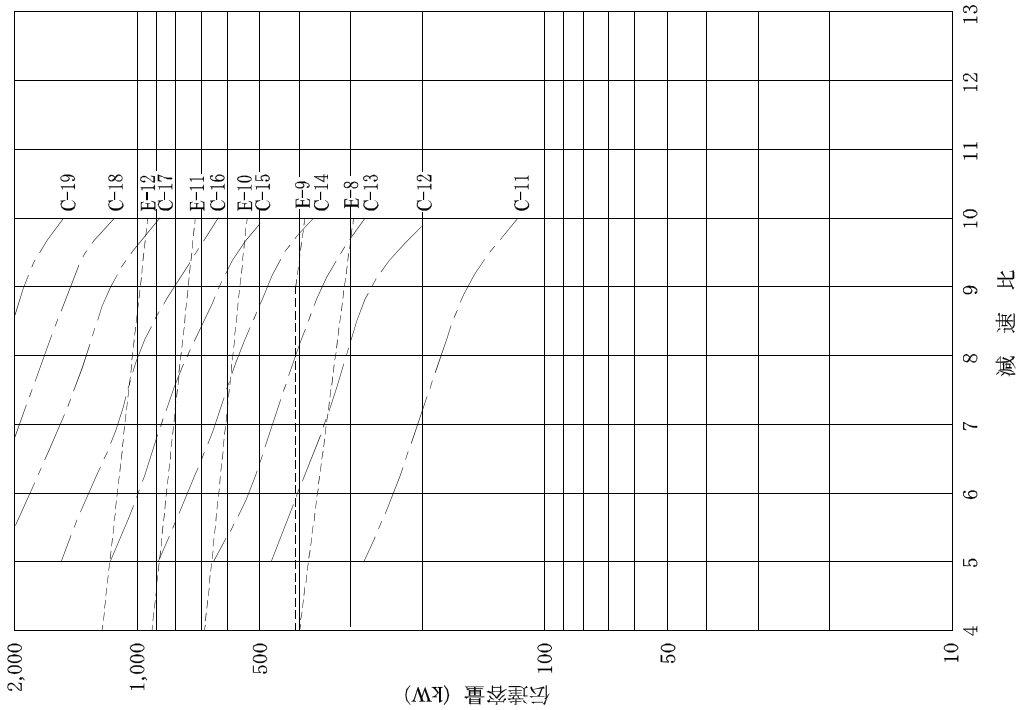



**図-7.7-参 38**　水冷直交軸斜歯歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$)

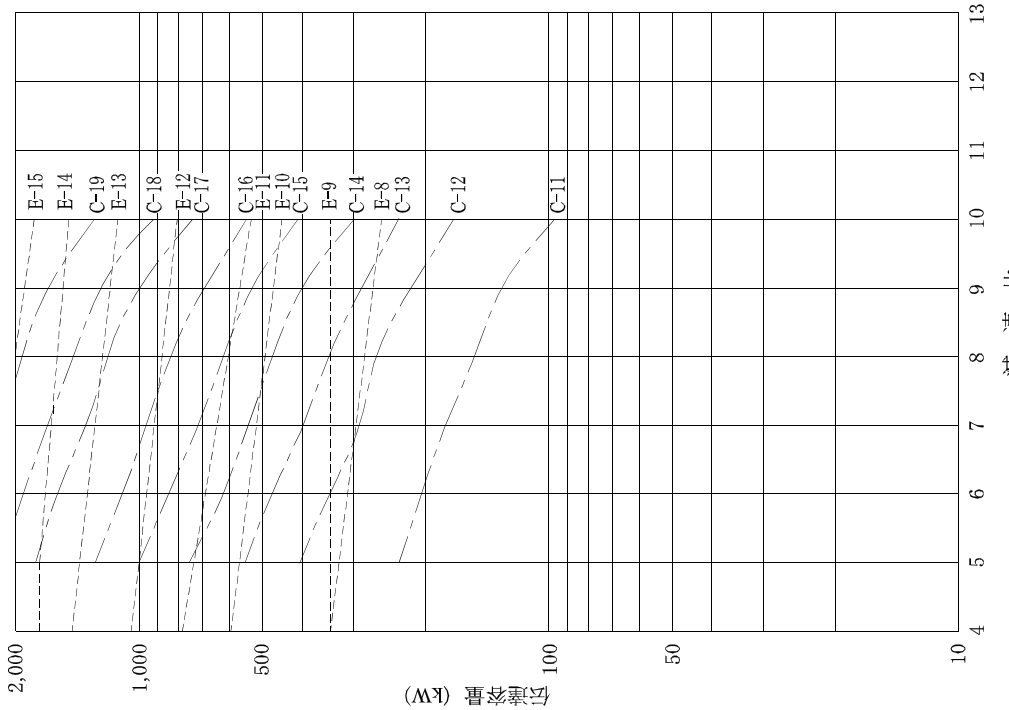



**図-7.7-参 37**　水冷直交軸斜歯歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,000min$^{-1}$)

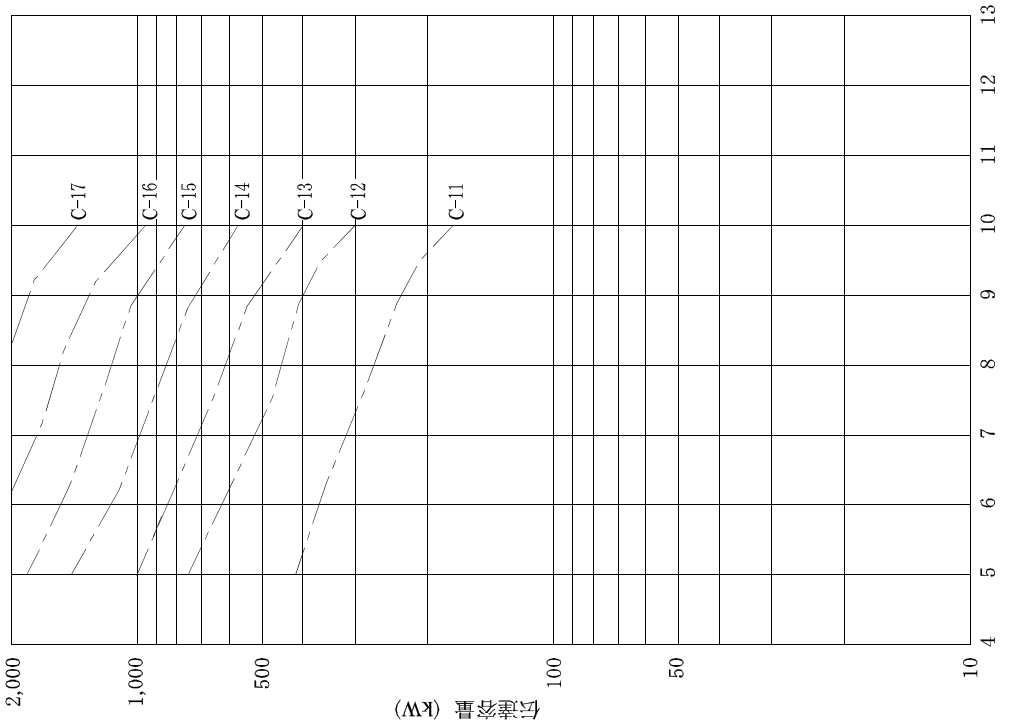



**図-7. 7-参 40** 水冷直交軸斜歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

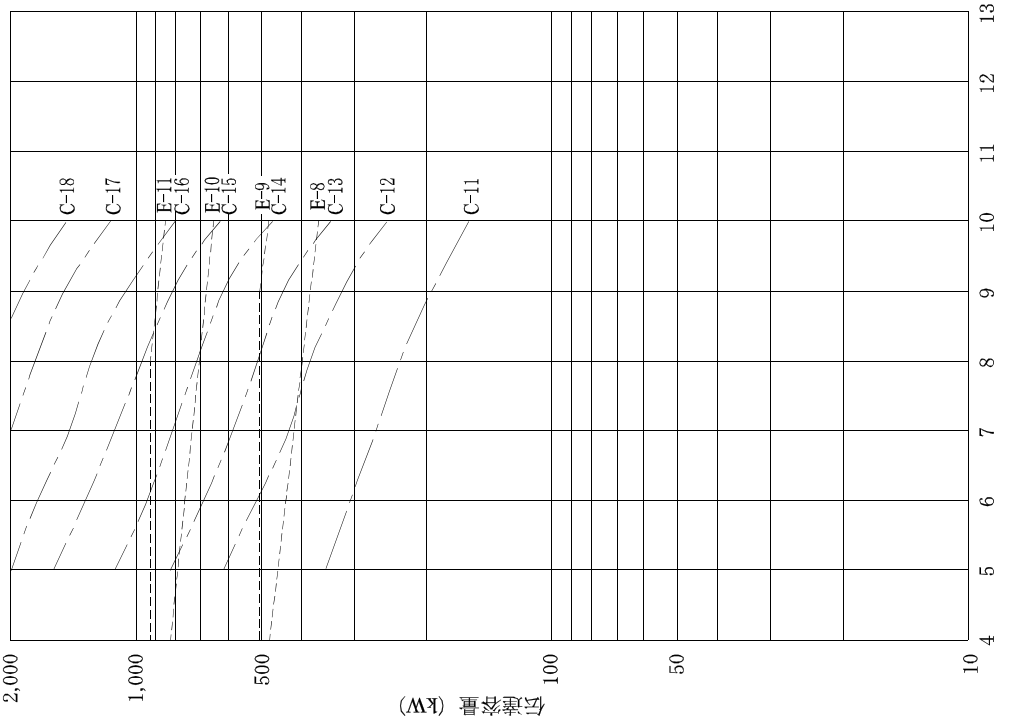



**図-7. 7-参 39** 水冷直交軸斜歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

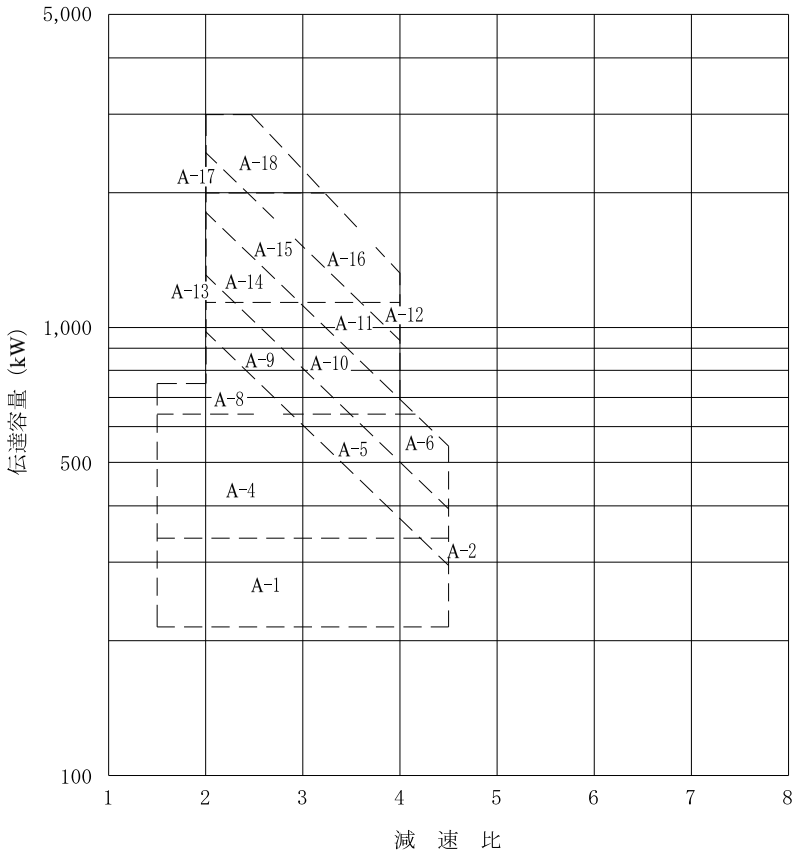



**図-7.7-参41**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—①）

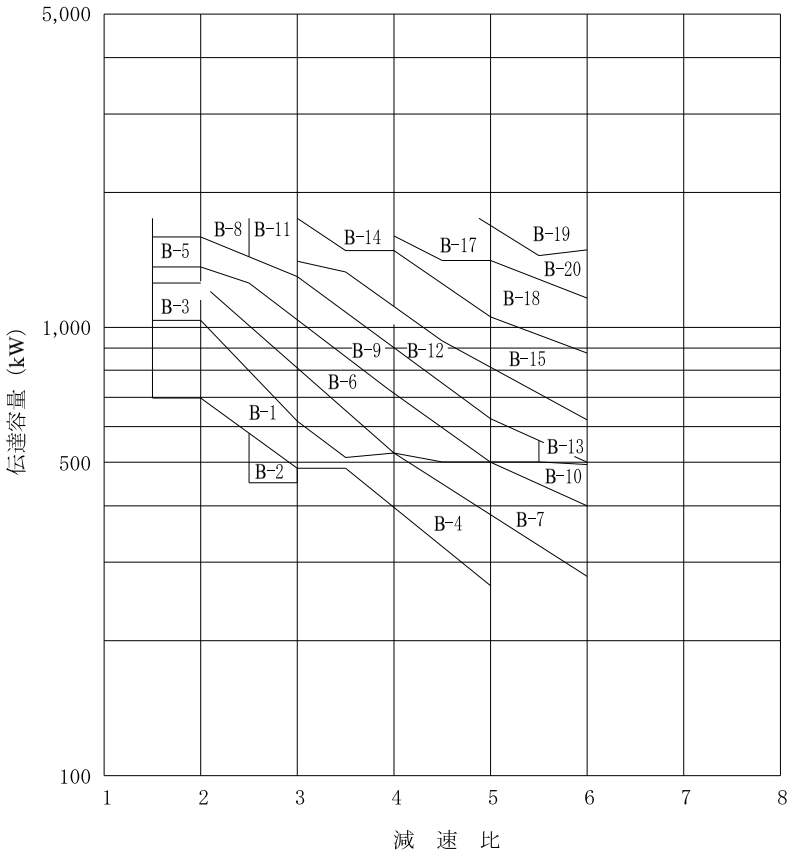



**図-7.7-参42**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—②）

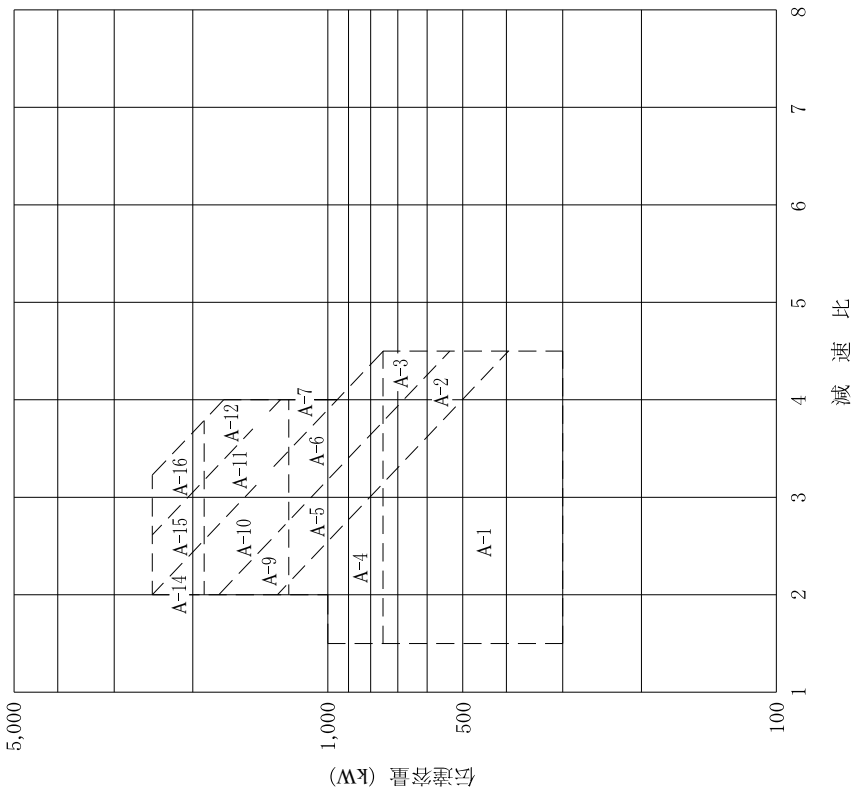



**図-7.7-参44** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$—①）

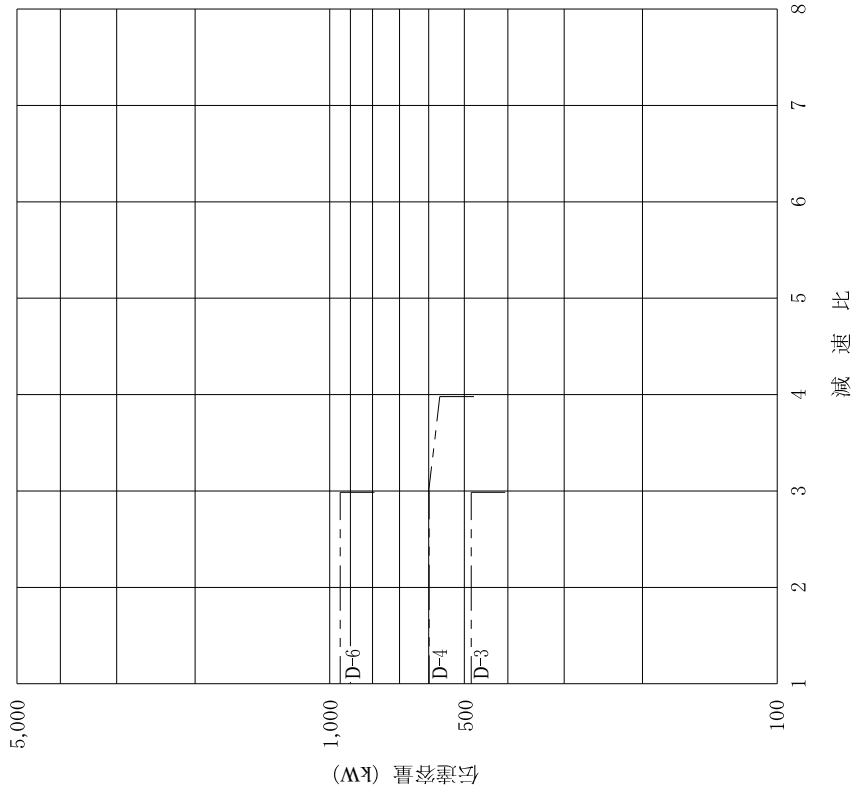



**図-7.7-参43** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—③）

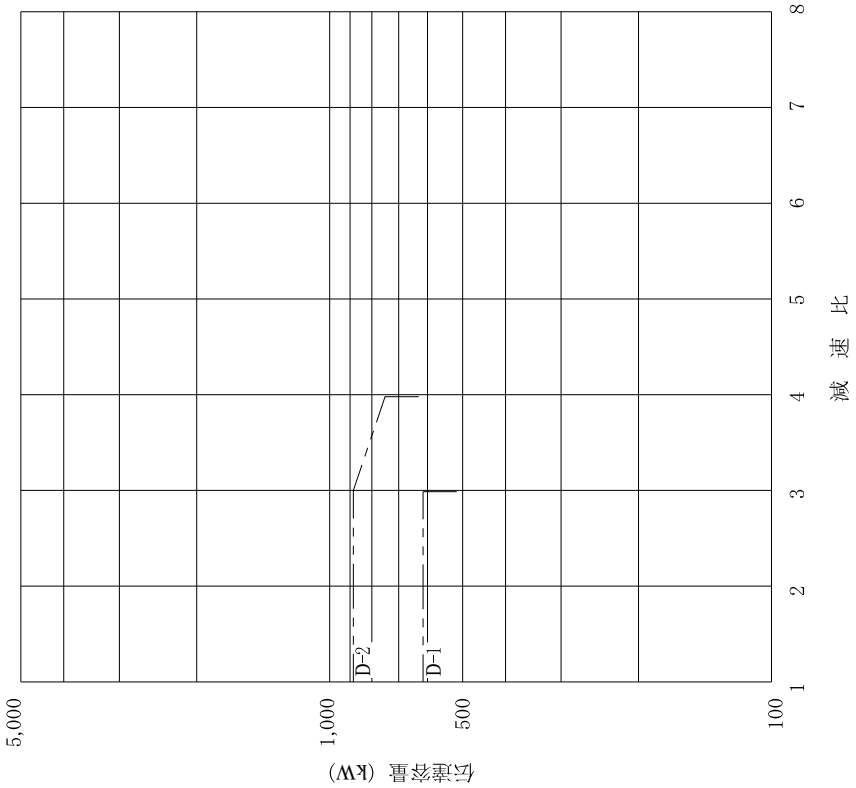



**図-7.7-参46**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$—③）

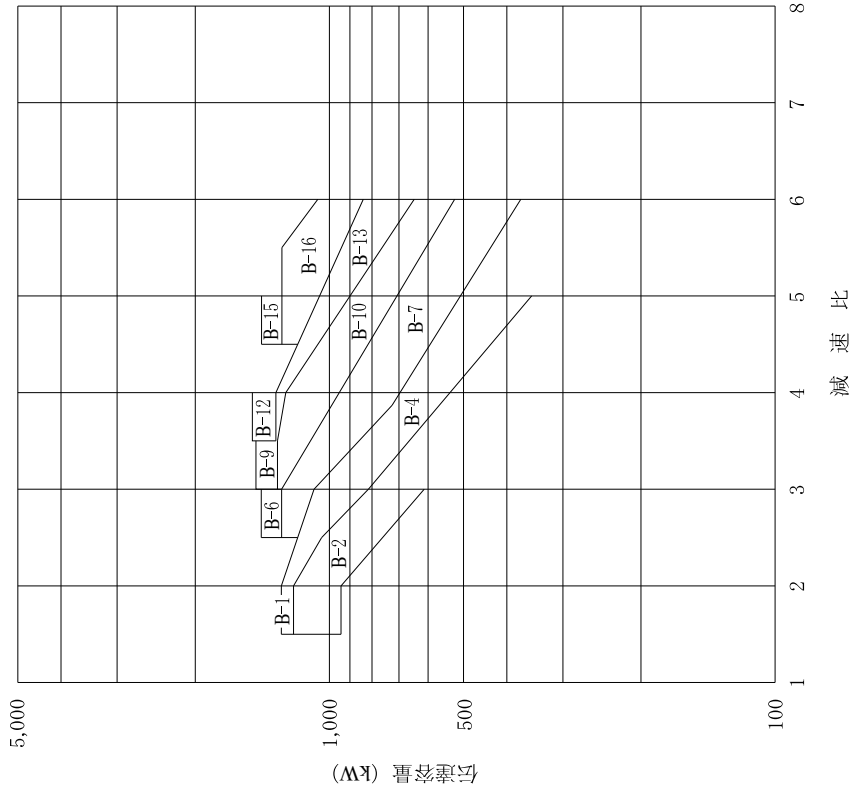



**図-7.7-参45**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$—②）

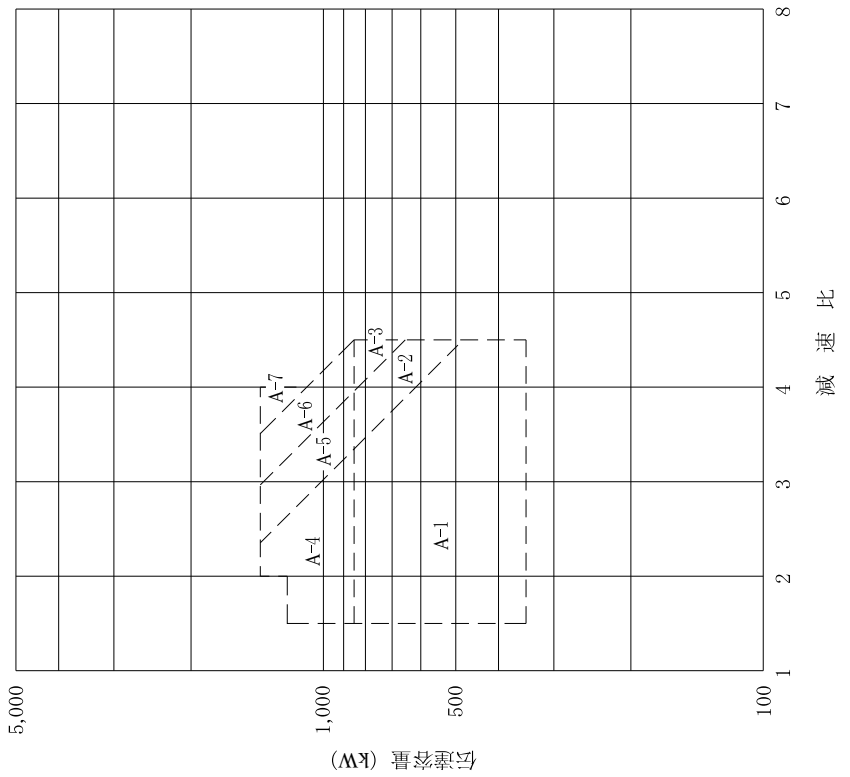



**図-7.7-参47** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$—①）

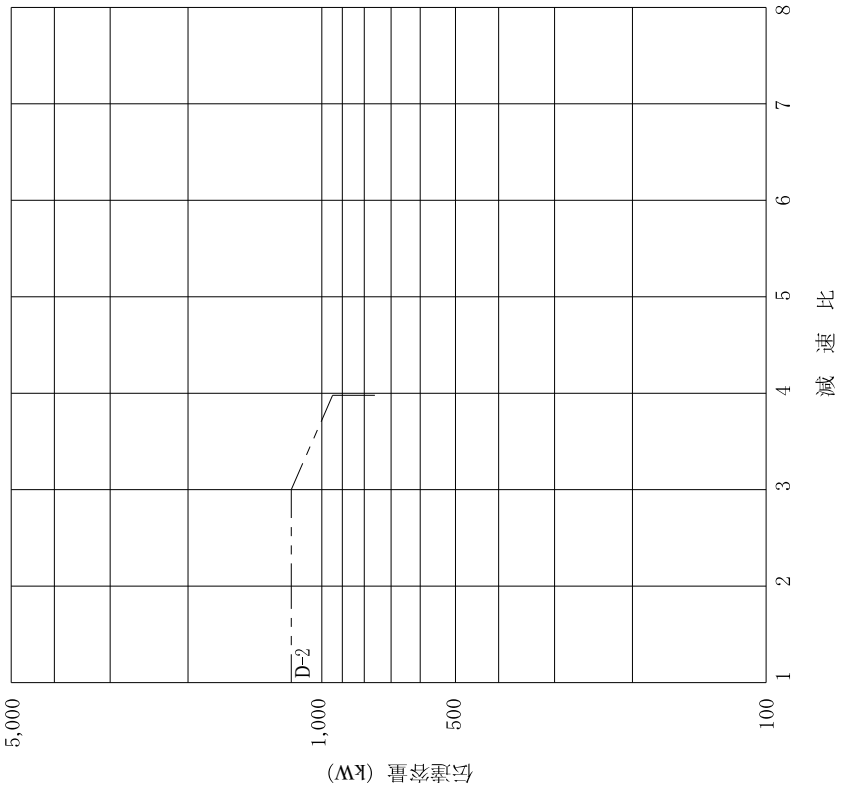



**図-7.7-参48** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$—②）

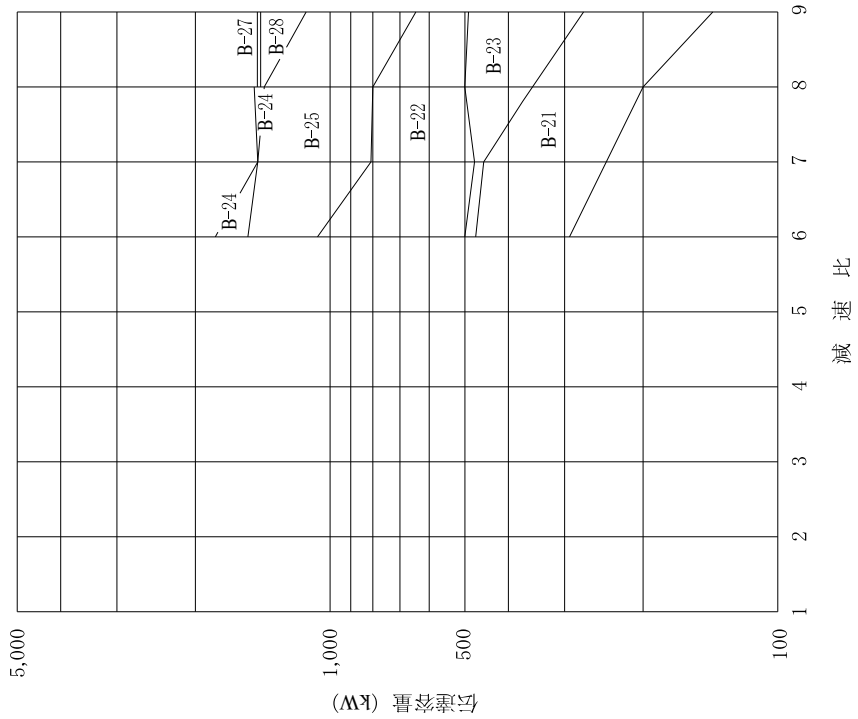



**図-7. 7-参 50**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—②）

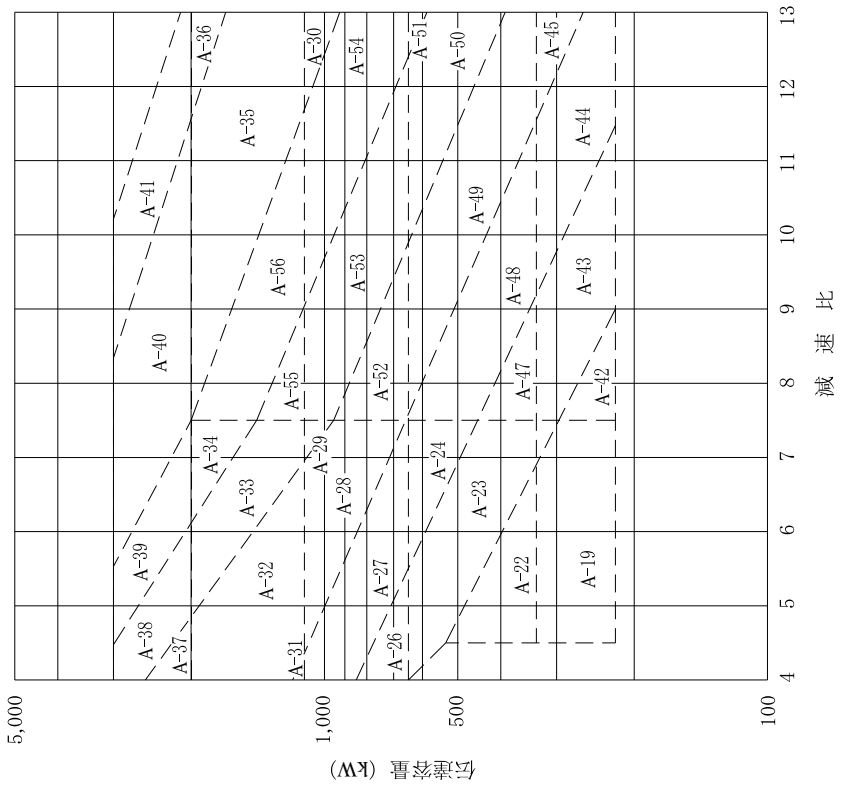
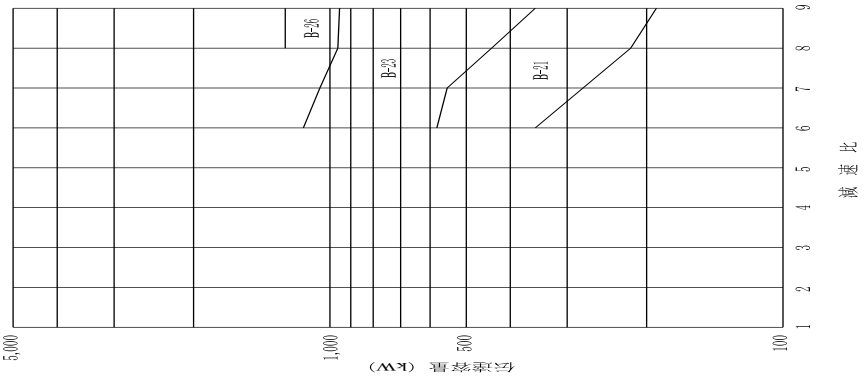



**図-7. 7-参 49**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—①）



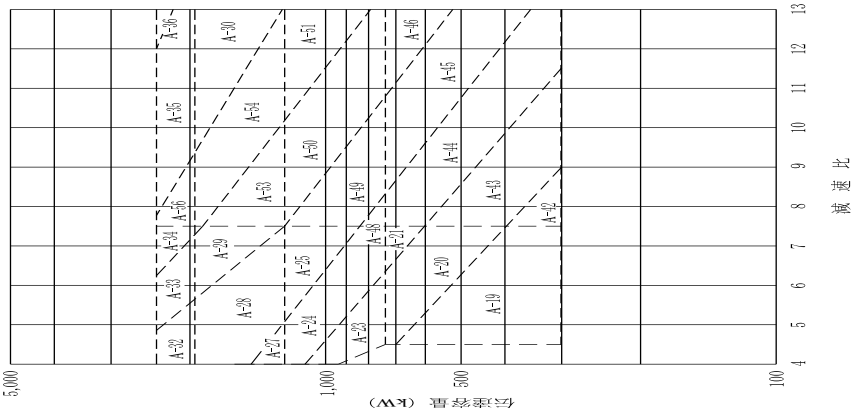




**図-7.7-参52** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$—①）

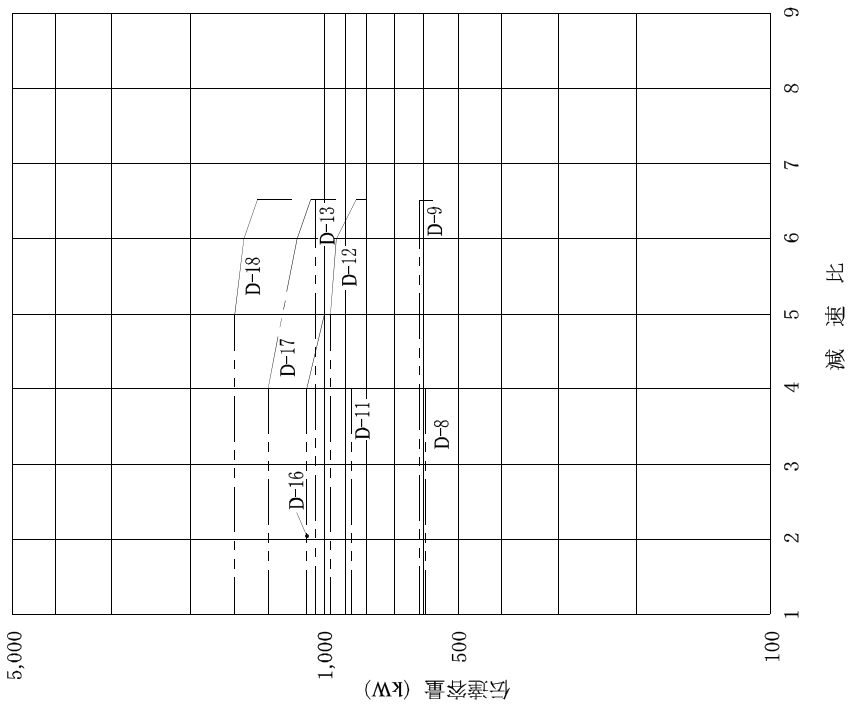



**図-7.7-参51** 水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$—③）

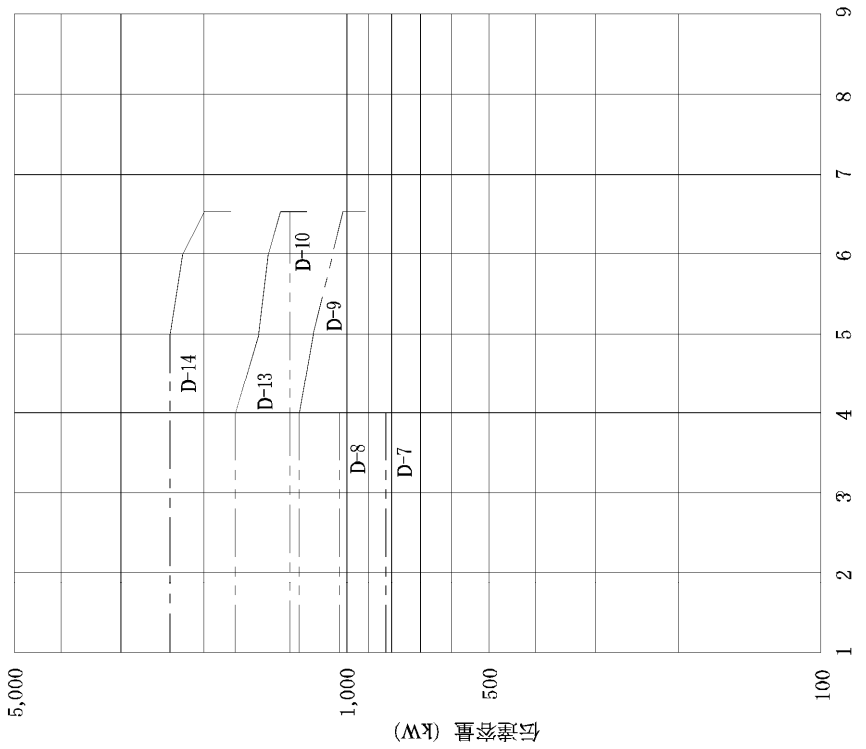



**図-7. 7-参 54**　水冷直交軸傘歯車減速機（流体継手内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 000min$^{-1}$—③）

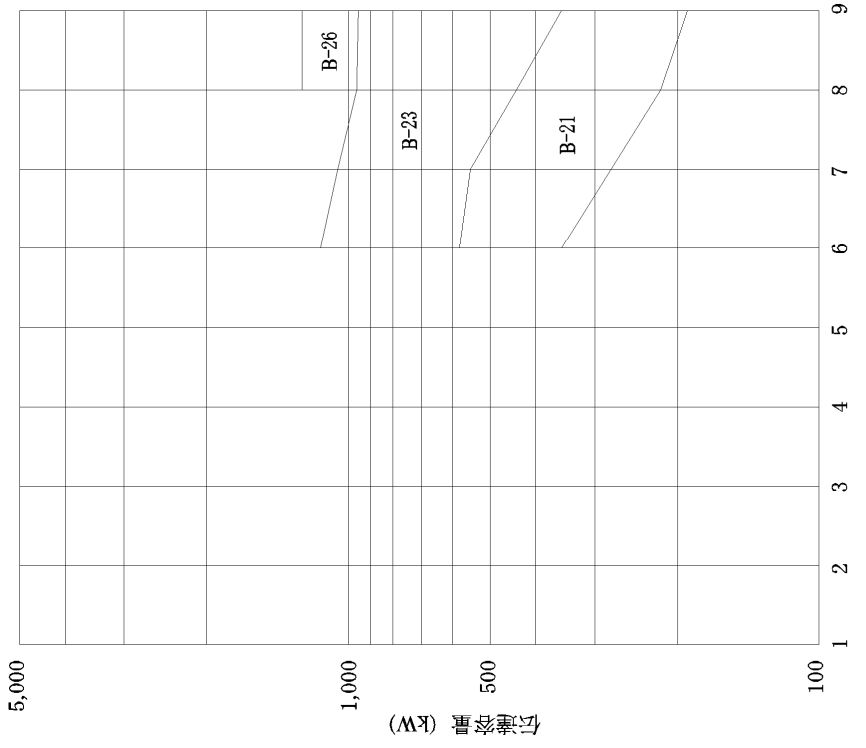



**図-7. 7-参 53**　水冷直交軸傘歯車減速機(流体継手内蔵) 選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 000min$^{-1}$—②）

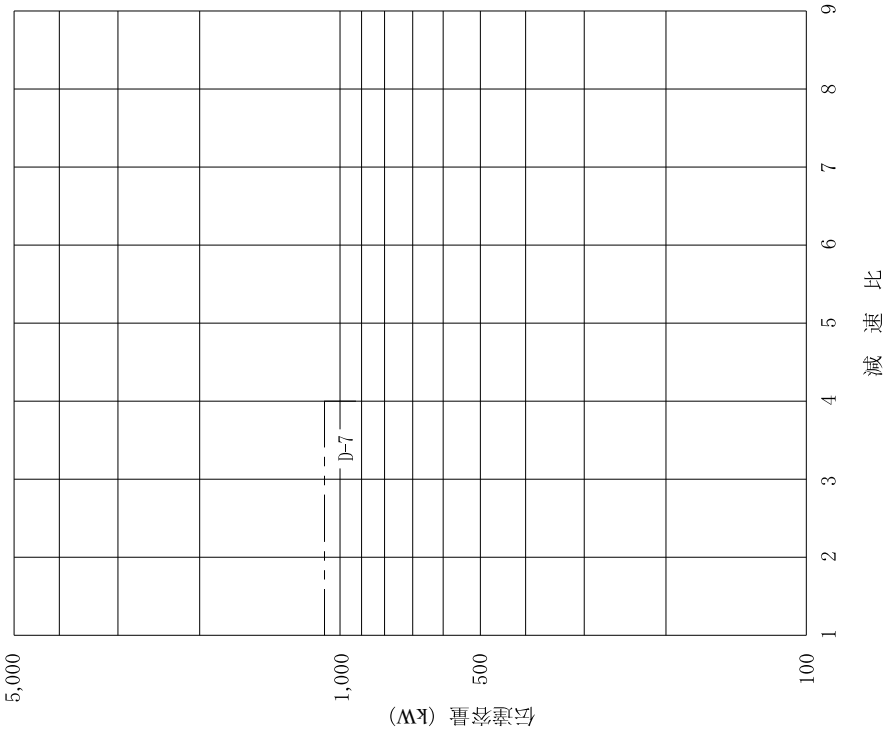



**図-7.7-参56** 水冷直交軸傘歯車減速機(流体継手内蔵) 選定図 (二段減速)
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$—①)

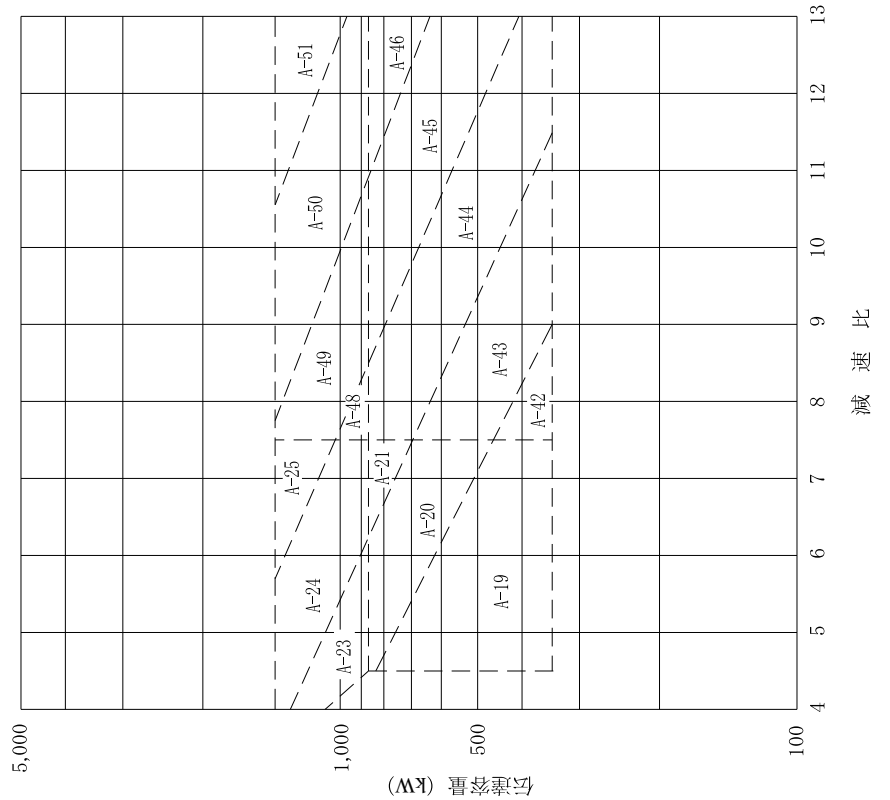
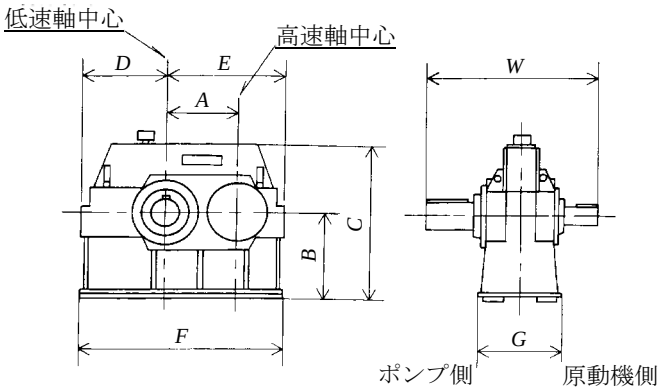



**図-7.7-参55** 水冷直交軸傘歯車減速機 (流体継手内蔵) 選定図 (二段減速)
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$—①)

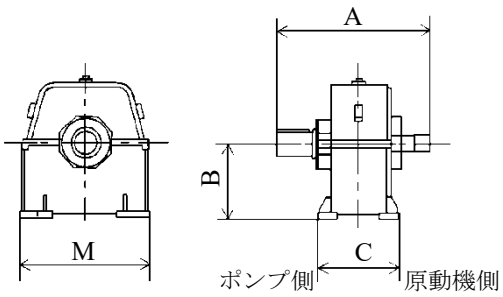
**表-7.4**　水冷式平行軸歯車減速機概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主　要　寸　法（mm） | | | | | | | | 質 量（ウェット）(kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | *W* | |
| A- 1 | 125 | 180 | 350 | 200 | 260 | 370 | 290 | 555 | 150 |
| A- 2 | 160 | 200 | 390 | 235 | 325 | 460 | 340 | 640 | 250 |
| A- 3 | 200 | 250 | 490 | 280 | 390 | 560 | 380 | 720 | 375 |
| A- 4 | 250 | 315 | 620 | 330 | 470 | 660 | 450 | 845 | 610 |
| A- 5 | 280 | 355 | 700 | 370 | 520 | 740 | 500 | 920 | 835 |
| A- 6 | 315 | 400 | 790 | 395 | 575 | 810 | 540 | 990 | 1,085 |
| A- 7 | 355 | 425 | 840 | 445 | 635 | 910 | 580 | 1,090 | 1,420 |
| A- 8 | 400 | 475 | 940 | 500 | 700 | 1,020 | 640 | 1,170 | 1,920 |
| A- 9 | 450 | 530 | 1,040 | 550 | 780 | 1,130 | 680 | 1,315 | 2,500 |
| A-10 | 500 | 580 | 1,140 | 630 | 890 | 1,250 | 760 | 1,450 | 3,500 |
| A-11 | 285 | 200 | 380 | 220 | 420 | 530 | 320 | 600 | 270 |
| A-12 | 360 | 250 | 465 | 265 | 515 | 670 | 380 | 710 | 460 |
| A-13 | 450 | 315 | 585 | 315 | 675 | 860 | 470 | 845 | 835 |
| A-14 | 565 | 400 | 735 | 415 | 775 | 1,060 | 520 | 960 | 1,420 |
| A-15 | 635 | 425 | 800 | 455 | 885 | 1,190 | 580 | 1,045 | 1,960 |
| A-16 | 715 | 475 | 895 | 505 | 995 | 1,350 | 650 | 1,185 | 2,545 |
| A-17 | 805 | 530 | 990 | 575 | 1,095 | 1,500 | 700 | 1,290 | 3,585 |
| A-18 | 900 | 580 | 1,105 | 655 | 1,225 | 1,680 | 790 | 1,415 | 5,000 |
| A-19 | 1,010 | 630 | 1,210 | 700 | 1,380 | 1,880 | 850 | 1,550 | 6,335 |
| B- 1 | 155 | 180 | 415 | 260 | 345 | 425 | 280 | 650 | 120 |
| B- 2 | 165 | 215 | 465 | 290 | 390 | 500 | 280 | 710 | 160 |
| B- 3 | 175 | 225 | 475 | 290 | 420 | 530 | 280 | 745 | 210 |
| B- 4 | 185 | 240 | 495 | 300 | 440 | 560 | 315 | 765 | 250 |
| B- 5 | 200 | 250 | 520 | 315 | 465 | 600 | 315 | 820 | 275 |
| B- 6 | 205 | 265 | 545 | 325 | 485 | 630 | 355 | 875 | 325 |
| B- 7 | 220 | 280 | 570 | 345 | 505 | 670 | 355 | 895 | 350 |
| B- 8 | 235 | 300 | 600 | 355 | 545 | 710 | 355 | 905 | 400 |
| B- 9 | 250 | 300 | 610 | 370 | 570 | 750 | 375 | 980 | 500 |
| B-10 | 270 | 315 | 635 | 390 | 590 | 800 | 375 | 1,015 | 600 |
| B-11 | 280 | 335 | 675 | 405 | 625 | 850 | 400 | 1,065 | 720 |
| B-12 | 295 | 355 | 705 | 425 | 665 | 900 | 450 | 1,130 | 860 |
| B-13 | 310 | 375 | 745 | 465 | 705 | 950 | 450 | 1,130 | 950 |
| B-14 | 330 | 400 | 790 | 485 | 710 | 975 | 450 | 1,180 | 1,000 |
| B-15 | 350 | 425 | 845 | 505 | 745 | 1,030 | 475 | 1,200 | 1,150 |

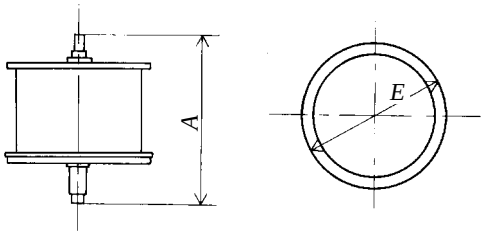
| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | 質 量 (ウェット) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | *W* | (kg) |
| B−16 | 335 | 240 | 530 | 295 | 505 | 660 | 370 | 650 | 350 |
| B−17 | 365 | 240 | 530 | 300 | 560 | 720 | 410 | 770 | 600 |
| B−18 | 435 | 280 | 610 | 335 | 625 | 820 | 410 | 770 | 700 |
| B−19 | 450 | 280 | 615 | 355 | 665 | 860 | 490 | 910 | 1,020 |
| B−20 | 530 | 350 | 750 | 410 | 750 | 1,000 | 490 | 910 | 1,150 |
| B−21 | 565 | 350 | 755 | 435 | 825 | 1,080 | 560 | 1,075 | 1,820 |
| B−22 | 665 | 430 | 910 | 510 | 930 | 1,260 | 560 | 1,075 | 2,070 |
| B−23 | 730 | 430 | 925 | 530 | 1,040 | 1,370 | 660 | 1,285 | 3,500 |
| B−24 | 865 | 530 | 1,130 | 620 | 1,170 | 1,590 | 660 | 1,285 | 3,750 |
| B−25 | 900 | 530 | 1,125 | 635 | 1,255 | 1,660 | 800 | 1,530 | 5,630 |
| B−26 | 1,060 | 660 | 1,370 | 745 | 1,415 | 1,930 | 800 | 1,530 | 6,500 |
| C− 1 | 200 | 250 | 450 | 224 | 336 | 560 | 315 | 560 | 260 |
| C− 2 | 224 | 280 | 500 | 250 | 380 | 630 | 355 | 630 | 350 |
| C− 3 | 250 | 315 | 560 | 280 | 430 | 710 | 400 | 710 | 470 |
| C− 4 | 280 | 355 | 630 | 315 | 485 | 800 | 450 | 800 | 630 |
| C− 5 | 315 | 400 | 710 | 355 | 545 | 900 | 500 | 900 | 830 |
| C− 6 | 355 | 450 | 800 | 400 | 600 | 1,000 | 560 | 1,000 | 1,170 |
| C− 7 | 400 | 500 | 900 | 450 | 670 | 1,120 | 630 | 1,120 | 1,580 |
| C− 8 | 450 | 560 | 1,000 | 500 | 750 | 1,250 | 710 | 1,250 | 2,080 |
| C− 9 | 500 | 630 | 1,120 | 560 | 840 | 1,400 | 800 | 1,400 | 2,750 |
| C−10 | 560 | 710 | 1,250 | 630 | 970 | 1,600 | 900 | 1,600 | 3,750 |
| C−11 | 250 | 315 | 560 | 280 | 350 | 630 | 315 | 560 | 310 |
| C−12 | 280 | 355 | 630 | 315 | 395 | 710 | 355 | 630 | 440 |
| C−13 | 315 | 400 | 710 | 355 | 445 | 800 | 400 | 710 | 600 |
| C−14 | 355 | 450 | 800 | 400 | 500 | 900 | 450 | 800 | 790 |
| C−15 | 400 | 500 | 900 | 450 | 550 | 1,000 | 500 | 900 | 1,080 |
| C−16 | 450 | 560 | 1,000 | 500 | 620 | 1,120 | 560 | 1,000 | 1,540 |
| C−17 | 500 | 630 | 1,120 | 560 | 690 | 1,250 | 630 | 1,120 | 2,080 |
| C−18 | 560 | 710 | 1,250 | 630 | 770 | 1,400 | 710 | 1,250 | 2,670 |
| C−19 | 630 | 800 | 1,400 | 710 | 890 | 1,600 | 800 | 1,400 | 3,540 |
| C−20 | 710 | 900 | 1,600 | 800 | 1,000 | 1,800 | 900 | 1,600 | 4,670 |
| D− 1 | 160 | 315 | 565 | 225 | 305 | 490 | 305 | 500 | 270 |
| D− 2 | 200 | 355 | 635 | 270 | 370 | 600 | 335 | 580 | 450 |
| D− 3 | 250 | 400 | 715 | 308 | 435 | 700 | 360 | 670 | 600 |
| D− 4 | 315 | 450 | 785 | 380 | 545 | 885 | 385 | 800 | 1,100 |
| D− 5 | 355 | 500 | 925 | 412 | 598 | 970 | 425 | 900 | 1,500 |
| D− 6 | 400 | 530 | 955 | 462 | 668 | 1,090 | 475 | 1,010 | 2,000 |
| D− 7 | 450 | 560 | 1,035 | 510 | 740 | 1,210 | 500 | 1,100 | 2,500 |
| D− 8 | 500 | 630 | 1,130 | 550 | 810 | 1,300 | 530 | 1,210 | 3,200 |
| D− 9 | 360 | 300 | 565 | 280 | 530 | 760 | 400 | 690 | 520 |
| D−10 | 450 | 335 | 625 | 315 | 625 | 890 | 450 | 800 | 900 |
| D−11 | 565 | 400 | 755 | 355 | 750 | 1,050 | 530 | 985 | 1,500 |
| D−12 | 635 | 450 | 825 | 400 | 830 | 1,170 | 600 | 1,120 | 2,000 |
| D−13 | 715 | 500 | 925 | 450 | 935 | 1,320 | 650 | 1,200 | 3,000 |
| D−14 | 805 | 560 | 1,010 | 500 | 1,020 | 1,460 | 710 | 1,280 | 4,000 |
| D−15 | 900 | 600 | 1,100 | 560 | 1,150 | 1,650 | 800 | 1,400 | 5,000 |
| E− 1 | 160 | 315 | 490 | 190 | 285 | 475 | 315 | 600 | 215 |
| E− 2 | 180 | 355 | 550 | 210 | 315 | 525 | 335 | 640 | 280 |
| E− 3 | 212 | 425 | 665 | 250 | 385 | 635 | 390 | 715 | 485 |
| E− 4 | 250 | 500 | 770 | 290 | 440 | 730 | 460 | 820 | 755 |
| E− 5 | 300 | 530 | 850 | 340 | 510 | 850 | 490 | 910 | 1,040 |
| E− 6 | 355 | 560 | 940 | 405 | 605 | 1,010 | 590 | 1,045 | 1,580 |

**表-7.5**　水冷式横軸遊星歯車減速機概略寸法及び質量表



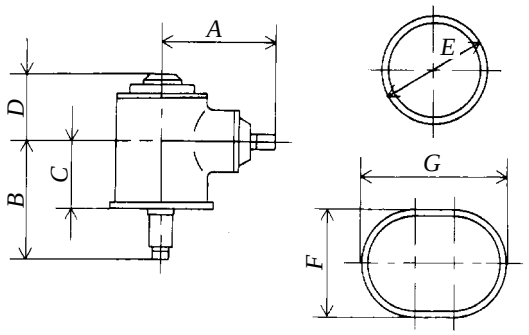

| 形 番 | 主　要　寸　法（mm） | | | | 質 量（ウェット）(kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *M* | |
| B− 1 | 800 | 380 | 540 | 500 | 340 |
| B− 2 | 870 | 410 | 560 | 530 | 400 |
| B− 3 | 935 | 430 | 580 | 560 | 500 |
| B− 4 | 1,025 | 460 | 620 | 600 | 650 |
| B− 5 | 1,090 | 490 | 650 | 640 | 790 |
| B− 6 | 1,205 | 530 | 680 | 690 | 920 |
| B− 7 | 1,340 | 580 | 740 | 750 | 1,250 |
| B− 8 | 1,380 | 630 | 775 | 810 | 1,500 |
| B− 9 | 1,455 | 680 | 815 | 870 | 1,850 |
| C− 1 | 650 | 310 | 255 | 670 | 350 |
| C− 2 | 770 | 310 | 255 | 670 | 380 |
| C− 3 | 740 | 310 | 255 | 670 | 420 |
| C− 4 | 740 | 310 | 255 | 670 | 460 |
| C− 5 | 740 | 310 | 255 | 670 | 500 |
| C− 6 | 780 | 580 | 640 | 500 | 560 |
| C− 7 | 880 | 620 | 700 | 550 | 720 |
| C− 8 | 990 | 670 | 750 | 630 | 960 |
| C− 9 | 1,140 | 700 | 820 | 710 | 1,250 |
| C−10 | 1,250 | 785 | 900 | 730 | 1,540 |
| C−11 | 1,400 | 825 | 975 | 800 | 1,960 |
| C−12 | 1,600 | 875 | 1,050 | 900 | 2,580 |
| C−13 | 1,800 | 950 | 1,200 | 1,000 | 3,170 |
| C−14 | 2,100 | 1,000 | 1,400 | 1,150 | 3,750 |
| D− 1 | 535 | 400 | 410 | 710 | 600 |
| D− 2 | 650 | 460 | 480 | 870 | 1,000 |
| D− 3 | 985 | 400 | 435 | 630 | 750 |
| D− 4 | 1,105 | 450 | 475 | 700 | 1,000 |
| D− 5 | 1,225 | 500 | 500 | 800 | 1,500 |
| D− 6 | 1,335 | 560 | 540 | 860 | 2,000 |
| D− 7 | 1,480 | 600 | 630 | 1,000 | 2,800 |
| D− 8 | 1,615 | 630 | 660 | 1,100 | 3,900 |
| E− 1 | 910 | 510 | 520 | 520 | 415 |
| E− 2 | 955 | 540 | 540 | 560 | 540 |
| E− 3 | 1,070 | 570 | 570 | 630 | 700 |
| E− 4 | 1,135 | 630 | 640 | 680 | 910 |
| E− 5 | 1,245 | 670 | 670 | 730 | 1,080 |
| E− 6 | 1,350 | 710 | 700 | 820 | 1,350 |
| E− 7 | 1,440 | 780 | 750 | 880 | 1,660 |
| E− 8 | 1,535 | 820 | 780 | 950 | 1,980 |

**表-7.6** 水冷式立軸遊星歯車減速機概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|
| | *A* | *E* | | |
| D− 1 | 1,011 | 830 | 1,200 | 108 |
| D− 2 | 1,170 | 1,000 | 2,000 | 137 |
| D− 3 | 1,248 | 1,200 | 1,900 | 137 |
| D− 4 | 1,310 | 1,200 | 2,500 | 274 |
| D− 5 | 1,485 | 1,400 | 3,300 | 372 |
| D− 6 | 1,695 | 1,400 | 4,500 | 372 |
| D− 7 | 1,810 | 1,850 | 6,000 | 490 |
| D− 8 | 1,920 | 1,850 | 8,000 | 490 |

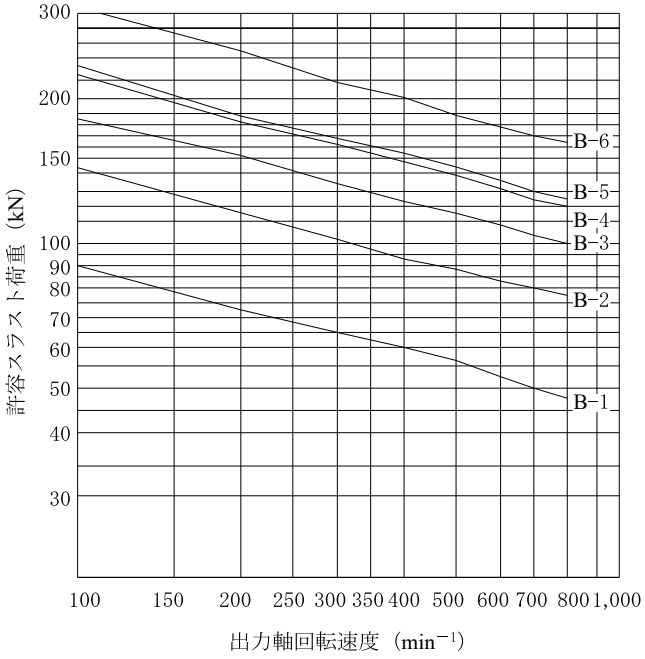
**表-7.7**　水冷式直交軸傘歯車減速機概略寸法及び質量表



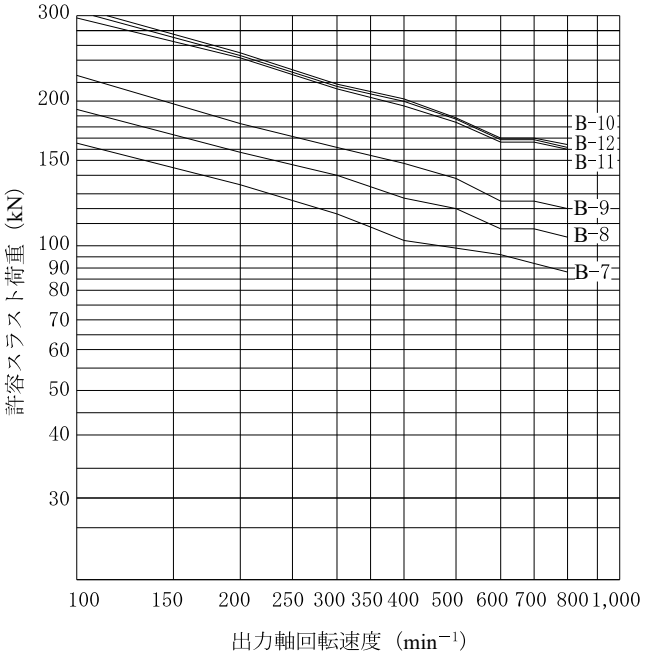

| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| B- 1 | 665 | 675 | 425 | 555 | 600 | — | — | 540 | 注 1)を参照 |
| B- 2 | 780 | 740 | 450 | 615 | 700 | — | — | 770 | |
| B- 3 | 900 | 795 | 475 | 650 | 800 | — | — | 1,100 | |
| B- 4 | 980 | 915 | 530 | 740 | 950 | — | — | 1,820 | |
| B- 5 | 1,115 | 970 | 560 | 800 | 1,050 | — | — | 2,360 | |
| B- 6 | 1,175 | 1,035 | 600 | 930 | 1,150 | — | — | 3,050 | |
| B- 7 | 745 | 725 | 400 | 500 | 750 | — | — | 640 | 注 2)を参照 |
| B- 8 | 830 | 795 | 450 | 550 | 900 | — | — | 1,060 | |
| B- 9 | 920 | 885 | 500 | 600 | 950 | — | — | 1,490 | |
| B-10 | 1,110 | 1,005 | 560 | 680 | 1,200 | — | — | 2,650 | |
| B-11 | 1,430 | 1,240 | 680 | 800 | 1,350 | — | — | 3,930 | |
| B-12 | 1,640 | 1,340 | 760 | 850 | 1,600 | — | — | 6,210 | |
| C- 1 | 480 | 500 | 355 | 480 | 475 | — | — | 470 | 34 |
| C- 2 | 525 | 560 | 400 | 530 | 500 | — | — | 580 | 49 |
| C- 3 | 600 | 650 | 450 | 600 | 600 | — | — | 770 | 78 |
| C- 4 | 670 | 735 | 500 | 630 | 710 | — | — | 1,130 | 98 |
| C- 5 | 800 | 840 | 560 | 710 | 850 | — | — | 1,630 | 122 |
| C- 6 | 850 | 945 | 630 | 800 | 950 | — | — | 2,200 | 157 |
| C- 7 | 950 | 1,065 | 710 | 850 | 1,060 | — | — | 2,750 | 196 |
| C- 8 | 1,060 | 1,110 | 710 | 900 | 1,180 | — | — | 3,530 | 245 |
| C- 9 | 1,120 | 1,275 | 800 | 1,000 | 1,320 | — | — | 4,670 | 309 |
| C-10 | 1,250 | 1,350 | 850 | 1,060 | 1,500 | — | — | 6,830 | 392 |
| C-11 | 860 | 700 | 450 | 250 | — | 700 | 970 | 1,000 | 98 |
| C-12 | 900 | 780 | 500 | 250 | — | 760 | 1,060 | 1,140 | 123 |
| C-13 | 900 | 875 | 560 | 265 | — | 850 | 1,165 | 1,580 | 157 |
| C-14 | 1,000 | 985 | 630 | 300 | — | 950 | 1,305 | 2,380 | 196 |
| C-15 | 1,120 | 1,030 | 630 | 335 | — | 1,060 | 1,460 | 3,170 | 245 |
| C-16 | 1,250 | 1,185 | 710 | 375 | — | 1,180 | 1,580 | 4,210 | 309 |
| C-17 | 1,400 | 1,300 | 800 | 425 | — | 1,320 | 1,720 | 5,500 | 392 |
| C-18 | 1,600 | 1,460 | 900 | 475 | — | 1,500 | 1,900 | 7,170 | 490 |
| C-19 | 1,800 | 1,600 | 1,000 | 530 | — | 1,700 | 2,100 | 9,330 | 617 |
| C-20 | 2,000 | 1,870 | 1,120 | 600 | — | 1,900 | 2,300 | 12,080 | 784 |

| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| E- 2 | 625 | 730 | 400 | 560 | 570 | — | — | 530 | 50 |
| E- 3 | 795 | 810 | 450 | 625 | 680 | — | — | 840 | 80 |
| E- 4 | 950 | 935 | 500 | 710 | 810 | — | — | 1,260 | 100 |
| E- 5 | 1,180 | 870 | 560 | 745 | 940 | — | — | 1,890 | 125 |
| E- 6 | 1,250 | 930 | 600 | 840 | 1,070 | — | — | 2,630 | 160 |
| E- 7 | 1,350 | 1,020 | 630 | 925 | 1,200 | — | — | 3､670 | 200 |
| E- 8 | 1,430 | 1,100 | 670 | 1,045 | 1,320 | — | — | 4,510 | 250 |
| E- 9 | 1,510 | 1,250 | 750 | 1,135 | 1,520 | — | — | 6,290 | 320 |
| E-10 | 1,075 | 825 | 560 | 690 | — | 835 | 1,120 | 2,190 | 125 |
| E-11 | 1,200 | 915 | 630 | 730 | — | 915 | 1,240 | 2,940 | 160 |
| E-12 | 1,350 | 1,020 | 710 | 775 | — | 1,050 | 1,410 | 3,910 | 200 |
| E-13 | 1,495 | 1,140 | 800 | 815 | — | 1,150 | 1,550 | 5,060 | 250 |
| E-14 | 1,660 | 1,270 | 900 | 865 | — | 1,295 | 1,750 | 6,990 | 320 |
| E-15 | 1,845 | 1,405 | 1,000 | 915 | — | 1,435 | 1,940 | 9,160 | 400 |
| E-16 | 2,060 | 1,560 | 1,100 | 1,000 | — | 1,610 | 2,180 | 12,440 | 500 |
| E-17 | 2,310 | 1,700 | 1,200 | 1,100 | — | 1,770 | 2,490 | 17,030 | 630 |
| E-18 | 2,590 | 1,850 | 1,300 | 1,200 | — | 2,010 | 2,810 | 23,930 | 800 |

注 1) 表中の軸受許容スラスト荷重（B-1～B-6）については、**図-7.8(a)**による。
2) 表中の軸受許容スラスト荷重（B-7～B-12）については、**図-7.8(b)**による。

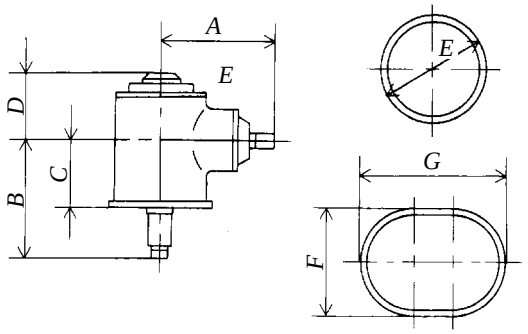



**図−7.8(a)**　減速機の許容スラスト荷重




**図−7.8(b)**　減速機の許容スラスト荷重

**表-7.8** 水冷式直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| B- 1 | 900 | 675 | 425 | 555 | 600 | — | — | 750 | 注)を参照 |
| B- 2 | 1,015 | 740 | 450 | 720 | 700 | — | — | 1,100 | |
| B- 3 | 1,189 | 795 | 475 | 650 | 800 | — | — | 1,570 | |
| B- 4 | 1,300 | 915 | 530 | 740 | 950 | — | — | 2,100 | |
| B- 5 | 1,502 | 970 | 560 | 800 | 1,050 | — | — | 2,630 | |
| B- 6 | 1,562 | 1,035 | 600 | 930 | 1,150 | — | — | 3,250 | |
| C- 1 | 690 | 500 | 355 | 480 | 475 | — | — | 560 | 34 |
| C- 2 | 730 | 560 | 400 | 530 | 500 | — | — | 670 | 49 |
| C- 3 | 840 | 650 | 450 | 600 | 600 | — | — | 890 | 78 |
| C- 4 | 920 | 735 | 500 | 630 | 710 | — | — | 1,290 | 98 |
| C- 5 | 1,000 | 840 | 560 | 710 | 850 | — | — | 1,850 | 122 |
| C- 6 | 1,080 | 945 | 630 | 800 | 950 | — | — | 2,430 | 157 |
| C- 7 | 1,220 | 1,065 | 710 | 850 | 1,060 | — | — | 3,000 | 196 |
| C- 8 | 1,370 | 1,110 | 710 | 900 | 1,180 | — | — | 3,830 | 245 |
| C- 9 | 1,530 | 1,275 | 800 | 1,000 | 1,320 | — | — | 5,080 | 309 |
| C-10 | 1,750 | 1,350 | 850 | 1,060 | 1,500 | — | — | 7,500 | 392 |
| C-11 | 1,080 | 700 | 450 | 250 | — | 700 | 970 | 1,080 | 98 |
| C-12 | 1,180 | 780 | 500 | 250 | — | 760 | 1,060 | 1,330 | 123 |
| C-13 | 1,280 | 875 | 560 | 265 | — | 850 | 1,165 | 1,830 | 157 |
| C-14 | 1,450 | 985 | 630 | 300 | — | 950 | 1,305 | 2,630 | 196 |
| C-15 | 1,640 | 1,030 | 630 | 335 | — | 1,060 | 1,460 | 3,500 | 245 |
| C-16 | 1,840 | 1,185 | 710 | 375 | — | 1,180 | 1,580 | 4,670 | 309 |
| C-17 | 2,050 | 1,300 | 800 | 425 | — | 1,320 | 1,720 | 6,330 | 392 |
| C-18 | 2,260 | 1,460 | 900 | 475 | — | 1,500 | 1,900 | 8,170 | 490 |
| C-19 | 2,550 | 1,600 | 1,000 | 530 | — | 1,700 | 2,100 | 10,170 | 617 |
| C-20 | 2,850 | 1,870 | 1,120 | 600 | — | 1,900 | 2,300 | 14,170 | 784 |

| 形番 | 主要寸法 (mm) | | | | | | | 質量 (ウェット) (kg) | 軸受許容スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| E- 1 | 1,270 | 810 | 450 | 623 | 680 | — | — | 1,240 | 80 |
| E- 2 | 1,380 | 935 | 500 | 707 | 810 | — | — | 1,660 | 100 |
| E- 3 | 1,430 | 870 | 560 | 742 | 940 | — | — | 2,390 | 125 |
| E- 4 | 1,785 | 930 | 600 | 838 | 1,070 | — | — | 3,110 | 160 |
| E- 5 | 1,725 | 1,020 | 630 | 923 | 1,200 | — | — | 4,170 | 200 |
| E- 6 | 1,945 | 1,100 | 670 | 1,044 | 1,320 | — | — | 5,010 | 250 |
| E- 7 | 2,075 | 1,250 | 750 | 1,131 | 1,520 | — | — | 6,890 | 320 |
| E- 8 | 1,505 | 825 | 560 | 690 | — | 835 | 1,120 | 2,670 | 125 |
| E- 9 | 1,630 | 915 | 630 | 730 | — | 915 | 1,240 | 3,420 | 160 |
| E-10 | 1,885 | 1,020 | 710 | 775 | — | 1,050 | 1,410 | 4,360 | 200 |
| E-11 | 2,010 | 1,140 | 800 | 815 | — | 1,150 | 1,550 | 5,510 | 250 |
| E-12 | 2,175 | 1,270 | 900 | 865 | — | 1,295 | 1,750 | 7,440 | 320 |
| E-13 | 2,360 | 1,405 | 1,000 | 915 | — | 1,435 | 1,940 | 9,660 | 400 |
| E-14 | 2,575 | 1,560 | 1,100 | 1,000 | — | 1,610 | 2,180 | 12,860 | 500 |
| E-15 | 2,825 | 1,700 | 1.200 | 1,100 | — | 1,770 | 2,490 | 17,630 | 630 |

注）　表中の軸受許容スラスト荷重（B-1～B-6）については、**図-7.8(c)**による。

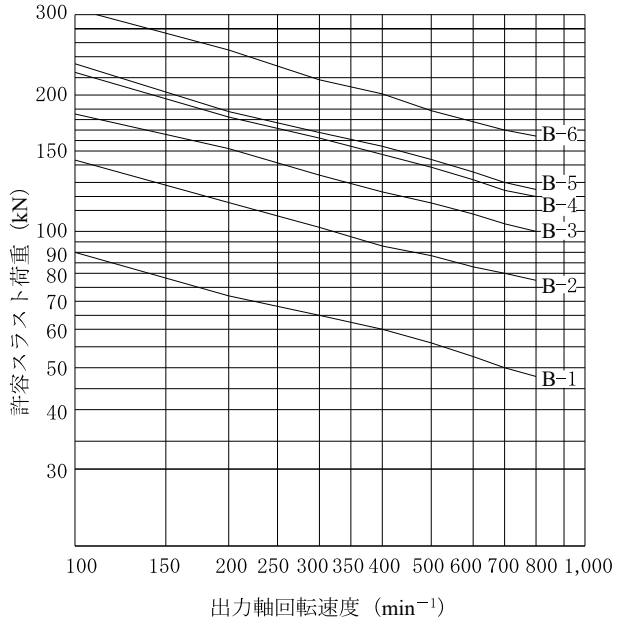
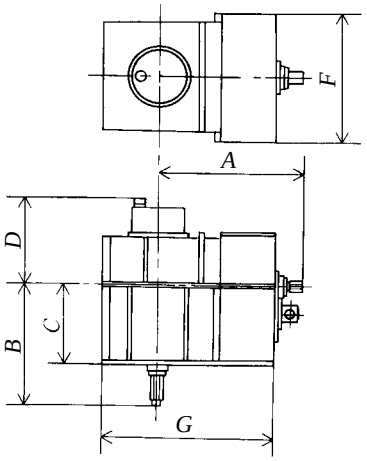



**図-7.8(c)**　減速機の許容スラスト荷重

**表-7.9** 水冷式直交軸傘歯車減速機（充排油形流体継手内蔵）概略寸法及び質量表

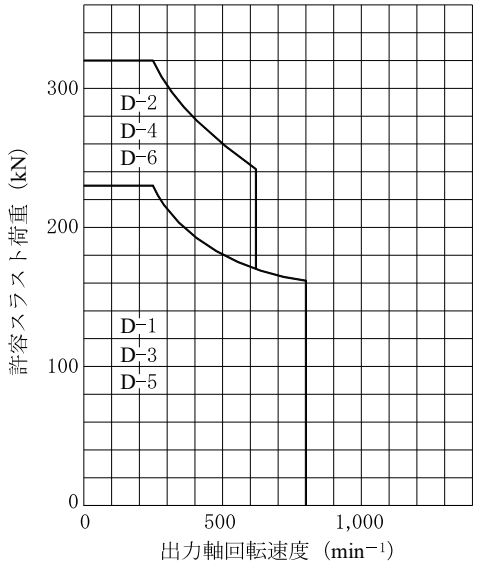



| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *F* | *G* | | |
| A- 1 | 1,850 | 1,500 | 1,000 | 1,200 | 1,500 | 2,010 | 15,420 | |
| A- 2 | 1,900 | 1,550 | 1,000 | 1,250 | 1,500 | 2,115 | 16,250 | |
| A- 3 | 1,970 | 1,550 | 1,000 | 1,300 | 1,500 | 2,230 | 17,080 | |
| A- 4 | 1,980 | 1,560 | 1,060 | 1,200 | 1,650 | 2,110 | 16,670 | |
| A- 5 | 2,040 | 1,610 | 1,060 | 1,250 | 1,650 | 2,215 | 17,500 | |
| A- 6 | 2,100 | 1,660 | 1,060 | 1,300 | 1,650 | 2,330 | 18,330 | |
| A- 7 | 2,190 | 1,660 | 1,060 | 1,350 | 1,650 | 2,465 | 18,750 | |
| A- 8 | 2,060 | 1,670 | 1,120 | 1,250 | 1,750 | 2,185 | 18,330 | |
| A- 9 | 2,110 | 1,670 | 1,120 | 1,300 | 1,750 | 2,290 | 19,170 | |
| A-10 | 2,180 | 1,670 | 1,120 | 1,350 | 1,750 | 2,405 | 19,580 | 最大490.<br>490超の場合は確認 |
| A-11 | 2,260 | 1,720 | 1,120 | 1,400 | 1,750 | 2,540 | 20,000 | |
| A-12 | 2,340 | 1,770 | 1,120 | 1,500 | 1,750 | 2,715 | 20,830 | |
| A-13 | 2,240 | 1,730 | 1,180 | 1,300 | 1,900 | 2,360 | 20,000 | |
| A-14 | 2,300 | 1,780 | 1,180 | 1,350 | 1,900 | 2,475 | 20,420 | |
| A-15 | 2,390 | 1,780 | 1,180 | 1,400 | 1,900 | 2,610 | 20,830 | |
| A-16 | 2,460 | 1,830 | 1,180 | 1,500 | 1,900 | 2,785 | 22,080 | |
| A-17 | 2,510 | 1,850 | 1,250 | 1,400 | 2,100 | 2,695 | 22,500 | |
| A-18 | 2,590 | 1,900 | 1,250 | 1,500 | 2,100 | 2,870 | 25,000 | |
| A-19 | 2,250 | 1,670 | 1,120 | 750 | 1,500 | 2,410 | 16,200 | |
| A-20 | 2,300 | 1,670 | 1,120 | 750 | 1,500 | 2,510 | 17,500 | |
| A-21 | 2,360 | 1,670 | 1,120 | 750 | 1,600 | 2,620 | 18,330 | |
| A-22 | 2,380 | 1,730 | 1,180 | 750 | 1,650 | 2,510 | 19,000 | |
| A-23 | 2,430 | 1,730 | 1,180 | 750 | 1,650 | 2,610 | 19,170 | |
| A-24 | 2,490 | 1,780 | 1,180 | 750 | 1,650 | 2,720 | 20,000 | |
| A-25 | 2,560 | 1,780 | 1,180 | 750 | 1,650 | 2,840 | 20,830 | |
| A-26 | 2,510 | 1,850 | 1,250 | 750 | 1,750 | 2,685 | 21,450 | |
| A-27 | 2,570 | 1,850 | 1,250 | 750 | 1,750 | 2,795 | 21,670 | |
| A-28 | 2,640 | 1,850 | 1,250 | 750 | 1,750 | 2,915 | 22,500 | |
| A-29 | 2,720 | 1,900 | 1,250 | 750 | 1,750 | 3,045 | 24,170 | |
| A-30 | 3,270 | 2,020 | 1,250 | 750 | 2,400 | 3,890 | 34,170 | |
| A-31 | 2,740 | 1,970 | 1,320 | 800 | 1,900 | 2,915 | 23,200 | |
| A-32 | 2,810 | 1,970 | 1,320 | 800 | 1,900 | 3,035 | 24,170 | |

| 形 番 | 主　要　寸　法（mm） | | | | | | 質 量（ウェット）(kg) | 軸受許容スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *F* | *G* | | |
| A−33 | 2, 890 | 2, 020 | 1, 320 | 800 | 1, 900 | 3, 165 | 25, 420 | |
| A−34 | 2, 980 | 2, 020 | 1, 320 | 800 | 2, 000 | 3, 355 | 27, 000 | |
| A−35 | 3, 390 | 2, 120 | 1, 320 | 800 | 2, 400 | 3, 960 | 39, 170 | |
| A−36 | 3, 590 | 2, 170 | 1, 320 | 850 | 2, 800 | 4, 360 | 40, 000 | |
| A−37 | 2, 990 | 2, 100 | 1, 400 | 850 | 2, 100 | 3, 175 | 29, 700 | |
| A−38 | 3, 070 | 2, 100 | 1, 400 | 850 | 2, 100 | 3, 305 | 32, 300 | |
| A−39 | 3, 160 | 2, 100 | 1, 400 | 850 | 2, 100 | 3, 495 | 35, 500 | |
| A−40 | 3, 520 | 2, 200 | 1, 400 | 900 | 2, 400 | 4, 050 | 38, 000 | |
| A−41 | 3, 720 | 2, 200 | 1, 400 | 900 | 2, 800 | 4, 450 | 45, 000 | |
| A−42 | 2, 420 | 1, 670 | 1, 120 | 750 | 1, 500 | 2, 580 | 15, 000 | 最大 490. |
| A−43 | 2, 470 | 1, 670 | 1, 120 | 750 | 1, 500 | 2, 680 | 16, 000 | |
| A−44 | 2, 620 | 1, 670 | 1, 120 | 750 | 1, 600 | 2, 880 | 20, 000 | |
| A−45 | 2, 690 | 1, 720 | 1, 120 | 750 | 1, 700 | 3, 000 | 21, 670 | |
| A−46 | 2, 770 | 1, 720 | 1, 120 | 750 | 1, 800 | 3, 130 | 23, 330 | 490超の場合は確認 |
| A−47 | 2, 610 | 1, 730 | 1, 180 | 750 | 1, 650 | 2, 780 | 18, 000 | |
| A−48 | 2, 750 | 1, 780 | 1, 180 | 750 | 1, 650 | 2, 980 | 19, 000 | |
| A−49 | 2, 820 | 1, 780 | 1, 180 | 750 | 1, 700 | 3, 100 | 23, 750 | |
| A−50 | 2, 900 | 1, 830 | 1, 180 | 750 | 1, 800 | 3, 230 | 25, 830 | |
| A−51 | 2, 990 | 1, 880 | 1, 180 | 750 | 2, 000 | 3, 420 | 27, 920 | |
| A−52 | 2, 900 | 1, 850 | 1, 250 | 750 | 1, 750 | 3, 170 | 21, 500 | |
| A−53 | 2, 980 | 1, 900 | 1, 250 | 750 | 1, 800 | 3, 300 | 27, 080 | |
| A−54 | 3, 070 | 1, 950 | 1, 250 | 800 | 2, 000 | 3, 490 | 28, 700 | |
| A−55 | 3, 100 | 2, 020 | 1, 320 | 800 | 1, 900 | 3, 370 | 30, 420 | |
| A−56 | 3, 190 | 2, 020 | 1, 320 | 800 | 2, 000 | 3, 560 | 34, 170 | |
| B− 1 | 1, 900 | 1, 700 | 1, 350 | 800 | 1, 900 | 2, 100 | 1, 100 | 300 |
| B− 2 | 1, 800 | 1, 350 | 1, 000 | 800 | 1, 500 | 2, 000 | 8, 100 | 300 |
| B− 3 | 2, 000 | 1, 650 | 1, 250 | 850 | 1, 900 | 2, 100 | 11, 600 | 430 |
| B− 4 | 1, 900 | 1, 300 | 900 | 850 | 1, 500 | 2, 200 | 8, 600 | 430 |
| B− 5 | 2, 250 | 1, 900 | 1, 450 | 1, 000 | 2, 200 | 2, 700 | 16, 100 | 540 |
| B− 6 | 2, 150 | 1, 650 | 1, 200 | 1, 000 | 1, 950 | 2, 500 | 14, 000 | 540 |
| B− 7 | 2, 050 | 1, 300 | 850 | 1, 000 | 1, 550 | 2, 400 | 9, 600 | 540 |
| B− 8 | 2, 350 | 1, 900 | 1, 400 | 1, 100 | 2, 200 | 2, 700 | 17, 200 | 600 |
| B− 9 | 2, 250 | 1, 650 | 1, 150 | 1, 100 | 1, 950 | 2, 600 | 14, 100 | 600 |
| B−10 | 2, 150 | 1, 300 | 800 | 1, 100 | 1, 650 | 2, 500 | 11, 000 | 600 |
| B−11 | 2, 450 | 1, 900 | 1, 400 | 1, 250 | 2, 250 | 2, 900 | 18, 800 | 670 |
| B−12 | 2, 350 | 1, 600 | 1, 100 | 1, 250 | 2, 000 | 2, 800 | 15, 600 | 670 |
| B−13 | 2, 250 | 1, 300 | 800 | 1, 250 | 1, 800 | 2, 700 | 13, 100 | 670 |
| B−14 | 2, 550 | 1, 850 | 1, 300 | 1, 400 | 3, 050 | 2, 250 | 21, 000 | 850 |
| B−15 | 2, 450 | 1, 600 | 1, 050 | 1, 400 | 2, 950 | 2, 000 | 17, 600 | 850 |
| B−16 | 2, 350 | 1, 350 | 800 | 1, 400 | 2, 850 | 2, 000 | 16, 000 | 850 |
| B−17 | 2, 700 | 2, 150 | 1, 550 | 1, 500 | 3, 300 | 2, 600 | 25, 500 | 1, 000 |
| B−18 | 2, 600 | 1, 900 | 1, 300 | 1, 500 | 3, 200 | 2, 300 | 23, 000 | 1, 000 |
| B−19 | 2, 800 | 2, 100 | 1, 500 | 1, 700 | 3, 500 | 2, 600 | 30, 200 | 1, 200 |
| B−20 | 2, 700 | 1, 800 | 1, 200 | 1, 700 | 3, 400 | 2, 400 | 27, 200 | 1, 200 |
| B−21 | 2, 400 | 1, 650 | 1, 200 | 900 | 1, 950 | 2, 650 | 15, 000 | 600 |
| B−22 | 2, 800 | 1, 850 | 1, 350 | 1, 000 | 2, 200 | 3, 150 | 19, 700 | 670 |
| B−23 | 2, 700 | 1, 650 | 1, 150 | 1, 000 | 1, 950 | 3, 050 | 17, 000 | 670 |
| B−24 | 2, 600 | 1, 300 | 800 | 1, 000 | 1, 600 | 2, 950 | 13, 600 | 670 |
| B−25 | 3, 100 | 1, 850 | 1, 300 | 1, 400 | 2, 250 | 3, 500 | 23, 500 | 850 |
| B−26 | 3, 000 | 1, 600 | 1, 050 | 1, 400 | 2, 000 | 3, 400 | 20, 100 | 850 |
| B−27 | 2, 900 | 1, 350 | 800 | 1, 400 | 1, 800 | 3, 300 | 17, 700 | 850 |
| B−28 | 3, 300 | 1, 800 | 1, 200 | 1, 700 | 2, 300 | 3, 850 | 30, 200 | 1, 000 |

| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *F* | *G* | | |
| D− 1 | 1,880 | 1,410 | 1,000 | 625 | 1,540 | 1,995 | 6,500 | 注)を参照 |
| D− 2 | 2,040 | 1,510 | 1,000 | 625 | 1,540 | 2,280 | 8,900 | |
| D− 3 | 1,920 | 1,510 | 1,100 | 675 | 1,580 | 2,000 | 7,800 | |
| D− 4 | 2,080 | 1,610 | 1,100 | 675 | 1,580 | 2,285 | 9,900 | |
| D− 5 | 1,940 | 1,510 | 1,100 | 800 | 1,700 | 2,000 | 9,500 | |
| D− 6 | 2,100 | 1,610 | 1,100 | 800 | 1,700 | 2,285 | 11,500 | |
| D− 7 | 2,050 | 1,500 | 1,000 | 625 | 1,540 | 2,330 | 10,000 | 40 |
| D− 8 | 2,200 | 1,600 | 1,100 | 675 | 1,580 | 2,445 | 11,500 | 40 |
| D− 9 | 2,260 | 1,740 | 1,100 | 760 | 1,580 | 2,540 | 13,000 | 60 |
| D−10 | 2,330 | 1,810 | 1,180 | 785 | 1,580 | 2,690 | 15,000 | 70 |
| D−11 | 2,200 | 1,600 | 1,100 | 800 | 1,700 | 2,425 | 12,700 | 40 |
| D−12 | 2,260 | 1,660 | 1,100 | 800 | 1,700 | 2,520 | 14,500 | 60 |
| D−13 | 2,330 | 1,810 | 1,180 | 800 | 1,700 | 2,670 | 17,000 | 70 |
| D−14 | 2,410 | 1,890 | 1,180 | 800 | 1,700 | 2,855 | 20,500 | 80 |
| D−15 | 2,530 | 1,680 | 1,180 | 855 | 1,950 | 2,715 | 14,200 | 40 |
| D−16 | 2,590 | 1,740 | 1,180 | 855 | 1,950 | 2,860 | 16,000 | 60 |
| D−17 | 2,660 | 1,880 | 1,250 | 855 | 1,950 | 3,010 | 18,500 | 70 |
| D−18 | 2,740 | 1,960 | 1,250 | 855 | 1,950 | 3,090 | 22,000 | 80 |

注） 表中の軸受許容スラスト荷重（D−1～D−6）については、**図−7.8(d)**による。




**図−7.8(d)** 減速機の許容スラスト荷重

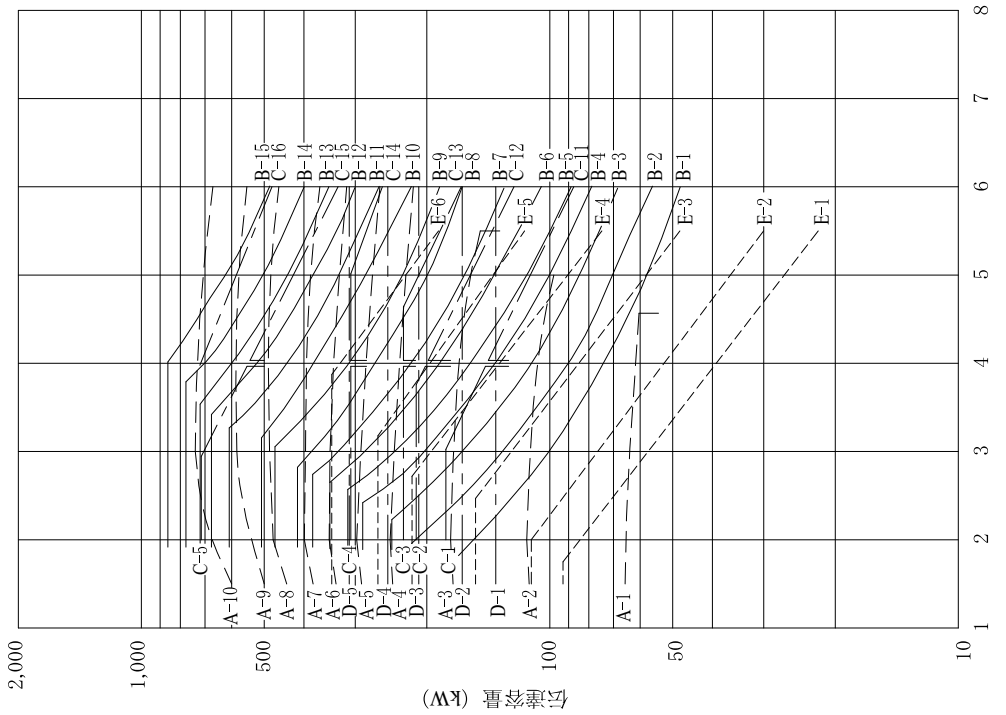



**図-7.9-参 2**　空冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

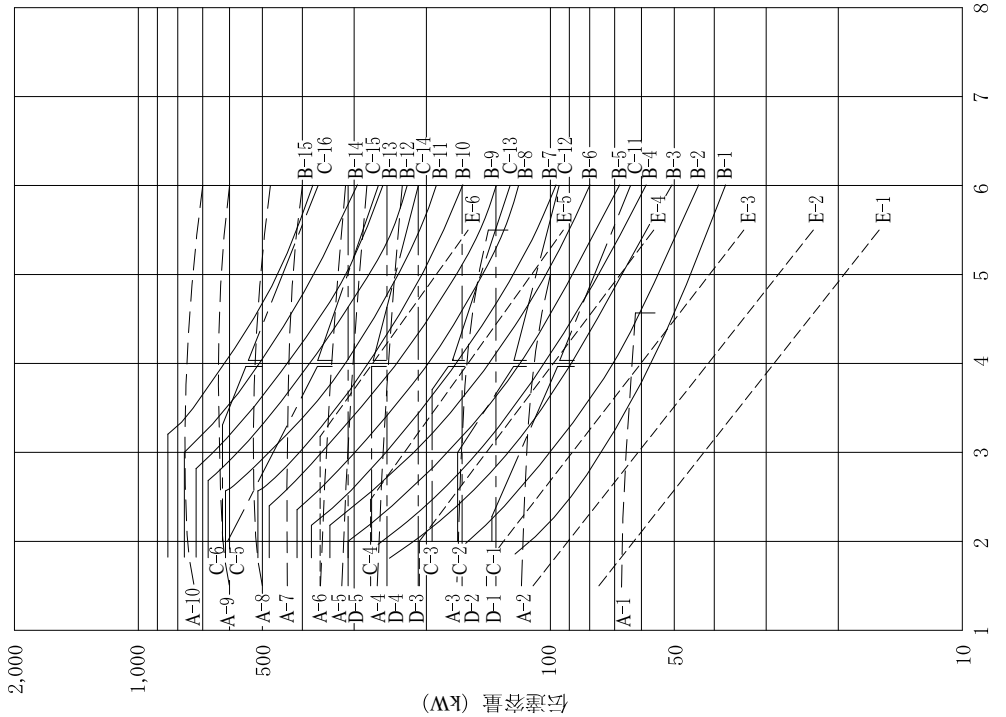



**図-7.9-参 1**　空冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

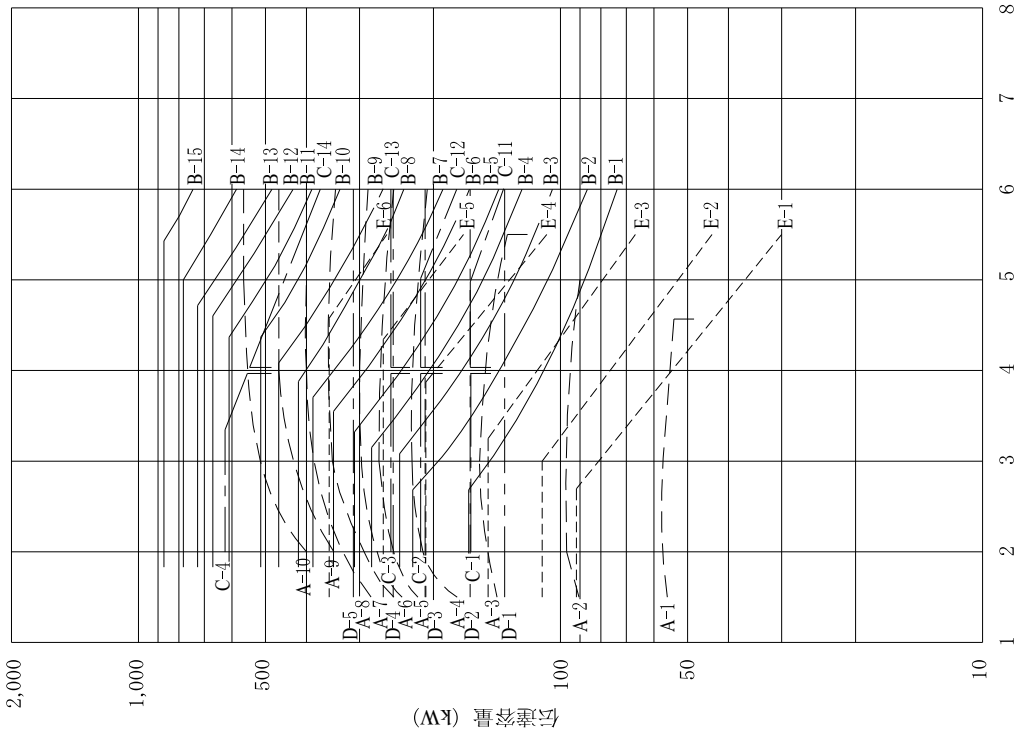



**図-7.9-参4** 空冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,500min$^{-1}$）

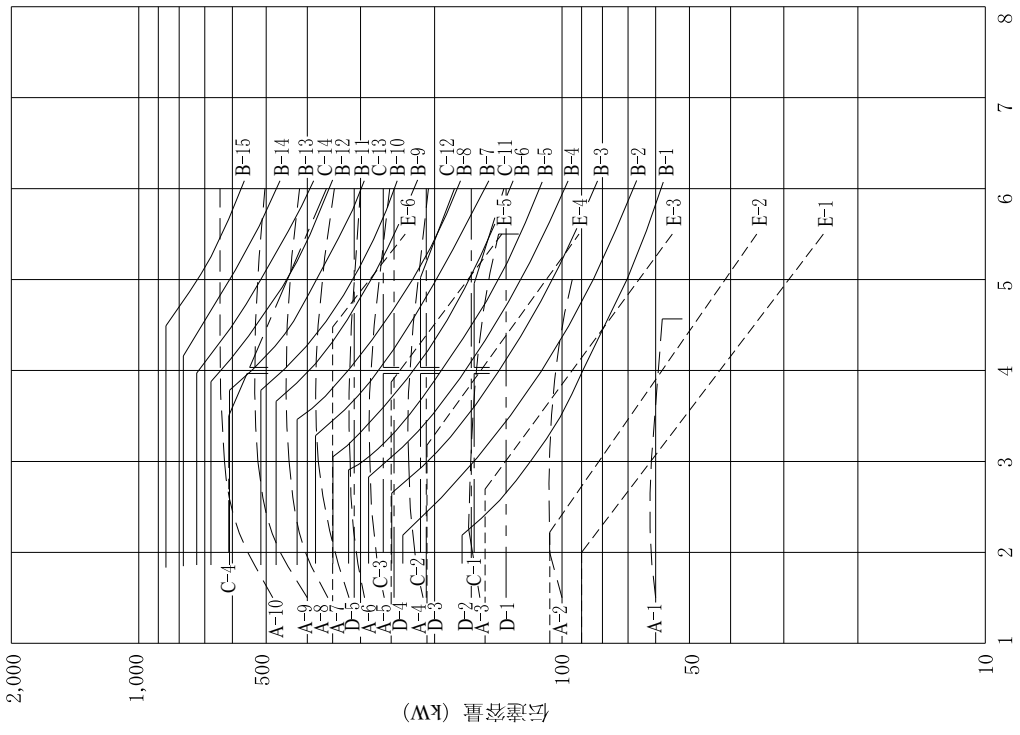



**図-7.9-参3** 空冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

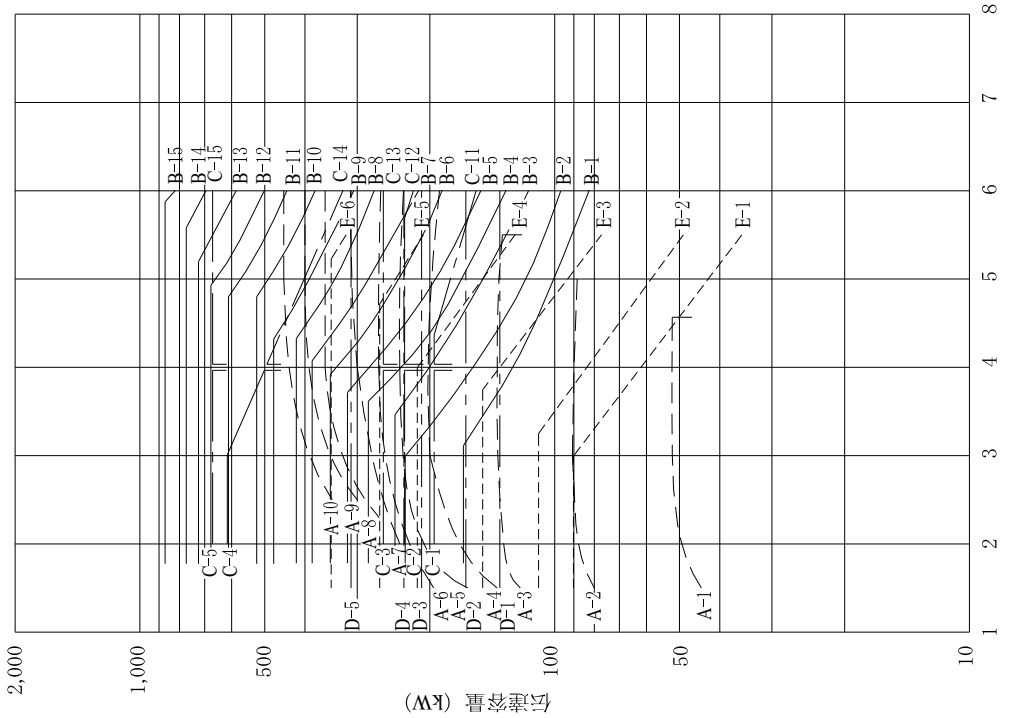



**図-7.9-参5**　空冷平行軸歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,800min$^{-1}$）

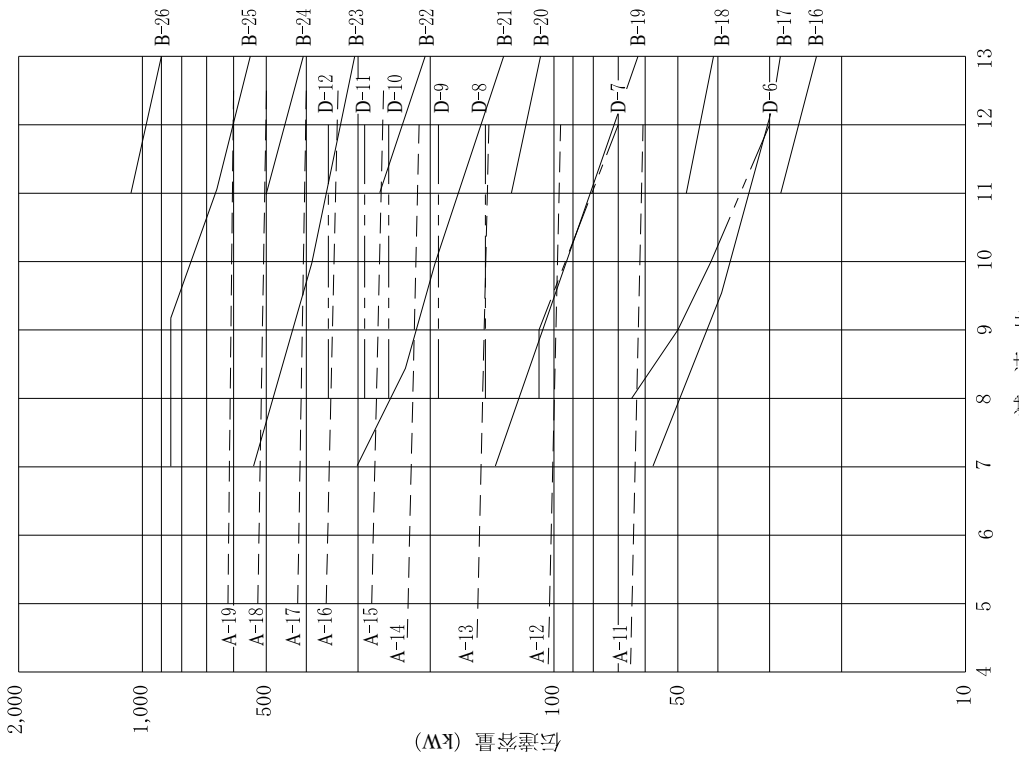



**図-7.9-参6**　空冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

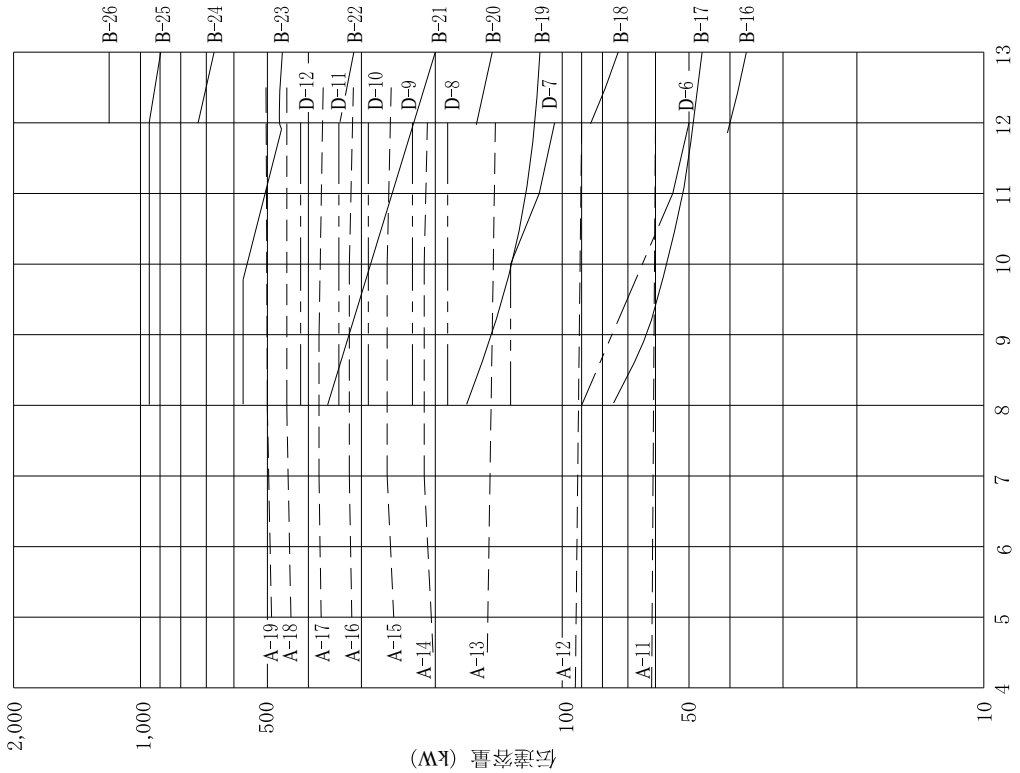



**図-7.9-参8** 空冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$)

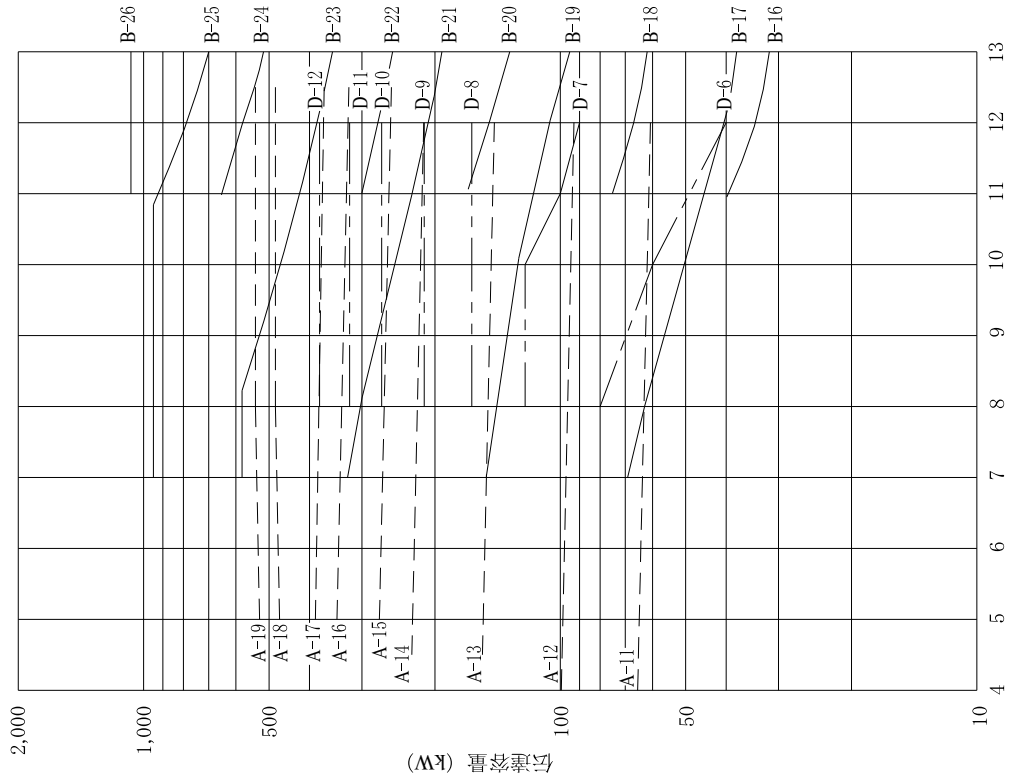



**図-7.9-参7** 空冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,000min$^{-1}$)

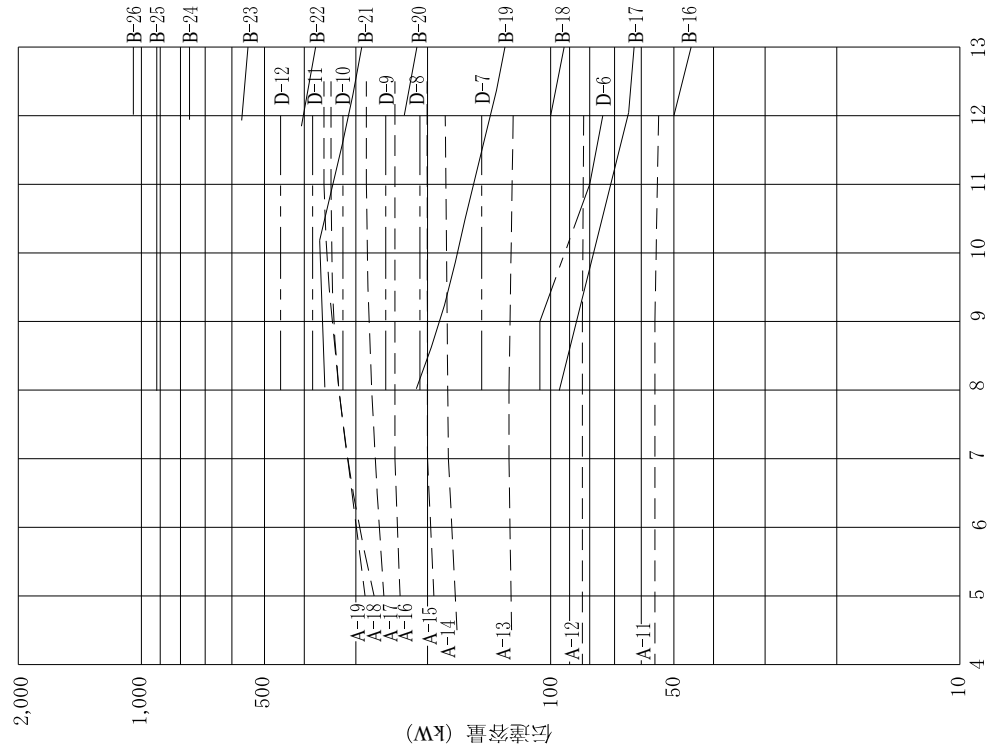



**図-7.9-参10**　空冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,800min$^{-1}$)

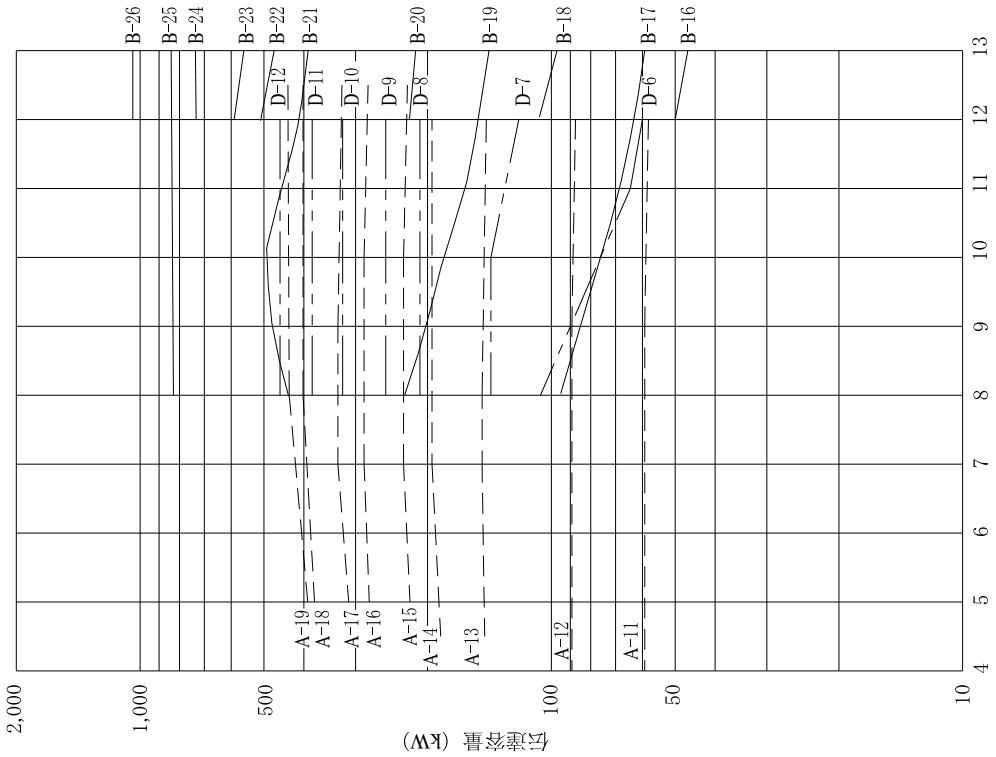



**図-7.9-参9**　空冷平行軸歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,500min$^{-1}$)

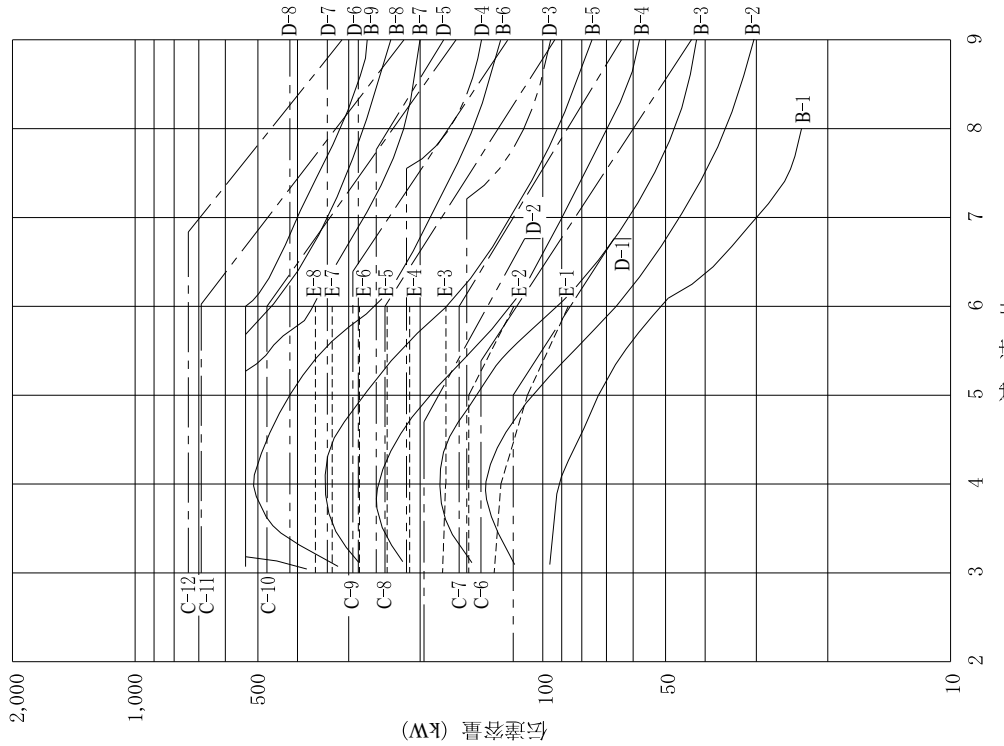



**図-7.9-参12** 空冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1,000min$^{-1}$)

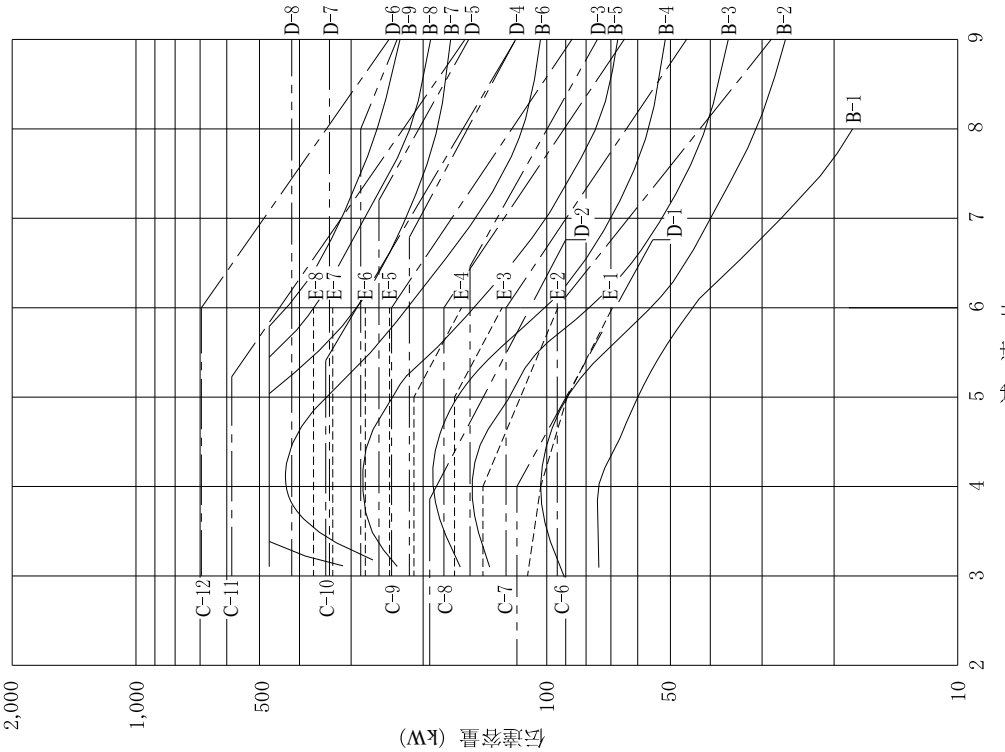



**図-7.9-参11** 空冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (750min$^{-1}$)

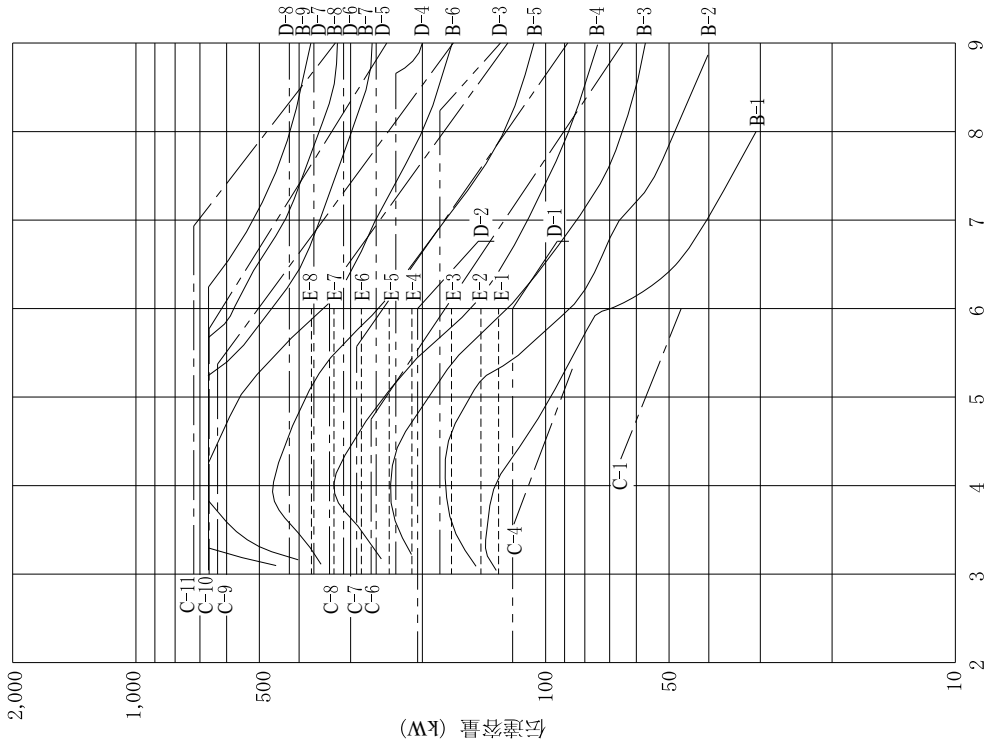



**図-7.9-参 14**　空冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1,500min$^{-1}$)

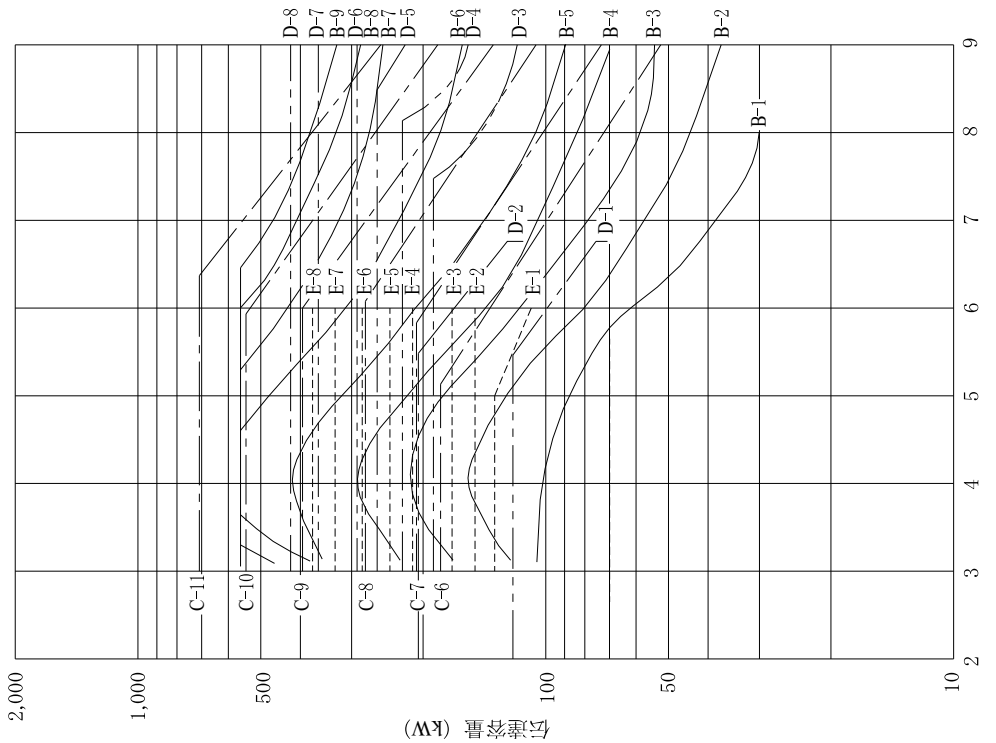



**図-7.9-参 13**　空冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$)

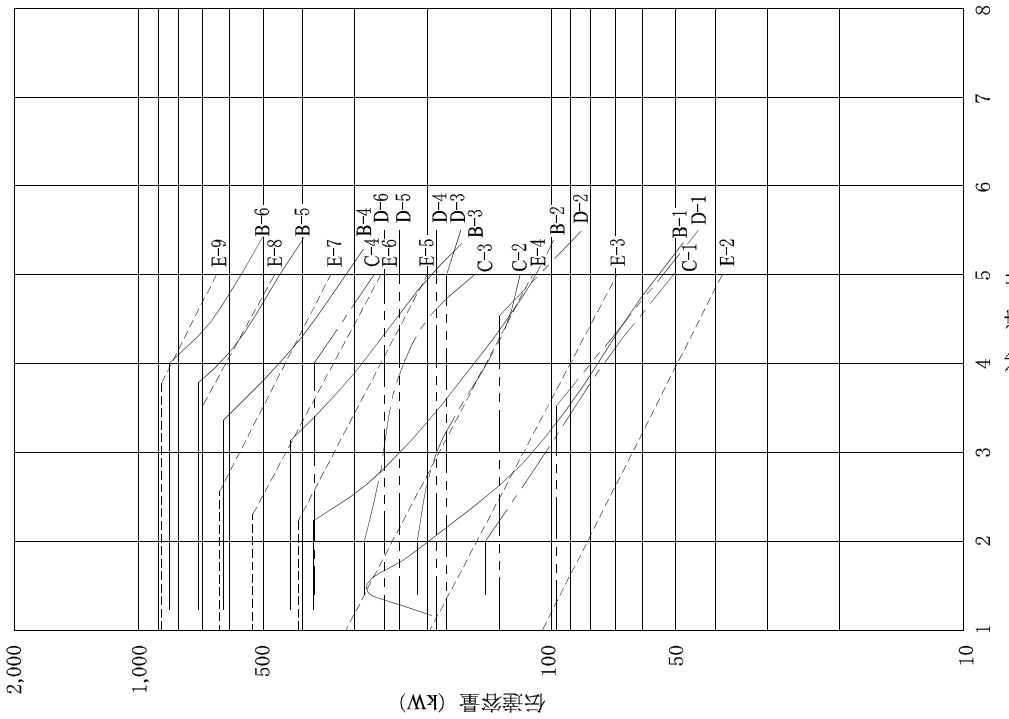



**図-7.9-参16** 空冷直交軸傘歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

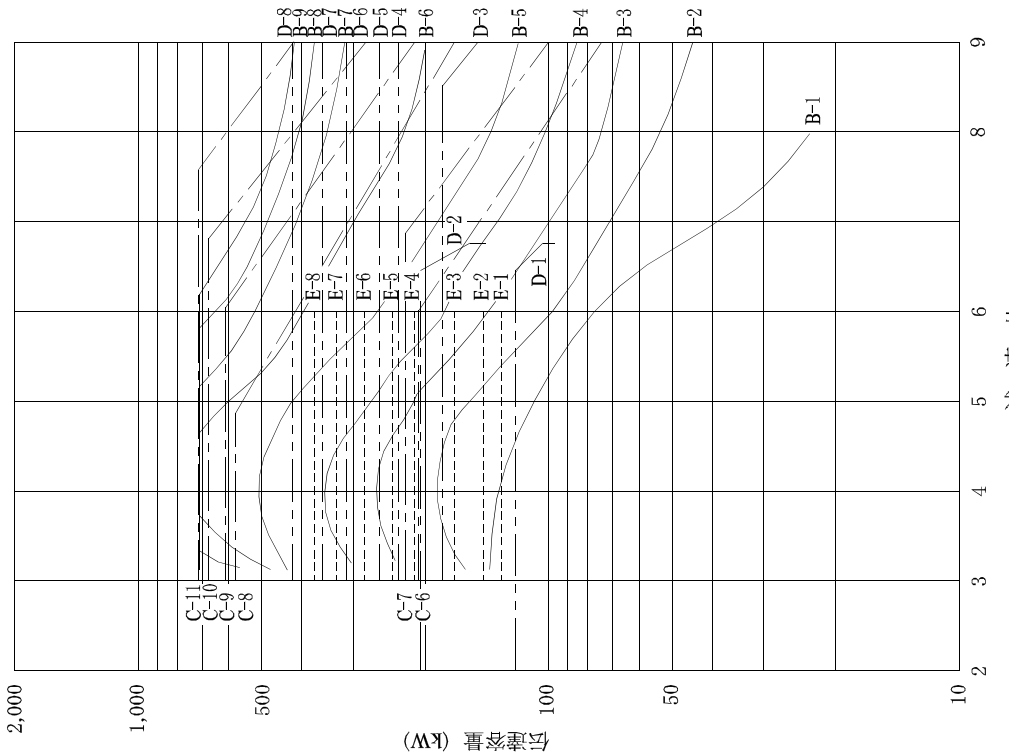



**図-7.9-参15** 空冷横軸遊星歯車減速機選定図
入力軸回転速度（1,800min$^{-1}$）

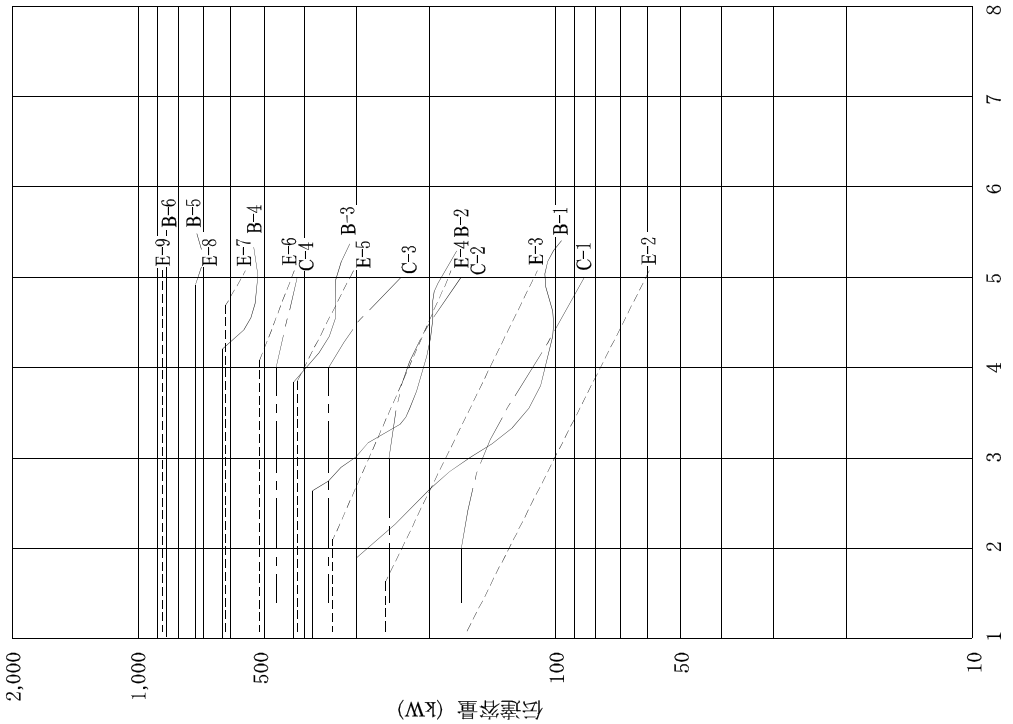



**図-7.9-参 18**　空冷直交軸傘歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

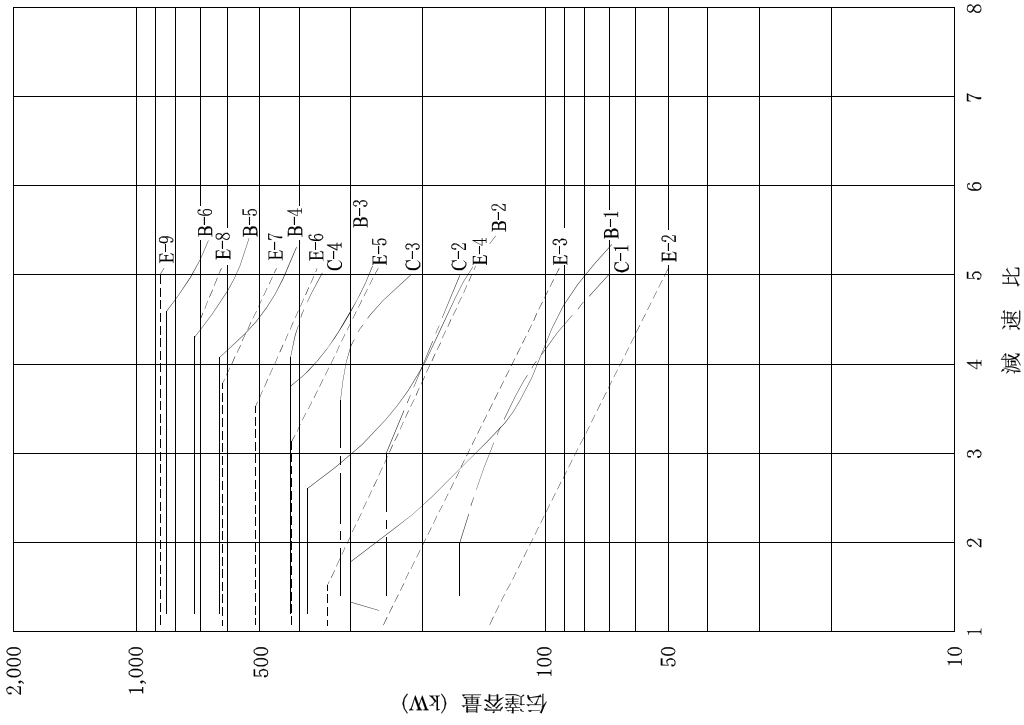



**図-7.9-参 17**　空冷直交軸傘歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

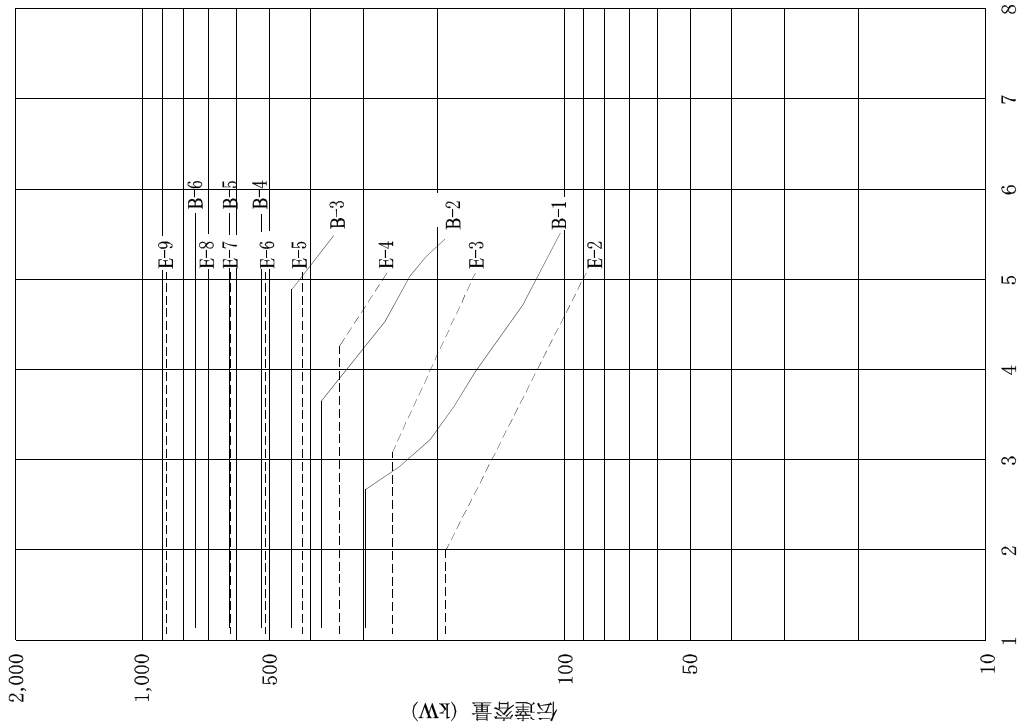



**図-7. 9-参 20** 空冷直交軸斜歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (1, 800min$^{-1}$)

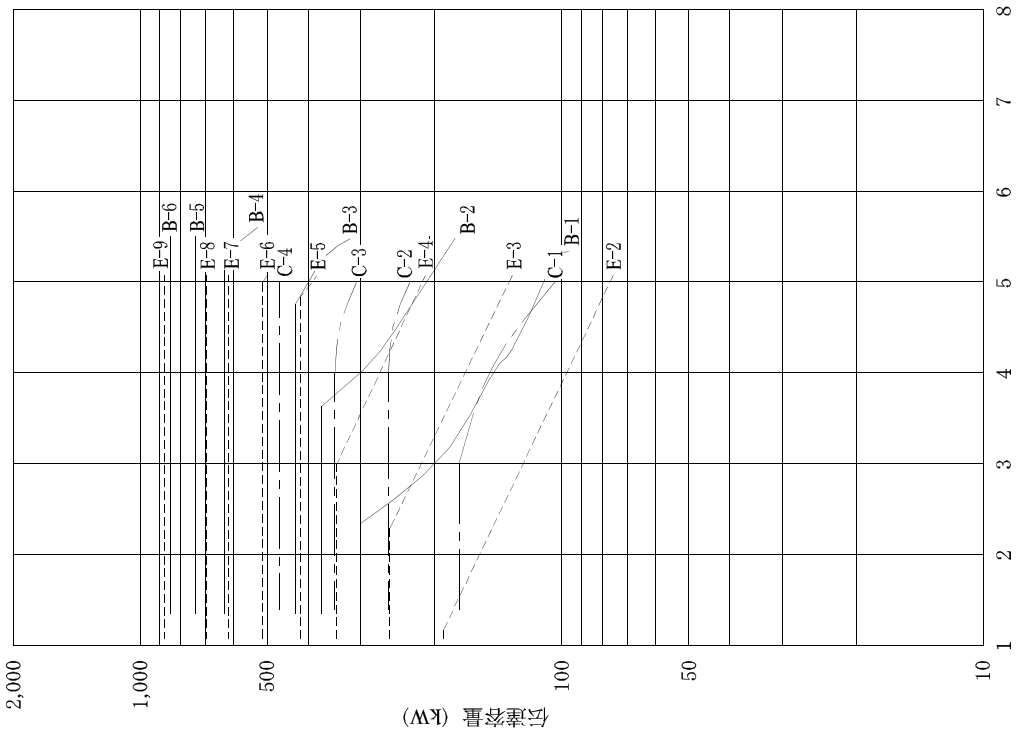



**図-7. 9-参 19** 空冷直交軸斜歯車減速機選定図（一段減速）
入力軸回転速度 (1, 500min$^{-1}$)

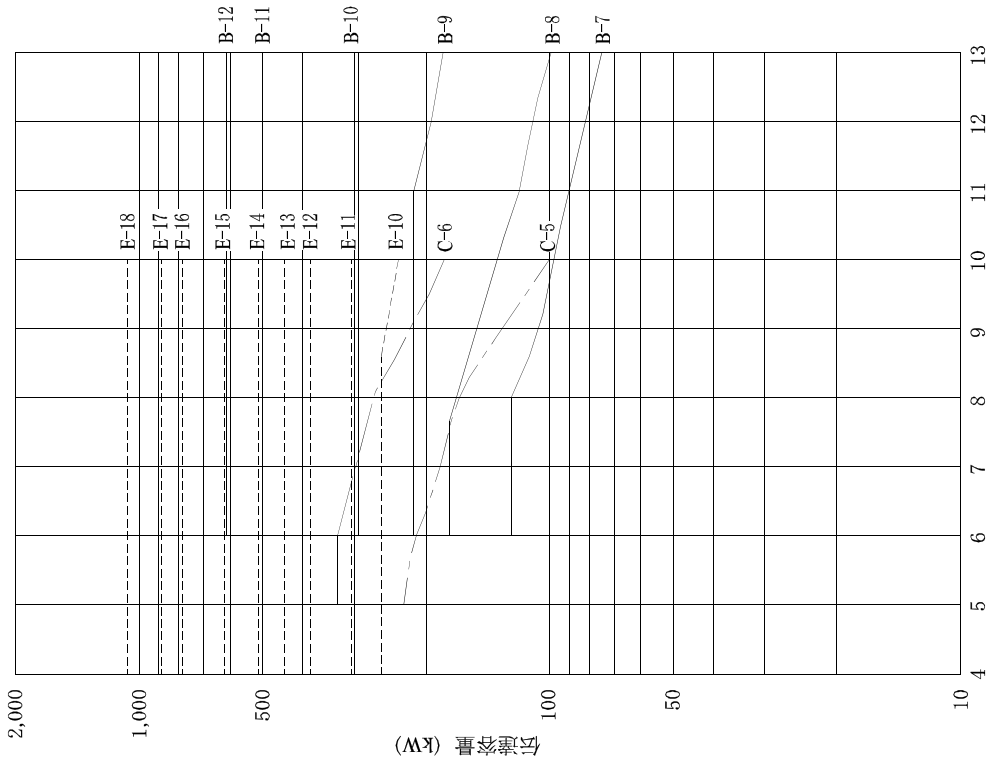



**図-7.9-参 22**　空冷直交軸絵歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

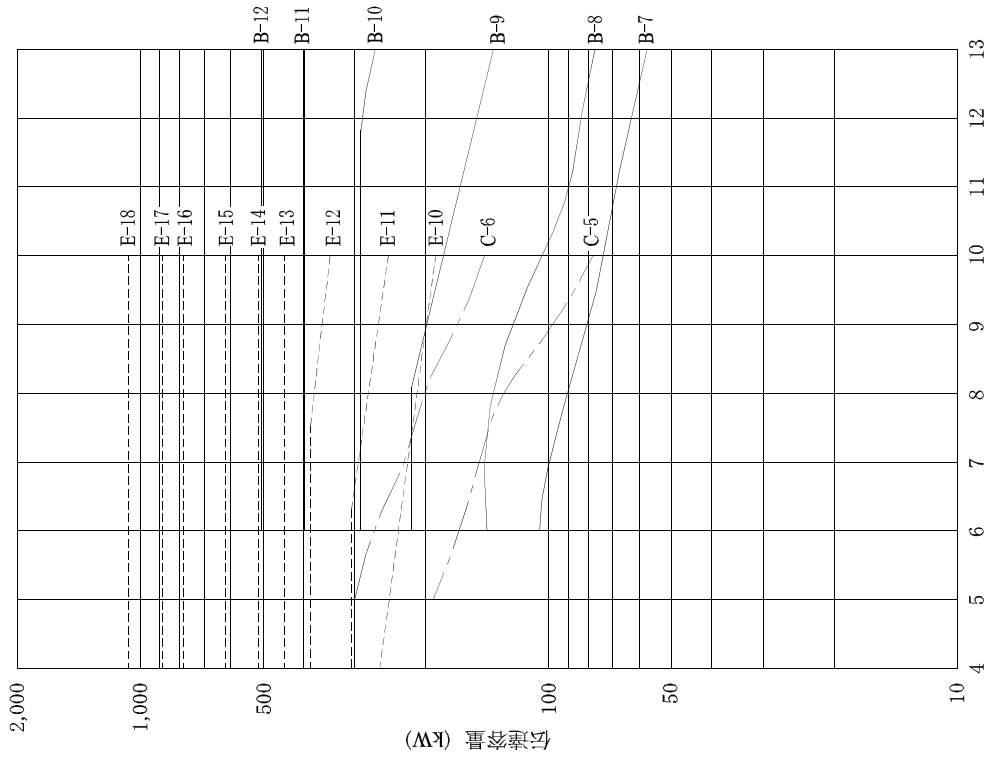



**図-7.9-参 21**　空冷直交軸絵歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

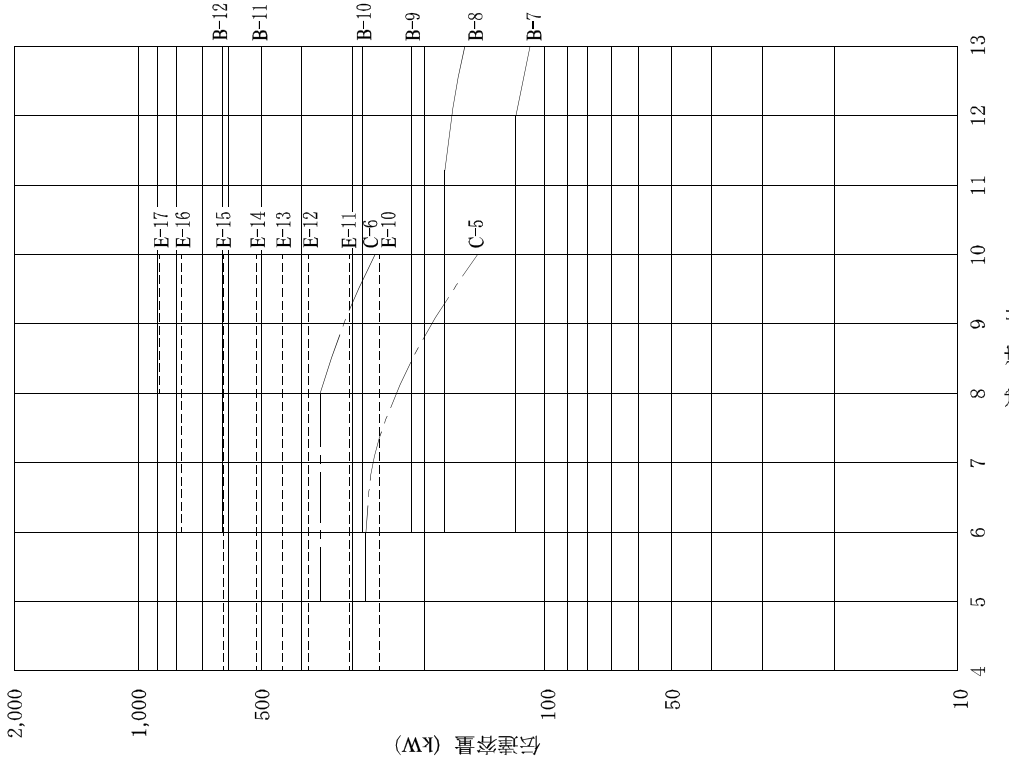



**図-7.9-参24** 空冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,500min$^{-1}$)

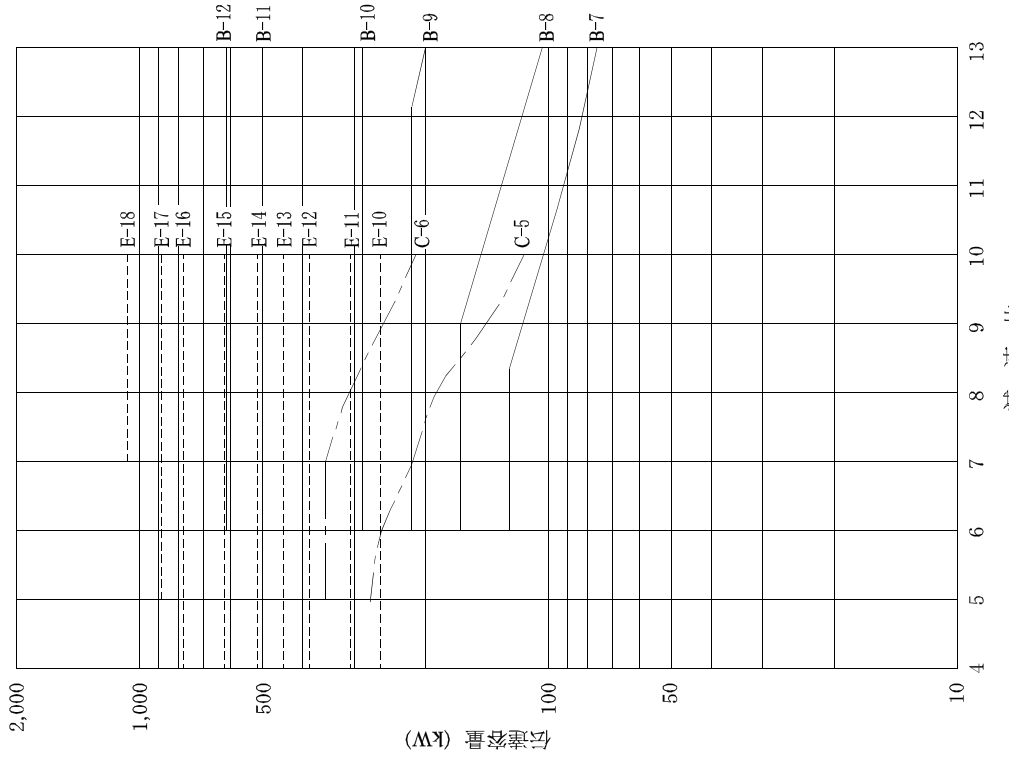



**図-7.9-参23** 空冷直交軸傘歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度 (1,200min$^{-1}$)

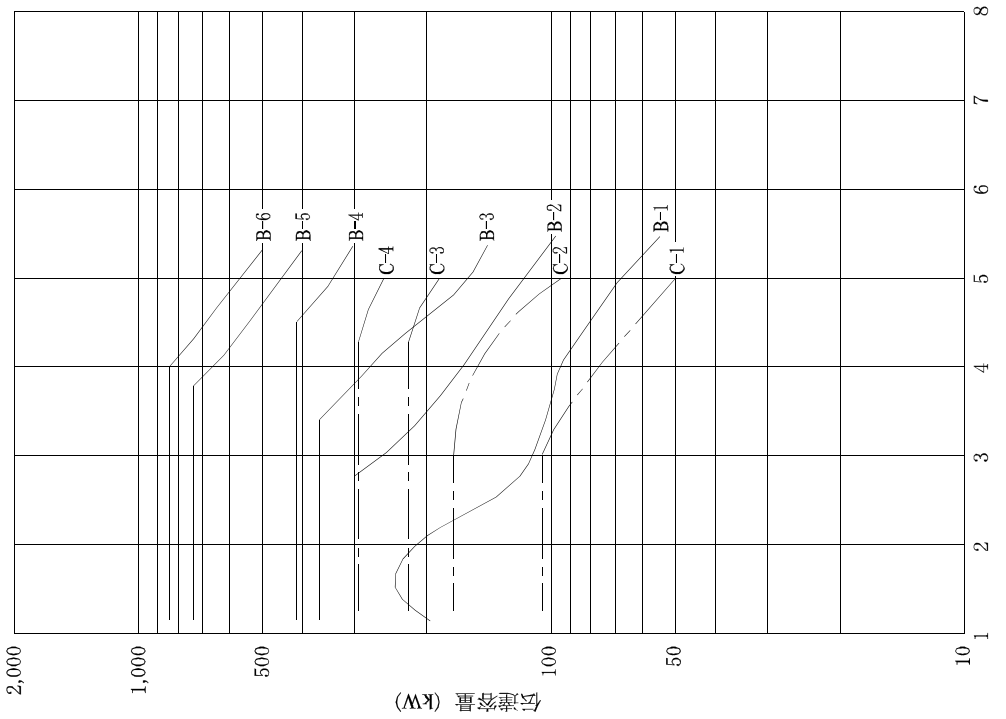



**図-7.9-参 26**　空冷直交軸斜歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

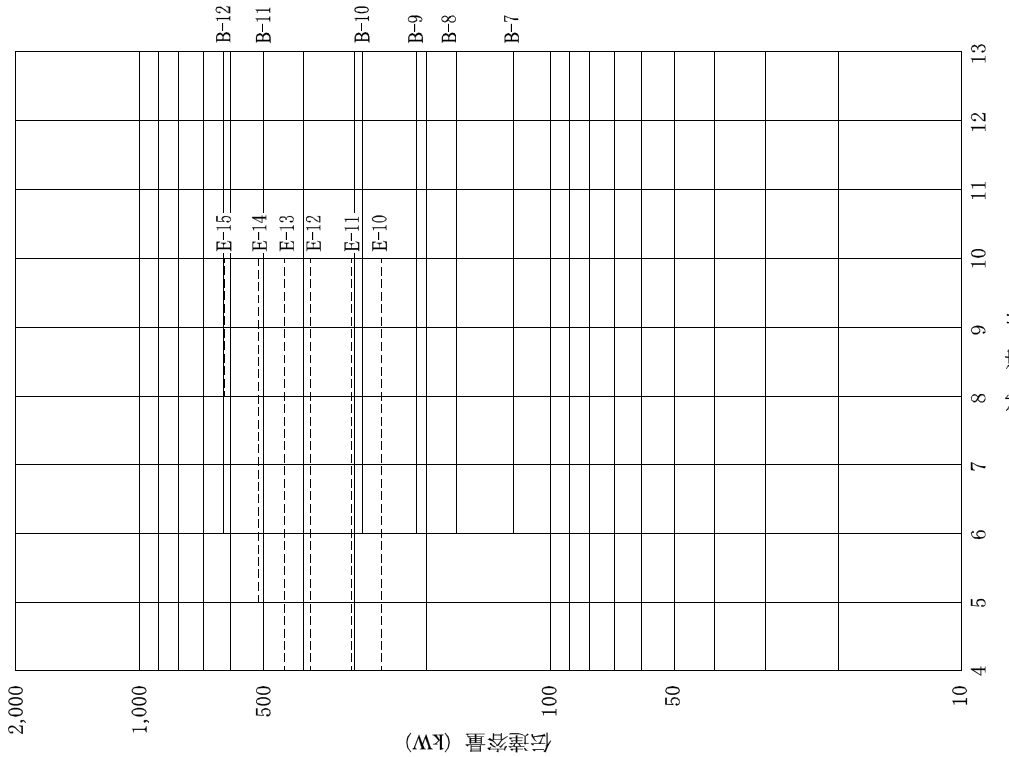



**図-7.9-参 25**　空冷直交軸斜歯車減速機選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,800min$^{-1}$）

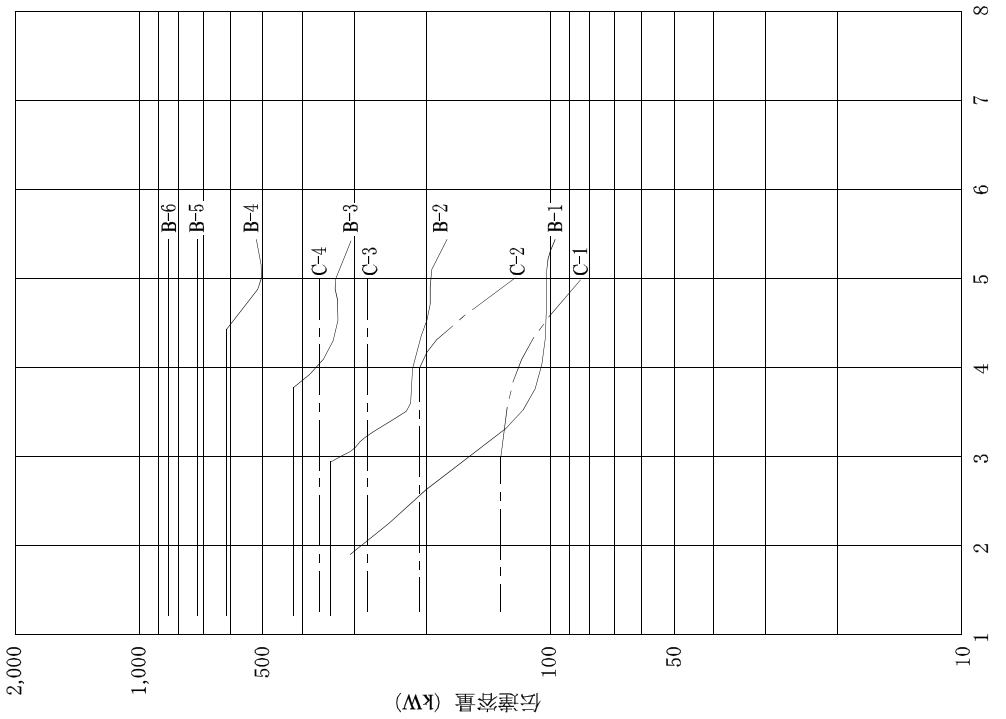



**図-7.9-参28** 空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,200min$^{-1}$）

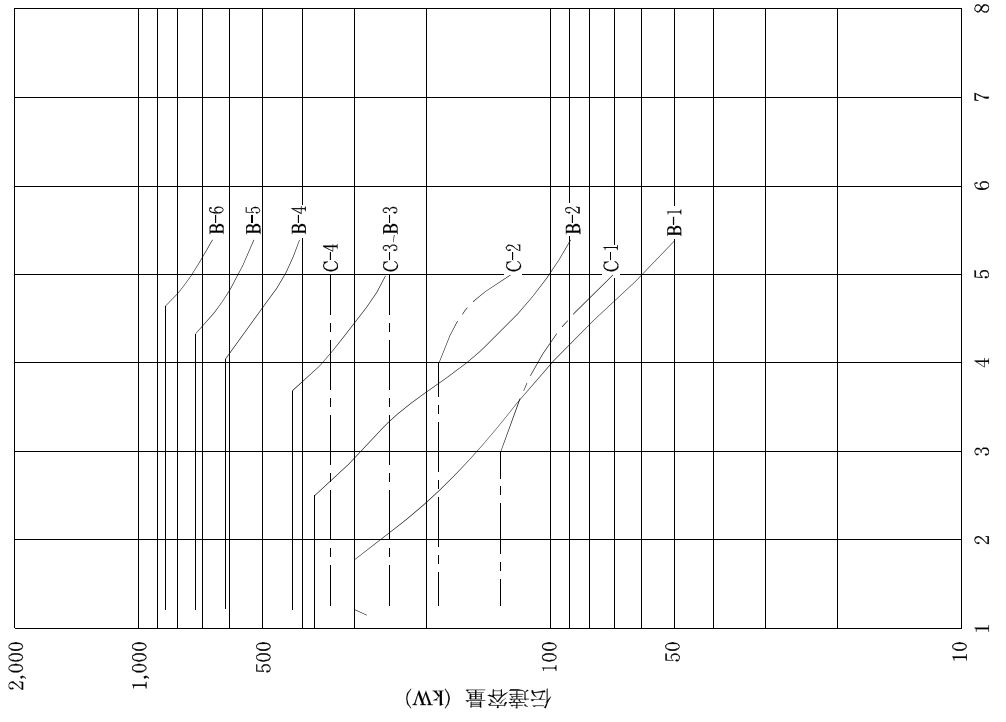



**図-7.9-参27** 空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

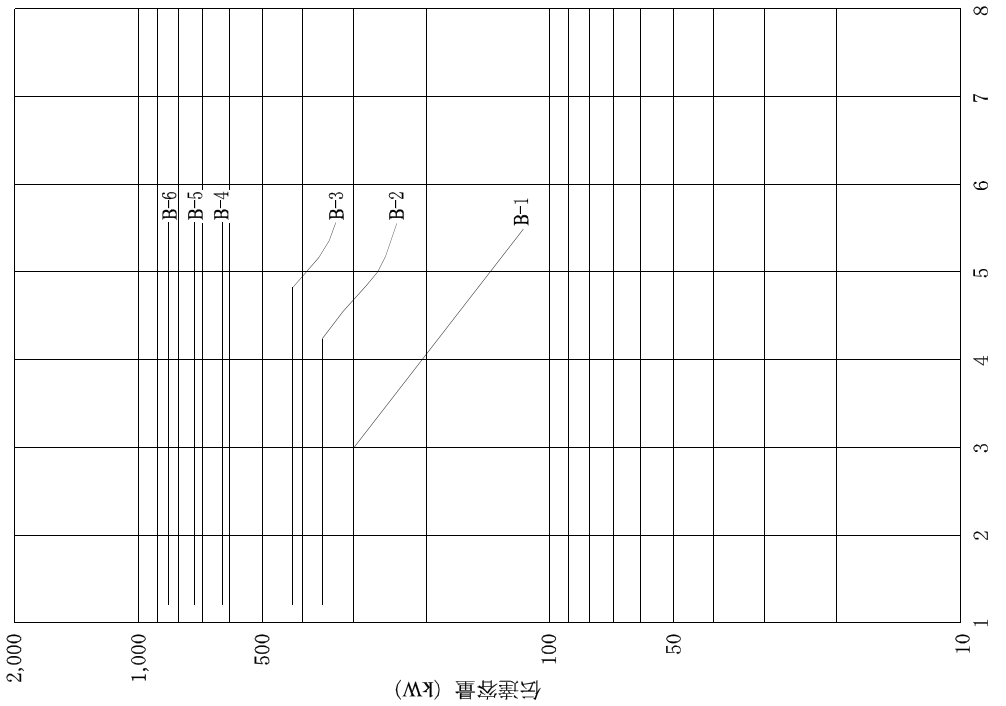



**図-7. 9-参 30**　空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 800min$^{-1}$）

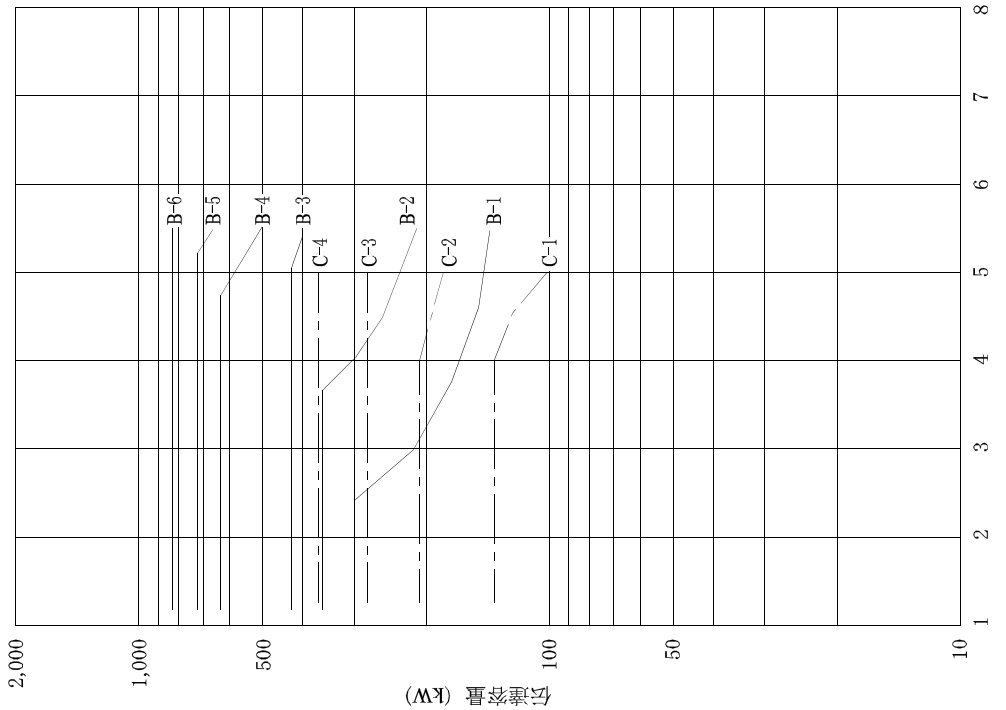



**図-7. 9-参 29**　空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（一段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

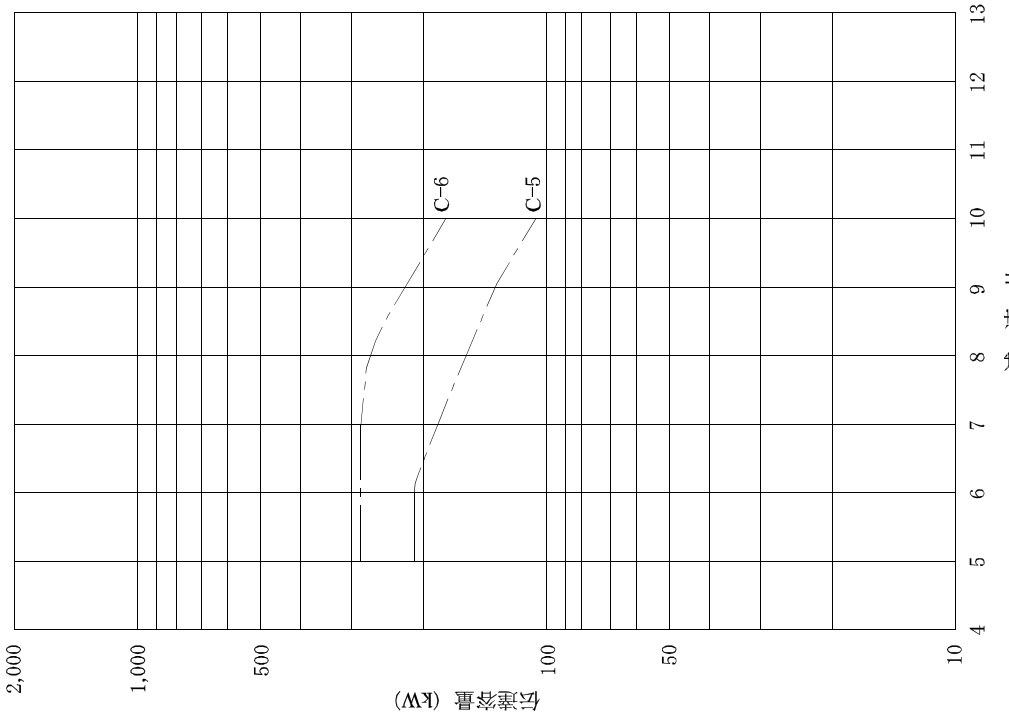



**図-7.9-参32** 空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1,000min$^{-1}$）

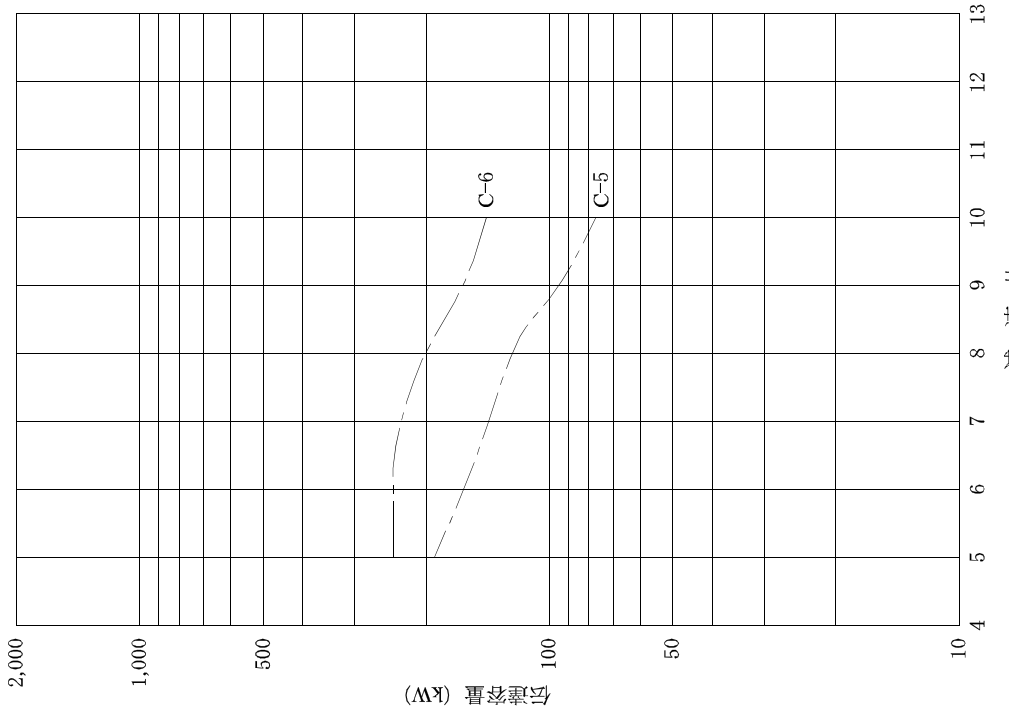



**図-7.9-参31** 空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（750min$^{-1}$）

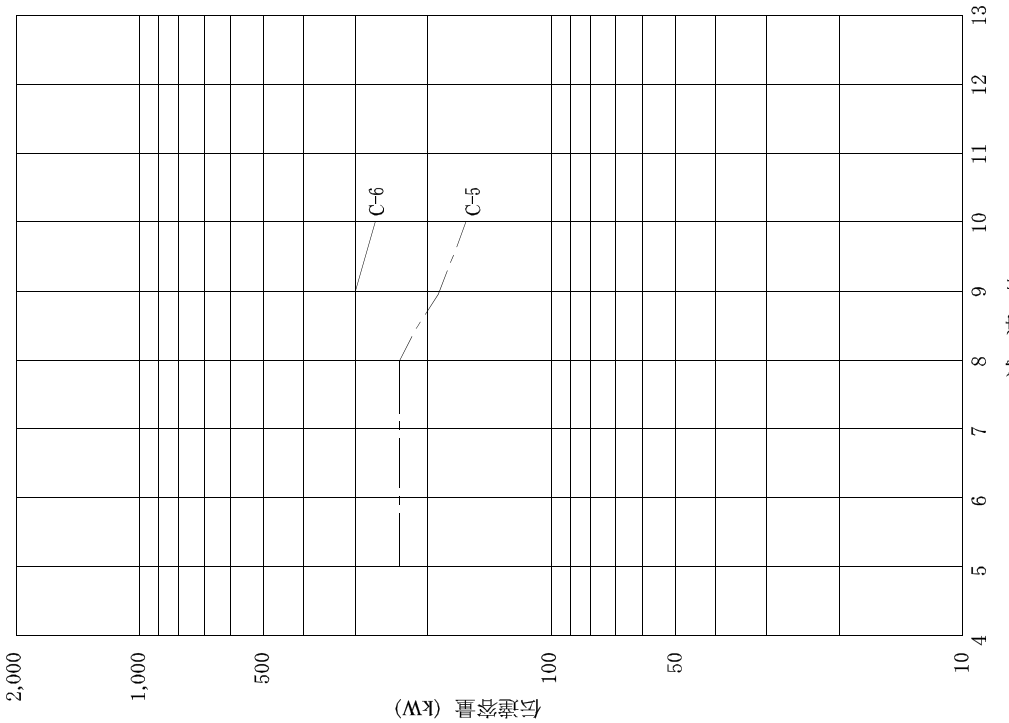



**図-7.9-参 34**　空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 500min$^{-1}$）

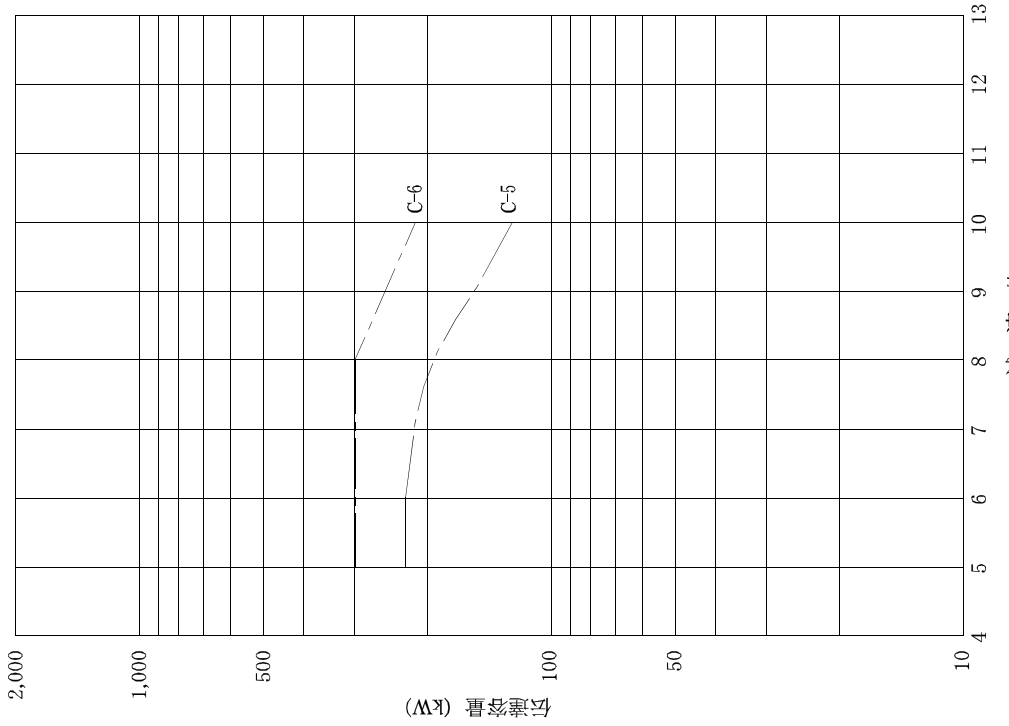
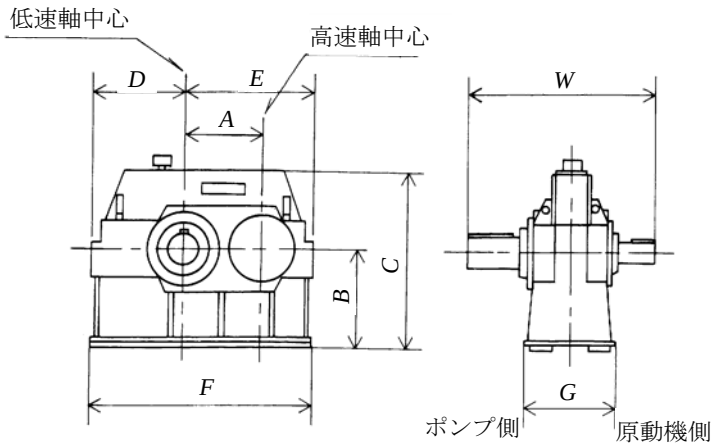



**図-7.9-参 33**　空冷直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）選定図（二段減速）
入力軸回転速度（1, 200min$^{-1}$）

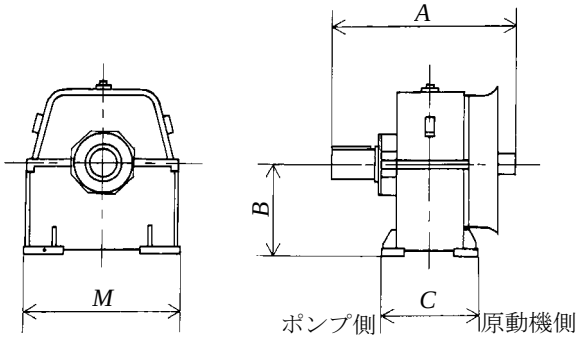
**表-7.10** 空冷式平行軸歯車減速機概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | *W* | |
| A-01 | 125 | 180 | 350 | 200 | 260 | 370 | 290 | 650 | 165 |
| A-02 | 160 | 200 | 390 | 235 | 325 | 460 | 340 | 740 | 265 |
| A-03 | 200 | 250 | 490 | 280 | 390 | 560 | 380 | 820 | 400 |
| A-04 | 250 | 315 | 620 | 330 | 470 | 660 | 450 | 995 | 650 |
| A-05 | 280 | 355 | 700 | 370 | 520 | 740 | 500 | 1,070 | 875 |
| A-06 | 315 | 400 | 790 | 395 | 575 | 810 | 540 | 1,140 | 1,150 |
| A-07 | 355 | 425 | 840 | 445 | 635 | 910 | 580 | 1,240 | 1,480 |
| A-08 | 400 | 475 | 940 | 500 | 700 | 1,020 | 640 | 1,310 | 2,000 |
| A-09 | 450 | 530 | 1,040 | 550 | 780 | 1,130 | 680 | 1,465 | 2,580 |
| A-10 | 500 | 580 | 1,140 | 630 | 890 | 1,250 | 760 | 1,600 | 3,580 |
| A-11 | 285 | 200 | 390 | 220 | 420 | 530 | 320 | 660 | 260 |
| A-12 | 360 | 250 | 490 | 265 | 515 | 670 | 380 | 710 | 440 |
| A-13 | 450 | 315 | 620 | 315 | 675 | 860 | 470 | 845 | 770 |
| A-14 | 565 | 400 | 790 | 415 | 775 | 1,060 | 520 | 960 | 1,270 |
| A-15 | 635 | 425 | 840 | 455 | 885 | 1,190 | 580 | 1,045 | 1,755 |
| A-16 | 715 | 475 | 940 | 505 | 995 | 1,350 | 650 | 1,185 | 2,310 |
| A-17 | 805 | 530 | 1,040 | 575 | 1,095 | 1,500 | 700 | 1,290 | 3,250 |
| A-18 | 900 | 580 | 1,140 | 655 | 1,225 | 1,680 | 790 | 1,415 | 4,470 |
| A-19 | 1,010 | 630 | 1,240 | 700 | 1,380 | 1,880 | 850 | 1,550 | 5,590 |
| B-01 | 155 | 180 | 415 | 260 | 345 | 425 | 280 | 650 | 120 |
| B-02 | 165 | 212 | 465 | 290 | 390 | 500 | 280 | 710 | 160 |
| B-03 | 175 | 224 | 475 | 290 | 420 | 530 | 280 | 745 | 210 |
| B-04 | 185 | 236 | 495 | 300 | 440 | 560 | 315 | 765 | 250 |
| B-05 | 200 | 250 | 520 | 315 | 465 | 600 | 315 | 820 | 275 |
| B-06 | 205 | 265 | 545 | 325 | 485 | 630 | 355 | 875 | 325 |
| B-07 | 220 | 280 | 570 | 345 | 505 | 670 | 355 | 895 | 350 |
| B-08 | 235 | 300 | 600 | 355 | 545 | 710 | 355 | 905 | 400 |
| B-09 | 250 | 300 | 610 | 370 | 570 | 750 | 375 | 980 | 500 |
| B-10 | 270 | 315 | 635 | 390 | 590 | 800 | 375 | 1,015 | 600 |
| B-11 | 280 | 335 | 675 | 405 | 625 | 850 | 400 | 1,065 | 720 |
| B-12 | 295 | 355 | 705 | 425 | 665 | 900 | 450 | 1,130 | 860 |
| B-13 | 310 | 375 | 745 | 465 | 705 | 950 | 450 | 1,130 | 950 |
| B-14 | 330 | 400 | 790 | 485 | 710 | 975 | 450 | 1,180 | 1,000 |

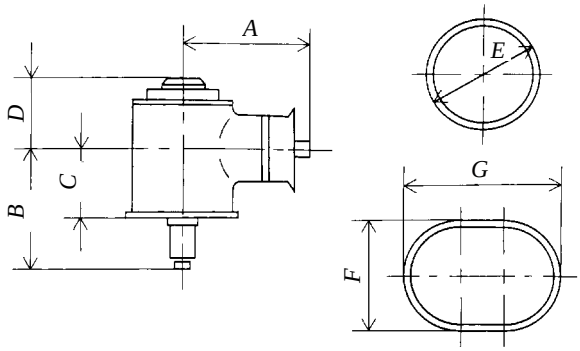
| 形 番 | 主　要　寸　法（mm） | | | | | | | | 質 量（ウェット）（kg） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | *W* | |
| B−15 | 350 | 425 | 845 | 505 | 745 | 1,030 | 475 | 1,200 | 1,150 |
| B−16 | 335 | 240 | 530 | 295 | 505 | 660 | 370 | 650 | 380 |
| B−17 | 365 | 240 | 530 | 300 | 560 | 720 | 410 | 770 | 630 |
| B−18 | 435 | 280 | 610 | 335 | 625 | 820 | 410 | 770 | 740 |
| B−19 | 450 | 280 | 615 | 355 | 665 | 860 | 490 | 910 | 1,060 |
| B−20 | 530 | 350 | 750 | 410 | 750 | 1,000 | 490 | 910 | 1,200 |
| B−21 | 565 | 350 | 755 | 435 | 825 | 1,080 | 560 | 1,075 | 1,870 |
| B−22 | 665 | 430 | 910 | 510 | 930 | 1,260 | 560 | 1,075 | 2,120 |
| B−23 | 730 | 430 | 925 | 530 | 1,040 | 1,370 | 660 | 1,285 | 3,550 |
| B−24 | 865 | 530 | 1,130 | 620 | 1,170 | 1,590 | 660 | 1,285 | 3,810 |
| B−25 | 900 | 530 | 1,125 | 635 | 1,255 | 1,660 | 800 | 1,530 | 5,690 |
| B−26 | 1,060 | 660 | 1,370 | 745 | 1,415 | 1,930 | 800 | 1,530 | 6,560 |
| C−01 | 200 | 250 | 450 | 224 | 336 | 560 | 315 | 620 | 280 |
| C−02 | 224 | 280 | 500 | 250 | 380 | 630 | 355 | 690 | 370 |
| C−03 | 250 | 315 | 560 | 280 | 430 | 710 | 400 | 770 | 480 |
| C−04 | 280 | 355 | 630 | 315 | 485 | 800 | 450 | 990 | 780 |
| C−05 | 315 | 400 | 710 | 355 | 545 | 900 | 500 | 1,090 | 990 |
| C−06 | 355 | 450 | 800 | 400 | 600 | 1,000 | 560 | 1,190 | 1,330 |
| C−07 | 400 | 500 | 900 | 450 | 670 | 1,120 | 630 | 1,310 | 1,740 |
| C−08 | 450 | 560 | 1,000 | 500 | 750 | 1,250 | 710 | 1,440 | 2,240 |
| C−09 | 500 | 630 | 1,120 | 560 | 840 | 1,400 | 800 | 1,590 | 2,910 |
| C−10 | 560 | 710 | 1,250 | 630 | 970 | 1,600 | 900 | 1,790 | 3,910 |
| C−11 | 250 | 315 | 560 | 280 | 350 | 630 | 315 | 620 | 330 |
| C−12 | 280 | 355 | 630 | 315 | 395 | 710 | 355 | 690 | 460 |
| C−13 | 315 | 400 | 710 | 355 | 445 | 800 | 400 | 770 | 620 |
| C−14 | 355 | 450 | 800 | 400 | 500 | 900 | 450 | 990 | 950 |
| C−15 | 400 | 500 | 900 | 450 | 550 | 1,000 | 500 | 1,090 | 1,240 |
| C−16 | 450 | 560 | 1,000 | 500 | 620 | 1,120 | 560 | 1,190 | 1,700 |
| C−17 | 500 | 630 | 1,120 | 560 | 690 | 1,250 | 630 | 1,310 | 2,240 |
| C−18 | 560 | 710 | 1,250 | 630 | 770 | 1,400 | 710 | 1,440 | 2,830 |
| C−19 | 630 | 800 | 1,400 | 710 | 890 | 1,600 | 800 | 1,590 | 3,700 |
| C−20 | 710 | 900 | 1,600 | 800 | 1,000 | 1,800 | 900 | 1,790 | 4,830 |
| D−01 | 315 | 450 | 785 | 380 | 545 | 885 | 385 | 800 | 1,200 |
| D−02 | 355 | 500 | 925 | 412 | 598 | 970 | 425 | 900 | 1,600 |
| D−03 | 400 | 530 | 950 | 462 | 668 | 1,090 | 475 | 1,010 | 2,100 |
| D−04 | 450 | 560 | 1,035 | 510 | 740 | 1,210 | 500 | 1,100 | 2,600 |
| D−05 | 500 | 630 | 1,130 | 550 | 810 | 1,300 | 530 | 1,210 | 3,400 |
| D−06 | 360 | 300 | 565 | 280 | 530 | 760 | 400 | 690 | 600 |
| D−07 | 450 | 335 | 625 | 315 | 625 | 890 | 450 | 800 | 1,000 |
| D−08 | 565 | 400 | 755 | 355 | 750 | 1,050 | 530 | 985 | 1,600 |
| D−09 | 635 | 450 | 825 | 400 | 830 | 1,170 | 600 | 1,120 | 2,100 |
| D−10 | 715 | 500 | 925 | 450 | 935 | 1,320 | 650 | 1,200 | 3,100 |
| D−11 | 805 | 560 | 1,010 | 500 | 1,020 | 1,460 | 710 | 1,280 | 4,200 |
| D−12 | 900 | 600 | 1,100 | 560 | 1,150 | 1,650 | 800 | 1,400 | 5,200 |
| E−01 | 160 | 315 | 490 | 190 | 285 | 475 | 314 | 700 | 245 |
| E−02 | 180 | 355 | 550 | 210 | 315 | 525 | 334 | 740 | 300 |
| E−03 | 212 | 425 | 665 | 250 | 385 | 635 | 390 | 815 | 515 |
| E−04 | 250 | 500 | 770 | 290 | 440 | 730 | 460 | 920 | 785 |
| E−05 | 300 | 530 | 850 | 340 | 510 | 850 | 490 | 1,010 | 1,090 |
| E−06 | 355 | 560 | 940 | 405 | 605 | 1,010 | 590 | 1,145 | 1,630 |

**表-7.11** 空冷式横軸遊星歯車減速機概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | 質 量 (ウェット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *M* | |
| B-01 | 950 | 380 | 540 | 500 | 390 |
| B-02 | 1,020 | 410 | 560 | 530 | 450 |
| B-03 | 1,083 | 430 | 580 | 560 | 560 |
| B-04 | 1,171 | 460 | 620 | 600 | 630 |
| B-05 | 1,238 | 490 | 650 | 640 | 870 |
| B-06 | 1,351 | 530 | 680 | 690 | 1,010 |
| B-07 | 1,490 | 580 | 740 | 750 | 1,350 |
| B-08 | 1,529 | 630 | 775 | 810 | 1,400 |
| B-09 | 1,604 | 680 | 815 | 870 | 1,980 |
| C-01 | 662 | 310 | 255 | 670 | 370 |
| C-02 | 780 | 310 | 255 | 670 | 390 |
| C-03 | 790 | 310 | 255 | 670 | 440 |
| C-04 | 790 | 310 | 255 | 670 | 480 |
| C-05 | 790 | 310 | 255 | 670 | 525 |
| C-06 | 840 | 580 | 640 | 500 | 580 |
| C-07 | 950 | 620 | 700 | 550 | 750 |
| C-08 | 1,180 | 670 | 750 | 630 | 1,080 |
| C-09 | 1,330 | 700 | 820 | 710 | 1,375 |
| C-10 | 1,450 | 785 | 900 | 730 | 1,670 |
| C-11 | 1,600 | 825 | 975 | 800 | 2,100 |
| C-12 | 1,800 | 875 | 1,050 | 900 | 2,730 |
| C-13 | 2,000 | 950 | 1,200 | 1,000 | 3,330 |
| C-14 | 2,300 | 1,100 | 1,400 | 1,150 | 3,920 |
| D-01 | 637 | 400 | 410 | 710 | 680 |
| D-02 | 752 | 460 | 480 | 870 | 1,100 |
| D-03 | 1,100 | 400 | 435 | 630 | 800 |
| D-04 | 1,200 | 450 | 475 | 700 | 1,060 |
| D-05 | 1,305 | 500 | 500 | 800 | 1,560 |
| D-06 | 1,405 | 560 | 540 | 860 | 2,100 |
| D-07 | 1,540 | 600 | 630 | 1,000 | 2,900 |
| D-08 | 1,700 | 630 | 660 | 1,100 | 4,000 |
| E-01 | 1,010 | 510 | 520 | 520 | 435 |
| E-02 | 1,055 | 540 | 540 | 560 | 570 |
| E-03 | 1,175 | 570 | 570 | 630 | 740 |
| E-04 | 1,240 | 630 | 640 | 680 | 970 |
| E-05 | 1,355 | 670 | 670 | 730 | 1,140 |
| E-06 | 1,460 | 710 | 700 | 820 | 1,420 |
| E-07 | 1,550 | 780 | 750 | 880 | 1,740 |
| E-08 | 1,650 | 820 | 780 | 950 | 2,080 |

**表-7.12**　空冷式直交軸傘歯車減速機概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| B-01 | 815 | 675 | 425 | 555 | 600 | — | — | 590 | 注 1)を参照 |
| B-02 | 930 | 740 | 450 | 615 | 700 | — | — | 830 | |
| B-03 | 1,050 | 795 | 475 | 650 | 800 | — | — | 1,180 | |
| B-04 | 1,130 | 915 | 530 | 740 | 950 | — | — | 1,910 | |
| B-05 | 1,265 | 970 | 560 | 800 | 1,050 | — | — | 2,460 | |
| B-06 | 1,325 | 1,035 | 600 | 930 | 1,150 | — | — | 3,180 | |
| B-07 | 895 | 725 | 400 | 500 | 750 | — | — | 640 | 注 2)を参照 |
| B-08 | 980 | 795 | 450 | 550 | 900 | — | — | 1,060 | |
| B-09 | 1,070 | 885 | 500 | 600 | 950 | — | — | 1,490 | |
| B-10 | 1,260 | 1,005 | 560 | 680 | 1,200 | — | — | 2,650 | |
| B-11 | 1,580 | 1,240 | 680 | 800 | 1,350 | — | — | 3,930 | |
| B-12 | 1,790 | 1,340 | 760 | 850 | 1,600 | — | — | 6,210 | |
| C-01 | 600 | 610 | 400 | 530 | 500 | — | — | 620 | 49 |
| C-02 | 680 | 695 | 450 | 600 | 600 | — | — | 820 | 78 |
| C-03 | 750 | 800 | 500 | 630 | 710 | — | — | 1,200 | 98 |
| C-04 | 900 | 895 | 560 | 710 | 850 | — | — | 1,690 | 123 |
| C-05 | 940 | 750 | 450 | 250 | — | 700 | 970 | 1,070 | 98 |
| C-06 | 1,000 | 835 | 500 | 250 | — | 760 | 1,060 | 1,210 | 123 |
| E-02 | 725 | 730 | 400 | 558 | 570 | — | — | 560 | 50 |
| E-03 | 895 | 810 | 450 | 623 | 680 | — | — | 890 | 80 |
| E-04 | 1,050 | 935 | 500 | 707 | 810 | — | — | 1,310 | 100 |
| E-05 | 1,280 | 870 | 560 | 742 | 940 | — | — | 1,940 | 125 |
| E-06 | 1,360 | 930 | 600 | 838 | 1,070 | — | — | 2,690 | 160 |
| E-07 | 1,470 | 1,020 | 630 | 923 | 1,200 | — | — | 3,730 | 200 |
| E-08 | 1,560 | 1,100 | 670 | 1,044 | 1,320 | — | — | 4,590 | 250 |
| E-09 | 1,660 | 1,250 | 750 | 1,131 | 1,520 | — | — | 6,370 | 320 |
| E-10 | 1,175 | 825 | 560 | 690 | — | 835 | 1,120 | 2,270 | 125 |
| E-11 | 1,300 | 915 | 630 | 730 | — | 915 | 1,240 | 3,020 | 160 |
| E-12 | 1,450 | 1,020 | 710 | 775 | — | 1,050 | 1,410 | 3,990 | 200 |
| E-13 | 1,595 | 1,140 | 800 | 815 | — | 1,150 | 1,550 | 5,150 | 250 |
| E-14 | 1,770 | 1,270 | 900 | 865 | — | 1,295 | 1,750 | 7,080 | 320 |
| E-15 | 1,965 | 1,405 | 1,000 | 915 | — | 1,435 | 1,940 | 9,250 | 400 |
| E-16 | 2,190 | 1,560 | 1,100 | 1,000 | — | 1,610 | 2,180 | 12,540 | 500 |
| E-17 | 2,455 | 1,700 | 1,200 | 1,100 | — | 1,770 | 2,490 | 17,130 | 630 |
| E-18 | 2,735 | 1,850 | 1,300 | 1,200 | — | 2,010 | 2,810 | 24,030 | 800 |

注 1)　表中の軸受許容スラスト荷重（B-1～B-6）については、**図-7.10(a)**による。

注 2)　表中の軸受許容スラスト荷重（B-7～B-12）については、**図-7.10(b)**による。

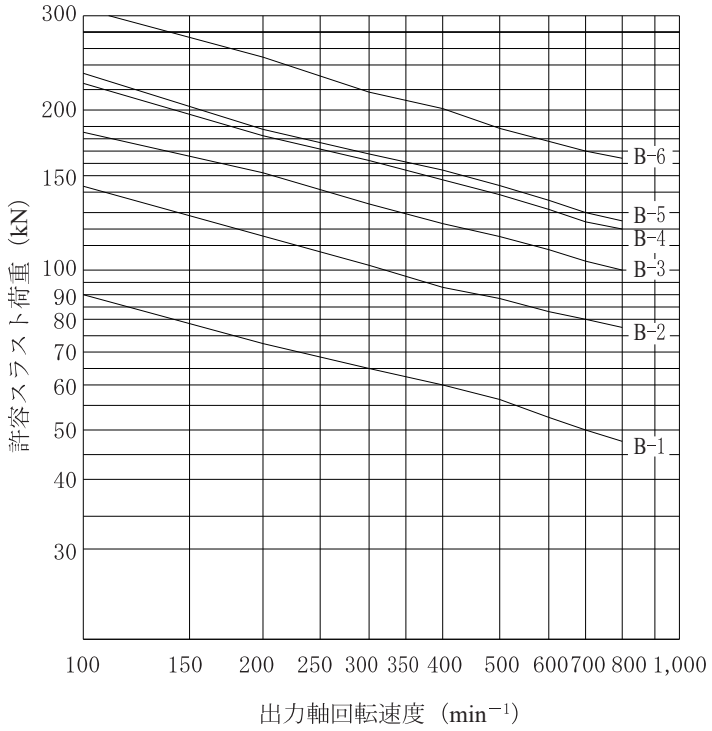



**図-7.10(a)　減速機の許容スラスト荷重**

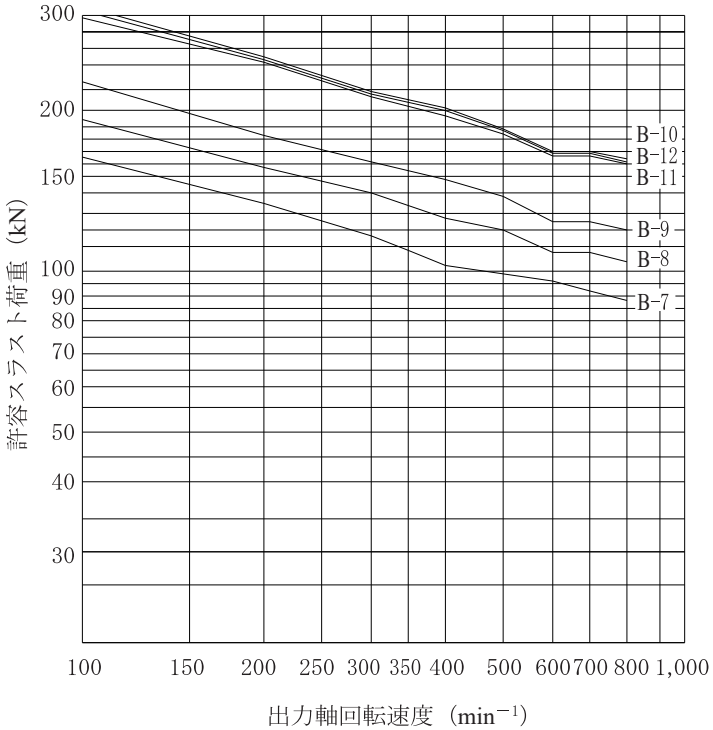
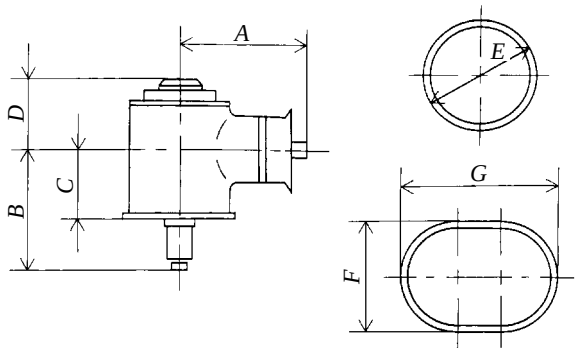



**図-7.10(b)　減速機の許容スラスト荷重**

**表-7.13**　空冷式直交軸傘歯車減速機（油圧クラッチ内蔵）概略寸法及び質量表




| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | 質 量 (ウェット) (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | | |
| B-01 | 1,050 | 675 | 425 | 555 | 600 | — | — | 800 | 注)を参照 |
| B-02 | 1,165 | 740 | 450 | 615 | 700 | — | — | 1,160 | |
| B-03 | 1,339 | 795 | 475 | 650 | 800 | — | — | 1,650 | |
| B-04 | 1,450 | 915 | 530 | 740 | 950 | — | — | 2,190 | |
| B-05 | 1,652 | 970 | 560 | 800 | 1,050 | — | — | 2,730 | |
| B-06 | 1,712 | 1,035 | 600 | 930 | 1,150 | — | — | 3,380 | |
| C-01 | 810 | 610 | 400 | 530 | 500 | — | — | 710 | 49 |
| C-02 | 920 | 695 | 450 | 600 | 600 | — | — | 940 | 78 |
| C-03 | 1,000 | 800 | 500 | 630 | 710 | — | — | 1,360 | 98 |
| C-04 | 1,100 | 895 | 560 | 710 | 850 | — | — | 1,920 | 123 |
| C-05 | 1,160 | 750 | 450 | 250 | — | 700 | 970 | 1,150 | 98 |
| C-06 | 1,280 | 835 | 500 | 250 | — | 760 | 1,060 | 1,400 | 123 |

注）　表中の軸受許容スラスト荷重（B-1～B-6）については、**図-7.10(c)**による。

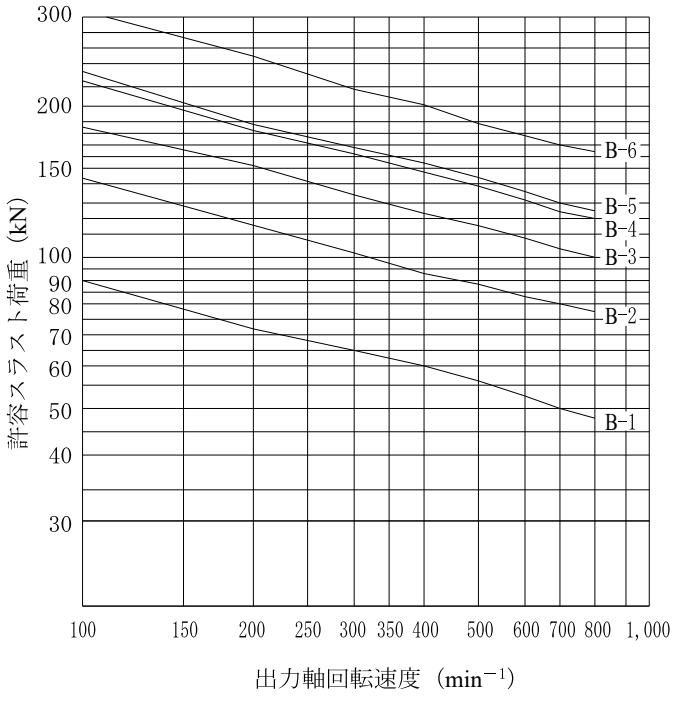


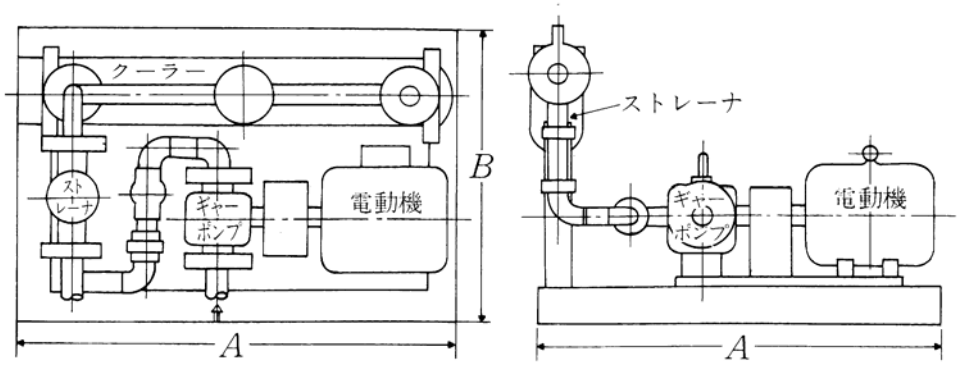

**図-7.10(c)**　減速機の許容スラスト荷重

⑵ 給油装置の容量及び概略寸法

減速機の給油装置の容量及び概略寸法を、**表-7.14** に示す。

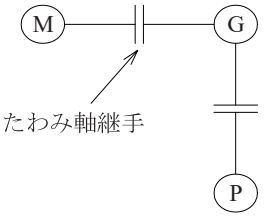
**表-7.14** 減速機の給油装置の容量及び概略寸法

| 減速機の伝達動力 | 給油装置の電動機容量 (kW) | 寸法 (mm) | |
|---|---|---|---|
| | | *A* | *B* |
| 367kW 未満 | 0.75 | 750 | 600 |
| 367～ 441kW 未満 | 1.5 | 1,000 | 750 |
| 441～ 882kW 未満 | 2.2 | 1,500 | 750 |
| 882～2,059kW 未満 | 3.7 | 1,500 | 1,000 |
| 2,059～2,574kW 未満 | 5.5 | 1,500 | 1,000 |




⑶ 主ポンプ用減速機の選定例

a. 条件




M：電動機　1,500min$^{-1}$、320kW

G：減速機

P：主ポンプ　380min$^{-1}$

予想総運転時間　35,000 時間とする。

b. 減速比を求める。

**式 (7.2)** から　　減速比$=\dfrac{\text{主原動機回転速度}}{\text{主ポンプ回転速度}}=\dfrac{1,500}{380}\fallingdotseq 3.9$

c. 選定に必要な伝達容量を求める。

荷重係数：電動機＝1.0　**表-7.2** から

寿命係数：0.87　**表-7.3** から

**式 (7.1)** から

伝達容量 (kW)＝主ポンプ駆動用原動機出力 (kW)$\times\dfrac{\text{荷重係数}}{\text{寿命係数}}$

$$=320\times\frac{1.0}{0.87}=368\text{kW}$$

d. 減速機の選定

主原動機回転速度　1,500$min^{-1}$

伝 達 容 量　　368kW　　減速比≒3.9

＜水冷横軸遊星歯車減速機の場合＞

① **図-7.7-参 14** から、減速機形番 B-5、C-6 又は E-3 を得る。

② 概略寸法及び質量は、**表-7.5** から次のようになる。

| 形 番 | 主 要 寸 法 (mm) | | | | 質 量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *M* | |
| B-5 | 1,090 | 490 | 650 | 640 | 790 |
| C-6 | 780 | 580 | 640 | 500 | 560 |
| E-3 | 1,070 | 570 | 570 | 630 | 700 |

＜水冷立軸遊星歯車減速機の場合＞

① **図-7.7-参 19** より歯車減速機形番 D-3 を得る。

② 概略寸法、質量及び軸受許容スラスト荷重は、**表-7.6** から次のようになる。

| 形 番 | 主要寸法 (mm) | | 質 量 (kg) | 軸受許容 スラスト荷重 (kN) |
|---|---|---|---|---|
| | *A* | *E* | | |
| D-3 | 1,248 | 1,200 | 1,900 | 137 |

③ スラスト荷重を減速機支持とする立軸ポンプのため、軸受許容スラスト荷重をチェックする。

斜流ポンプ　I 型

吐出し量　250$m^3$/min

全 揚 程　5.5m　の場合には、**図-13.33** からポンプスラスト荷重約 127kN を得る。

軸受許容スラスト荷重＞ポンプスラスト荷重であるため、**表-7.6** から②で求めた形番 D-3 となる。

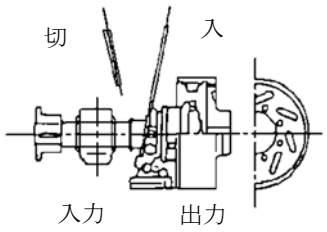
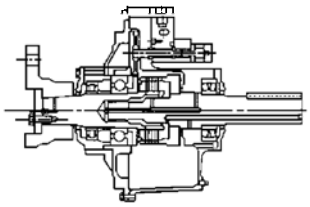
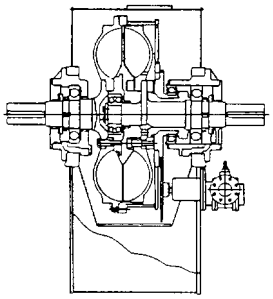
## 7.3 クラッチの形式と構造

主原動機の始動トルクが小さく主ポンプを連結した状態で加速していくことが困難な場合、又は管理運転として単独運転を必要とする場合には、原動機と減速機との間にクラッチ機能を設けることが望ましい。

クラッチには、遠心クラッチ、油圧クラッチ及び流体継手がある。

クラッチの形式と構造を、**表-7.15** に示す。

**表-7.15** クラッチの形式と構造

| 形式 | 構　造 | 機　能 | 用　途 |
|---|---|---|---|
| 遠心クラッチ |  | 内蔵ギアクラッチのレバーを嵌にして駆動すると、遠心力でシューがドラム内周に押し付けられる摩擦力で動力を伝達するものでクッションスタートとある程度の振動吸収ができる。 | ① 原動機の逆転防止<br>② クラッチ機能<br>③ クッションスタート<br>④ ディーゼル機関に付属されることが多く、立軸ポンプ、横軸ポンプ両方に採用可能。 |
| 油圧クラッチ |  | 油圧作動により摩擦板を押し動力を伝達する。 | ① クラッチ機能<br>② クッションスタート<br>③ 直交軸傘歯車減速機に内蔵され、立軸ポンプに採用可能。 |
| 流体継手 |  | 継手内の作動油を充排油することにより、クラッチ機能を持つ。 | ① クラッチ機能<br>② クッションスタート<br>③ ねじり振動吸収<br>④ 傘歯車減速機に内蔵されるものと単独で減速機と別置きのものがある。 |

注） 流体継手は、可変速機能を付加することも可能である。

**〔参　考〕**クラッチの選定

⑴　伝達動力からの選定目安は、次のとおりである。

遠心クラッチ　　おおむね　740kW 以下
油圧クラッチ　　おおむね 1,500kW 以下
流体継手　　おおむね　740kW 以上

⑵　油圧クラッチ又は流体継手を設ける場合、立軸ポンプ（二床式）及び横軸ポンプでは、減速機に油圧クラッチ又は流体継手を内蔵する複合減速機とすることが望ましい。

また、立軸（一床式）では、油圧クラッチのときは減速機に内蔵する複合式とし、流体継手のときには別置式とすることが多い。

⑶　遠心クラッチを使用の場合には、クラッチの前後に軸受けを入れる。

⑷　主原動機がディーゼル機関又は一軸式ガスタービンの場合は、始動トルクが小さいため原則としてクラッチの設置を検討する。

また、クラッチを設けると、実排水による管理運転が困難な場合に主原動機単独での運転が可能となるメリットがある。なお、遠心クラッチや油圧クラッチを採用する場合には、クラッチ嵌合時間が流体継手と比べて短いため、嵌合時の負荷変動に追随できるよう出力（トルク）に余裕のある機関選定が必要となることがある。そのため、クラッチを選定する際には、機関の選定も併せて検討する。

## 7.4 軸継手の形式と構造

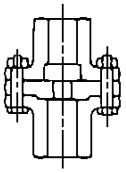
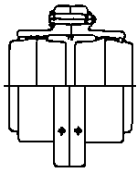
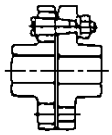
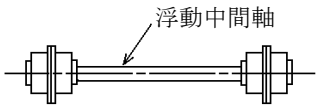
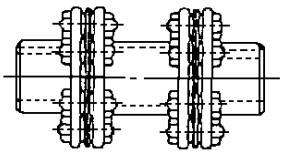
軸継手には、固定性、可とう性等により、目的に適合したものを選定する。

また、主原動機の種類、伝達容量、回転速度、取付位置、据付精度等を考慮して動力伝達系統に異常振動等を生じないものとする。

軸継手には、固定軸継手、たわみ軸継手、自在軸継手等がある。

軸継手の形式と構造を、**表-7.16** に示す。

**表-7.16** 軸継手の形式と構造

| 形式 | 構 造 例 | 機 能 |
|---|---|---|
| 固定軸継手 | フランジ形固定軸継手  | ① ポンプの軸スラスト荷重の伝達<br>② 立軸ポンプ軸の立方向位置調節 |
| たわみ軸継手 |   <br>歯車形軸継手 フランジ形たわみ軸継手<br>〔参考〕たわみ軸継手を用いた浮動中間軸<br>  <br>たわみ軸継手 たわみ軸継手 | ① 軸受の経年的摩耗や据付誤差による偏心吸収<br>② 立軸ポンプでポンプ軸中心から原動機軸端までの所定据付配置寸法と減速機軸端までの機器寸法から据付配置上空間ができる場合の軸接続用 |
| 自在軸継手 |  <br>薄板積層式自在軸継手 | ① 立軸ポンプ用中間軸で軸の心ずれを調整<br>② 立軸ポンプで、ポンプ軸中心から原動機軸端までの所定据付配置寸法と減速機軸端までの機器寸法から据付配置上空間ができる場合の軸接続用 |

# 第 8 章　吸込管及び吐出し管の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-5〕

## 8.1　吸込管及び吐出し管の材料

吸込管及び吐出し管の材料には、ダクタイル鋳鉄管（JIS G 5526)、ダクタイル鋳鉄異形管（JIS G 5527）又は配管用炭素鋼鋼管（JIS G 3452)、配管用アーク溶接炭素鋼鋼管（JIS G 3457）等がある。

吸込管及び吐出し管は、一旦据付けられるとその取替えが難しく、また地下に埋設される部分も多く保守管理が困難なため、耐久性、施工性、経済性、水質等を検討して決定する。なお、水質等の影響で、配管及びボルトナット等の異種金属接続部に腐食が発生する場合は、絶縁や材質変更などの腐食対策を考慮する。

一般的な選定を示すと、次のとおりである。

⑴　かんがいポンプ

一般的に、かんがいポンプの吐出し管は、ポンプ場を出るとき一本の送水管路となることが多い。このことより、合流するために、曲管、Ｔ字管、片落ち管等、特殊異形管が多くなることから、施工性を考慮し鋼管が採用されている場合が多い。

⑵　排水ポンプ

排水ポンプ設備用の主配管材料は、①腐食や摩耗等に対し耐久性があること、②外部からの振動や騒音に対する減衰能力がよいこと等の特性が求められる。ダクタイル鋳鉄管は、耐摩耗性及び耐食性に優れ、かつ鋼管に比べ製法上より管厚が厚いことから、排水ポンプ用主配管としての使用実績が多い。

## 8.2　吐出し管のスラスト支持

a. 主ポンプを運転することによって、その吐出し圧力により水力スラストが働くことになる。このスラスト力を適正に支持することが必要である。

b. 曲管・分岐管は直接又は近傍で支持する。また、逆止め弁、吐出し弁等は弁自体にスラスト力が加わらないよう考慮し、弁前後の配管にて支持する。たわみ管継手はその特性を考慮し、たわみ管継手の前後で支持点や支持方法を選ぶ。

c. 用水ポンプ場で採用される高揚程ポンプ設備においては、水力スラストによる力並びに水撃圧に対し荷重を受けるための支持台(スラストブロック)の設置を検討する必要がある。

その一例を、**図-8.1** に示す。

**スラスト力 $F_a$ 及び $F_b$ の計算**

⒜　直管部　直管部には、ポンプ始動時（吐出し弁締切始動時）とポンプ停止時（特に逆止め弁がある時）に次の水力スラスト $F_a$ が働く。

$$F_a = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot P_0 \cdot 1,000 \ (\mathrm{kN}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.1)$$

$P_0$：始動時は、ポンプ締切圧力＋押込圧力（MPa）
　　停止時は、水撃作用時の最高圧力勾配線の最大圧力（MPa）

$D$：吐出し弁口径（m）

⑹ 曲管部　曲管部に作用するスラスト$F_b$は、設計「パイプライン」を参照のこと。

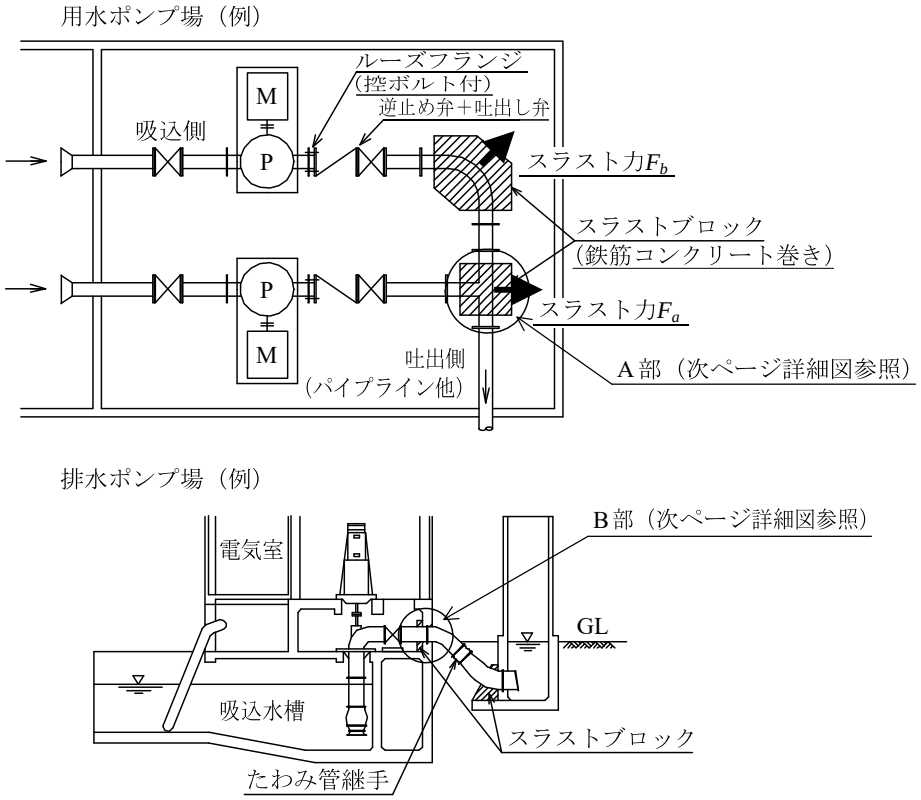



**図-8.1**　吸込管及び吐出し管の配置（例）

d. スラスト力を建屋壁あるいは、スラストブロックで受ける場合、管のスラスト力を受けるための補強材（スチフナ）を管に取付ける方法がある。

⑹ 低揚程ポンプの補強材（スチフナ）の寸法は、口径$\phi$1,500mmまでは鋳鉄管協会便覧のパドルの寸法表による。$\phi$1,500mmを超えるものについては、フランジ継手の厚み及び外径と同一寸法とする。

⑹ 高揚程ポンプの補強材（スチフナ）の寸法は、**式（8.2）、（8.3）**によりスラスト力に耐え得るスチフナの厚さを求める。

$$W=\pi\cdot D\cdot(T-t)\cdot\tau\cdot\eta>F_a \quad (\mathrm{N}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.2)$$

$$T=\left(\frac{W}{\pi\cdot D\cdot\ \tau\ \cdot\ \eta}\right)+0.15 \quad (\mathrm{cm}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.3)$$

$W$：補強材（スチフナ）の許容せん断力（N）

$D$：管外径（cm）

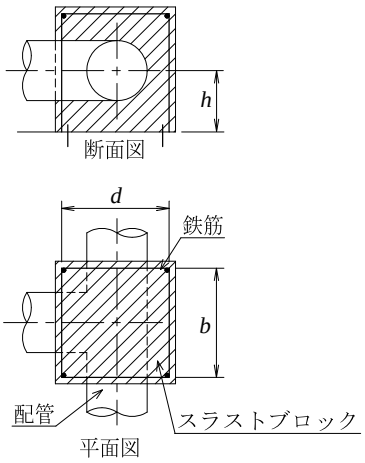
$T$：補強材（スチフナ）の厚さ（cm）

$t$：腐食厚（0.15cmとする）

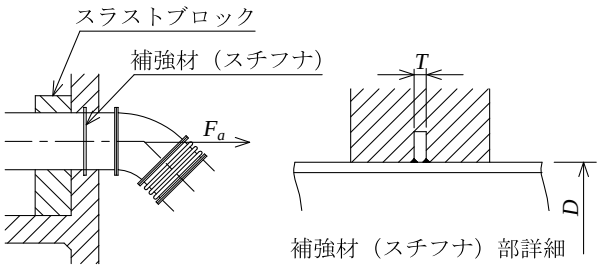
$\tau$：許容せん断応力度　鋼管（SS400）の場合、7,500N/cm$^2$

ダクタイル鋳鉄管の場合、6,000N/cm$^2$

$\eta$：溶接効率（工場溶接で放射線透過試験または超音波探傷試験を行う場合、0.95とする）




A 部詳細図




B 部詳細図

〔参　考〕スラストブロックの計算

a. スラストブロックの寸法決定

スラストブロックは、スラストによる力に耐える強固なものとし、その最小寸法は配管と配筋が干渉せず、圧縮応力及びせん断力に耐え、配管が必要なコンクリート被りを確保できる寸法とする。

b. スラストブロックの強度計算

スラストによる力の対策には、スラストブロックを形成する配筋のせん断力と、転倒モーメントに対する許容引張応力を確認し、設計する。

なお、コンクリートブロック製の管支持台の場合、スラストブロックの設計に当たっては、モルタルと管との付着力は、経年劣化や地震等でその効力を失うので、考慮しないものとする。

スラストブロックを形成する配筋のせん断力と許容応力の確認の方法は次のとおりである。

建屋とスラストブロックの滑動については、建屋とスラストブロック間の配筋のせん断力で確認する。

⑷　許容応力の確認

$$\sigma = \frac{M}{As \cdot j \cdot d} < A \text{ 又は } B \quad (\mathrm{N/cm^2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.4)$$

$As$ ：軸方向鉄筋の全断面［鉄筋面積×本数］（$\mathrm{cm^2}$）

$d$ ：基礎長さ（cm）

$j$ ：圧縮応力の合力から鉄筋図心までの距離と有効高さ $d$ に対する比

$$= 1 - \frac{k}{3}$$

$k$ ：圧縮側表面より中立軸までの距離の有効高さ $d$（基礎長さ）に対する比

$$= \sqrt{2pn + (pn)^2} - pn$$

$p$ ：鉄筋比 $= \dfrac{As}{b \cdot d}$

$n$ ：鉄筋とコンクリートのヤング係数比＝15

$b$ ：基礎幅（cm）

$M$ ：$F \cdot h$（$F = F_a$ 又は $F_b$）（N・cm）

$h$ ：スラストブロック底面から管中心位置までの高さ（cm）

$A$ （常用時）

SR235：13, 700N/cm$^2$

SR295 及び SD295：15, 700N/cm$^2$

$B$ （水撃時）

上記の 1.65 倍

⑹ せん断応力の確認

配筋の長期許容せん断応力度は、8, 820N/cm$^2$

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot 8,820 \cdot N \geqq F_a \text{ 又は } F_b \text{（N）} \cdots\cdots (8.5)$$

ここで、$d$ ：鉄筋径（cm）

$N$ ：鉄筋本数

$F_a$ ：直管部に作用する水力スラスト（N）

$F_b$ ：曲管部に作用する水力スラスト（N）

## 8.3　吸込管及び吐出し管の管厚

管厚は、配管状況に応じたもので、内水圧、土被り、トラック荷重等の外圧荷重及び余裕厚等を考慮して決定する。

なお、検討に当たっては、設計「パイプライン」を参照のこと。

## 8.4　管継手

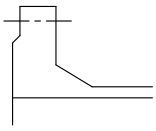
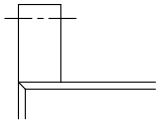
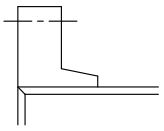
吸込管及び吐出し管の管継手には、一般的にフランジ継手、ねじ込み継手、溶接継手、ユニオン継手、たわみ管継手等が多く採用されている。

吸込管及び吐出し管は、製造、運搬・現地施工性等より適当な長さに分割されるのが一般的である。主配管の接続は管継手により行い、完全な水密性や気密性、現地施工性、管の離脱防止とその耐久性より、原則としてフランジ継手を設ける。

フランジ継手は、吸込管及び吐出し管がダクタイル鋳鉄管の場合は管と一体形とし、また鋼管の場合、管と別に製作し溶接により管本体に取付ける。フランジ継手の種類を、**表-8.1** に示す。なお、フランジ継手は、可とう性、伸縮性がないためフランジ部に無理な負荷がかからないよう施工しなければならない。

フランジ継手、ねじ込み継手、溶接継手、ユニオン継手の概略形状を、**図-8.2～図-8.5** に、特徴を**表-8.2** に示す。

**表-8.1**　フランジ継手の種類

| 種　類 | | 形　状 | 呼び圧力<br>(記号) | 規　格 | 主 配 管 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一体フランジ | |  | 7.5K<br>10　K<br>16　K | JIS G 5527 | ダクタイル鋳鉄管 |
| 鋼板溶接式 | 板フランジ |  | 5　K<br>7.5K<br>10　K | JIS B 2220 | 炭素鋼鋼管 |
| | ハブフランジ |  | 10　K<br>16　K | | |

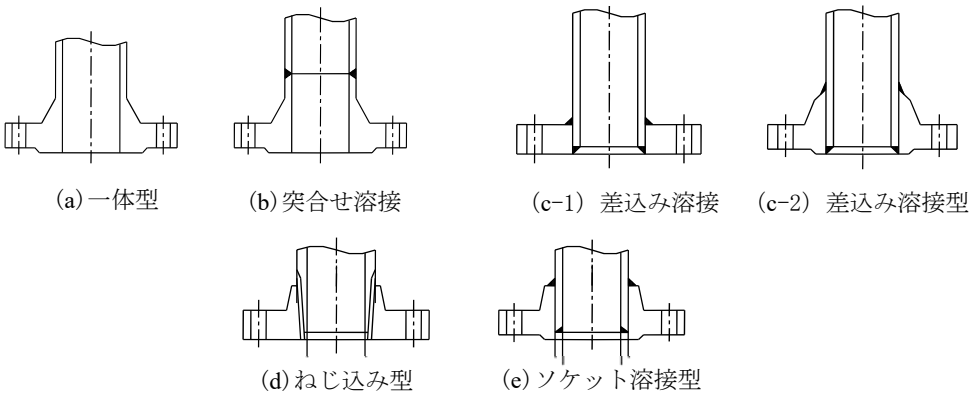
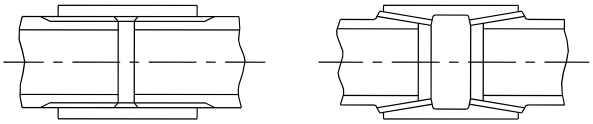
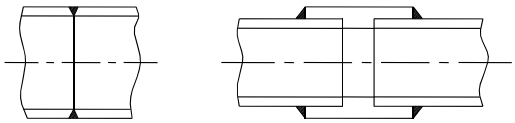



**図-8.2**　フランジ継手（パイプとの接合形式による分類）



(a)平行ネジ型　　(b)テーパネジ型

**図-8.3** ねじ込み継手



(a)突合わせ型　　(b)ソケット型

**図-8.4** 溶接継手

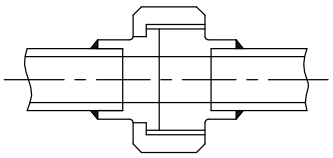


**図-8.5** ユニオン継手

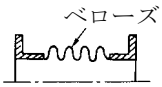
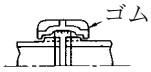
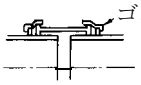
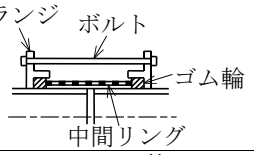
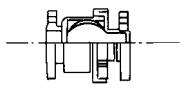
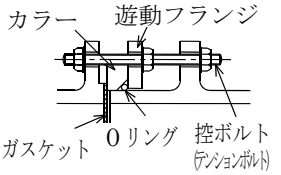
**表-8.2** 管継手の種類と特徴

| 継手の種類 | | 適用管材 | | 長所 | 短所 |
|---|---|---|---|---|---|
| フランジ継手 | a. 一体型フランジ | ①鋼管<br>②鋳鉄管<br>③合成樹脂管<br>④ライニング管 | ①材質が鋳造品又は鍛造品<br>②中・大口径高圧配管 | フランジ面の精度が期待できる。 | 現場における寸法調整ができない。 |
| | b. 突合わせ溶接型フランジ | | ①通常配管口径 50A を超える高温高圧配管<br>②中・大口径高圧配管 | 溶接による熱ひずみがガスケット座に影響しにくい。 | フランジ製作工程が多く、板フランジよりも高価である。 |
| | c. 差込み溶接型フランジ | | ①通常配管口径 50A を超える高温高圧配管<br>②中・大口径低圧配管 | 材料費が安く心合わせが容易である。 | 溶接による熱ひずみがガスケット座に影響しやすく、高圧では多少洩れやすい。 |
| ねじ込み継手 | ねじ込み型 | | 通常配管口径 50A 以下の配管 | ①溶接が不可能な材質（メッキ管、ライニング管等）に適する。<br>②小口径配管施工は容易となる。 | 施工上大口径のものには不適である。 |
| 溶接継手 | a. 突合わせ溶接継手 | ①鋼管<br>②銅管及び銅合金管<br>③その他溶接可能な金属管 | 通常配管口径 50A を超える配管 | ①継手部の強度が母材と同じ程度である。<br>②流れによる損失水頭が小さい。 | |
| | b. ソケット溶接継手 | | 通常配管口径 50A 以下の配管 | ①心出しが容易である。<br>②高圧に使用できる。 | |
| ユニオン継手 | | ①鋼管<br>②銅管及び銅合金管 | 通常配管口径 50A 以下の配管の分解用 | 分解及び取付けが容易である。 | 高温・高圧配管には不適である。 |

たわみ管継手は、主ポンプ設備の保守点検時、機器の分解を容易にするためや、建屋等の不同沈下対策として設ける。この場合、たわみ管継手前後の配管をスラストブロックでしっかり固定する。

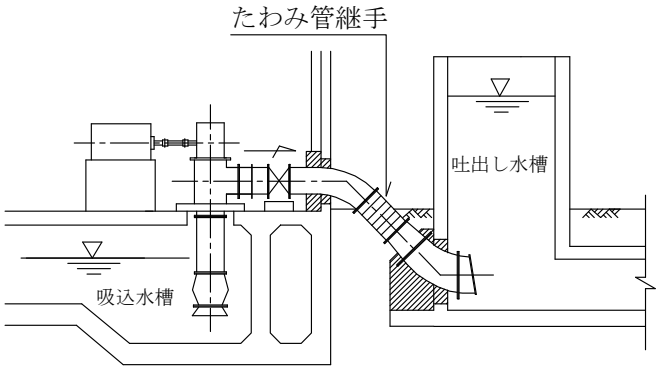
たわみ管継手の種類と特徴を、**表-8.3**に示す。

**表-8.3**　たわみ管継手の種類と特徴

| 種　　類 | | 適用口径 | 特　　徴 |
|---|---|---|---|
| ベローズ型 | ① 金属ベローズ型<br>  | 50～3,200mm | ① 伸縮量　最高 150mm<br>② たわみ角度　約 5° 以下<br>③ 偏心量　50mm 以下（特殊約 300mm 以下）<br>④ 許容温度　最高 200～350℃<br>⑤ 耐圧　1.96MPa 以下<br>⑥ 回転性　無し |
| | ② ゴムベローズ型<br>(ラバー・エキスパンションベローズ)<br> | 50～2,400mm | ① 伸縮量　1 山当たり 20～50mm<br>② たわみ角度　10°以下<br>③ 偏心量　1 山当たり 10mm 程度<br>④ 許容温度　最高 70～100℃（耐熱性ゴム）<br>⑤ 耐圧　1.72MPa 以下<br>⑥ 回転性　無し |
| 摺動型 | ① ビクトリック型<br>  | 25～2,400mm | ① 伸縮量　±1.5～10mm（口径によって異なる）<br>② たわみ角度　0°14′～2°（片側のパイプのたわみ角度を示す）<br>③ 偏心量　2～3mm 程度<br>④ 許容温度　－20～＋180℃<br>⑤ 耐圧　小口径は最高 24.5MPa 以下、大口径は最高 1.47MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り（ただし、控ボルトを付けると無し） |
| | ② クローザ型<br>  | 80～2,400mm<br>大口径型として 2,000～6,000mm あり | ① 伸縮量　±100～260mm<br>② たわみ角度　5°（片側のパイプのたわみ角度を示す）<br>③ 偏心量　継手 1 カ所ではなく 2 カ所で使用すれば大<br>④ 許容温度　常温<br>⑤ 耐圧　0.98～6.86MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り |
| | ③ スリーブ型<br>  | 40～2,000mm | ① 伸縮量　±30～110mm<br>② たわみ角度　1°～2.5°（片側のパイプのたわみ角度を示す。口径が小さいほどたわみ角度は大となる。）<br>③ 偏心量　2～3mm 程度<br>④ 許容温度　－20～＋110℃<br>⑤ 耐圧　0.98～1.72MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り |
| | ④ メカニカル型<br> | 75～2,400mm | ① 伸縮量　約 20mm<br>② たわみ角度　5°25′（内圧 0.34MPa で漏れ無し）<br>③ 偏心量　ほとんど無し<br>④ 許容温度　常温<br>⑤ 耐圧　1.72～5.88MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り |
| 回転型 | ボールジョイント<br>  | 20～750mm | ① 伸縮量　無し<br>② たわみ角度　最高 15°又は 30°<br>③ 偏心量　無し<br>④ 許容温度　100℃<br>⑤ 耐圧　2.94～5.88MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り |
| その他 | ルーズフランジ<br>（分解用に使用する）<br>  | 50～3,200mm | ① 伸縮量　無し<br>② たわみ角度　無し<br>③ 偏心量　無し<br>④ 許容温度　常温<br>⑤ 耐圧　0.98MPa 以下<br>⑥ 回転性　有り（ただし、控ボルトを付けると無し） |

たわみ管継手は、その伸縮性を失わない支持方法を採用するとともに、適切な場所に設置する必要がある。排水ポンプ場の場合は、一般的に建屋と吐出し水槽が土木構造的に分離されていることが多いので、地震や不同沈下による配管の破損を防ぐために、吐出し管の途中にたわみ管継手を設ける。

用水ポンプ場の場合は、吸込水槽と建屋とが分離される場合は、吸込管の途中にたわみ管継手を設ける。また、排水ポンプ場と同様に吐出し管にもたわみ管継手を設ける（**図-8.6**参照）。



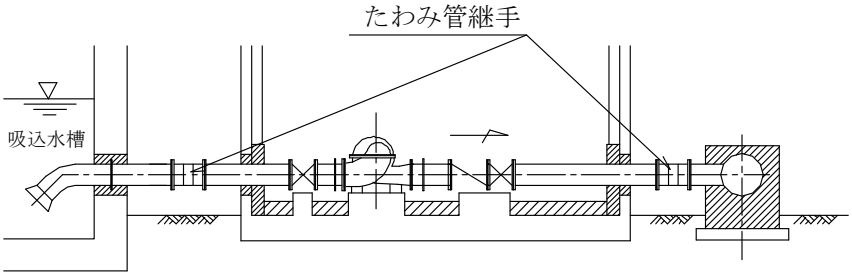
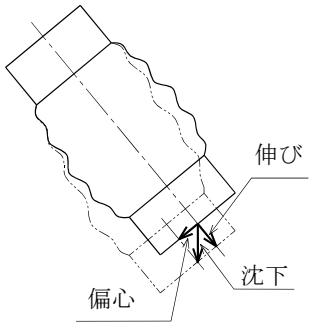




**図-8.6** たわみ管継手の設置（例）




偏心量・伸縮量・沈下量の解説図
（斜め取付けの場合）

**〔参考〕**たわみ管継手面間寸法表

| 管径(mm) | 面間寸法(mm) |
|---|---|
| 600<br>700<br>800<br>900<br>1,000<br>1,200 | 650 |
| 1,350<br>1,500 | 700 |
| 1,650<br>1,800 | 750 |
| 2,000 | 800 |

注1）上表は低圧用、土被り3m以内、車重なしの45°取付け許容沈下量100mmのものを示す。

## 8.5 吸込管の設計上の留意点

吸込管の設計に当たっては、次の事項に留意し設計するものとする。

⑴ 吸込管の管径は、主ポンプのキャビテーション性能に関わるものであるから、必ずしも主ポンプの吸込口径に合わせる必要はない。

⑵ 主ポンプの吸込口に直接曲管を設置しないようにし、直管又は偏心片落ち管を使用し、偏流や旋回流が生じないようにする（**図-8.7**）。やむを得ず直接曲管を使用する場合は、管内流速を小さくし、曲率半径の大きいもの、又は、整流板を取付けるなどの対策をすることが望ましい。

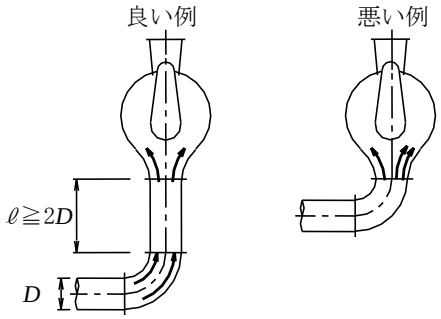



**図-8.7**　曲管による偏流の防止法

⑶　管長はなるべく短く、曲管の数は極力減らし、損失水頭を少なくするようにする。

⑷　空気による障害とその防止工法

①　継手から空気を漏入させたり、吸込管に空気溜りを作らないようにする。

吸込管が空気を吸引すると、主ポンプの性能が低下する。甚だしい時は揚水不能になる。このようなことは、吸込管が長く、吸込揚程が大きいとき、特に注意する必要がある。

また、吸込管に空気溜りのあるまま主ポンプが運転に入ると、吸上げの場合、吸込側は負圧になるため、空気が膨脹して水の流れを妨げることがある。

②　空気溜りができないように、主ポンプに向かって 1/50～1/200 程度の上り勾配となる形にする（**図-8.8**）。また、吸込側に仕切弁がつく場合、上部に空気が溜ることがあるので、仕切弁は横置きが望ましい。

③　管径の変化する部分は、偏心片落ち管を使用する。

④　管内の圧力は吸上げの場合、大気圧以下となるので、空気を吸込むことのないような管継手を選ぶ必要がある。

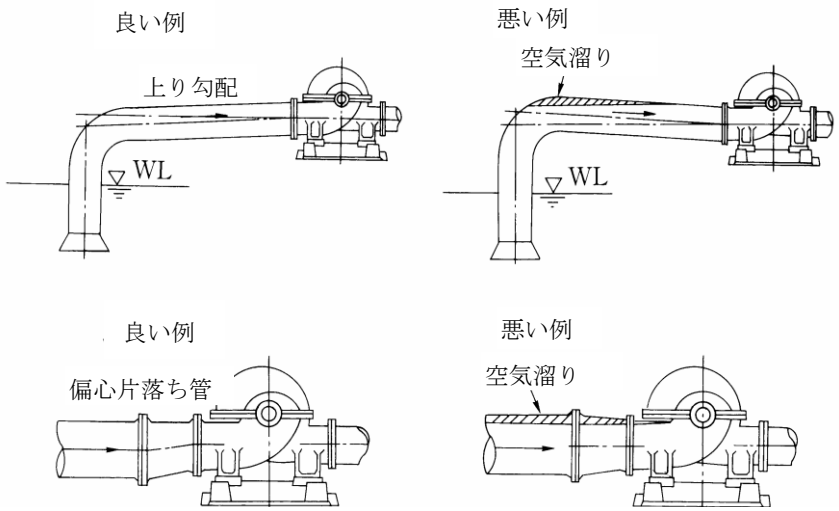



**図-8.8**　主ポンプの吸込管の良否

## 8.6 吐出し管の設計上の留意点

吐出し管の設計に当たっては、次の事項に留意し設計するものとする。

⑴ 全長を短くし、曲がりを少なくする。

⑵ 空気溜りが想定される場合は、空気弁を設置する。

⑶ 露出した長い吐出し管で、気温の変化による伸縮を無視できない場合は、たわみ管継手を設け、両側の配管はそれぞれアンカーブロックで支持する。

⑷ 管内流速は、計画吐出し量でおおむね 4m/s 以下とすることが望ましい。

⑸ 経済的な配管とするため、下記の事項に配慮する。

① 主ポンプの吐出し口径は主ポンプ本体の効率と経済性から定められるものであるから、吐出し管の管径を主ポンプ吐出し口径に合わせる必要はない。

② かんがい地区に直送する場合の管路の平均流速は、与えられた流量に対して、管関係費とポンプ関係費の和が最小となるように経済比較を行って決定することが望ましい。口径を小さくすれば管関係費は少なくてすむが、通水抵抗が増加することでポンプ揚程が高くなり、結局ポンプ設備費と運転費がかさむことになる。逆に口径を大きくすればポンプ関係費は少なくなるが、管関係費が増加する。いずれの場合も不経済な設計となるためである。

なお、管路の設計の詳細については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「パイプライン」を参照のこと。

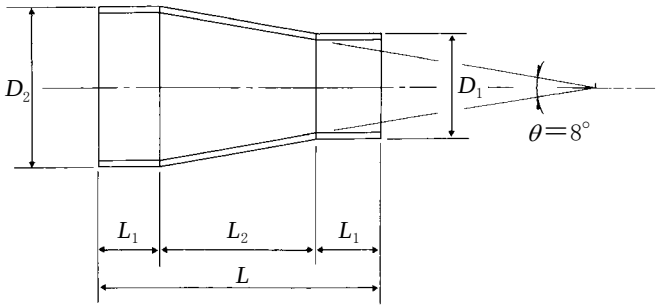
⑹ 必要に応じ、排泥を行える設備を考慮する。

⑺ 水槽に放流する配管は、管内流速のまま吐出し水槽等に吐出すと、その速度エネルギを損失することから、吐出し管末端には片落ち管を設けて管内流速を次第に落とし、小さい流速で吐出すようにする。片落ち管の寸法を、**表-8.4** に示す。ただし、設置状況により広がり角度（$\theta$）が 8° を超える場合は、$L_2$ について別途検討してよい。

**表-8.4** 片落ち管寸法（$\theta$=8°）

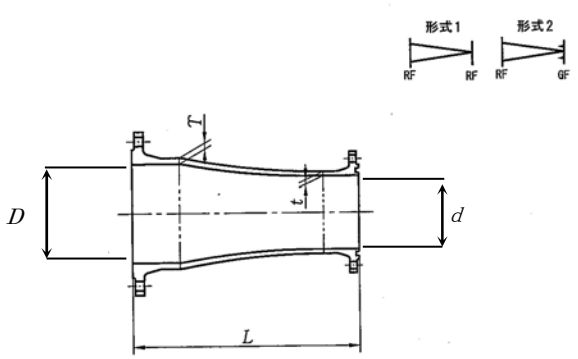
（単位：mm）

| 呼び径 | $D_1$ | $D_2$ | $L_1$ | $L_2$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 400×　600 | 406.4 | 609.6 | 200 | 1,500 | 1,900 |
| 500×　700 | 508.0 | 711.2 | 250 | 1,500 | 2,000 |
| 600×　800 | 609.6 | 812.8 | 250 | 1,500 | 2,000 |
| 700×　900 | 711.2 | 914.4 | 250 | 1,500 | 2,000 |
| 800×1,000 | 812.8 | 1,016.0 | 250 | 1,500 | 2,000 |
| 900×1,200 | 914.4 | 1,219.2 | 250 | 2,200 | 2,700 |
| 1,000×1,350 | 1,016.0 | 1,371.6 | 250 | 2,600 | 3,100 |
| 1,200×1,500 | 1,219.2 | 1,524.0 | 250 | 2,200 | 2,700 |
| 1,500×1,800 | 1,524.0 | 1,828.8 | 400 | 2,200 | 3,000 |




注 1）片落ち管寸法は、JIS G 3451, 5526, 5527 を参照

⑻　吐出し管にダクタイル鋳鉄管を使用する場合のフランジ片落ち管寸法を、**表-8.5** に示す。ただし、広がり角度（$\theta$）が大きく、損失水頭が大きくなるので注意のこと。



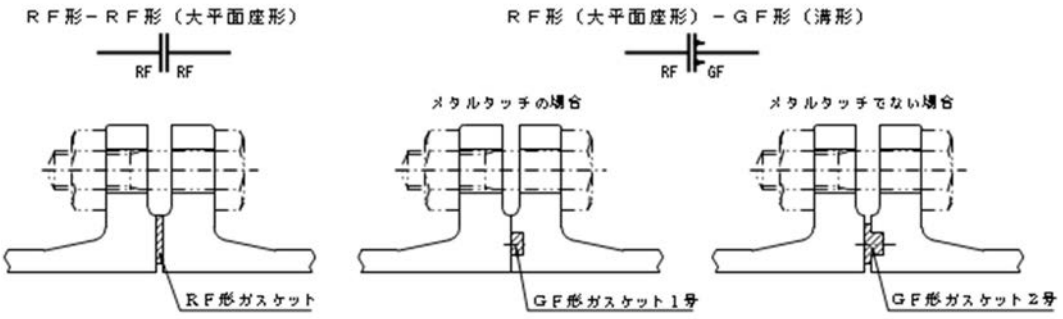

注）図は形式２を示す。

**表-8.5**　片落ち管寸法（ダクタイル鋳鉄管）　(1/2)

| 呼び径（mm） | | 管厚（mm） | | 有効長（mm） | 参考質量（kg） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 形式１ | 形式２ | | | |
| $D$ | $d$ | $T$ | $t$ | $L$ | 7.5K | 7.5K | 10K | 16K | 20K |
| 100 | 75 | 8.5 | 8.5 | 400 | 15.5 | 15.4 | 12.1 | 14.1 | 14.7 |
| 150 | 100 | 9.0 | 8.5 | 405 | 21.1 | 21.0 | 18.5 | 21.9 | 23.4 |
| 200 | 100 | 11.0 | 10.0 | 410 | 27.3 | 27.2 | 24.1 | 28.5 | 30.1 |
| 200 | 150 | 11.0 | 11.0 | 415 | 32.6 | 32.4 | 30.5 | 35.7 | 38.2 |
| 250 | 100 | 12.0 | 10.0 | 520 | 38.7 | 38.6 | 36.0 | 43.0 | 46.4 |
| 250 | 150 | 12.0 | 11.0 | 525 | 45.0 | 44.8 | 43.4 | 51.3 | 55.6 |
| 250 | 200 | 12.0 | 11.0 | 530 | 51.0 | 50.8 | 48.7 | 57.6 | 62.1 |
| 300 | 100 | 12.5 | 10.0 | 530 | 46.5 | 46.3 | 41.7 | 51.3 | 55.0 |
| 300 | 150 | 12.5 | 11.0 | 535 | 52.7 | 52.5 | 49.1 | 59.5 | 64.1 |
| 300 | 200 | 12.5 | 11.0 | 540 | 58.5 | 58.3 | 54.2 | 65.6 | 70.4 |
| 300 | 250 | 12.5 | 12.0 | 550 | 68.2 | 67.8 | 64.3 | 78.4 | 84.9 |
| 350 | 150 | 13.0 | 11.0 | 535 | 62.2 | 62.0 | 55.9 | 70.7 | 75.8 |
| 350 | 200 | 13.0 | 11.0 | 540 | 67.8 | 67.6 | 60.8 | 76.6 | 82.0 |
| 350 | 250 | 13.0 | 12.0 | 550 | 77.3 | 76.9 | 70.8 | 89.2 | 96.3 |
| 350 | 300 | 13.0 | 12.5 | 560 | 86.1 | 85.7 | 77.5 | 98.4 | 106 |
| 400 | 150 | 14.0 | 11.0 | 645 | 79.4 | 79.2 | 76.2 | 94.9 | 103 |
| 400 | 200 | 14.0 | 11.0 | 650 | 86.0 | 85.7 | 82.0 | 102 | 110 |
| 400 | 250 | 14.0 | 12.0 | 660 | 96.7 | 96.3 | 93.2 | 116 | 125 |
| 400 | 300 | 14.0 | 12.5 | 670 | 107 | 106 | 101 | 126 | 136 |
| 400 | 350 | 14.0 | 13.0 | 670 | 118 | 118 | 110 | 139 | 150 |
| 450 | 200 | 14.5 | 11.0 | 660 | 101 | 101 | 95.7 | 121 | 131 |
| 450 | 250 | 14.5 | 12.0 | 670 | 111 | 111 | 107 | 135 | 146 |
| 450 | 300 | 14.5 | 12.5 | 680 | 121 | 121 | 114 | 145 | 157 |
| 450 | 350 | 14.5 | 13.0 | 680 | 132 | 132 | 123 | 158 | 170 |
| 450 | 400 | 14.5 | 14.0 | 690 | 146 | 145 | 139 | 178 | 193 |
| 500 | 250 | 15.0 | 12.0 | 680 | 125 | 124 | 120 | 154 | 166 |
| 500 | 300 | 15.0 | 12.5 | 690 | 134 | 134 | 127 | 163 | 176 |
| 500 | 350 | 15.0 | 13.0 | 690 | 145 | 145 | 135 | 176 | 189 |
| 500 | 400 | 15.0 | 14.0 | 700 | 158 | 157 | 151 | 196 | 212 |
| 500 | 450 | 15.0 | 14.5 | 710 | 174 | 173 | 166 | 217 | 234 |

**表-8.5** 片落ち管寸法（ダクタイル鋳鉄管） (2/2)

| 呼び径（mm） | | 管厚（mm） | | 有効長（mm） | 参考質量（kg） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 形式１ | 形式２ | | | |
| *D* | *d* | *T* | *t* | *L* | 7.5K | 7.5K | 10K | 16K | 20K |
| 600 | 300 | 16 | 12.5 | 700 | 162 | 161 | 159 | 203 | 218 |
| 600 | 350 | 16 | 13.0 | 700 | 172 | 172 | 166 | 215 | 230 |
| 600 | 400 | 16 | 14.0 | 710 | 184 | 184 | 181 | 234 | 252 |
| 600 | 450 | 16 | 14.5 | 720 | 199 | 199 | 195 | 254 | 273 |
| 600 | 500 | 16 | 15.0 | 730 | 213 | 212 | 209 | 273 | 293 |
| 700 | 400 | 17 | 14.0 | 920 | — | 252 | 252 | 315 | 366 |
| 700 | 450 | 17 | 14.5 | 930 | — | 270 | 269 | 337 | 390 |
| 700 | 500 | 17 | 15.0 | 940 | — | 286 | 285 | 359 | 413 |
| 700 | 600 | 17 | 16.0 | 950 | — | 320 | 322 | 404 | 460 |
| 800 | 450 | 18 | 14.5 | 940 | — | 318 | 316 | 403 | 492 |
| 800 | 500 | 18 | 15.0 | 950 | — | 333 | 331 | 423 | 514 |
| 800 | 600 | 18 | 16.0 | 960 | — | 365 | 367 | 467 | 559 |
| 800 | 700 | 18 | 17.0 | 970 | — | 405 | 409 | 519 | 645 |
| 900 | 500 | 19 | 15.0 | 960 | — | 390 | 381 | 485 | 594 |
| 900 | 600 | 19 | 16.0 | 970 | — | 419 | 415 | 526 | 637 |
| 900 | 700 | 19 | 17.0 | 980 | — | 457 | 454 | 576 | 721 |
| 900 | 800 | 19 | 18.0 | 990 | — | 505 | 502 | 642 | 823 |
| 1000 | 600 | 20 | 16.0 | 990 | — | 483 | 482 | 625 | — |
| 1000 | 700 | 20 | 17.0 | 1000 | — | 518 | 519 | 672 | — |
| 1000 | 800 | 20 | 18.0 | 1010 | — | 563 | 563 | 735 | — |
| 1000 | 900 | 20 | 19.0 | 1020 | — | 617 | 611 | 793 | — |
| 1100 | 700 | 21 | 17.0 | 1110 | — | 619 | 623 | 784 | — |
| 1100 | 800 | 21 | 18.0 | 1120 | — | 666 | 669 | 849 | — |
| 1100 | 900 | 21 | 19.0 | 1130 | — | 721 | 718 | 909 | — |
| 1100 | 1000 | 21 | 20.0 | 1150 | — | 782 | 783 | 1010 | — |
| 1200 | 800 | 22 | 18.0 | 1130 | — | 742 | 755 | 954 | — |
| 1200 | 900 | 22 | 19.0 | 1140 | — | 794 | 801 | 1010 | — |
| 1200 | 1000 | 22 | 20.0 | 1160 | — | 851 | 862 | 1100 | — |
| 1200 | 1100 | 22 | 21.0 | 1170 | — | 916 | 931 | 1180 | — |
| 1350 | 900 | 24 | 19.0 | 1160 | — | 946 | 954 | 1200 | — |
| 1350 | 1000 | 24 | 20.0 | 1180 | — | 997 | 1010 | 1290 | — |
| 1350 | 1100 | 24 | 21.0 | 1190 | — | 1050 | 1070 | 1360 | — |
| 1350 | 1200 | 24 | 22.0 | 1200 | — | 1120 | 1150 | 1460 | — |
| 1500 | 1000 | 26 | 21.0 | 1200 | — | 1180 | 1200 | 1520 | — |
| 1500 | 1100 | 26 | 21.0 | 1210 | — | 1220 | 1240 | 1570 | — |
| 1500 | 1200 | 26 | 22.0 | 1220 | — | 1280 | 1310 | 1660 | — |
| 1500 | 1350 | 26 | 24.0 | 1240 | — | 1400 | 1440 | 1830 | — |



## 8.7　水撃作用の軽減方法

長い送水管を有する主ポンプ送水系において、主ポンプの始動、停止及び弁の開閉を行うと、水の運動量が短時間に変化し、送水管路内に異常に大きな圧力波が発生する。これを水撃圧といい、この瞬間的な圧力波が発生する作用を水撃作用という。

### 8.7.1　水撃作用による被害

⑴　管内圧力の上昇及び降下による管体、弁、主ポンプ等の機器の破損。

⑵　水面変動による分水工や吐出し水槽からのオーバーフロー。

⑶　主ポンプ及び主原動機等の逆転過速による機器の破損。

### 8.7.2　水撃作用の軽減方法

⑴　負圧（水柱分離）発生の防止法

①　フライホイール

主ポンプにフライホイールを取付け、主ポンプ回転部のはずみ車効果を大きくし主ポンプ揚水量の急激な低下を防止する。ただし、設備的には比較的簡単で効果も大きいが、送水管路が長い場合や送水管路の凹凸が大きい場合は、主ポンプの大きさに比べて大きなフライホイールを必要とし、取付け不可能な場合がある。

②　サージタンク（コンベンショナルサージタンク）

**図-8.9** に示すように、送水管路の途中に十分に大きなサージタンクを設置して負圧を防止するとともに圧力上昇も吸収することができる。この場合には、サージタンク以降には水撃作用は発生せず、主ポンプとサージタンクの間だけを考えればよい。

ただし、送水管路の内圧が高い場合、サージタンクの背丈が高くなり建設費が高くなるほか、設置場所の条件によって制限される場合がある。

③　ワンウェイサージタンク

**図-8.10** に示すように、負圧発生個所に設置し、接続部の送水管路内の圧力がタンク内部の圧力より低くなると 逆止め弁が開き、送水管路に水を補給し、さらに 圧力降下の起こるのを防ぐ作用をする。サージタンクに比べて背丈を低くすることができる利点がある。

ただし、ワンウェイサージタンクの作用が有効な送水管路長さは短く、送水管路が長い場合又は送水管路の状態によっては数個のタンクを設置しなければならないので、②のサージタンクを使用した場合との経済性並びに保守管理の程度を比較検討して、採否を決定する必要がある。

なお、ワンウェイサージタンクには、次の附帯設備を必要とする。

逆止め弁、仕切弁、連絡管、給水装置（給水管、フロート弁等）、オーバーフロー管等。

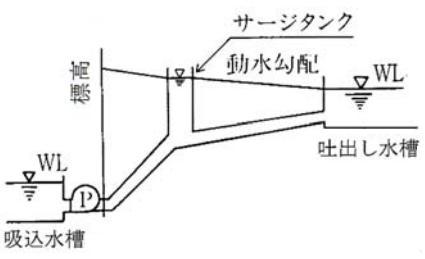



**図-8.9**　サージタンク

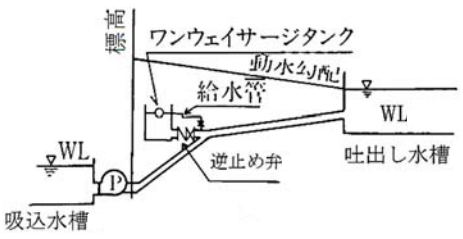



**図-8.10**　ワンウェイサージタンク

④ 圧力水槽（エアチャンバ）

主ポンプが急停止した後に発生する圧力降下時に、圧力水槽内の水を内部の空気圧力により送水管路へ給水する（**図-8.11**）。

一般に圧力水槽は、比較的流量が少ない設備の場合、揚程が高い場合、圧力変化を抑制する範囲が広い場合等に利用される。

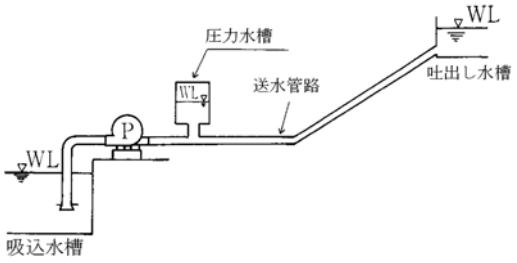



**図-8.11** 圧力水槽（エアチャンバ）

⑤ 空気弁又は空気管

圧力降下時に水を補給することが不可能な場合、又は送水管路が水平配管か、負圧発生点より下流側が自然流下するような場合で補給水量が非常に多くなるか無限大になるような場合に採用される。

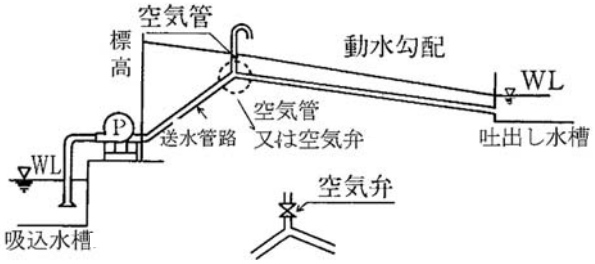



**図-8.12** 空気弁又は空気管

たとえば、負圧発生個所が吐出し水位よりも高いような場合は、水をいくら補給しても全部吐出し水槽へ流れてしまうので空気弁又は空気管を利用して空気を入れる。

なお、送水管路に空気を入れると再始動に長い時間を要するので、留意して設計を行う必要がある。

⑥ その他

(i) 管内流速を小さくする。

(ii) 送水管路のルートを変更する。

一般にポンプ場近くで立上がって水平になるような配管は立上り部で負圧（水柱分離）を起こしやすいので、このような配管はできるだけ避ける。

⑵ 圧力上昇軽減方法

① 急閉式逆止め弁

逆流が大きくなって急閉すると高い圧力上昇が生ずるので、逆流が起こる直前の流速が遅いときに急閉する方法である。これは、弁体の閉鎖遅れによる圧力上昇を防止するだけで、送水管路に生ずる本来の水撃作用を防止することはできない。しかし、逆止め弁の閉じ遅れだけが問題になり、送水管路が短くて、実揚程が高い場合には有効である。したがって、まず、急閉式逆止め

弁で検討を行い、送水管路に生ずる最高圧力が許容圧力を超える場合には、緩閉式逆止め弁などの採用により、最高圧力が許容圧力以下となるように対策する。

②　緩閉式逆止め弁

弁軸又はバイパス弁に油圧装置（ダッシュポット）を装備し、逆流開始後の逆流に抗して弁体又はバイパス弁を自動緩閉する方法である。

③　油圧式コーン弁、又は油圧式ニードル弁

停電と同時に油圧機構により弁開度を制御し、流速の変化を小さくすることができるので、圧力上昇を小さくすることができる。また、直流電源による電動式コーン弁も同様の効果を得ることができる。これらの弁は、高揚程、大容量の場合に多く採用される。

④　バイパス装置

増圧中継ポンプ場の始動、停止時の水撃作用軽減に効果がある（**図-8.13**）。

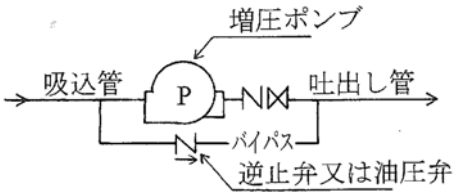



**図-8.13**　バイパス装置

⑤　吐出し電動弁の２スピード方式

送水管路が長い場合、主ポンプを始動又は停止する際に通常の弁開閉時間でも、圧力波の往復時間が長いので、異常な圧力上昇を生じる場合がある。このような場合には、吐出し弁を全開近傍では普通スピードで開閉動作し、全閉近傍では緩やかな開閉動作とする方式を採用する。

なお、②及び③項は、いずれも逆流する場合があり、吸込水槽の越流について配慮すると共に、更に逆転する場合には、主ポンプ及び主電動機は逆転に耐えるよう構造的に配慮し、内燃機関を採用した場合にも、逆転防止装置などを考慮する。

### 8.7.3 水撃作用の計算

水撃作用の解析は水撃現象の基礎式に回転部分の運動方程式、主ポンプの特性及び主ポンプの揚程と送水管路末端の圧力との関係式、その他分岐点や合流点等の境界条件を加えて行われる。

解析方法は、逐次計算法、図式解法、特性曲線法等がある。複雑な配管系や、弁制御等を含む水撃作用の計算はコンピュータを用いて行われるが、単純管路系における最低圧力値、水柱分離の有無、水槽水面の変動量を検討するには、簡易計算式や図表を利用して行うことができる。

⑴ 単純管路系の簡易計算

① 基本データ

水撃現象の計算には、次のようなデータが必要である。

(i) 主ポンプ仕様　形式、吐出し量、全揚程、回転速度、主ポンプ効率、主ポンプ性能曲線

(ii) 台数と運転状態　直列又は最大並列台数、最大吐出し量（最大管路流量）

(iii) 実揚程及び末端残存圧力

(iv) 主原動機の形式等　かご形・巻線形、出力、回転速度、周波数、電圧

(v) 主ポンプ及び主原動機の回転体のはずみ車効果（$GD^2$ 値）

(vi) 送水管路の縦断図（管路プロフィル）、管種、管径、管厚、管路長

(vii) 分岐・合流の有無、有る場合は分岐・合流点の揚程（圧力）、流量及び分岐・合流の送水管路縦断図、管種、管径、管厚

(viii) 吐出し弁、逆止め弁の形式及び弁制御方式

② 簡易計算図表の利用

簡易計算図表（**図-8.14(a)～図-8.18(d)**）は、コンピュータにより多数の数値解析を行い、主ポンプ急停止時の送水管路内の圧力変動を、①ポンプ直後における圧力低下、②送水管路中間点（$1/2L$）における圧力低下、③送水管路 $3/4L$ 地点における圧力低下、の 3 カ所について示し、送水管路損失を 0、20、40、60、80％の 5 種類について示すとともに、送水管路内の流速が逆流を開始するまでの逆流開始時間（$T$）を示している。

(a)～(c)図の最低圧力 $H$％は、圧力変動後の送水管路内の圧力（無次元）を示しており、送水管路内の実際の圧力は、$H\％ \times H_n$（全揚程）となり、最低吸水位からの揚程が求められる。

また、(d)図において、$K \cdot \mu$ 値と $2\rho$ 値より（$\mu$の倍率）が求められる。ゆえに、逆流開始時間は $T = \mu \cdot$（$\mu$の倍率）から求めることができる。この時間は、弁の開閉時間を決定する場合等の基礎になる。

注） 図の記号は、$K$；ポンプの慣性係数　**式（8.12）**、$\mu$；圧力波の所用往復時間　**式（8.20）**、$2\rho$；管路定数　**式（8.19）**を参照のこと。

(i)　送水管路損失 0%の場合の簡易計算図表

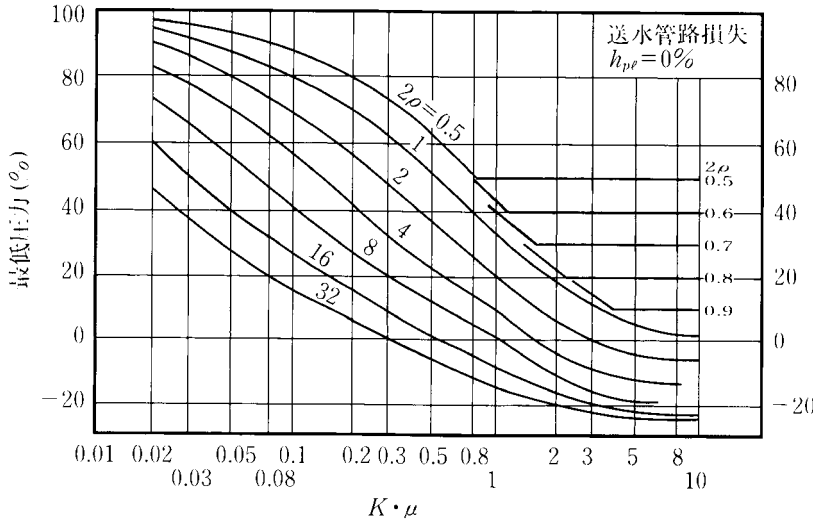



**図-8.14(a)**　ポンプ直後の最低圧力（送水管路損失 0%の場合）

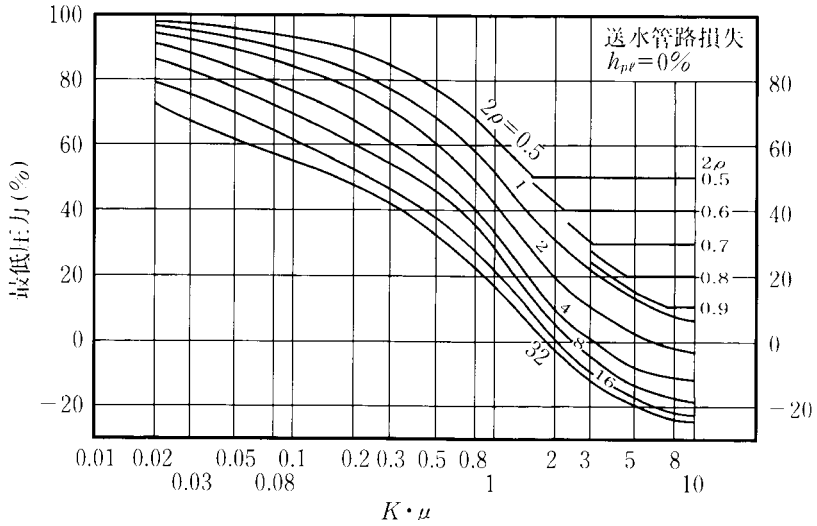



**図-8.14(b)**　1/2$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 0%の場合）

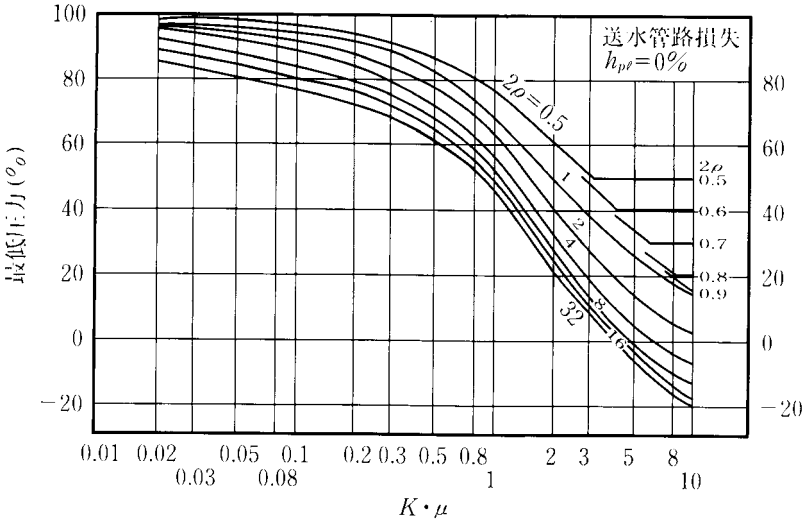



**図-8.14(c)** 3/4L 地点の最低圧力（送水管路損失 0%の場合）

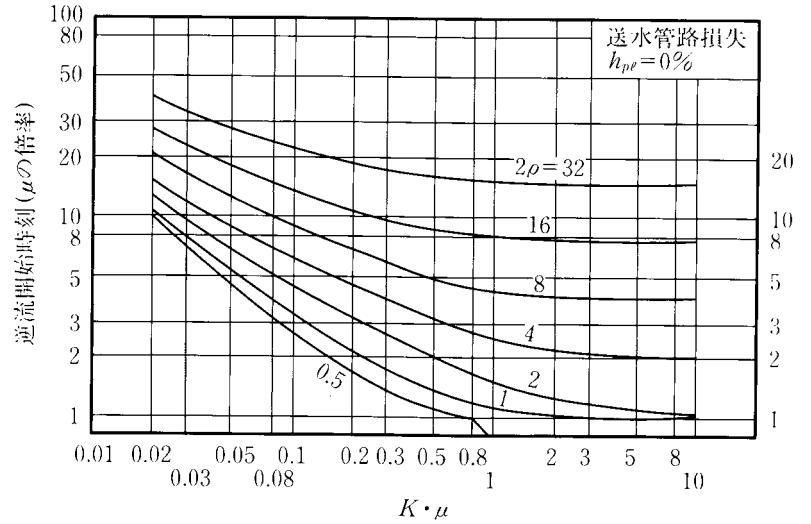



**図-8.14(d)** 逆流開始時間（送水管路損失 0%の場合）

(ii)　送水管路損失 20%の場合の簡易計算図表

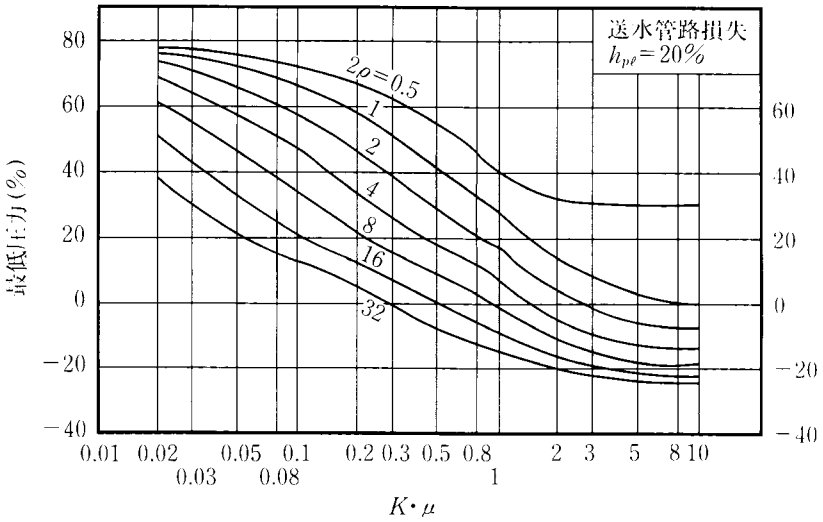



**図-8.15(a)**　ポンプ直後の最低圧力（送水管路損失 20%の場合）

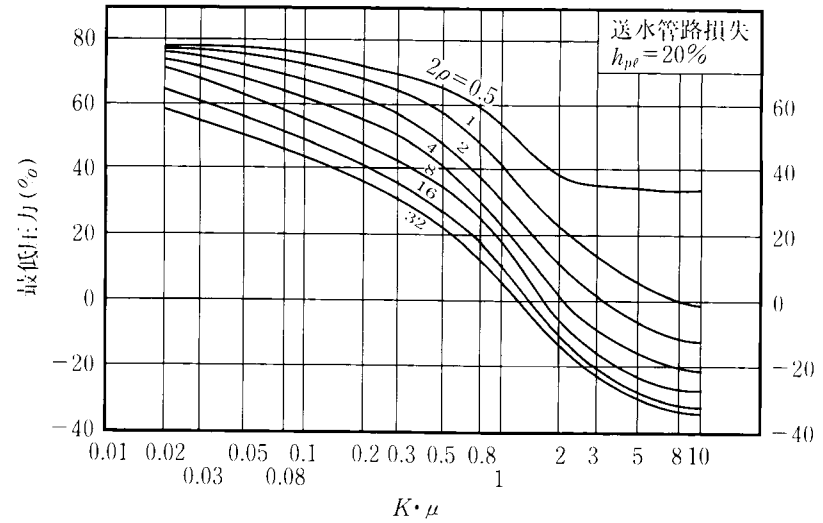



**図-8.15(b)**　1/2$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 20%の場合）

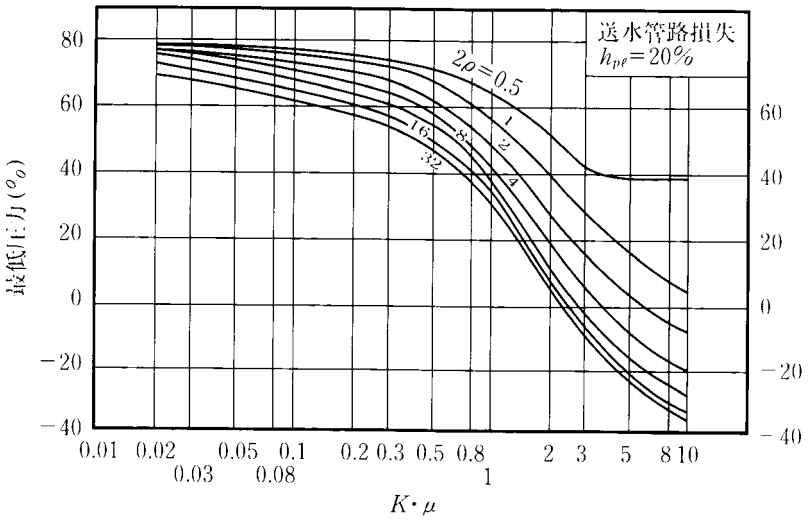



**図-8.15(c)** 3/4$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 20%の場合）

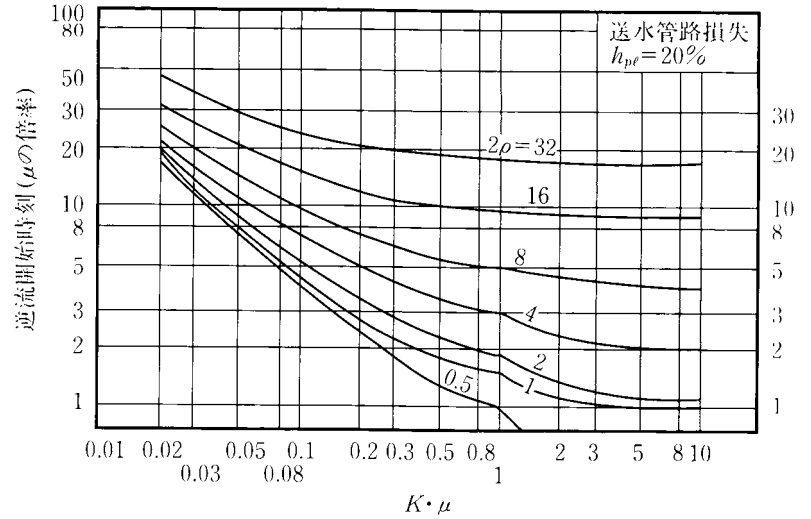



**図-8.15(d)** 逆流開始時間（送水管路損失 20%の場合）

(iii)　送水管路損失 40%の場合の簡易計算図表

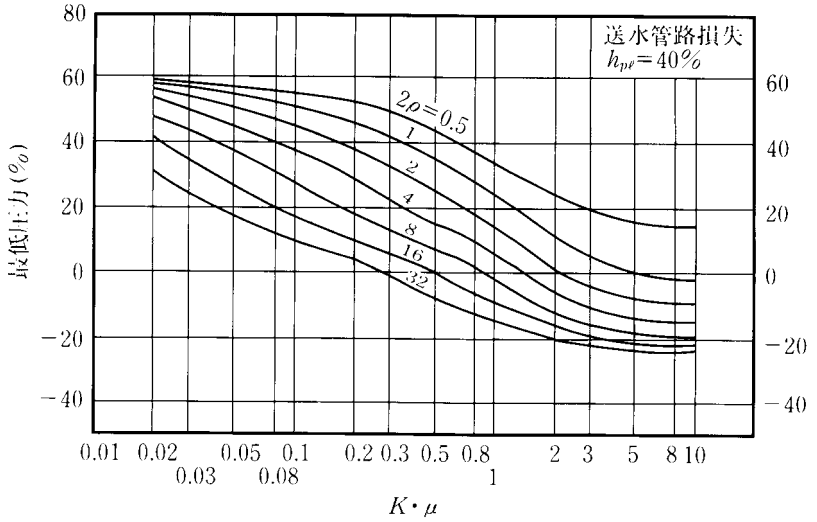



**図-8.16(a)**　ポンプ直後の最低圧力（送水管路損失 40%の場合）

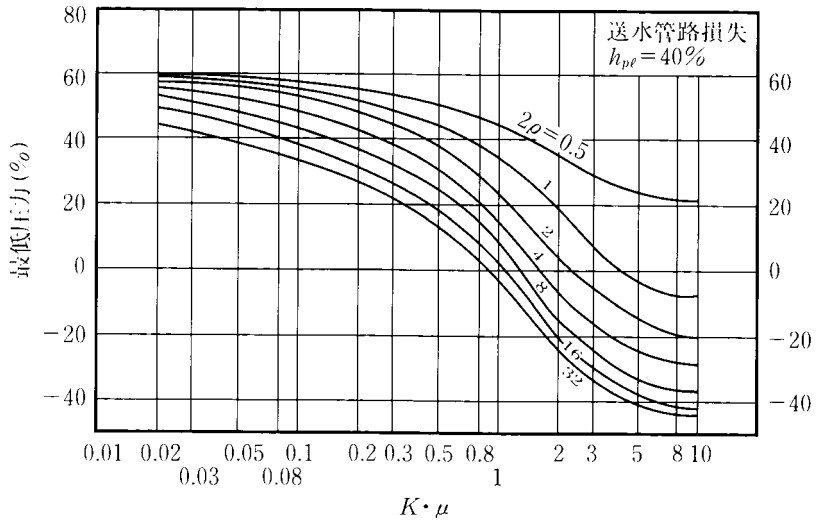



**図-8.16(b)**　1/2$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 40%の場合）

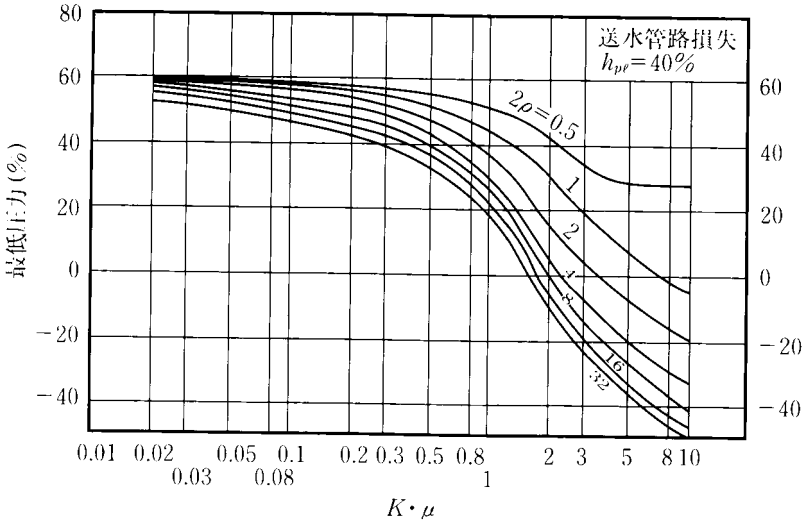



**図-8.16(c)** 3/4$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 40%の場合）

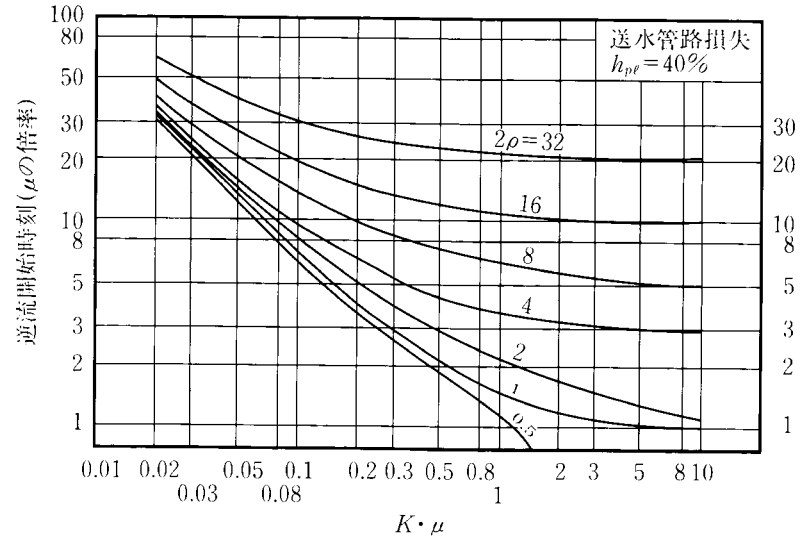



**図-8.16(d)** 逆流開始時間（送水管路損失 40%の場合）

(iv)　送水管路損失60% の場合の簡易計算図表

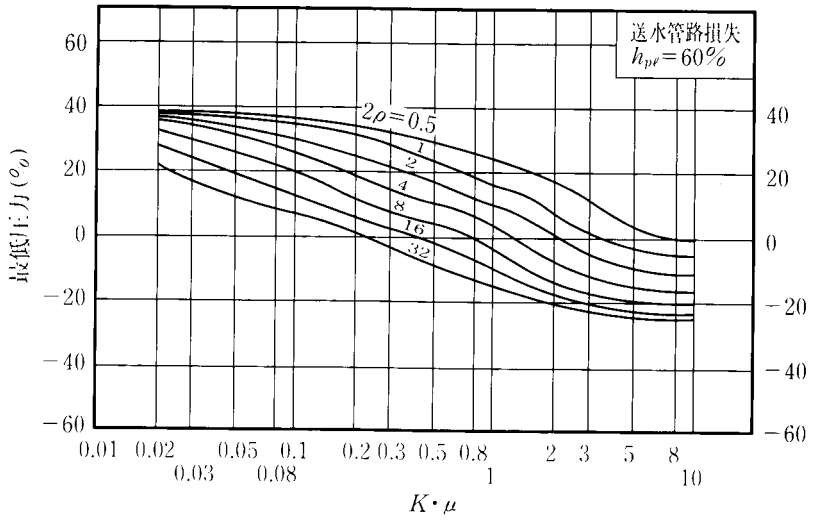



**図-8.17(a)**　ポンプ直後の最低圧力（送水管路損失 60%の場合）

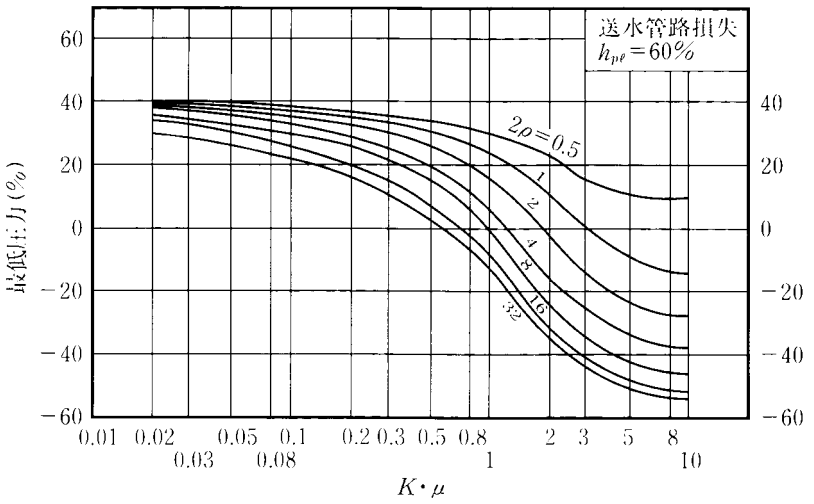



**図-8.17(b)**　1/2$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 60%の場合）

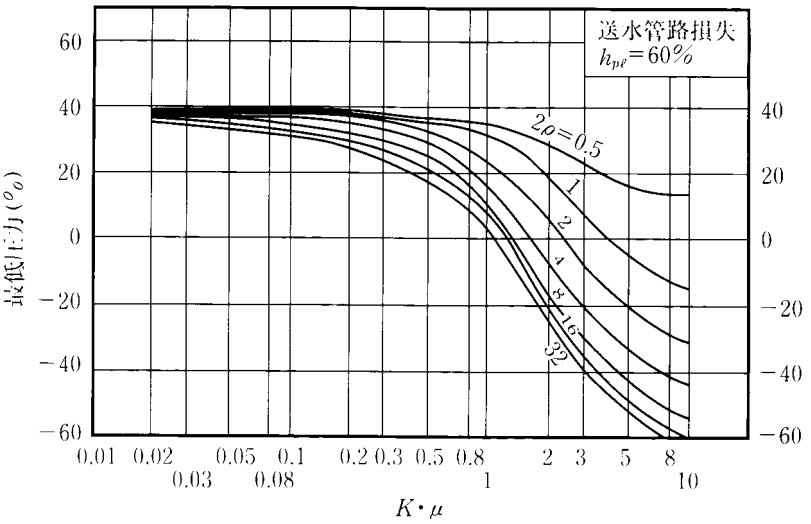



**図-8.17(c)** 3/4*L* 地点の最低圧力（送水管路損失 60%の場合）

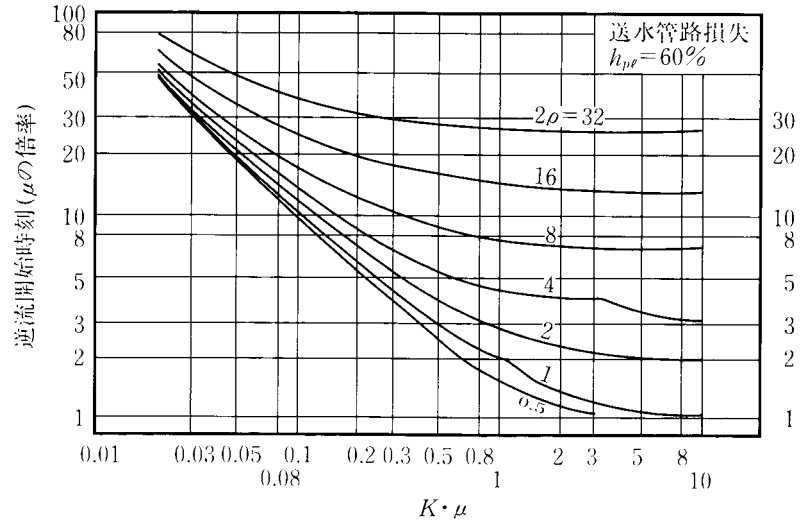



**図-8.17(d)** 逆流開始時間（送水管路損失 60%の場合）

(v)　送水管路損失80%の場合の簡易計算図表

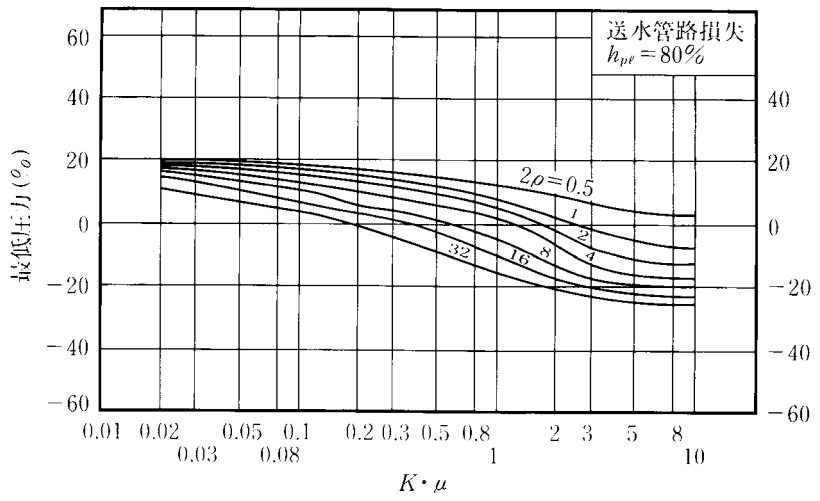



**図-8.18(a)**　ポンプ直後の最低圧力（送水管路損失 80%の場合）

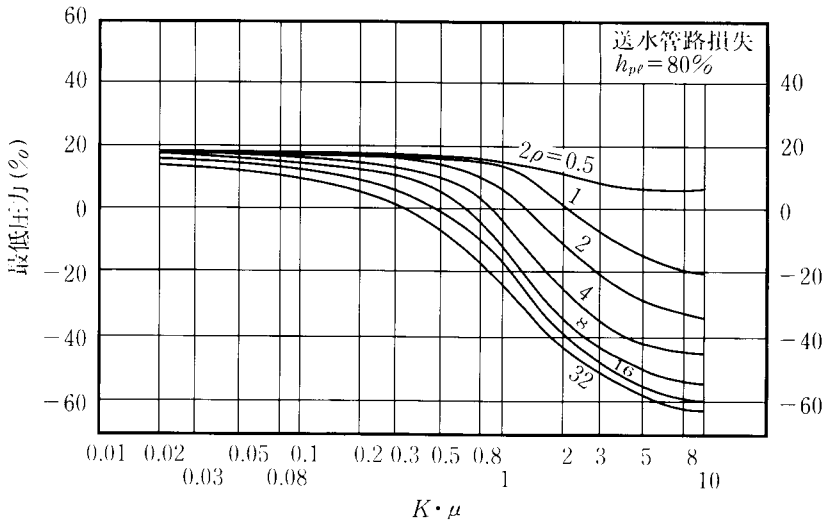



**図-8.18(b)**　1/2$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 80%の場合）

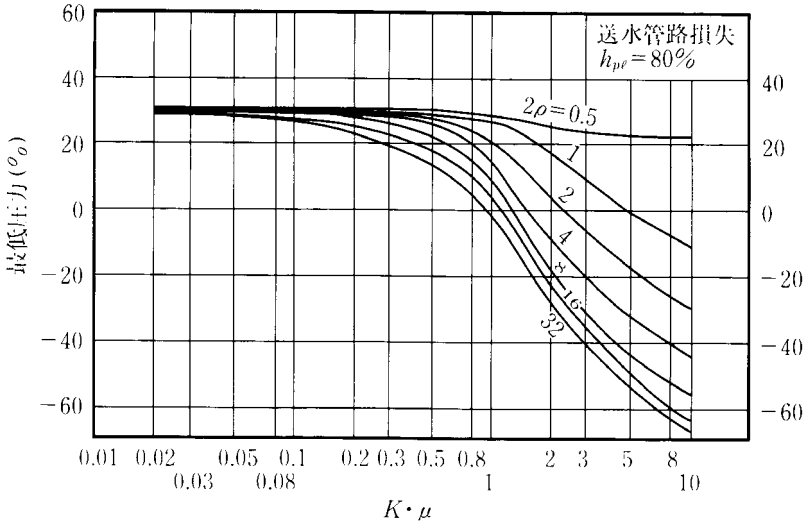



**図-8.18(c)** 3/4$L$ 地点の最低圧力（送水管路損失 80%の場合）

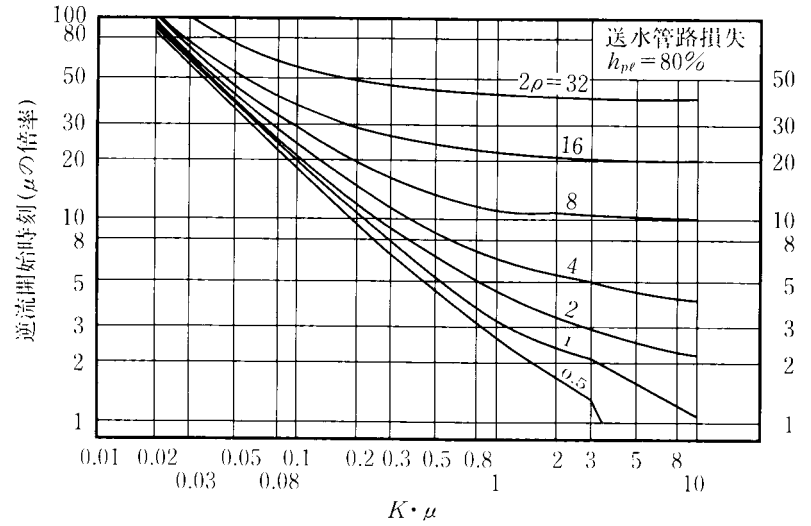



**図-8.18(d)** 逆流開始時間（送水管路損失 80%の場合）

③　計算手順

以下に、簡易計算図表を用いた計算の手順を示す（フライホイール対策の計算も本手順で行う）。

(i)　ポンプ諸数値

使　　用　　台　　数：$n$ 台（並列運転台数）

主ポンプ吐出し量（ 1台当たり）：$Q_n$（$m^3/min$）

主　ポ　ン　プ　全　揚　程：$H_n$（m）

主　ポ　ン　プ　回　転　速　度：$N_n$（$min^{-1}$）

主　ポ　ン　プ　効　率：$\eta_n$（小数点表示）

主　ポ　ン　プ　軸　動　力：$P_n = 0.163 \cdot Q_n \cdot H_n / \eta_n$（kW）　……　(8.6)

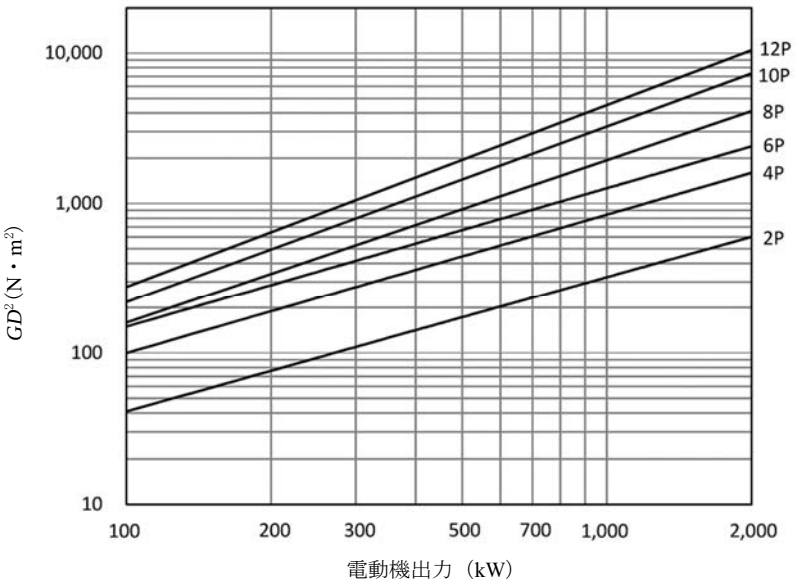
主　ポ　ン　プ　ト　ル　ク：$M_n = 9,550 \cdot P_n / N_n$（N･m）　……　(8.7)

主原動機出力（主電動機）：$P$（kW）

主ポンプ回転体のはずみ車効果：$(GD^2)_1 \fallingdotseq (GD^2)_2 \times 0.1$（N･$m^2$）　……　(8.8)

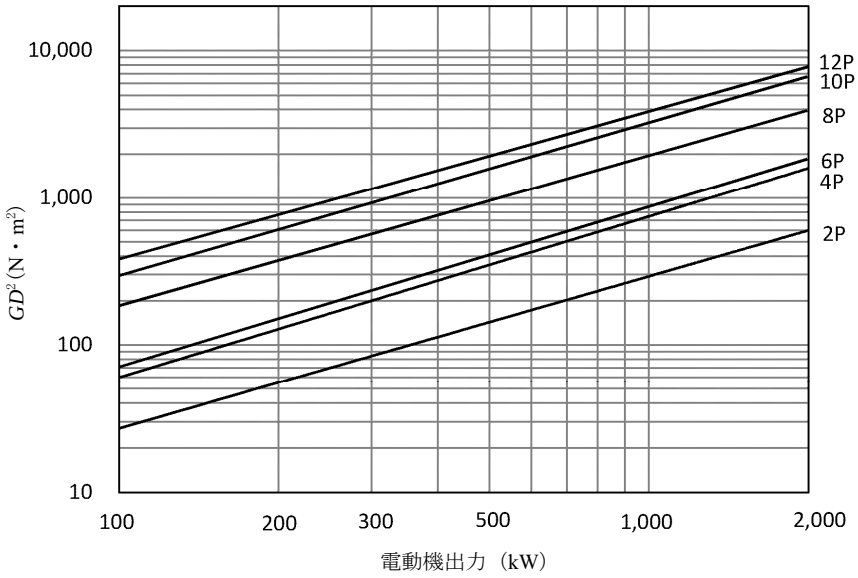
主原動機回転体のはずみ車効果：$(GD^2)_2$（N･$m^2$）（**図-8.19-参～図-8.23-参**　参照）

**〔参　考〕**電動機回転体のはずみ車効果



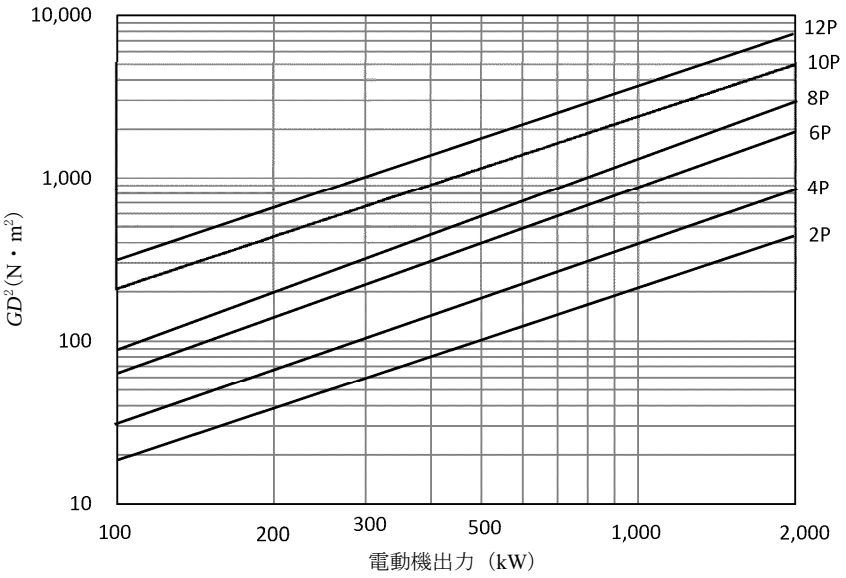

注 1）水撃作用検討の結果、対策の要否が微妙な場合には、使用する電動機の $GD^2$ を入手し検討する必要がある。
2）2P～12P は電動機極数を示す。

**図-8.19-参**　巻線形電動機 $GD^2$ 線図（6kV 級）



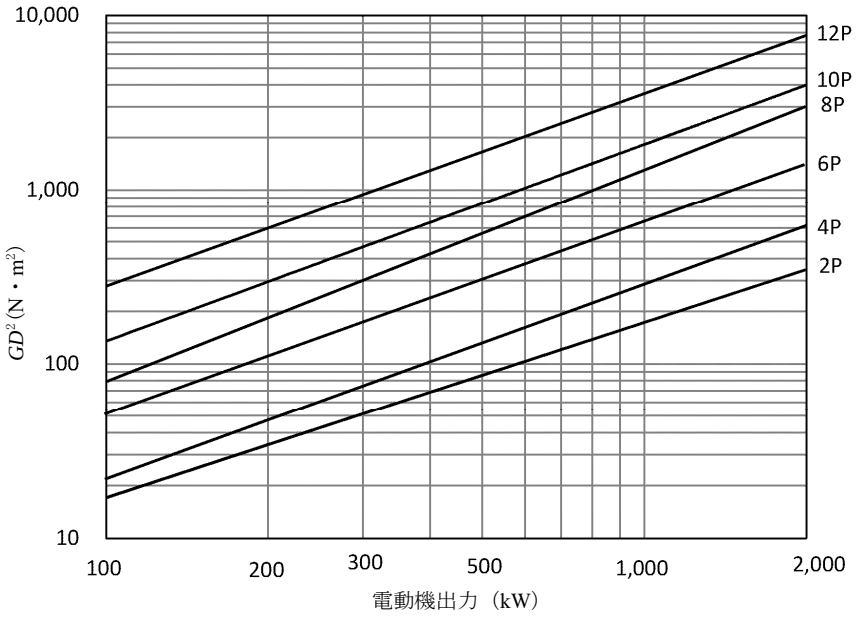

注 1）水撃作用検討の結果、対策の要否が微妙な場合には、使用する電動機の $GD^2$ を入手し検討する必要がある。
2）2P～12P は電動機極数を示す。

**図-8.20-参**　巻線形電動機 $GD^2$ 線図（3kV 級）



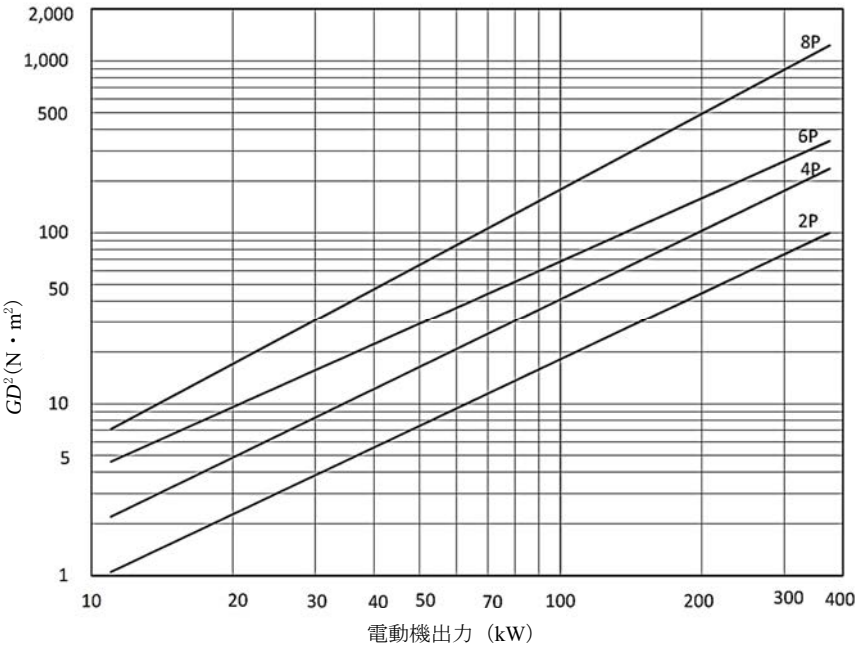

注 1）水撃作用検討の結果、対策の要否が微妙な場合には、使用する電動機の $GD^2$ を入手し検討する必要がある。
2）2P～12P は電動機極数を示す。

**図-8.21-参**　かご形電動機 $GD^2$ 線図（6kV 級）




注 1）水撃作用検討の結果、対策の要否が微妙な場合には、使用する電動機の $GD^2$ を入手し検討する必要がある。
2）2P～12P は電動機極数を示す。

**図-8.22-参**　かご形電動機 $GD^2$ 線図（3kV 級）

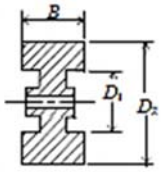



注 1）水撃作用検討の結果、対策の要否が微妙な場合には、使用する電動機の $GD^2$ を入手し検討する必要がある。
2）2P～8P は電動機極数を示す。

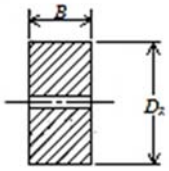
**図-8.23-参**　かご形電動機 $GD^2$ 線図（200、400V 級）

フライホイールのはずみ車効果：$(GD^2)_3 = G \cdot g \dfrac{D_1^{\,2} + D_2^{\,2}}{2}$ ····· (8.9)
（付属する場合のみ）

$G$：フライホイールの質量（kg）



フライホイール断面形状 A



フライホイール断面形状 B

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - D_1^2) \cdot B \cdot \rho_m \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.10)$$

$D_1$ ： フライホイールの内径（m）
フライホイール断面形状 $B$ は、$D_1 = 0$ とする

$D_2$ ： フライホイールの外径（m）
$D_2$ は、許容周速 $Ua$ を超えないように決定する。

周速 $U = \dfrac{\pi D_2 N_n}{60} \leqq Ua$

材質：SC…$Ua$＝65m/s　SF…$Ua$＝80m/s

$B$ ： フライホイールの幅（m）

$\rho_m$ ： 単位質量＝7,800 kg/m$^3$（材質：SC 又はSF相当）

$g$ ： 重力の加速度（9.8m/s$^2$）

回転部分の全はずみ車効果 $GD^2 = (GD^2)_1 + (GD^2)_2 + (GD^2)_3$ ····· (8.11)

(ii) 主ポンプの慣性係数（$K$）

$$K = \frac{375 \cdot M_n}{GD^2 \cdot N_n} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.12)$$

注） 主ポンプの慣性係数は、従来図式解法の便宜上、$K$ 値の係数を 187.5 とし、上記値の 1/2 の値として扱っている文献があるので注意のこと。

(iii) 管路内流速（$V_n$）

・送水管路の内径、管厚及び管種が一様な場合

$$V_n = \frac{Q}{\dfrac{\pi}{4} \cdot D^2} \text{（m/s）} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.13)$$

$Q$：管路流量＝$n \cdot Q_n$（m$^3$/s）
$D$：管路内径（m）

・送水管路の管内径、管厚及び管種が一様でない場合
各々の管路内流速

$$V_i = \frac{Q}{\dfrac{\pi}{4} \cdot D_i^2} \text{（m/s）} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.14)$$

$$V_n = \frac{\Sigma (L_i \cdot V_i)}{\Sigma L_i} \text{（m/s）} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.15)$$

添字の $i$ は管内径、管種が異なるごとに算出する。
$L$：管路の長さ（m）

(iv)　圧力波の伝播速度($a$)

・送水管路の管内径、管厚及び管種が一様な場合

$$a=\frac{1,425}{\left(1+\frac{k}{E}\cdot\frac{D}{t}\right)^{1/2}}\ (\mathrm{m/s}) \quad \cdots\cdots (8.16)$$

$k$　：水の体積弾性係数　　$k=2.03\times10^{9}\ (\mathrm{N/m^2})$

$E$　：管材料の縦弾性係数　$(\mathrm{N/m^2})$

| | |
|---|---|
| 鋼管 | $E=2.06\times10^{11}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| ダクタイル鋳鉄管 | $E=1.57\times10^{11}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| 鋳鉄管 | $E=1.08\times10^{11}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| PC 管 | $E=3.92\times10^{10}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| ヒューム管 | $E=1.96\times10^{10}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| 硬質塩化ビニル管 | $E=0.29\times10^{10}\ (\mathrm{N/m^2})$ |
| 強化プラスチック複合管 | $E=1.13\sim2.26\times10^{10}\ (\mathrm{N/m^2})$ |

$D$　：管路内径（m）

$t$　：管材の厚さ（m）

・送水管路の管内径、管厚及び管種が一様でない場合

各々の圧力波の伝播速度

$$a_i=\frac{1,425}{\left(1+\frac{k}{E}\cdot\frac{D_i}{t_i}\right)^{1/2}}\ (\mathrm{m/s}) \quad \cdots\cdots (8.17)$$

$$a=\frac{L_i}{\Sigma\left(\frac{L_i}{a_i}\right)}\ (\mathrm{m/s}) \quad \cdots\cdots (8.18)$$

(v)　管路定数（$2\rho$)

$$2\rho=\frac{a\cdot V_n}{g\cdot H_n} \quad \cdots\cdots (8.19)$$

$g$：重力の加速度＝$(9.8\mathrm{m/s^2})$

(vi)　圧力波の所要往復時間（$\mu$)

$$\mu=\frac{2\cdot L}{a}\ (\mathrm{s}) \quad \cdots\cdots (8.20)$$

(vii)　$K\cdot\mu$の値

$$K\cdot\mu \quad \cdots\cdots (8.21)$$

④　最低圧力勾配線図の作成

(i)　送水管路縦断図を作成する。

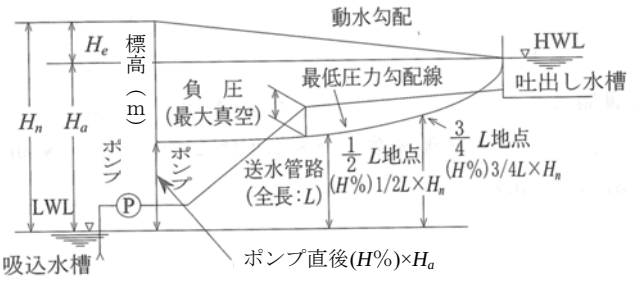
(ii)　送水管路損失を、**式（8.22）**から計算し、前記②項簡易計算図表のうち、送水管路損失の近い図表を選ぶ。ただし、送水管路損失が二つの計算図表の中間に相当する場合は、前後の計算図表から数値を読取って補間法により求めるが、送水管路損失の大きい方の計算図表を

適用とすると、施設等に対し安全側の数値となる。

$$送水管路損失＝\frac{H_\ell(送水管路損失水頭)}{H_n(全揚程)}\cdot 100\ (\%)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\quad (8.22)$$

(iii) 前項で求めたポンプ直後における圧力低下と送水管路途中地点の圧力低下の値を、最低吸込水位を基準に送水管路縦断図に記入する。

(iv) 最低圧力の値と最高吐出し水位の間をスムーズな曲線で結ぶと、送水管路の最低圧力勾配線図を作成することができる。




注 1) この負圧が大気圧（約10m）になると水柱分離が発生する。よって、管路全般にわたって正圧が望ましい。
2) 負圧を許容する場合、その許容値はおおむね下記のとおりとなるよう対策を講じる。
送水管路中心高において　$\phi$500mm 以下　：−7m
$\phi$1,000mm 未満　：−6m
$\phi$1,000mm 以上　：−5m

**図-8.24** 最低圧力勾配線図

⑤ 概略最高圧力勾配線図の作成

最高圧力勾配線図は、最低圧力勾配線図を最高吐出し水位を中心に対称の位置に描く。

すなわち、最高吐出し水位からみた最低圧力の値（たとえば、$-H_0$、$-H_{1/2L}$、$-H_{3/4L}$）を最高吐出し水位を基準にプラス側に加算（たとえば、$+H_0$、$+H_{1/2L}$、$+H_{3/4L}$）して、各圧力点を求めて曲線で結ぶと、最高圧力勾配線を作成することができる。

上記までの最低及び最高圧力勾配線は送水管路内圧力の概略値を求める方法を示したもので、送水管路の詳細設計を行う場合には、実際の主ポンプ特性、弁特性、さらには正確に送水管路の境界条件等を入れてコンピュータ等を利用して正確に圧力変動を求めることが望ましい。

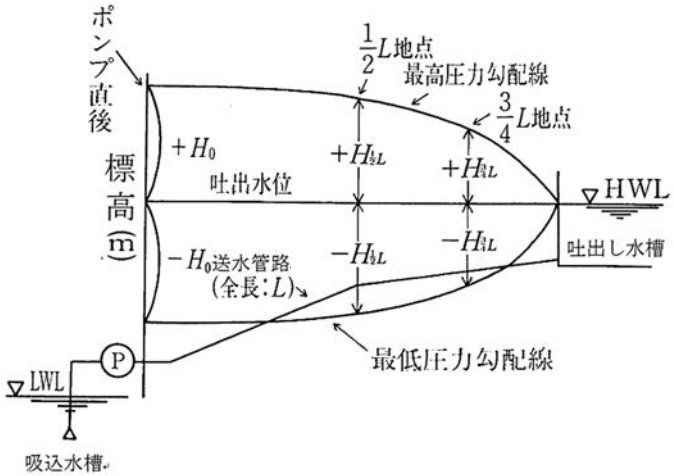



**図-8.25** 概略最高圧力勾配線図

⑵　定常流での弁閉鎖時に生ずる圧力上昇

①　弁の急閉鎖（$T<2L/a$）による圧力上昇

管内の流れが定常である管路において、下流側にある弁を$T<2L/a$で、急に閉鎖すると、弁のところに異常な圧力上昇を生ずる。この圧力上昇値は、ジューコフスキー（Joukowsky）の式によって求められる。

$$\Delta H=\frac{a}{g}\cdot V_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.23)$$

ただし、$T<2L/a$

$\Delta H$：最高圧力上昇水頭（m）
$a$　：圧力波の伝播速度（m/s）
$g$　：重力の加速度（9.8 m/s$^2$）
$V_0$　：弁閉鎖前の管内平均流速（m/s）
$T$　：弁閉鎖時間（s）
$L$　：管長（m）

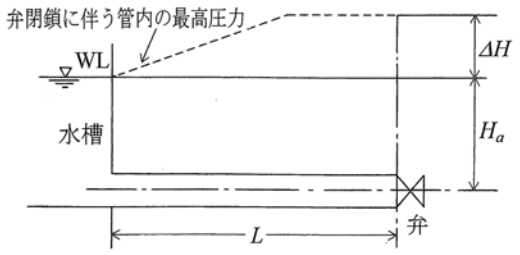



**図-8.26**　弁閉鎖時に生ずる圧力上昇線図

②　弁の緩閉鎖（$T>2L/a$）による圧力上昇

均等に弁を閉じる場合の弁のところでの最大上昇水頭（最高圧力上昇値）は、Ray S. Quick の水撃線図（**図-8.28**）から求めることができる。

すなわち、管路定数

$$\rho=\frac{a\cdot V_0}{2\cdot g\cdot H_a} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.24)$$

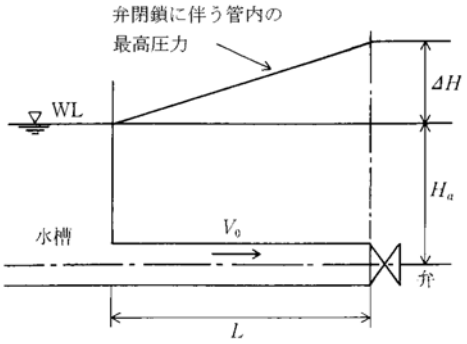
並びに、$\mu=2\cdot L/a$ なる時間間隔で測った弁の閉鎖時間を利用して、時間定数$N$ を求める。

$$N=\frac{T}{\mu}=\frac{T\cdot a}{2\cdot L} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.25)$$

次に、**式（8.25）**と**図-8.28**から $K$の値を読取り、最高圧力上昇水頭を、**式（8.26）**から求める。

$$\Delta H=2\cdot\rho\cdot K\cdot H_a \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.26)$$

$\Delta H$　：最高圧力上昇水頭（m）
$H_a$　：実揚程（実落差）（m）
$H$　：$H_a+\Delta H$、最大水撃圧（m）
$V_0$　：初期管内平均流速（m/s）
$a$　：圧力波の伝播速度（m/s）
$g$　：重力の加速度（9.8 m/s$^2$）
$T$　：弁の閉鎖時間（s）
$L$　：管長（m）
$K$　：水撃圧係数
$N$　：時間定数




注） 弁の開閉中の流速は、弁の特性や管路の摩擦損失のため直線的には変化しないので、注意を要する。

**図-8.27** 弁閉鎖時に生ずる最高圧力線図

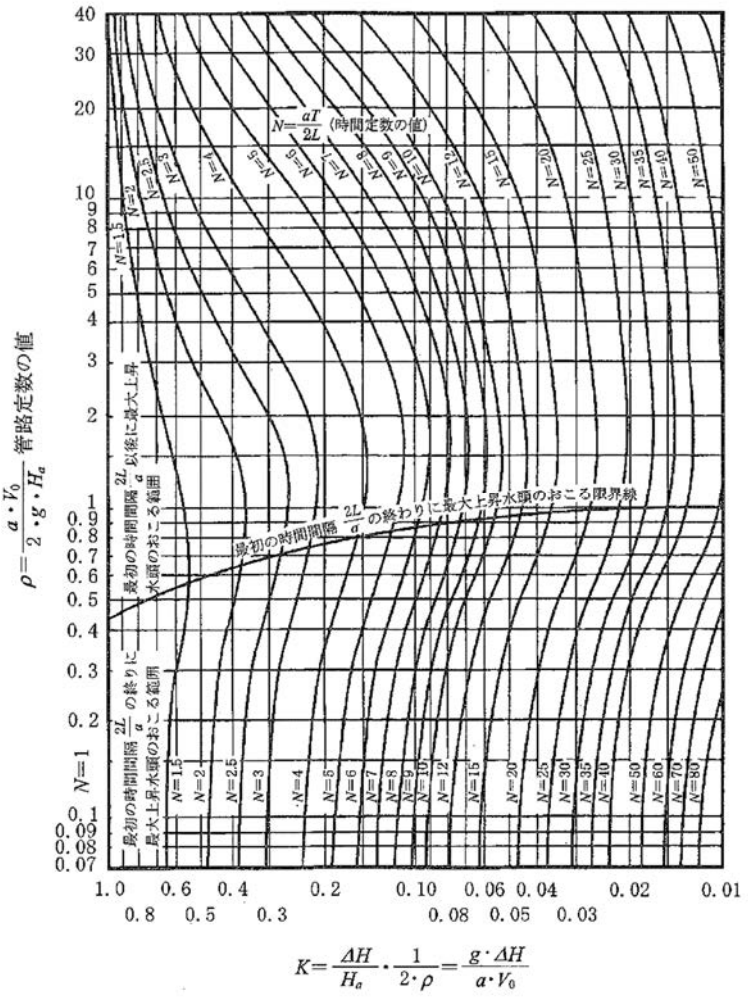



**図-8.28** 均等に弁を操作する場合の Ray S. Quick の水撃線図

⑶　コンベンショナルサージタンクの簡易計算

コンベンショナルサージタンクを採用する場合の基本的な注意事項は、次のとおりである。

①　主ポンプの始動や停止等による管内の流量変動に対して水面変動が大きくならない十分な断面積を有すること。

②　負圧発生防止のためには、負圧発生予想位置近くに設ける。

③　サージタンクは溢流しない十分な高さにするか、越流路を設ける。

④　作動の過程でサージタンクが空になったり、送水管路中に空気が入らない十分な容量とする。

主ポンプ急停止時のダウンサージ（水面降下）量及び主ポンプ急始動時のアップサージ（水面上昇）量はヤコブソン（R. S. Jacobson）の線図（**図-8.31(a)**、**(b)**）によって求められる。

サージタンクの容量は、次により求める。

サージタンクの設置点において最大水面変動（降下）時に送水管路内に空気を吸い込むことのない $S_A$ を与え、**図-8.31(a)** から断面積 $F$（$\mathrm{m}^2$）を求める。

制水口サージタンクは、同図のバランスデザインカーブすなわち最大水位変動 $S_A$ がサージタンクの絞り損失 $H_{f1}$ に等しい曲線から求めれば、必要な経済寸法が得られる。コンベンショナルサージタンクは同図において、$\dfrac{H_{f2}}{H_{f1}}=0$ の曲線から求める。

また、排水ポンプ場における主ポンプ急始動・急停止時の吐出し水槽のサージング検討についても、**図-8.31(a)**、**(b)** を利用して行うことができる。

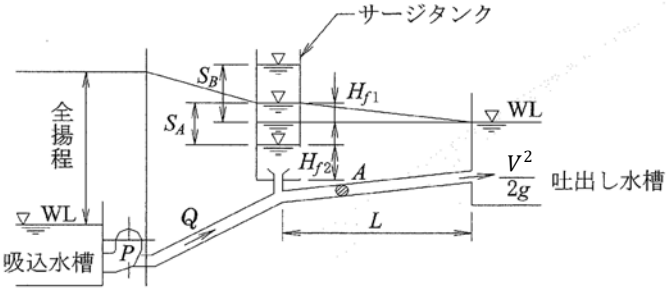



**図-8.29**　コンベンショナルサージタンクを持つ主ポンプ・管路系

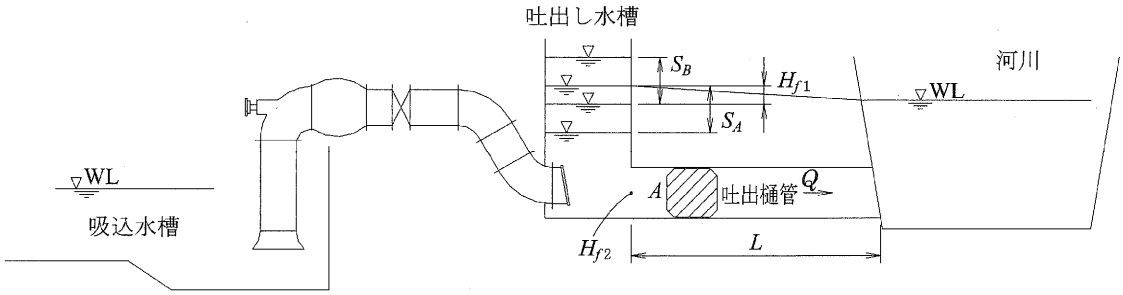



**図-8.30**　排水ポンプ場における主ポンプ・管路系

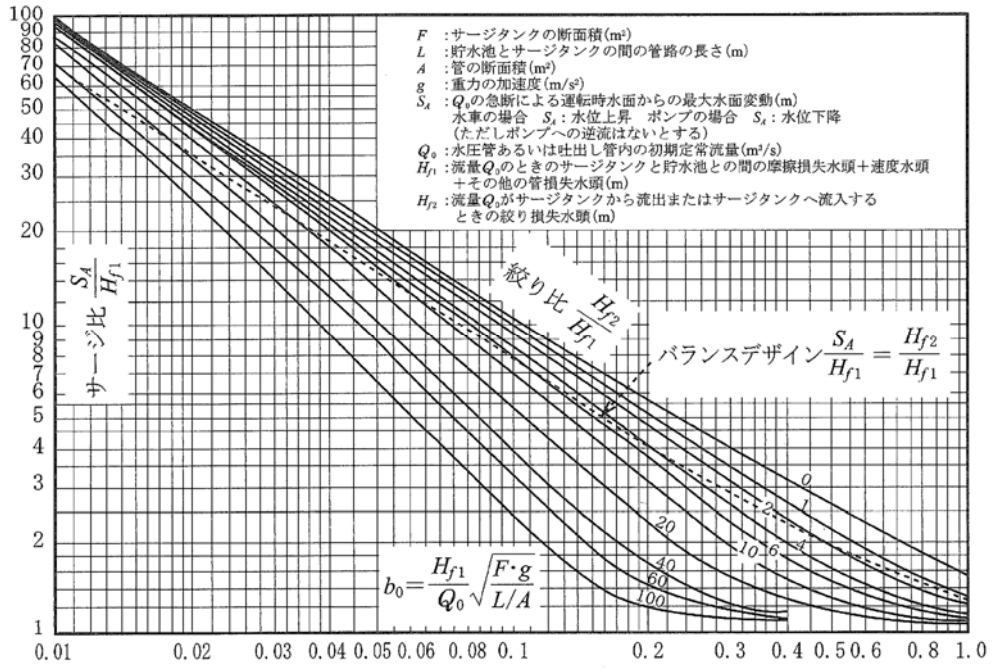



図-8.31(a)　主ポンプ急停止の場合のサージタンク最大水面変動

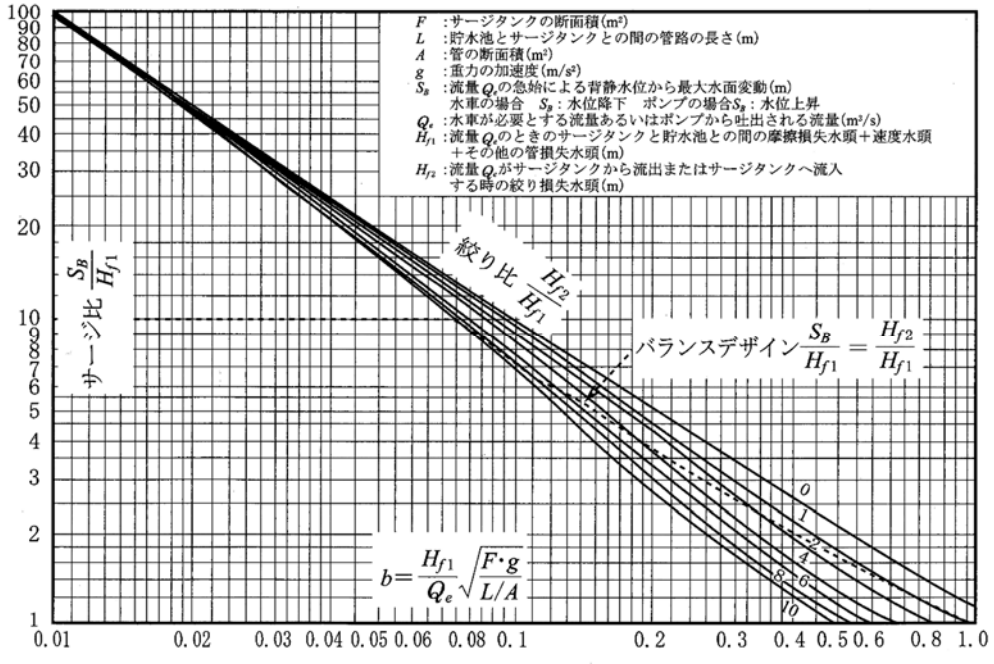



図-8.31(b)　主ポンプ急始動の場合のサージタンク最大水面変動

⑷　ワンウェイサージタンクの簡易計算

ワンウェイサージタンクを採用する場合は、次の事項に注意しなければならない。

①　サージタンクと本管との接続管にある逆止め弁は重要な機器であるので、１個が故障しても安全なように、２個の逆止め弁を並列に設置する。

②　主ポンプの急停止によりサージタンクがいったん働いた後、主ポンプが再始動したとき、次の急停止に備えてサージタンクはなるべく速く満水にしておかなければならない。本管からサージタンクへの補給水管は十分な容量をもたせ、フロート弁は確実に働くものであることが必要である。

ワンウェイサージタンクの概略容量は、**式（8.27）**の剛体理論式で求めるものとする。正確には、コンピュータ等を用いて、弾性理論によって求める必要がある。

$$V_{av}=\frac{Q^2}{2g}\cdot\left(\frac{L_2}{A_2\cdot H_2}-\frac{L_1}{A_1\cdot H_1}\right)\cdot\alpha \quad \cdots\cdots\cdots\

① 簡易計算図表

圧力水槽の容量又は圧力上昇及び圧力降下の防止効果は、エバン・クロフォード（W. E. Evan and C. C. Crawford）による簡易計算図表（**図-8.34(a)**、(b)、(c)、(d)）を用いて計算することができる。

ただし、簡易計算図表は次のような条件で図式解法を行った結果である。

(i) 圧力水槽は主ポンプに近接して設けてある。

(ii) 主ポンプと圧力水槽間にある逆止め弁は主ポンプ急停止後に急閉する。

(iii) 圧力水槽内の圧縮空気の圧力と容量との関係は、$H^* \cdot C^{1.2}=$ 一定とする。

(iv) 圧力水槽の基部にある絞りの損失は、同一流量が流入時と流出時とでは、2.5対1の割合とする。$K \cdot H_0^*$は$Q_0$に対して逆流が絞りを通過するときの損失と管路の摩擦損失との和である。

圧力水槽の大きさとしては、送水管路内が最低圧力になったときにも圧力水槽内の空気が送水管路内に入らないことが必要であるので、圧力水槽の所要最小容積$C'$は、**式（8.28）**によって求める。

$$C'=C_0 \cdot \left(\frac{H_0^*}{H^*_{\min}}\right)^{1/1.2} \fallingdotseq \frac{C_0 \cdot H_0^*}{H^*_{\min}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.28)$$

ここに、 $C'$ ：圧力水槽内全容積（圧縮空気と水）（$m^3$）

$C_0$ ：圧力水槽内における圧縮空気の初期の体積（$m^3$）

圧力水槽の特性（簡易計算図表の横軸座標）$\frac{2 \cdot C_0 \cdot a}{Q_0 \cdot L}$の値より逆算する。

$H_0^*$ ：圧力水槽内の初期絶対圧力水頭（m）

（$X$点の管内圧力水頭＝$H_n \pm H_{s1}$）＋10.33

（$H_{s1}$は押込みの場合＋、吸上げの場合－）

$H^*_{\min}$ ：主ポンプ直後に生ずる最低圧力水頭（m）

：$H_0^*$－（主ポンプ直後の最大降下水頭＝$-\Delta H_{X\max}$）

$H_f$ ：送水管路損失（m）

$a$ ：圧力波の伝播速度 （m/s）

$Q_0$ ：送水管路の初期流量 （$m^3$/s）

$L$ ：送水管路長さ （m）

$2\rho^*$ ：管路定数 $=\frac{a \cdot V_0}{g \cdot H_0^*}$

$V_0$ ：送水管路内における初期流速 （m/s）

$g$ ：重力の加速度 （9.8m/$s^2$）

$K$ ：流量$Q_0$が圧力水槽に流入する場合の全損失が$K \cdot H_0^*$で表されるような損失係数

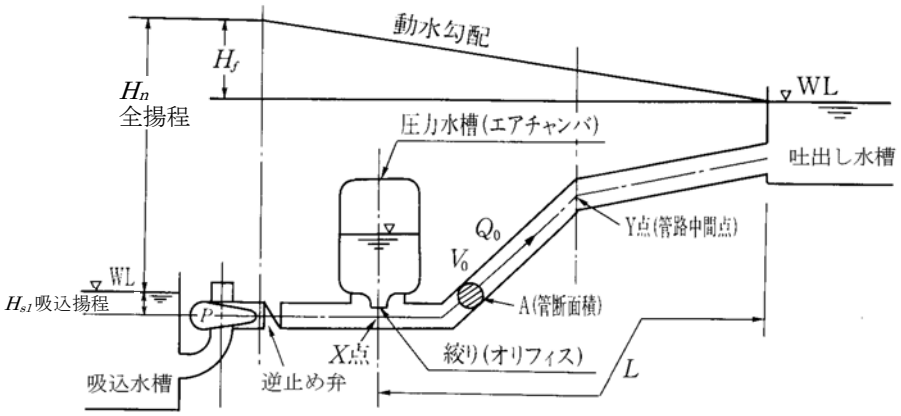



**図-8.33**　圧力水槽を持つ主ポンプ・管路系

②　圧力水槽の容量計算手順

(i)　主ポンプ直後（$X$ 点）における最高上昇圧力水頭＋$\Delta H_{X\max}=\alpha\cdot H_0^*$、送水管路中間点（$Y$ 点）における最大降下圧力水頭－$\Delta H_{Y\max}=-\beta\cdot H_0^*$ の $\alpha$、$\beta$（いずれも小数点）を設定する。

すなわち、$\Delta H_{X\max}$、$\Delta H_{Y\max}$ がおのおの$\alpha\cdot H_0^*$、$\beta\cdot H_0^*$ 以内となるような圧力水槽の全容積 $C'$を決定することである。

(ii)　簡易計算図表（**図-8.34(a)**、(b)、(c)、(d)）より上記①の条件を満足する $K$ と$\alpha'\leqq\alpha$、$\beta'\leqq\beta$となるように$\alpha'$を決定し、$\dfrac{2\cdot C_0\cdot a}{Q_0\cdot L}$、$\alpha''$、$\beta'$、$\beta''$を読取り、主ポンプ直後（$X$ 点）の上昇圧力水頭＋$\Delta H_{X\max}=+\alpha'\cdot H_0^*$、降下圧力水頭－$\Delta H_{X\max}=-\beta'\cdot H_0^*$ 及び送水管路中間点（$Y$ 点）の上昇圧力水頭＋$\Delta H_{Y\max}=+\alpha''\cdot H_0^*$、降下圧力水頭－$\Delta H_{Y\max}=-\beta''\cdot H_0^*$を計算する。

(iii)　$\dfrac{2\cdot C_0\cdot a}{Q_0\cdot L}=m$ から $C_0=\dfrac{m\cdot Q_0\cdot L}{2\cdot a}$ にて$C_0$を計算する。

(iv)　圧力水槽の所要最小容積$C'$を、次式で計算する。

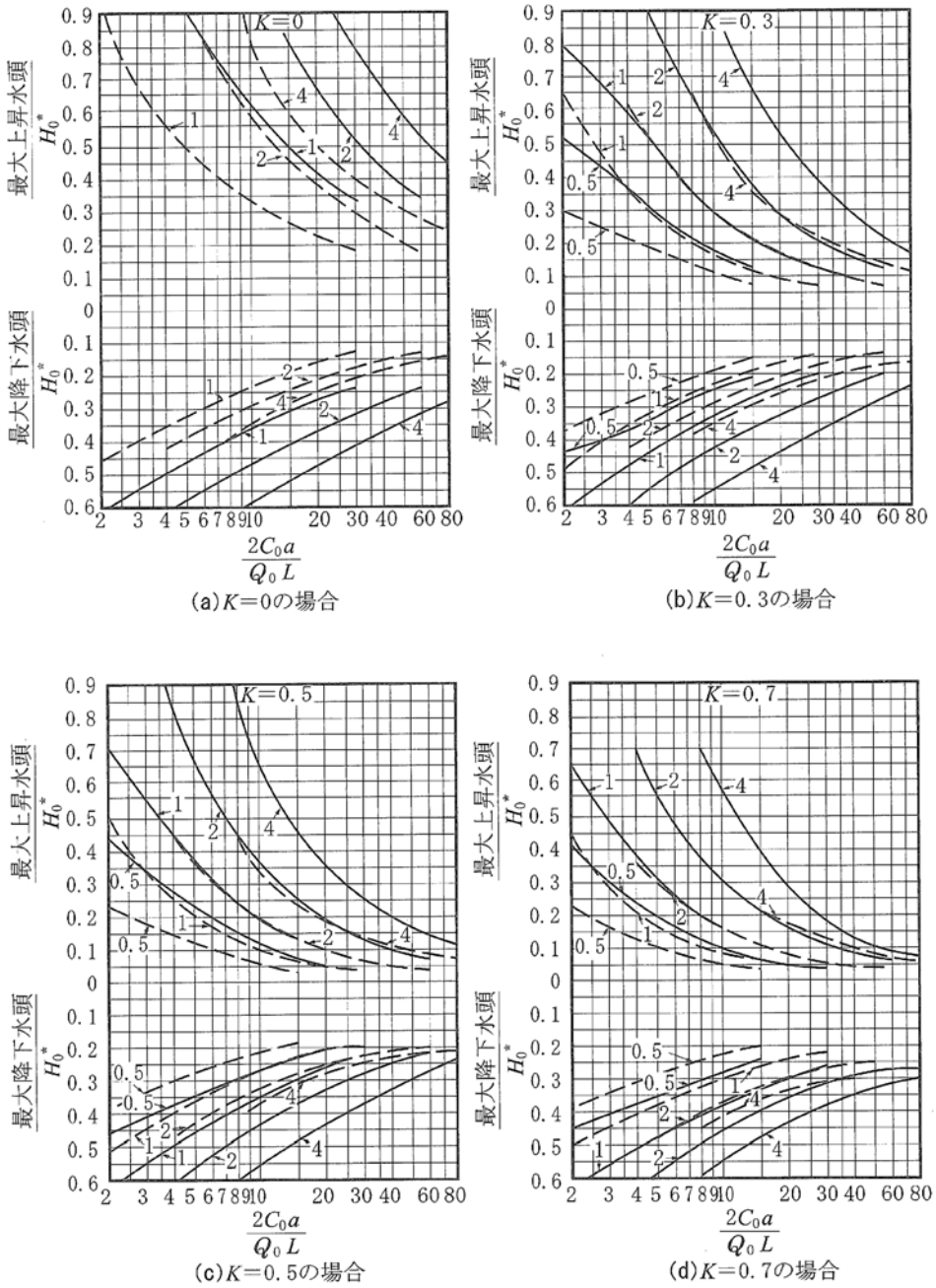
$$C'\fallingdotseq\frac{C_0\cdot H_0^*}{H^*_{\min}}=\frac{C_0}{1-\beta'}$$

ここに、$H^*_{\min}=H_0^*-\Delta H_{X\min}$

$=H_0^*\ (1-\beta')$

(v)　次に、圧力水槽の基部につける絞りの損失を求める。$Q_0$ の流量が圧力水槽内に流入するときのオリフィスで生ずべき損失は、次により求める。

損失水頭 $=K\cdot H_0^*-H_f$




注 1) 曲線のそばの数字は $2\rho^*$ の値を示す。
2) ——— は主ポンプ直後、－－－は送水管路中間点。

**図-8.34** 圧力水槽容積の簡易計算図表

〔参　考〕

**参考 1.**　単純管路系水撃作用の計算例

⑴　設計条件

| | | | |
|---|---|---|---|
| ①　計画揚水量 | | | 120m³/min　(1 台当たり：60m³/min) |
| ②　水　　位 | 吸込水位 | | EL 25.00m |
| | 吐出し水位 | | EL 60.00m |
| ③　実　揚　程 | | | 60.00－25.00 ＝ 35.00m |
| ④　主ポンプ台数 | | | 2 台 |
| ⑤　送水管路 | 管　　径 | | 1,200mm |
| | 管路長 | | 1,000m |
| | 管　　種 | | 鋼管　(SS400) |
| | 管　　厚 | | 12mm |
| ⑥　電　　源 | | | 50Hz、6 kV、1 回線受電 |
| ⑦　主ポンプ仕様 | 形　　式 | | 横軸両吸込単段渦巻ポンプ |
| | 口　　径 | | 700mm |
| | 吐出し量 | | 60m³/min |
| | 全揚程 | | 48m |
| | 回転速度 | | 730min⁻¹ |
| | ポンプ効率 | | 85.6% |
| ⑧　台数と運転状態 | 最大並列台数 | | 2 台 |
| | 最大吐出し量 | | 120m³/min　($Q$=2.0m³/s) |
| ⑨　主原動機の種類 | 形　　式 | | 巻線形三相誘導電動機 |
| | 出　　力 | | 630kW |
| | 回転速度 | | 730min⁻¹ (8 P) |
| | 周波数 | | 50Hz |
| | 電　　圧 | | 3,000V |
| ⑩　送水管の縦断図 | **図-8.35-参**のとおりである。 | | |

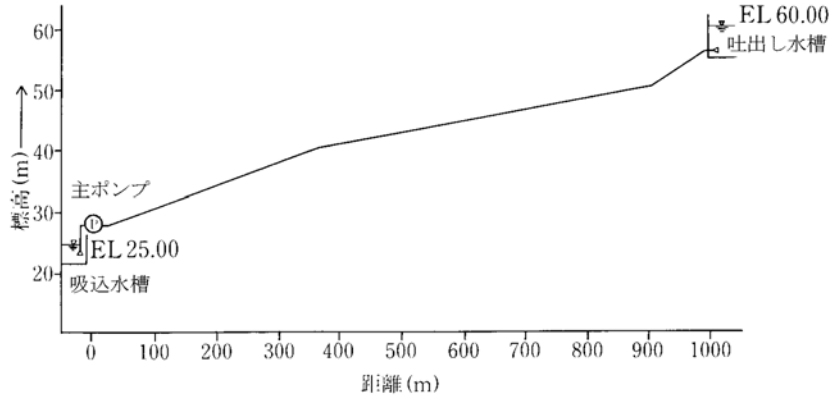



**図-8.35-参**　送水管路の縦断図

⑵ 計 算

① 主ポンプ諸数値

運 転 台 数 $n$ ＝ 2 台

主ポンプ吐出し量 $Q_n$ ＝ 60m$^3$/min（1 台当たり）

主ポンプ全揚程 $H_n$ ＝ 48m

主ポンプ回転速度 $N_n$ ＝ 730min$^{-1}$（8 P）

主ポンプ効率 $\eta_n$ ＝ 0.856

主ポンプ軸動力 $P_n$ ＝ $0.163 \cdot Q_n \cdot H_n / \eta_n = 0.163 \times 60 \times 48 / 0.856$

＝ 548.4kW

主ポンプトルク $M_n$ ＝ $9,550 \cdot P_n / N_n = 9,550 \times 548.4 / 730 = 7,174$N･m

電 動 機 出 力 $P$ ＝ 630kW

主電動機のはずみ車効果 **図-8.20-参** から、$(GD^2)_2 = 1,300$N･m$^2$

主ポンプのはずみ車効果 $(GD^2)_1 \fallingdotseq (GD^2)_2 \times 0.1 \fallingdotseq 1,300 \times 0.1 = 130$N･m$^2$

全はずみ車効果 $GD^2 = (GD^2)_1 + (GD^2)_2 = 130 + 1300$

$= 1,430$N･m$^2$

② 主ポンプの慣性係数

$$K = \frac{375 \cdot M_n}{GD^2 \cdot N_n} = \frac{375 \times 7,174}{1,430 \times 730} = 2.58$$

③ 管内流速

$$V_n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2} = \frac{2.0}{\frac{\pi}{4} \times 1.2^2} = 1.768 \text{ m/s}$$

④ 圧力波の伝播速度

$$a = \frac{1,425}{\left(1 + \frac{k}{E} \cdot \frac{D}{t}\right)^{1/2}} = \frac{1,425}{\left(1 + \frac{2.03 \times 10^9}{2.06 \times 10^{11}} \times \frac{1,200}{12}\right)^{1/2}} = 1,011.3 \text{ m/s}$$

⑤ 管路定数

$$2\rho = \frac{a \cdot V_n}{g \cdot H_n} = \frac{1,011.3 \times 1.768}{9.8 \times 48} = 3.8$$

⑥ 圧力波の所要往復時間

$$\mu = \frac{2 \cdot L}{a} = \frac{2 \times 1,000}{1,011.3} = 1.98\text{s}$$

⑦ $K \cdot \mu$ 値

$K \cdot \mu = 2.58 \times 1.98 = 5.11$

⑶　最低圧力勾配線図の作成

①　送水管路損失％

$$送水管路損失\%=\frac{H_\ell}{H_n}\cdot 100=\frac{48-35}{48}\times 100=27.1\%$$

ここに、$H_\ell$＝主ポンプ全揚程－実揚程

**図-8.15**（送水管路損失：20％）と、**図-8.16**（送水管路損失：40％）から読取り、補間法により求める。

②　最低圧力の計算

(i)　**図-8.15** 及び**図-8.16** の(a)、(b)、(c)から、$2\rho=3.8$ 及び $K\cdot\mu=5.11$ により、$H$ ％を読取る。

| 場　所 | 送水管路損失 20％ | 送水管路損失 40％ | 送水管路損失 27.1％ |
|---|---|---|---|
| ポンプ直後 | －11％ | －13％ | －11.7％ |
| 1/2 $L$ 点 | －15％ | －23％ | －17.8％ |
| 3/4 $L$ 点 | －7％ | －19％ | －11.3％ |

(ii)　最低圧力

ポンプ直後　$H_n\cdot H$ ％ ＝48.0×（－0.117）＝－5.6m

1/2 $L$ 点　　48.0×（－0.178）＝－8.5m

3/4 $L$ 点　　48.0×（－0.113）＝－5.4m

これを縦断図に最低吸込水位を基準にプロットし、スムーズな曲線で結ぶと、**図-8.36-参**のようになり、送水路のほぼ全域で負圧 10m以上（最大負圧はポンプ場から 650m 付近で 29m）となり、水柱分離を生じ、負圧に対する対策が必要となる。

⑷　最高圧力勾配線図の作成

⑶②(ii)で作成した最低圧力勾配線を、最高吐出し水位を基準に対称に描くと、最高圧力勾配線図（**図-8.36-参**）となる。

⑸　負圧対策としてフライホイールを設ける場合

①　送水管路内の最低圧力を－5m 以内（$\phi$1,000mm 以上の場合）に維持するように、フライホイールを付加するものとする。この場合に、送水管路の 500m 付近で最低圧力を－3.5m になるようにフライホイールを設計する。そのためには、1/2 $L$ 地点の最低圧力を 14.5m にすればよい。

このときの最低圧力の割合は、

$$H\ \%=\frac{H_{1/2L}}{H_n}\cdot 100=\frac{14.5}{48}\times 100\fallingdotseq 30\%$$

**図-8.15(b)**（送水管路損失：20％）と、**図-8.16(b)**（送水管路損失：40％）において、$2\rho=3.8$ 及び $H$ ％＝30％により各々$K\cdot\mu$ 値を読取り、補間法により送水管路損失 27.1％の $K\cdot\mu$ 値を求める。

| | 送水管路損失 20％ | 送水管路損失 40％ | 送水管路損失 27.1％ |
|---|---|---|---|
| $K\cdot\mu$ | 0.8 | 0.5 | 0.7 |

② 最低圧力の計算

(i) **図-8.15** 及び**図-8.16** の(a)、(b)、(c)から $2\rho=3.8$ と $K\cdot\mu=0.7$ より $H$ %を読取る。

| 場 所 | 送水管路損失 20% | 送水管路損失 40% | 送水管路損失 27.1% |
|---|---|---|---|
| ポンプ直後 | 15% | 12% | 13.9% |
| 1/2 $L$ 点 | 35% | 24% | 31.1% |
| 3/4 $L$ 点 | 50% | 38% | 45.7% |

(ii) 最低圧力

ポンプ直後 $H_n\cdot H$ % $=48.0\times0.139=6.7$m

1/2 $L$ 点 $48.0\times0.311=14.9$m

3/4 $L$ 点 $48.0\times0.457=21.9$m

これを縦断図に、最低吸込水位を基準に**図-8.24**、**図-8.25** に従ってプロットすると、**図-8.36-参**のようになり、ポンプ場から350m付近で負圧が約3.5mとなり、水柱分離は生じない。

(iii) フライホイールの大きさ算定

$K\cdot\mu=0.7$ から

$$K=\frac{0.7}{\mu}=\frac{0.7}{1.98}=0.35$$

よって、全はずみ車効果は、**式 (8.12)** から

$$GD^2=\frac{375\cdot M_n}{K\cdot N_n}=\frac{375\times7,174}{0.35\times730}=10,529\ \mathrm{N\cdot m^2}$$

フライホイールのはずみ車効果

$$(GD^2)_3=GD^2-(GD^2)_1-(GD^2)_2$$
$$=10,529-130-1,300=9,099\mathrm{N\cdot m^2}$$

ポンプ設備の規模により付加されるフライホイールの大きさが制限されることもあるので、別途負圧対策を考慮する必要がある。

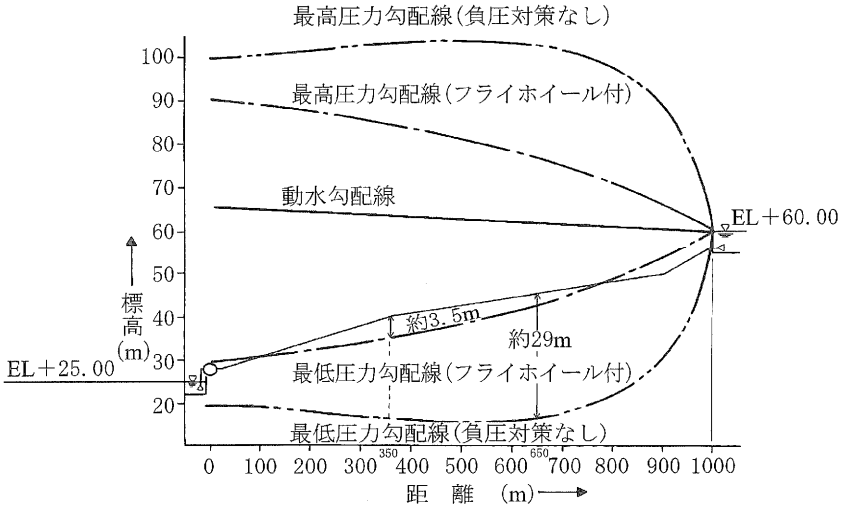


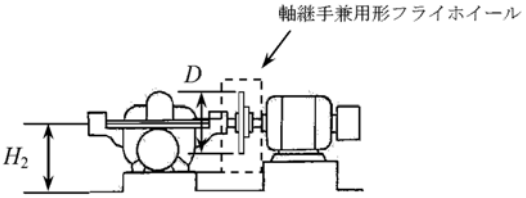

**図-8.36-参** 送水管路の圧力勾配線

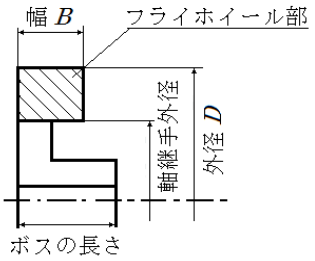
a）軸継手兼用形フライホイール

軸継手にて兼用する方法は、JIS の軸継手の外径側にフライホイールを設けるもので、必要となるフライホイールのはずみ車効果（$GD^2$）が比較的小さい場合に採用することができる。**表-8.6-参**に、軸継手兼用形フライホイールの選定範囲を示す。

本表は、$GD^2$ の値と伝達トルクからの目安を示しており、軸継手型番は、JIS B 1452 の型式を示している。

なお、軸継手兼用形フライホイールを採用に当たっては、主原動機の軸径、許容軸端荷重などの確認を行う必要がある。




軸継手詳細（例）

**表-8.6-参**　軸継手兼用形フライホイールの選定範囲の目安

| 伝達トルク $M$ (N･m) | 軸継手型番 (JIS 相当) | はずみ車効果（$GD^2$値）の最大値（N・$m^2$） | フライホイール寸法 | | 概略質量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 外径 $D$（mm） | 幅 $B$（mm） | |
| 110 | 160 | 50 | 475 | 37 | 50 |
| 160 | 180 | 100 | 560 | 37 | 70 |
| 250 | 200 | 160 | 600 | 45 | 100 |
| 390 | 224 | 200 | 630 | 45 | 110 |
| 620 | 250 | 310 | 710 | 45 | 145 |
| 980 | 280 | 490 | 750 | 56 | 200 |
| 1,600 | 315 | 490 | 750 | 56 | 205 |
| 2,500 | 355 | 980 | 850 | 66 | 320 |

注 1）　フライホイールの外径（$D$ 寸法）によっては、主ポンプ軸心高さ（$H_2$ 寸法）の確認が必要である。
なお、伝達トルク $M$ は**式**（8.29）により算出される。

$$M = K \times Mn \quad \cdots\cdots (8.29)$$

$M$　：伝達トルク（N･m）
$K$　：荷重係数（**表-8.7-参**による）
$Mn$ ：主ポンプトルク（N･m）**式**（8.7）による

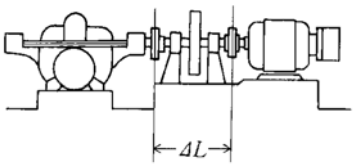
2）　フライホイール幅は、各型番のボス長さ寸法以下で決められる。
3）　外径 $D$ は、許容周速 $Ua$ を超えないこと。**式**（8.10）を参照する。

**表-8.7-参**　荷重係数

| 運転条件（h/日） ＼ 主原動機 | 電動機 | ディーゼル機関 |
|---|---|---|
| 10 以下 | 1.0 | 2.0 |
| 10 超 | 1.5 | 2.5 |

b）別置形フライホイール

負圧対策として、主ポンプにフライホイールを外部軸受にて装備する場合、概略下図のようになり、$\Delta L$ 寸法分だけ全長が長くなる。




$\Delta L$ ＝ 1,000～1,500mm

（概略計画時は 1,500mm を採用する）

また、フライホイールを装備する際には、必要となる始動トルクが大きくなるため、主原動機の始動方式に留意する必要がある。

**参考 2.** コンベンショナルサージタンクの計算例

⑴　設計条件

| | | | |
|---|---|---|---|
| ①　主ポンプの仕様 | 形　　式 | 横軸両吸込単段渦巻ポンプ |
| | 口　　径 | 700mm |
| | 吐 出 し 量 | $60m^3/min$ |
| | 回 転 速 度 | $580\ min^{-1}$ |
| | 実　揚　程 | 8.0m |
| | 全　揚　程 | 14.0m |
| | 原動機出力 | 180kW |
| | 台　　数 | 1 台 |
| ②　送　水　管　路 | 口　　径 | 800 mm |
| | 延　　長 | 1,000m |
| ③　水　　位 | 吸 込 水 位 | EL 5.00m |
| | 吐出し水位 | EL 13.00m |
| ④　サージタンクの位置 | 主ポンプ直後 | |

⑤　そ　の　他

①　本計算例はポンプ室内の管路損失を送水管路の損失に含めて取扱っている。

②　主ポンプのはずみ車効果は少ないものとし、主ポンプは停電と同時に急停止するものとする。

③　主ポンプの吐出し側には逆止め弁があって、急停止後は主ポンプの中を通って逆流する水はないものとする。

⑵　計　算

①　主ポンプ急停止の場合

急停止時の水位低下量を、$S_A$＝9.0m と仮定する。

(i)　サージタンクと吐出し水槽間の損失

$H_{f1}$＝14.0－8.0＝6.0m

(ii)　サージタンクから流出するときの損失

$H_{f2}$＝0m

(iii)　絞　り　比

$$\frac{H_{f2}}{H_{f1}}=\frac{0}{6.0}=0$$

(iv)　サージ比

$$\frac{S_A}{H_{f1}}=\frac{9.0}{6.0}=1.50$$

(v)　サージタンクの断面積：$F$

**図-8.31(a)** 中の絞り比とサージ比の関係から、$b_0$＝0.95 を読取る。この $b_0$ と設計条件によりサージタンクの断面積を求める。

図-8.31(a)より、 $b_0=\dfrac{H_{f1}}{Q_0}\cdot\left(\dfrac{F\cdot g}{L/A}\right)^{\frac{1}{2}}$ の関係から

$$F=\left(\frac{b_0\cdot Q_0}{H_{f1}}\right)^2\cdot\frac{L}{g\cdot A}$$

$$=\left(\frac{0.95\times1.0}{6.0}\right)^2\times\frac{1,000}{9.8\times\dfrac{\pi\times0.8^2}{4}}=5.09\mathrm{m}^2$$

∴ サージタンクの直径は約 2.5m となる。

② 主ポンプ急始動の場合

急始動時の水位上昇量を、$S_B$=9.0m と仮定する。サージタンクと吐出し水槽間の損失、サージタンクから流出するときの損失、絞り比及びサージ比は①と同様。

(i) サージタンクの断面積

図-8.31(b)から、絞り比とサージ比の関係から $b$=0.72 を読取る。この $b$ と設計条件によりサージタンクの断面積を求める。

図-8.31(b)より、 $b=\dfrac{H_{f1}}{Qe}\cdot\left(\dfrac{F\cdot g}{L/A}\right)^{\frac{1}{2}}$ の関係から

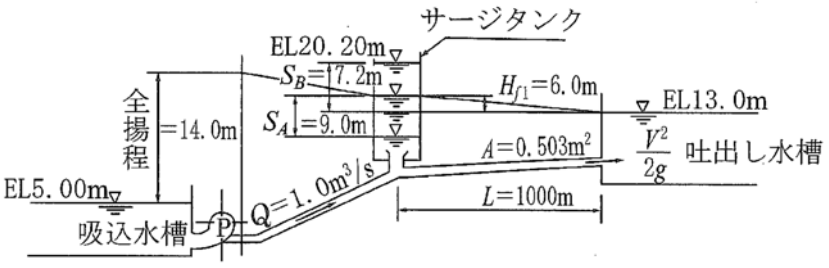
$$F=\left(\frac{b\cdot Q_e}{H_{f1}}\right)^2\cdot\frac{L}{g\cdot A}$$

$$=\left(\frac{0.72\times1.0}{6.0}\right)^2\times\frac{1,000}{9.8\times\dfrac{\pi\times0.8^2}{4}}=2.92\mathrm{m}^2$$

∴ サージタンクの直径は約 2.0m となる。

③ 結 論

本計算例は、主ポンプ急停止時の水位低下量（$S_A$=9.0m）と主ポンプ急停止時の水位上昇量（$S_B$=9.0m）から必要なサージタンクの直径を求めたものであるが、サージタンクの直径は最低水位から要求される直径の方が大きくなるので、この条件からサージタンクの直径は 2.5m と決定される。この場合には、始動時の水位上昇は②と同様の計算を行うと水位変動は 7.2m となり、上昇水位は EL20.20 m となる。



**参考 3.**　ワンウェイサージタンク計算例

⑴　設計条件

単純管路系水撃作用の計算例と同じ。

⑵　単純管路系水撃作用の計算例の結果から、主ポンプから 350m 付近にワンウェイサージタンクを設けるものとする。このときのタンクの有効高さを 2.5m として諸数値を決定すると、**図-8.37-参**のようになる。

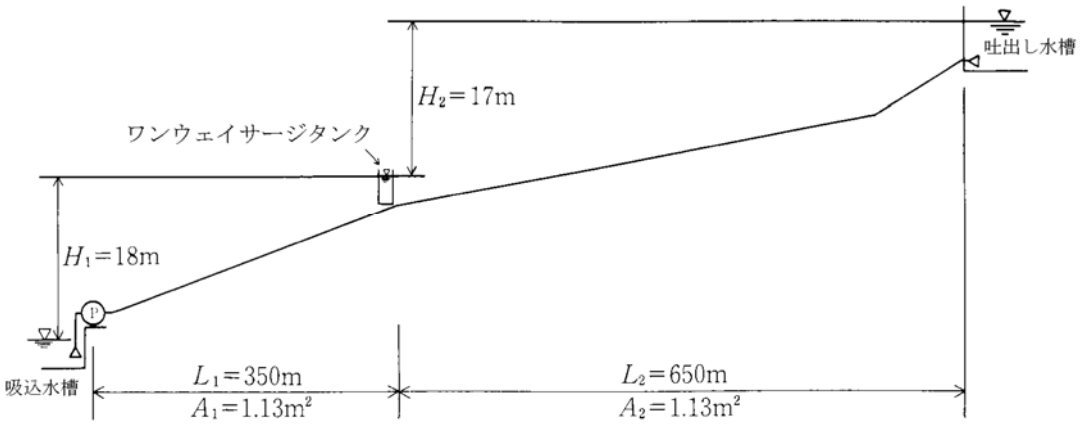



**図-8.37-参**　送水管路縦断図

⑶　容量計算

$$V_{av}=\frac{Q^2}{2g}\cdot\left(\frac{L_2}{A_2\cdot H_2}-\frac{L_1}{A_1\cdot H_1}\right)\cdot\alpha$$

$$=\frac{2.0^2}{2\times 9.8}\times\left(\frac{650}{1.13\times 17}-\frac{350}{1.13\times 18}\right)\times 2 \fallingdotseq 6.78\mathrm{m}^3$$

⑷　タンクの概略寸法

タンクの直径

$$D=\left(V_{av}\cdot\frac{4}{\pi\cdot h}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=\left(6.78\times\frac{4}{\pi\times 2.5}\right)^{\frac{1}{2}} \fallingdotseq 1.9\mathrm{m}$$

$D$ ＝1.9m　　ただし、$h$＝2.5m

**参考 4**. 圧力水槽の計算例

⑴ 設計条件

単純管路系水撃作用の計算例と同じとする。ただし、吸込揚程を $H_{s1}$＝3.0m とする。

⑵ 計 算

① 諸 数 値

圧力水槽内の初期絶対圧力水頭

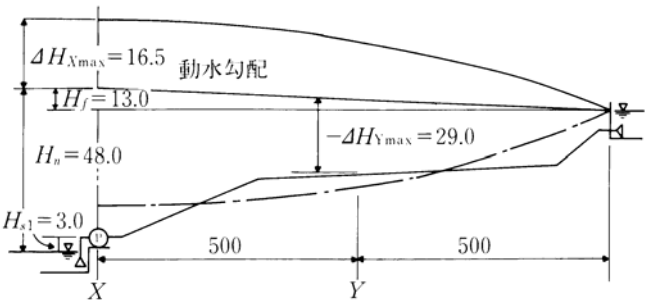
$H_0^*$＝ $H_n - H_{s1} + 10.33$（吸上げの場合、$H_{s1}$ は－）

＝ 48.0－3.0＋10.33 ＝ 55.33m

| | | | |
|---|---|---|---|
| 送水管路損失 | $H_f$ | ＝ | 48.0－35.0＝13.0m |
| 送水管路の初期流量 | $Q_0$ | ＝ | 2.0m$^3$/s |
| 送水管路長さ | $L$ | ＝ | 1,000m |
| 送水管の初期流速 | $V_0$ | ＝ | 1.768m/s |
| 圧力波の伝播速度 | $a$ | ＝ | 1,011.3m/s |
| 管路定数 | $2\rho^*$ | ＝ | $\dfrac{a \cdot V_0}{g \cdot H_0^*} = \dfrac{1,011.3 \times 1.768}{9.8 \times 55.33} = 3.3$ |

② 基本構想

上昇圧力及び降下圧力をフライホイールによる対策と同等又はそれより小さいことを目標とし、図のように仮定する。




③ $\alpha$、$\beta$ の設定

・主ポンプ直後（$X$ 点）における最高上昇圧力

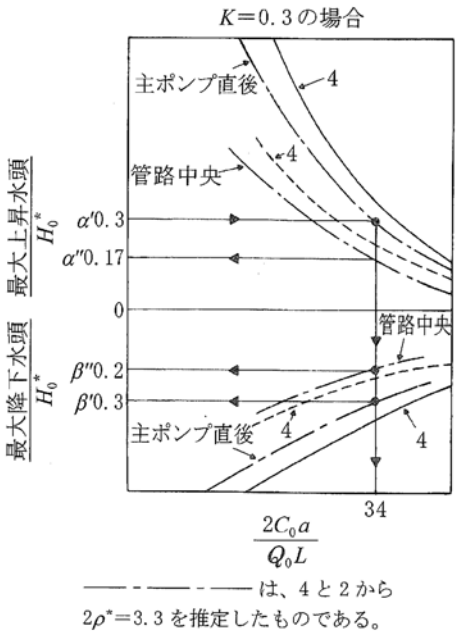
$+\Delta H_{X\max}$ ＝ $\alpha \cdot H_0^*$

$$\therefore \alpha = \frac{+\Delta H_{X\max}}{H_0^*} = \frac{16.5}{55.33} = 0.30$$

・管路中間点（$Y$ 点）における最大降下圧力

$-\Delta H_{Y\max}$ ＝ $\beta \cdot H_0^*$

$$\therefore \beta = \frac{-\Delta H_{Y\max}}{H_0^*} = \frac{29.0}{55.33} = 0.52$$



④　**図-8.34** を使用して$\alpha'$、$\beta'$が③で設定した$\alpha$、$\beta$ の値より小さくなるように $K$ を決定し、$\alpha'$ ≦$\alpha$、$\beta'$≦$\beta$ の条件から$\frac{2\cdot C_0\cdot a}{Q_0\cdot L}$、$\alpha''$、$\beta'$、$\beta''$を読取る。

ここでは、$K$＝0.3 とし、$2\rho^*$≒3.3 で、**図-8.34(b)**から$\alpha'$＝0.3（≦$\alpha$ ）として、

$\beta'$＝0.30（≦$\beta$）、$\frac{2\cdot C_0\cdot a}{Q_0\cdot L}$＝34、$\alpha''$＝0.17、$\beta''$＝0.20 を読取る。

⑤　上昇圧力水頭、降下圧力水頭の計算

主ポンプ直後（$X$ 点）

上昇圧力水頭　$+\Delta H_{X\max}=\alpha'\cdot H_0^*=$ 0.30×55.33 ≒16.6m

降下圧力水頭　$-\Delta H_{X\max}=-\beta'\cdot H_0^*=-$0.30×55.33 ≒－16.6m

管路中間点（$Y$ 点）

上昇圧力水頭　$+\Delta H_{Y\max}=\alpha''\cdot H_0^*=$ 0.17×55.33 ≒ 9.4m

降下圧力水頭　$-\Delta H_{Y\max}=-\beta''\cdot H_0^*=-$0.20×55.33 ≒－11.1m

⑥　圧力勾配線の作成

⑤で算定された上昇及び降下圧力水頭を縦断図にプロットすると、**図-8.38-参**のようになり、全線にわたり負圧は生じない。

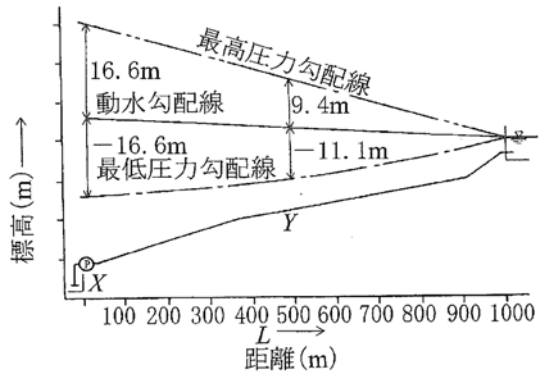



**図-8.38-参**　送水管路の圧力勾配線

⑦　圧力水槽内における圧縮空気の初期の体積は、④から

$$C_0=\frac{34\cdot Q_0\cdot L}{2\cdot a}=\frac{34\times 2.0\times 1,000}{2\times 1,011.2}=33.6\text{m}^3$$

⑧　圧力水槽内最小容量

$$C'=\frac{C_0}{1-\beta'}=\frac{33.6}{1-0.30}=48\text{m}^3$$

⑨ 圧力水槽基部の損失水頭

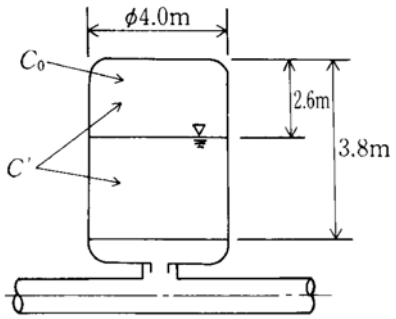
$H$（オリフィス）$=K \cdot H_0^* - H_f$

$=0.3 \times 55.33 - 13.0$

$=3.6\text{m}$

⑩ 圧力水槽概略寸法を右図に示す。

注） 道路の輸送制限などの関係から圧力水槽の径を小さくする必要がある場合は、圧力水槽を２個とすることも検討する。



# 第 9 章　弁類の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-6〕

## 9.1　弁の種類と設置位置

弁の概要及び一般的な事項等を示す。

ポンプ場に設置される弁の種類と特徴を**表-9.1(a)**、**表-9.1(b)**に、設置位置を、**表-9.1(c)**に示す。

設計に当たっては「バルブ設備計画設計技術指針」を参照のこと。

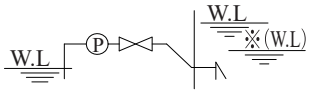
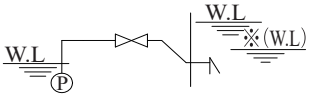
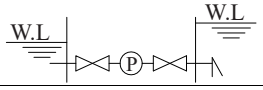
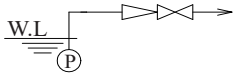
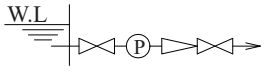
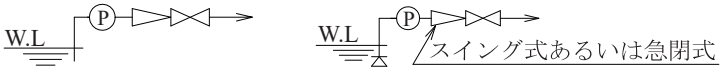
**表-9.1(a)**　ポンプ場に設置される弁の種類と特徴（かんがいポンプ用）

| 弁形式 | 用途 | | | 操作方式 | | | | 特徴 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 遮水 | 逆流防止 | 流量調節 | 自重 | 手動 | 電動 | 油圧 | |
| 仕切弁 | ○ | | | | ○ | ○ | | ①　取扱水に砂や塵芥の入る場合は、価格は高価であるが、外ねじ式が適する。<br>②　電動操作の場合は、外ねじ式片勾配タイプが適する。<br>③　手動操作の内ねじ式は、全開－全閉確認用リミットスイッチを設けることができない。<br>④　主ポンプ吸込み側に内ねじ式手動仕切弁を用いる場合は、主ポンプ始動条件から吸込み弁全開条件を除くか、外ねじ式等他の弁形式を選定する必要がある。<br>⑤　主ポンプ吐出し弁に電動仕切弁を用いる場合は、水撃対策上、その開閉速度に考慮を要する。<br>⑥　弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 4m/s 以下とすることが望ましい。 |
| バタフライ弁 | ○ | | ○ | | ○ | ○ | | 弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 4m/s 以下とすることが望ましい。 |
| 逆止め弁 | | ○ | | ○ | | | | ①　閉鎖時の圧力上昇を軽減する必要がある場合には急閉式又は緩閉式を用いる。急閉式は、弁座傾斜、スプリング、カウンターウェイト等により、逆流が始まる前に閉じることで、閉鎖遅れによる圧力上昇を防止でき、送水管路が短くて実揚程が高い場合に適する。緩閉式は、弁体の閉鎖速度をピストン方式の油圧装置を用いて調節し、時間をかけて閉鎖することで圧力上昇を防止でき、比較的低揚程で管路が長い場合に適する。<br>②　フート弁と合わせて使用する場合にはフート弁の弁体損傷防止からスイング式あるいは急閉式を使用する。<br>③　弁内の流速は計画吐出し量でスイング式においては、おおむね 4m/s 以下、リフト式（スプリング式）においては、おおむね 3m/s 以下とすることが望ましい。 |
| コーン弁 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ①　水撃対策用として使用する場合には、停電時にも動作させる必要から油圧操作方式とすることが多い。<br>②　弁内の流速は計画吐出し量で遮水用の場合は、おおむね 7.5m/s 以下、流量調節用の場合は、おおむね 6m/s 以下とすることが望ましい。 |
| フート弁 | | ○ | | ○ | | | | ①　300mm 程度以下の横軸ポンプの満水用として使用する。<br>②　弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 2.5m/s 以下とすることが望ましい。 |

**表-9.1(b)** ポンプ場に設置される弁の種類と特徴（排水ポンプ用）

| 弁 形 式 | 用 途 | | | 操 作 方 式 | | | 特 徴 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 遮水 | 逆流防止 | 流量調節 | 自重 | 手動 | 電動 | |
| 仕切弁 | ○ | | | | ○ | ○ | ① 口径 500mm 程度以下の主ポンプ吐出し側に用いられることが多い。<br>② 弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 4m/s 以下とすることが望ましい。 |
| バタフライ弁 | ○ | | ○ | | ○ | ○ | ① 弁の開閉時間が比較的速く、弁の操作力も小さくてすむ。<br>② 弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 4m/s 以下とすることが望ましい。 |
| フラップ弁 | | ○ | | ○ | | | ① 構造上、完全水密形にするのは困難である。<br>② 弁内の流速は計画吐出し量で、おおむね 2m/s 以下とすることが望ましいが、最大でも 3m/s 程度を目安とする。 |

**表-9.1(c)** ポンプ場に設置される弁の設置位置

| 用途 | ポンプ形式 | 弁の設置位置と弁形式 |
|---|---|---|
| 排水 | 横軸軸･斜流ポンプ |  ※外水位が吐出し管の管底高レベルより低い場合は遮水用弁を設置しない事もある。 |
| | 立軸軸･斜流ポンプ |  ※外水位が吐出し管の管底高レベルより低い場合は遮水用弁を設置しない事もある。 |
| | チューブラポンプ |  |
| | 水中ポンプ | |
| かんがい | 立軸斜流ポンプ |  |
| | 横軸渦巻ポンプ（押込み式） |  |
| | 横軸渦巻ポンプ（吸上げ式） |  |

注）保守管理用の止水弁は、必要に応じ適所に設置する。

〔凡例〕主ポンプ：Ⓟ、 遮水用弁：⋈、 逆止め弁：▷|、 フート弁：⏢、 フラップ弁：|＼

## 9.2　弁の駆動方式

弁の駆動方式には電動式と油圧式があり、それぞれの長所、短所を**表-9.2**に示す。

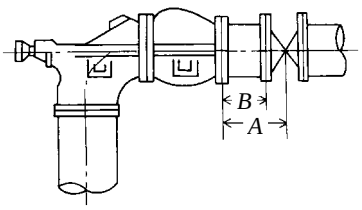
**表-9.2**　弁の駆動方式の長所、短所

| 駆動方式 | | 長　　所 | 短　　所 |
|---|---|---|---|
| 電動式 | 機　　能 | ①　一定速度による開閉操作で動作が円滑である。<br>②　手動操作の兼用が可能である。 | ①　開閉時間の調節変更が不可である。<br>②　急開又は急閉の動作が不可である。 |
| | 補機、必要機器 | ①　電動機の配線工事が必要である。　②　電動機制御盤が必要である。 | |
| | ス　ペ　ー　ス | 弁と直結で他に場所を必要としない。 | |
| | 適　　用 | 比較的揚程が低い場合に適用する。 | 口径が大で作用圧が大きな場合には、非常に大きな減速機構及び電動機容量が要求される。 |
| | 価　　格 | 比較的安価である。 | |
| 油圧式 | 機　　能 | ①　開閉操作の速度が任意に得られる。　②　急開又は急閉の動作が可能である。<br>③　手動操作の兼用が可能である。 | |
| | 補機、必要機器 | 圧油源装置、電磁弁、スピードコントローラ等が必要であり、油のメンテナンスを必要とする。 | |
| | ス　ペ　ー　ス | 圧油源装置の設置場所が必要である。 | |
| | 適　　用 | 比較的口径が大きく、揚程が高い場合に適する。 | |
| | 価　　格 | 弁台数にもよるが、高価となる場合が多い。 | |

## 9.3　弁の取付位置

低揚程ポンプの標準的な弁の取付位置寸法を、以下に示す。

⑴　横軸ポンプ及び立軸ポンプ（一床式）




$A \geqq 0.6D$

$D$：吐出し管口径

となるように取付ける。

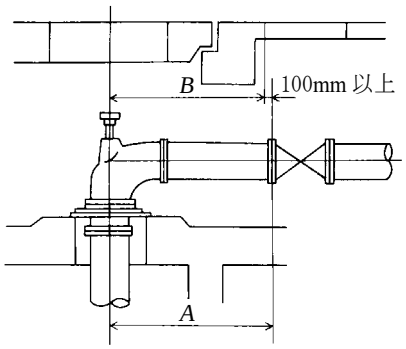
ただし、$B$ 寸法は施工上から最小 400mm とする。

**図-9.1**　横軸ポンプ及び立軸ポンプ（一床式）の弁取付位置

**表-9.3**　横軸ポンプ及び立軸ポンプ（一床式）の弁取付位置寸法表

| 吐出し管口径 (mm) | 寸 法 (mm) | | 吐出し管口径 (mm) | 寸 法 (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | | *A* | *B* |
| 350 | 525 | 400 | 1,000 | 650 | 500 |
| 400 | 550 | 400 | 1,200 | 800 | 600 |
| 450 | 550 | 400 | 1,350 | 850 | 650 |
| 500 | 550 | 400 | 1,500 | 900 | 700 |
| 600 | 550 | 400 | 1,650 | 1,000 | 800 |
| 700 | 550 | 400 | 1,800 | 1,100 | 900 |
| 800 | 650 | 500 | 2,000 | 1,200 | 1,000 |
| 900 | 650 | 500 | | | |

⑵ 立軸ポンプ（二床式）




$A \geqq B + 100\text{mm}$

となるように取り付ける。

ただし，$B$ 寸法は減速機又は電動機の架台支持梁と干渉しない位置とする。

**図-9.2** 立軸ポンプ（二床式）の弁取付位置

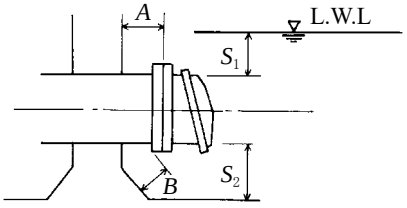
⑶ フラップ弁の取付寸法

**表-9.4** フラップ弁取付寸法

| 吐出し管口径 (mm) | フラップ弁口径 (mm) | 主 要 寸 法 (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $S_1$ | $S_2$ | $A$ | $B$ |
| 300 | 450 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 350 | 500 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 400 | 600 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 450 | 700 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 500 | 700 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 600 | 800 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 700 | 900 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 800 | 1,000 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 900 | 1,200 | 300 | 400 | 300 | 200 以上 |
| 1,000 | 1,350 | 400 | 400 | 350 | 200 以上 |
| 1,200 | 1,500 | 400 | 400 | 350 | 200 以上 |
| 1,350 | 1,650 | 400 | 400 | 350 | 200 以上 |
| 1,500 | 1,800 | 500 | 500 | 400 | 200 以上 |
| 1,650 | 2,000 | 500 | 500 | 400 | 200 以上 |
| 1,800 | 1,800×2,600 | 500 | 600 | 500 | 200 以上 |
| 2,000 | 2,000×2,900 | 500 | 600 | 500 | 200 以上 |
| 2,200 | 2,200×3,100 | 500 | 600 | | |
| 2,400 | 2,400×3,400 | 500 | 600 | | |
| 2,600 | 2,600×3,700 | 500 | 600 | | |
| 2,800 | 2,800×4,000 | 500 | 600 | | |

注 1） 上表に示す主要寸法は、下図に示すとおりである。

2） 2,200 × 3,100以上のフラップ弁は、吐出し水槽側壁に直接取付ける構造とすることが多い。




3） 吐出し管口径 2,000mm 以上のフラップ弁寸法は、Ｉ型ポンプに適用する。

〔参　考〕弁の概略寸法及び規格

(1)　弁の概略寸法

各弁の概略寸法を、以下に示す。

a. 弁のフランジ面間寸法

**表-9.5**　弁のフランジ面間概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主　要　寸　法　$L$ (mm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 仕　切　弁 | | 逆　止　め　弁 | | | コーン弁 | バタフライ弁 | |
| | 全揚程 100m 以　下 | 全揚程 300m 以　下 | 全揚程 50m 以　下 | 全揚程 100m 以　下 | 全揚程 300m 以　下 | 全揚程 300m 以　下 | 全揚程 60m 以　下 | 全揚程 9m 以　下 |
| 100 | 250 | 310 | | 290 | 455 | | | |
| 125 | 260 | 390 | | 360 | 500 | | | |
| 150 | 280 | 410 | | 410 | 600 | 500 | | |
| 200 | 300 | 420 | | 500 | 700 | 600 | 300 | |
| 250 | 380 | 460 | | 600 | 750 | 700 | 380 | |
| 300 | 400 | 510 | | 700 | 800 | 800 | 400 | 200 |
| 350 | 430 | 770 | 800 | 800 | 850 | 900 | 430 | 250 |
| 400 | 470 | 840 | 900 | 900 | 950 | 1,000 | 470 | 300 |
| 450 | 500 | 920 | 1,000 | 1,000 | 1,050 | 1,100 | 500 | 300 |
| 500 | 530 | 1,000 | 1,100 | 1,100 | 1,200 | 1,200 | 530 | 300 |
| 600 | 560 | | 1,200 | | | 1,400 | 560 | 300 |
| 700 | 610 | | 1,300 | | | 1,600 | 610 | 300 |
| 800 | 690 | | 1,400 | | | 1,800 | 690 | 300 |
| 900 | 740 | | 1,600 | | | 1,950 | 740 | 300 |
| 1,000 | 770 | | 1,800 | | | | 770 | 300 |
| 1,200 | 820 | | 2,000 | | | | 820 | 400 |
| 1,350 | 850 | | | | | | 850 | 400 |
| 1,500 | 900 | | | | | | 900 | 400 |
| 1,650 | | | | | | | 900 | 400 |
| 1,800 | | | | | | | 900 | 400 |
| 2,000 | | | | | | | 900 | 400 |
| 2,200 | | | | | | | | 500 |
| 2,400 | | | | | | | | 500 |
| 2,600 | | | | | | | | 600 |
| 2,800 | | | | | | | | 600 |

注)　全揚程とは、主ポンプの全揚程をいう。

b. 仕切弁の概略寸法

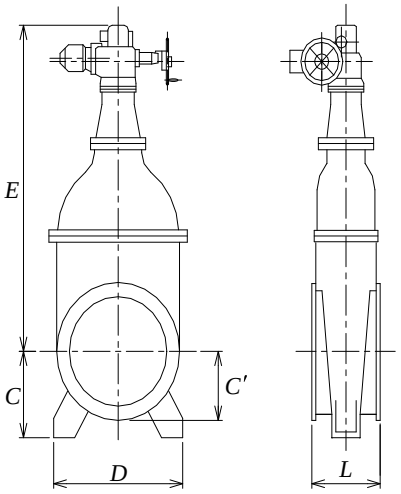



**表-9.6** 内ねじ式電動仕切弁の概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *C* (脚付き) | *C′* (脚無し) | *D* (脚部巾) | *E* | *L* |
| 50 | | 78 | | 661 | フランジ面間寸法は、**表-9.5** による。 |
| 75 | | 106 | | 732 | |
| 100 | | 119 | | 793 | |
| 125 | | 132 | | 853 | |
| 150 | | 145 | | 942 | |
| 200 | | 171 | | 1,045 | |
| 250 | 270 | 205 | 410 | 1,215 | |
| 300 | 300 | 232 | 510 | 1,377 | |
| 350 | 310 | 265 | 570 | 1,485 | |
| 400 | 370 | 291 | 650 | 1,608 | |
| 500 | 440 | 353 | 700 | 1,820 | |
| 600 | 450 | 405 | 850 | 2,093 | |
| 700 | 500 | 464 | 900 | 2,274 | |
| 800 | 550 | 517 | 950 | 2,522 | |
| 900 | 650 | 578 | 1,000 | 2,988 | |
| 1,000 | 750 | 631 | 1,250 | 3,183 | |
| 1,200 | 850 | 735 | 1,400 | 3,630 | |
| 1,350 | 950 | 821 | 1,550 | 3,943 | |
| 1,500 | 1,050 | 900 | 1,750 | 4,240 | |

注） 仕切弁の脚部は、バルブ支持のため必要なときにのみ設ける。

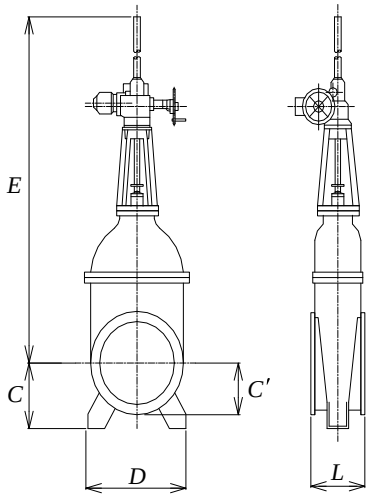



**表-9.7** 外ねじ式電動仕切弁の概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主要寸法 (mm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *C* (脚付き) | *C′* (脚無し) | *D* (脚部巾) | *E* | *L* |
| 50 | | 78 | | 680 | フランジ面間寸法は、**表-9.5** による。 |
| 75 | | 106 | | 770 | |
| 100 | | 119 | | 870 | |
| 125 | | 132 | | 910 | |
| 150 | | 145 | | 1,030 | |
| 200 | | 171 | | 1,220 | |
| 250 | 270 | 205 | 410 | 1,470 | |
| 300 | 300 | 232 | 510 | 1,580 | |
| 350 | 310 | 265 | 570 | 1,790 | |
| 400 | 370 | 291 | 650 | 2,250 | |
| 500 | 440 | 353 | 700 | 2,550 | |
| 600 | 450 | 405 | 850 | 3,100 | |
| 700 | 500 | 464 | 900 | 3,500 | |
| 800 | 550 | 517 | 950 | 3,900 | |
| 900 | 650 | 578 | 1,000 | 4,400 | |
| 1,000 | 750 | 631 | 1,250 | 4,800 | |
| 1,200 | 850 | 735 | 1,400 | 5,700 | |
| 1,350 | 950 | 821 | 1,550 | 6,100 | |
| 1,500 | 1,050 | 900 | 1,750 | 6,600 | |

注） 仕切弁の脚部は、バルブ支持のため必要なときにのみ設ける。

c. バタフライ弁の概略寸法と電動機出力

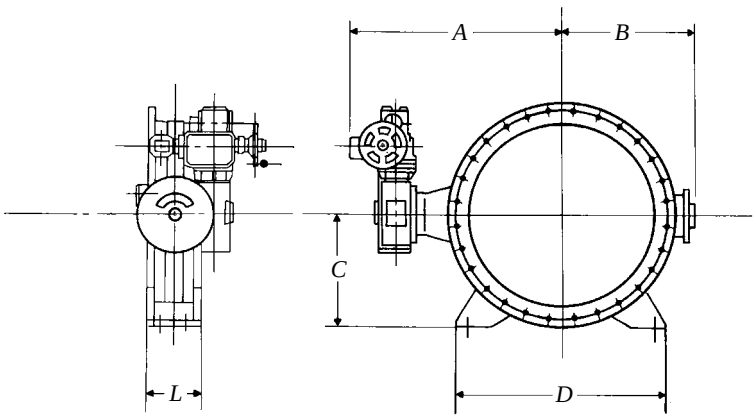



**表-9.8**　電動バタフライ弁の概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主　要　寸　法 (mm) | | | | | 電動機出力 (kW) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | *L* | 全揚程 60m 以下 | 全揚程 9m 以下 |
| 200 | 780 | 240 | — | — | フランジ面間寸法は、**表-9.5** による。 | 0.2 | |
| 250 | 820 | 280 | — | — | | 0.2 | |
| 300 | 830 | 330 | 300 | 370 | | 0.2 | 0.2 |
| 350 | 870 | 360 | 300 | 400 | | 0.2 | 0.2 |
| 400 | 940 | 400 | 300 | 450 | | 0.2 | 0.2 |
| 450 | 980 | 430 | 350 | 500 | | 0.4 | 0.2 |
| 500 | 1,010 | 460 | 370 | 550 | | 0.4 | 0.4 |
| 600 | 1,250 | 550 | 450 | 650 | | 0.75 | 0.4 |
| 700 | 1,350 | 630 | 500 | 800 | | 1.5 | 0.75 |
| 800 | 1,450 | 700 | 550 | 900 | | 1.5 | 0.75 |
| 900 | 1,550 | 740 | 650 | 1,000 | | 2.2 | 1.5 |
| 1,000 | 1,770 | 830 | 750 | 1,250 | | 2.2 | 1.5 |
| 1,200 | 1,860 | 1,000 | 850 | 1,400 | | 3.7 | 2.2 |
| 1,350 | 1,940 | 1,100 | 950 | 1,550 | | 5.5 | 3.7 |
| 1,500 | 2,220 | 1,250 | 1,050 | 1,750 | | 5.5 | 3.7 |
| 1,650 | 2,300 | 1,250 | 1,100 | 1,850 | | 5.5 | 3.7 |
| 1,800 | 2,400 | 1,300 | 1,150 | 2,000 | | 7.5 | 5.5 |
| 2,000 | 2,520 | 1,400 | 1,200 | 2,200 | | 11.0 | 7.5 |
| 2,200 | 2,800 | 1,600 | 1,250 | 2,500 | | | |
| 2,400 | 2,900 | 1,700 | 1,350 | 2,700 | | | |
| 2,600 | 2,900 | 1,850 | 1,450 | 3,000 | | | |
| 2,800 | 2,900 | 1,950 | 1,550 | 3,200 | | | |

注）1. 全揚程とは、主ポンプの全揚程をいう。
2. 1500mm 以下の電動開閉時間は 60 秒程度としている。
1650mm 以上は開閉時間が長くなるので注意を要する。
3. 2200mm 以上の電動機出力は、メーカー確認が必要である。

d. フラップ弁口径と適用吐出し管口径

フラップ弁は一般に、低揚程ポンプ（軸流ポンプ、斜流ポンプ）の吐出し管端に取付けられる。吐出し管端は流出による損失水頭を少なくするため拡大管を取付けるので、一般にフラップ弁の口径は吐出し管口径より大きくなる。

**表-9.9** フラップ弁（丸形）

| 適用吐出し管口径 (mm) | 弁口径 (mm) |
|---|---|
| 300 | 450 |
| 350 | 500 |
| 400 | 600 |
| 450 | 700 |
| 500 | 700 |
| 600 | 800 |
| 700 | 900 |
| 800 | 1,000 |
| 900 | 1,200 |
| 1,000 | 1,350 |
| 1,200 | 1,500 |
| 1,350 | 1,650 |
| 1,500 | 1,800 |
| 1,650 | 2,000 |

**表-9.10** フラップ弁（角形）

| 適用吐出し管口径 (mm) | 弁口径 縦×横 (mm) |
|---|---|
| 1,800 | 1,800×2,600 |
| 2,000 | 2,000×2,900 |
| 2,200 | 2,200×3,100 |
| 2,400 | 2,400×3,400 |
| 2,600 | 2,600×3,700 |
| 2,800 | 2,800×4,000 |

注） 圧延鋼材（SS）を用いた溶接構造の場合である。

e. コーン弁口径

コーン弁は、高揚程渦巻ポンプの吐出し側に使用するのが一般的である。ポンプは揚程が高くなるほど、インペラの周速が速くなり、ボリュート内流速も高速となる。コーン弁は抵抗が少ないので、弁内の流速が計画吐出し量で遮水用の場合はおおむね 7.5m/s 以下、流量調節用の場合はおおむね 6m/s 以下であれば、主ポンプの吐出し口径に合わせた弁口径を選定できる。

ただし、流量調節を行う場合には、別途キャビテーションの検討を必要とする。

f. コーン弁の概略寸法

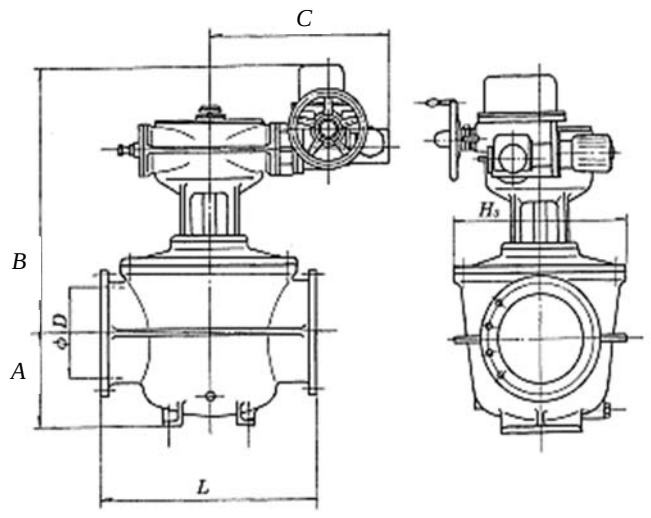



**表-9.11** コーン弁の概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主要寸法（mm） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *L* |
| 150 | 180 | 720 | 570 | フランジ面間寸法は、**表-9.5** による。 |
| 200 | 200 | 810 | 610 | |
| 250 | 260 | 840 | 610 | |
| 300 | 300 | 980 | 710 | |
| 350 | 350 | 1,120 | 800 | |
| 400 | 400 | 1,160 | 800 | |
| 450 | 450 | 1,280 | 870 | |
| 500 | 500 | 1,320 | 870 | |
| 600 | 600 | 1,510 | 1,000 | |
| 700 | 700 | 1,620 | 1,050 | |
| 800 | 800 | 1,720 | 1,090 | |
| 900 | 850 | 1,810 | 1,090 | |

g. フート弁の概略寸法

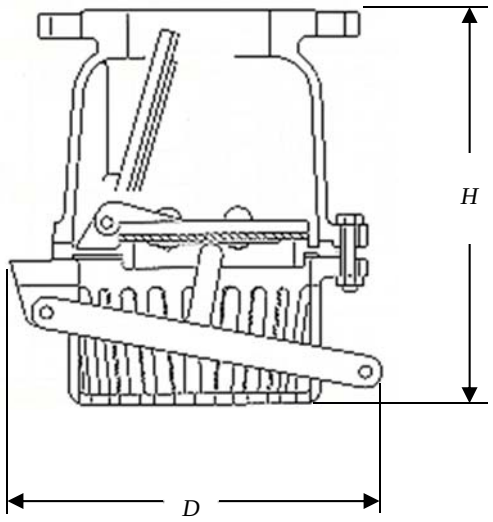



**表-9.12**　フート弁の概略寸法表

| 弁口径 (mm) | 主要寸法（mm） | |
|---|---|---|
| | *D* | *H* |
| 40 | 160 | 170 |
| 50 | 190 | 205 |
| 65 | 215 | 200 |
| 80 | 215 | 225 |
| 100 | 290 | 270 |
| 125 | 330 | 310 |
| 150 | 350 | 350 |
| 200 | 430 | 450 |
| 250 | 520 | 510 |
| 300 | 620 | 670 |

⑵　弁の規格

弁の関係規格を、**表-9.13** に示す。

**表-9.13**　各種規格による弁の圧力

| 種　類 | 規　格　名　称 | | 口　径 (mm) | 呼び圧力 (記号) | 最高使用圧力 (MPa) | 弁箱耐圧試験 (MPa) | 弁座漏れ試験 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 仕切弁 | JIS B 2031-1994 ねずみ鋳鉄弁 10K フランジ形仕切弁 | | 50～　300 | 10K | 1.37 | 1.37×1.5 | 1.37×1.1 |
| | JIS B 2062-1994 水道用仕切弁 | | 50～　350 | 7.5K | ＊0.74 | 1.72 | 0.74 |
| | | | 400～1,500 | 7.5K | ＊0.74 | 1.37 | 0.74 |
| | JIS B 2071-2000 鋳鋼フランジ形弁 20K フランジ形外ねじ仕切弁 | | 50～　300 | 20K | 3.53 | 3.53×1.5 | 3.53×1.1 |
| バタフライ弁 | JWWA B 138-2002 水道用バタフライ弁 | 1 種 | 200～　350 | 4.5K | 1.0 | 1.4 | 0.45 |
| | | | 400～1,500 | 4.5K | 1.0 | 1.05 | 0.45 |
| | | 2 種 | 200～　350 | 7.5K | 1.3 | 1.75 | 0.75 |
| | | | 400～1,500 | 7.5K | 1.3 | 1.4 | 0.75 |
| | | 3 種 | 200～　350 | 10K | 1.4 | 2.3 | 1.0 |
| | | | 400～1,500 | 10K | 1.4 | 2.1 | 1.0 |
| 逆止め弁 | JIS B 2031-1994 ねずみ鋳鉄弁 10K フランジ形スイング逆止め弁 | | 50～　200 | 10K | 1.37 | 1.37×1.5 | 1.37×1.1 |
| | JIS B 2071-2000 鋳鋼フランジ形弁 20K フランジ形スイング逆止め弁 | | 50～　300 | 20K | 3.53 | 3.53×1.5 | 3.53×1.1 |

注 1)　最高使用圧力欄に示す値は、最高許容圧力（使用圧力＋水撃圧）を表す。なお、＊は最高許容圧力と見なして選定することができる。

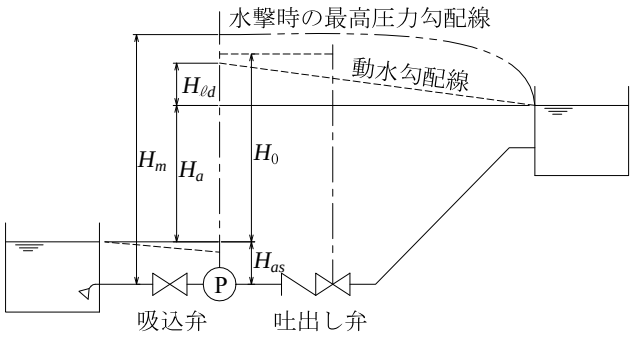
2)　試験圧力は、実際の使用圧力により変更する場合がある。

**〔参　考〕**弁圧力の選定例

弁の圧力選定は、呼び圧力と最高使用圧力の両方を満足する弁を選定しなければならない。

ポンプ設備での呼び圧力とは、通常の使用状態における常用圧力（静水圧又は動水圧、締切圧力）のことである。

最高使用圧力とは、常用圧力に水撃圧が加わった圧力のことである。




⑴　設計条件

| | |
|---|---|
| 実揚程（$H_a$） | 50 m |
| 吸込実揚程（$H_{as}$） | 5 m |
| 吐出し側損失水頭（$H_{\ell d}$） | 15 m |
| 締切揚程（$H_0$） | 80 m |
| ポンプ地点の最高圧力（$H_m$） | 90 m |

⑵　吸込弁の弁圧力選定

吸込弁はポンプ運転中は、開閉操作しないことから吸込実揚程を圧力として弁圧力を選定する。

吸込実揚程＝5m＝0.05MPa

したがって、水道用仕切弁（呼び圧力 7.5K）が選定される。なお、吸込実揚程が変動する場合には、吸込実揚程が最大となる条件で弁選定を行う。

⑶　吐出し弁の弁圧力選定

①　静水圧（又は動水圧）と締切圧力

| | | |
|---|---|---|
| 静水圧 | ＝$H_a$＋$H_{as}$ | ＝55m＝0.54MPa |
| 動水圧 | ＝$H_a$＋$H_{as}$＋$H_{\ell d}$ | ＝70m＝0.69MPa |
| 締切運転時圧力 | ＝$H_0$＋$H_{as}$ | ＝85m＝0.83MPa |

②　水撃時の最高圧力＝$H_m$　　＝90m＝0.88MPa

したがって、弁の呼び圧力が 0.83MPa 以上で、最高使用圧力が 0.88MPa 以上の圧力を満足する弁が選定される。

| | |
|---|---|
| 仕切弁 | 10K フランジ形仕切弁（呼び圧力 10K） |
| バタフライ弁 | 水道用バタフライ弁 3 種（呼び圧力 10K） |
| 逆止め弁 | 10K フランジ形スイング逆止め弁（呼び圧力 10K） |

# 第 10 章　補機設備の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-7〕

補機設備は、主ポンプの運転機能を発揮・継続させるために必要な冷却水、燃料等を適正に供給できるものとする。

## 10.1　補機設備の種類と構成

補機設備の種類と構成及び予備機の必要性については、系統別に示すと**表-10.1** のとおりである。

⑴　複数台の主ポンプ及び自家用発電設備に共通に使用される各補機を共通補機と呼び、これについては、危険分散を配慮し、予備機を設けることを原則とする。ただし、水槽等は、予備機を設けなくてもよい。

⑵　主ポンプ及び自家用発電設備１台ごとに設けられる各補機を直属補機と呼び、これについては、主ポンプ本体や自家用発電設備自体が危険分散を考慮した台数分割の設計になっているので、基本的には予備機を設けないこととする。ただし、始動空気槽等、緊急時において容易に代替えの手段をとることが困難な機器は、予備機を設けるものとする。

**表-10.1**　補機設備の種類と構成

| 系　統　名 | 補　機　名　称 | 予備機の必要なもの | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 給　水　系　統 | ・封水ポンプ | ○ | 共通補機 |
| | ・潤滑水ポンプ | ○ | 〃 |
| | ・冷却水ポンプ | ○ | 〃 |
| | ・取水ポンプ | ○ | 〃 |
| | ・高架水槽 | × | 〃 |
| | ・膨張タンク | × | 〃 |
| | ・オートストレーナ | ×注 1) | 〃 |
| | ・サンドセパレータ | ×注 1) | 〃 |
| | ・管内クーラ | × | 直属補機 |
| | ・電動ラジエータ | × | 〃 |
| | ・クーリングタワー | × | 共通補機 |
| 満　水　系　統 | ・真空ポンプ | ○ | 共通補機 |
| | ・補水槽 | × | 〃 |
| 燃　料　系　統 | ・燃料貯油槽 | ×注 2) | 共通補機 |
| | ・燃料小出槽 | × | 〃 |
| | ・燃料移送ポンプ | ○ | 〃 |
| 始　動　系　統 | ・空気圧縮機 | ○ | 共通補機 |
| | ・始動空気槽 | ○ | 直属補機 |
| | ・始動用直流電源装置 | × | 〃 |
| 潤　滑　油　系　統 | ・潤滑油冷却器 | × | 直属補機 |
| | ・流体継手用給油ポンプ | × | 〃 |
| 給　排　気　系　統 | ・排気管 | × | 直属補機/共通補機 |
| | ・消音器 | × | 直属補機 |
| | ・給気装置 | × | 共通補機 |

注1)　オートストレーナ及びサンドセパレータについては、水質、塵芥等により、予備機あるいは手動ストレーナなどを設けることもある。

2)　燃料貯油槽の容量が大きな場合（20～30kℓ程度以上）には、危険分散と道路輸送の寸法制限等を考慮して複数基に容量を分割して配置することが望ましいが、敷地の制約等もあるので個々のケースについて検討する必要がある。

3)　特別な用途及び大容量ポンプ場の場合には、使用頻度や使用条件に適合した補機を別に検討する必要がある。

## 10.2 給水系統補機設備

給水系統補機設備は、主ポンプに封水や潤滑水を必要とする場合や、主原動機及び減速機に冷却水を必要とする場合に設置するもので、ポンプ場の立地条件、水量・水質及び水温を考慮し、主ポンプの運転時に確実に供給が継続できるものとする。

封水、潤滑水、冷却水などの水量は、主ポンプの形式、吐出し量、主原動機の形式、流体継手、減速機の有無等の組合せによって決まる。

給水系統の各補機の形式、容量などは、以下の表及び線図によって求めた水量から決定するものとする。

⑴ 各水量の選定

① 主ポンプの封水量及び潤滑水量

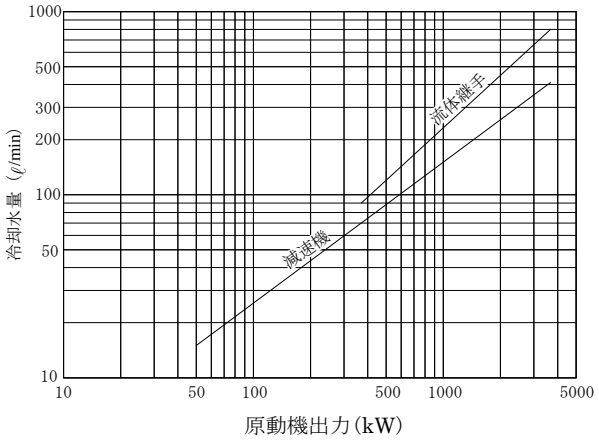
**表-10.2** 主ポンプの封水量及び潤滑水量

| 渦巻ポンプの給水量 | | | 軸流・斜流ポンプの給水量 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 主ポンプ吐出し量 ($m^3$/min) | 片吸込渦巻ポンプ封水量 ($\ell$/min) | 両吸込渦巻ポンプ封水量 ($\ell$/min) | 主ポンプ吐出し量 ($m^3$/min) | 横軸ポンプ封水量 ($\ell$/min) | 立軸ポンプのゴム軸受潤滑水量 ($\ell$/min) |
| 3超～ 5以下 | 9 | 18 | 12 超～ 23 以下 | 11 | 20 |
| 5超～ 8以下 | 10 | 20 | 23 超～ 36 以下 | 13 | 26 |
| 8超～ 12以下 | 11 | 22 | 36 超～ 50 以下 | 14 | 32 |
| 12超～ 18以下 | 12 | 24 | 50 超～ 70 以下 | 15 | 37 |
| 18超～ 23以下 | 13 | 26 | 70 超～ 90 以下 | 16 | 43 |
| 23超～ 28以下 | 14 | 28 | 90 超～115 以下 | 18 | 49 |
| 28超～ 35以下 | 15 | 30 | 115 超～150 以下 | 19 | 54 |
| 35超～ 50以下 | 17 | 34 | 150 超～200 以下 | 21 | 65 |
| 50超～ 70以下 | 19 | 38 | 200 超～255 以下 | 23 | 74 |
| 70超～ 90以下 | 21 | 42 | 255 超～325 以下 | 25 | 82 |
| 90超～120以下 | 23 | 46 | 325 超～400 以下 | 26 | 91 |
| 120超～150以下 | 25 | 50 | 400 超～480 以下 | 28 | 99 |
| 150超～200以下 | 29 | 58 | 480 超～600 以下 | 30 | 110 |

注1) 無給水軸封装置、セラミック軸受を採用する場合は、本表を適用しない。

2) 軸流･斜流ポンプの給水量において、主ポンプの全揚程が斜流ポンプで3.2m以下、軸流ポンプで2.5m以下の場合は、「5.4.4.1 **〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、使用する。

② 流体継手、減速機冷却水量



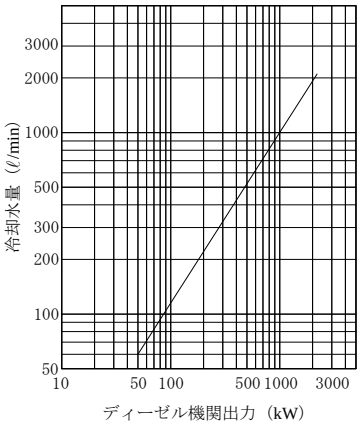

注 1) 入口冷却水温は 40℃以下。

2) 冷却水出入口の温度差は次のとおりである。
減速機：3℃，流体継手：3℃。

3) 空冷式減速機を採用する場合は，本図を適用しない。

**図-10.1** 流体継手、減速機の冷却水量選定線図

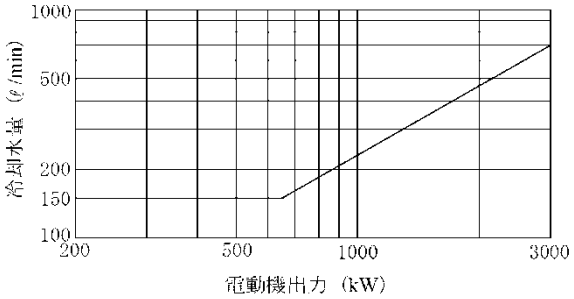
③　ディーゼル機関冷却水量




注 1)　冷却水入口温度は 40℃以下とする。
2)　冷却水出入口温度差は 15℃程度である。
3)　管内クーラ方式を採用する場合は，本図を適用しない。

**図-10.2**　ディーゼル機関の冷却水量選定線図

④　速度制御用液体抵抗器冷却水量




注 1)　冷却水入口温度は30℃以下とする。
2)　冷却水出入口温度差は 10℃程度である。

**図-10.3**　速度制御用液体抵抗器の冷却水量選定線図

**〔参　考〕**

〔例〕横軸斜流ポンプ　150m$^3$/min　　ディーゼル機関出力　200kW

この場合、主ポンプ封水、歯車減速機、ディーゼル機関の冷却水が必要となる。

| | | |
|---|---|---|
| 主ポンプの封水量 | （**表-10.2** から） | 19ℓ/min |
| 減速機冷却水量 | （**図-10.1** から） | 44ℓ/min |
| ディーゼル機関冷却水量 | （**図-10.2** から） | 220ℓ/min |
| 合　　計 | | 283ℓ/min |

給水ポンプの選定は、次式により全揚程を求め、主ポンプに準じて原動機出力、ポンプ形式及び概略寸法を求める。

全揚程 $H$＝実揚程＋必要圧力＋配管損失

実 揚 程：各機器入口高さ－冷却水槽 LWL

必要圧力：**表-10.25** 各機器の入口部における必要圧

配管損失：5m 程度とする。（詳細は、「**5.3 全揚程の決定方法**」を参照する。）

⑵　ディーゼル機関の冷却方式

ディーゼル機関の冷却方式は、「**6.1　主原動機の選定**」 **図-6.1** 内燃機関の分類に示すように、水冷式と空冷式に大別される。270kW 程度未満については空冷式も採用されつつあるが、それを超える出力のものについては、給水系統補機設備を簡素化する目的で、機付ラジエータ冷却方式、別置ラジエータ方式、管内クーラ方式及び槽内クーラ方式が多く採用されている。代表として、管内クーラ方式の例を**図-10.4** に示す。なお、別置ラジエータ冷却方式は屋外に熱交換器を設置するもので、また、槽内クーラ方式は吐出し水槽などに熱交換器を設置する。それ以外は**図-10.4** と同じである。

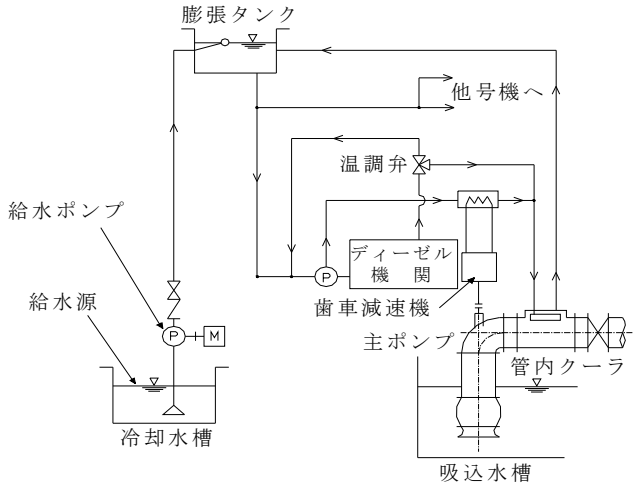



**図-10.4** 管内クーラ方式の冷却装置（例）

水冷方式の代表例として、管内クーラ及び槽内クーラの特長及び留意点を示す。

1）管内クーラ

| 特　　長 | 留　意　点 |
|---|---|
| ①　給水系統の機器を少なくすることが可能であり、信頼性を向上することが可能である。<br>②　運転操作も単純化され、停電時も運転継続が可能である。<br>③　冷却水使用量を減少させることが可能である。<br>④　システムが簡素化でき、電気容量を低減できる。 | ①　管内クーラ部の損失を考慮する必要があり、主ポンプ全揚程が大きくなる。<br>②　伝熱管を主ポンプ吐出し管内に収納するため、水質が極端に悪い（多量の異物・塵芥の流入、強い腐食環境等）場合には、採用に当たって十分考慮しておく必要がある。<br>③　管内クーラ設置のためのスペースが屋内に必要となる。<br>④　非満管状態では冷却能力が低下するため、設置位置を十分検討しておく必要がある。 |

2）槽内クーラ

| 特　　長 | 留　意　点 |
|---|---|
| ①　給水系統の機器を少なくすることが可能であり、信頼性を向上することが可能である。<br>②　運転操作も単純化され、停電時も運転継続が可能である。<br>③　冷却水使用量を減少させることが可能である。<br>④　システムが簡素化でき、電気容量を低減できる。<br>⑤　槽内クーラを吐出し水槽内に設置するため、屋内のスペースを特には必要としない。 | ①　吐出し水槽の流水を妨げないよう設置する必要がある。<br>②　異物の衝突に配慮した防護柵などを必要に応じ設置する。<br>③　主ポンプ運転中、伝熱管部が完全に没水するよう、槽内クーラ高さを決定する必要がある。<br>④　槽内クーラの大きさを考慮し、吐出し水槽の形状寸法を決定する必要がある。<br>⑤　保守管理のため、槽内クーラを引き上げやすい構造とする必要がある。 |

注）槽内クーラの選定に関しては、取付条件を考慮して、検討を行うものとする。

3）管内クーラの構造

管内クーラは、主ポンプの吐出し管部に設置される。

一般的な外観を**図-10.5**に、構造を**図-10.6** に示す。

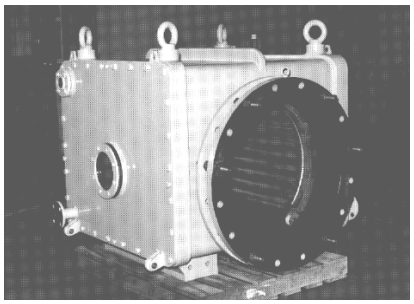


**図-10.5**　管内クーラ外観（例）

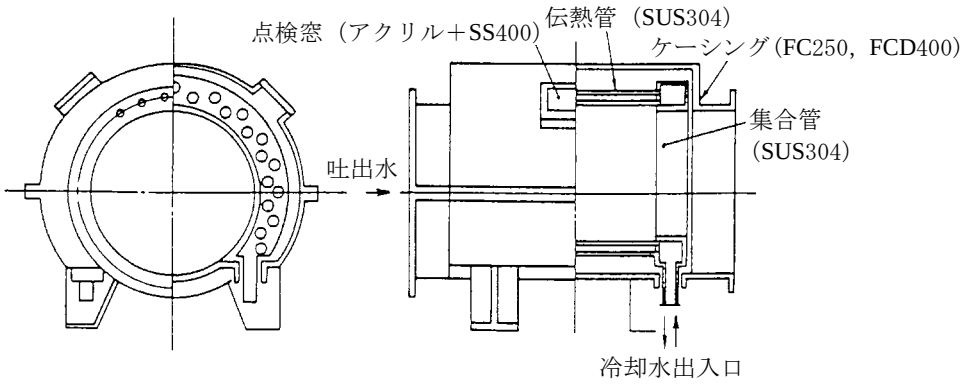



**図-10.6**　管内クーラの構造（例）

4）槽内クーラの構造

槽内クーラは、主ポンプの吐出し水槽あるいは吸込水槽内等に設置される。

一般的な外観を**図-10.7**に、構造を**図-10.8** に示す。

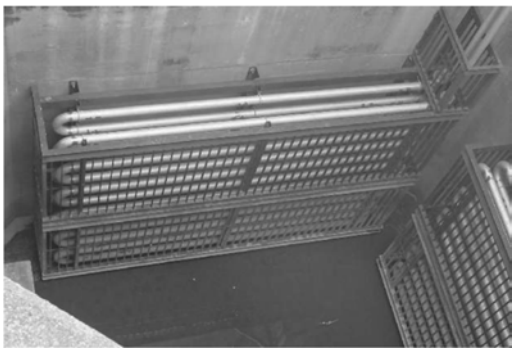


**図-10.7**　槽内クーラ外観（例）

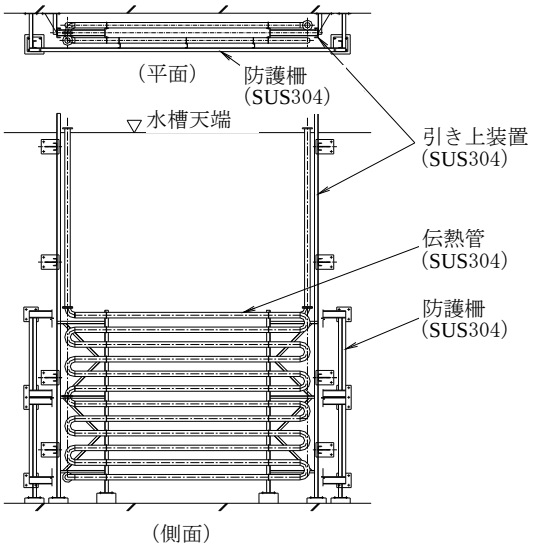



**図-10.8**　槽内クーラの構造（例）

5）管内クーラの選定

管内クーラの選定方法は、**図-10.9**、**図-10.10** の管内クーラ選定図において、吐出し量と原動機出力の交点を求め、その上位近傍の領域の口径領域記号のものを選定する。

なお、主要寸法及び荷重は、**表-10.3** による。

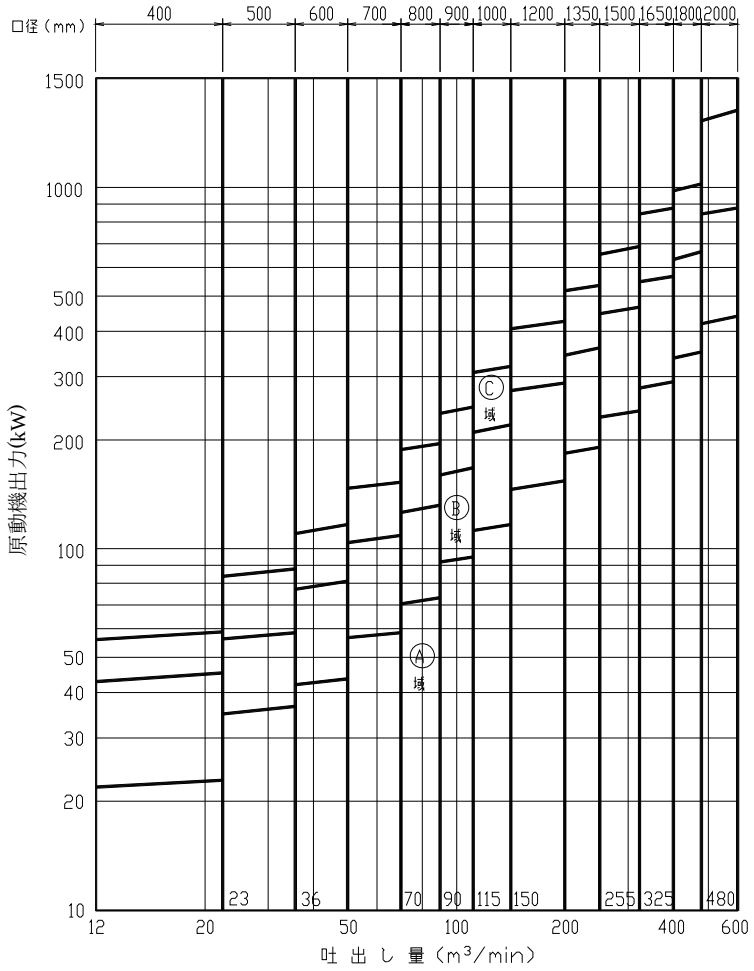



**図-10.9**　管内クーラ選定図（吐出し管形式タイプ１用）

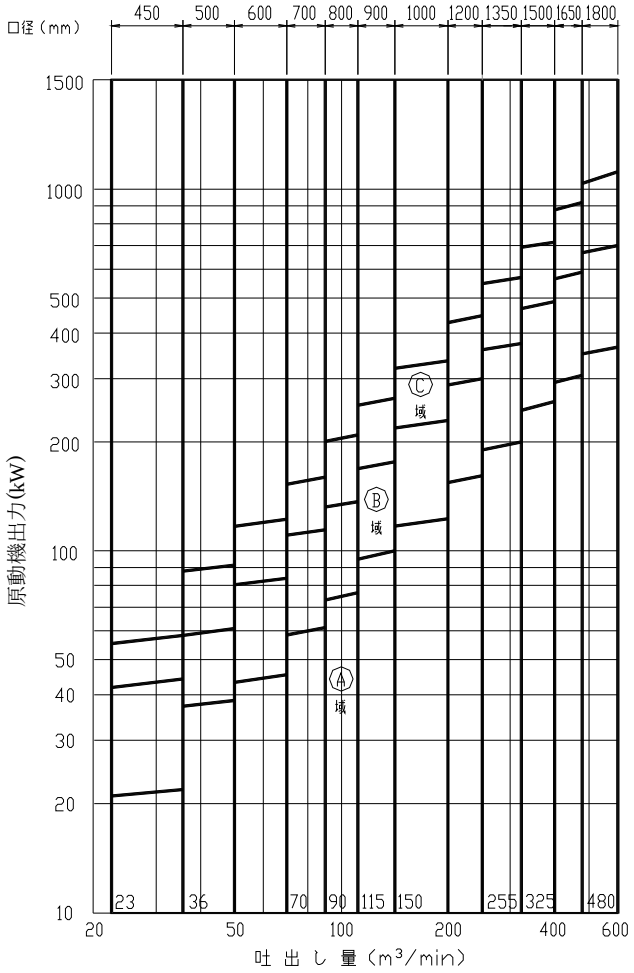



**図-10.10**　管内クーラ選定図（吐出し管形式タイプ 2、3 用）

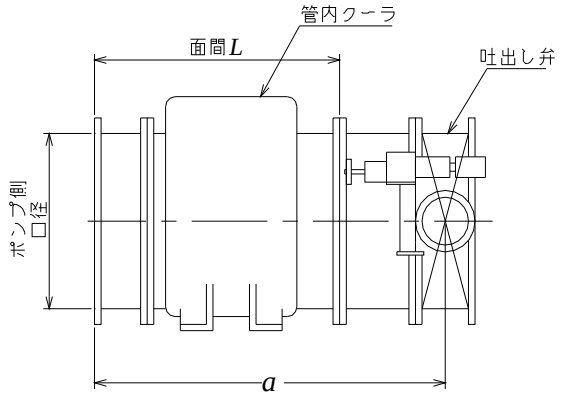



**表-10.3** 管内クーラの主要寸法及び荷重表（吐出し管形式タイプ 1、2、3 共通）

| 管内クーラ口径（mm） | 領域記号 | 面間 $L$（mm） | 床荷重（kN） | 設置必要寸法 $a$（mm） |
|---|---|---|---|---|
| 400 | Ⓐ | 950 | 12 | 1,500 |
| | Ⓑ | 1,250 | 15 | 1,800 |
| | Ⓒ | 1,450 | 18 | 2,000 |
| 450 | Ⓐ | 1,000 | 15 | 1,550 |
| | Ⓑ | 1,250 | 17 | 1,800 |
| | Ⓒ | 1,480 | 20 | 2,050 |
| 500 | Ⓐ | 1,050 | 17 | 1,600 |
| | Ⓑ | 1,250 | 19 | 1,800 |
| | Ⓒ | 1,500 | 22 | 2,050 |
| 600 | Ⓐ | 1,050 | 20 | 1,800 |
| | Ⓑ | 1,350 | 24 | 2,100 |
| | Ⓒ | 1,600 | 29 | 2,350 |
| 700 | Ⓐ | 1,150 | 26 | 1,900 |
| | Ⓑ | 1,450 | 32 | 2,200 |
| | Ⓒ | 1,750 | 38 | 2,500 |
| 800 | Ⓐ | 1,200 | 33 | 2,050 |
| | Ⓑ | 1,550 | 41 | 2,400 |
| | Ⓒ | 1,900 | 49 | 2,750 |
| 900 | Ⓐ | 1,300 | 42 | 2,200 |
| | Ⓑ | 1,650 | 52 | 2,550 |
| | Ⓒ | 2,000 | 61 | 2,900 |
| 1,000 | Ⓐ | 1,350 | 54 | 2,250 |
| | Ⓑ | 1,750 | 67 | 2,650 |
| | Ⓒ | 2,100 | 79 | 3,000 |
| 1,200 | Ⓐ | 1,450 | 73 | 2,400 |
| | Ⓑ | 1,850 | 90 | 2,800 |
| | Ⓒ | 2,250 | 107 | 3,200 |
| 1,350 | Ⓐ | 1,600 | 93 | 2,550 |
| | Ⓑ | 1,950 | 111 | 2,900 |
| | Ⓒ | 2,450 | 133 | 3,400 |
| 1,500 | Ⓐ | 1,650 | 113 | 2,650 |
| | Ⓑ | 2,150 | 141 | 3,150 |
| | Ⓒ | 2,700 | 173 | 3,700 |
| 1,650 | Ⓐ | 1,700 | 136 | 2,800 |
| | Ⓑ | 2,300 | 171 | 3,400 |
| | Ⓒ | 2,900<br>(3,100) | 212<br>(220) | 4,000<br>(4,200) |
| 1,800 | Ⓐ | 1,750 | 164 | 2,850 |
| | Ⓑ | 2,450 | 209 | 3,550 |
| | Ⓒ | 3,050<br>(3,200) | 260<br>(276) | 4,150<br>(4,300) |
| 2,000 | Ⓐ | 1,900 | 209 | 3,000 |
| | Ⓑ | 2,650<br>(2,800) | 272<br>(284) | 3,750<br>(3,900) |
| | Ⓒ | 3,350<br>(3,600) | 336<br>(360) | 4,450<br>(4,700) |

注 1)　（　）内数値は、流体継手設置の場合を示す。

2)　面間 $L$ 部の床荷重は、（製品質量（kg）＋内水質量（kg））×（9.8/1,000）×1.2 として算出したものである。

⑶　給水の水質

給水は、直接機器に供給する場合と、一旦冷却水槽や高架水槽などに貯留する場合があり、水源は、清水（上水道水）や井戸水が使用される。井戸水を使用する場合は、水に含まれているごみや土砂などの混入度合いによっては処理装置（オートストレーナ、サイクロンセパレータなど）を通して使用する必要がある。なお、好ましい水質の目安を**表-10.4** に示す。

**表-10.4**　給水の水質の目安

| 項　目 | 記　号 | 単　位 | 給水の目安値　注1) | 機関冷却水の目安値　注2) | 傾向 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 腐食 | スケール |
| pH（25℃） | － | － | 6.5～8.2 | 6.5～8.5 | ○ | ○ |
| 電気伝導率（25℃） | － | mS/m | 80 以下 | 40 以下 | ○ | ○ |
| 塩化物イオン | $CL^-$ | mg/L | 200 以下 | 50 以下 | ○ | － |
| 硫酸イオン | $SO_4^{2-}$ | mg/L | 200 以下 | 50 以下 | ○ | － |
| Mアルカリ度 | $CaCO_3$ | mg/L | 100 以下 | 100 以下 | － | ○ |
| 全　硬　度 | $CaCO_3$ | mg/L | 200 以下 | 100 以下 | － | ○ |
| シ　リ　カ | $SiO_2$ | mg/L | 50 以下 | 50 以下 | － | ○ |
| 全　　鉄 | Fe | mg/L | 1.0 以下 | 0.3 以下 | ○ | ○ |
| アンモニウムイオン | $NH^4$ | mg/L | 1.0 以下 | 0.1 以下 | ○ | － |
| 全蒸発残留物 | － | mg/L | 500 以下　注3) | 400 以下 | － | ○ |

注 1)　給水は日本冷凍空調工業会標準規格 JRA-GL-02-1994 冷凍空調機器用冷却水水質基準（冷却水系循環水）から抜粋した。

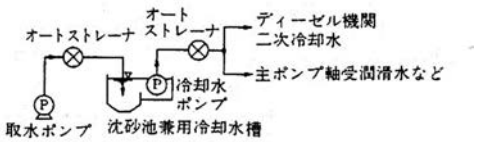
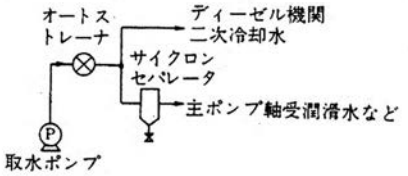
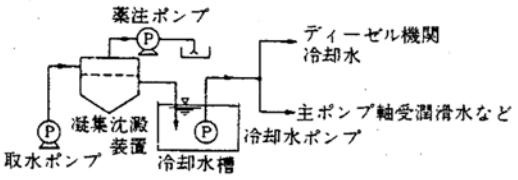
注 2)　ディーゼル機関の冷却水は、LESR 3003-2003（社）陸用内燃機関協会推奨規格による。

注 3)　全蒸発残留物の目安値は上水道水質基準である。

⑷　水質改善

給水の水質を改善するためには、処理装置を設ける。処理方法については、**表-10.5** に示す 3 方式があるが、オートストレーナによるごみの除去方式が一般的である。凝集沈殿装置を使う場合は、水質が相当悪く、しかも大量の水を必要とするポンプ場に適する。

**表-10.5**　給水の処理方法

| 方式 | 系統 | 処理対象物 |
|---|---|---|
| オートストレーナ<br>＋沈砂池 |  | ・砂<br>・ごみ |
| オートストレーナ<br>＋サイクロンセパレータ |  | ・砂<br>・ごみ |
| 凝集沈殿装置 |  | ・砂<br>・ごみ<br>・鉄分<br>・塩素イオン |

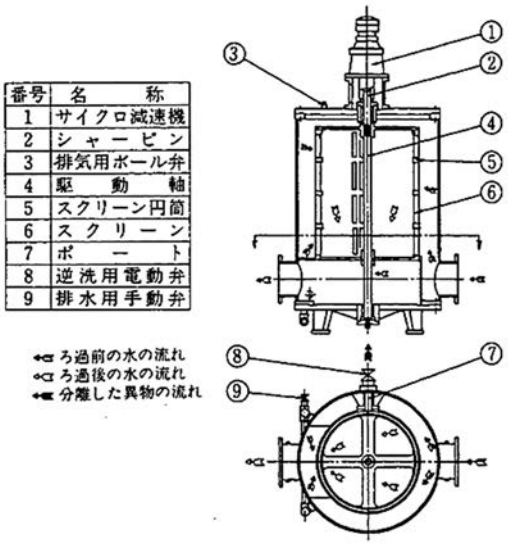



図-10.11 オートストレーナの構造例

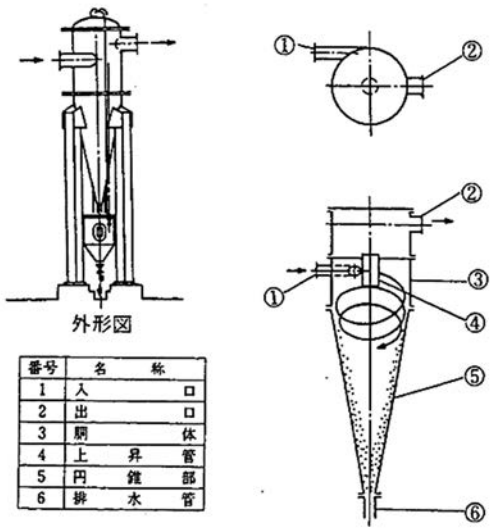



図-10.12 サイクロンセパレータの構造例

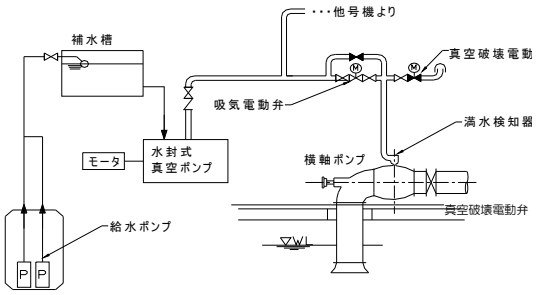
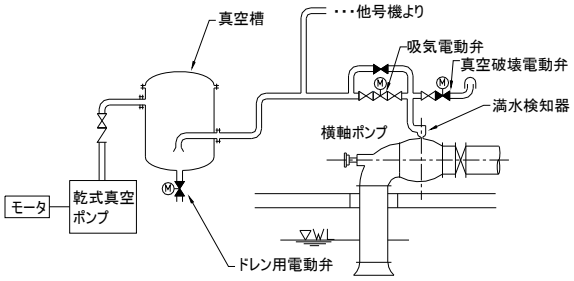
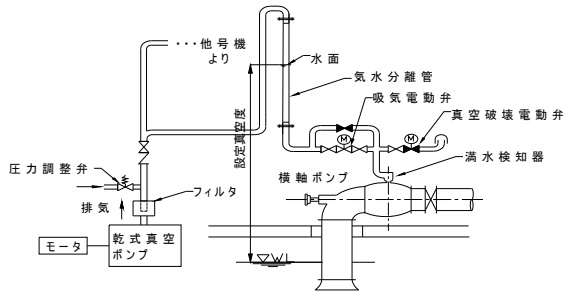
## 10.3　満水系統補機設備

満水系統補機設備は、主ポンプを満水するために設けられるもので気密性に優れ、主ポンプを必要時間内で満水可能な設備とする。

⑴　満水系統補機設備の種類と特徴

満水系統補機設備は、使用される真空ポンプの形式によって、**表-10.6** に示す種類がある。

**表-10.6**　満水系統補機設備の種類と特徴

| 形式 | | システム構成図 | 設備構成 | 特徴 |
|---|---|---|---|---|
| 水封式真空ポンプ | |  | 水封式真空ポンプ<br>補水槽<br>満水検知器<br>給水ポンプ | ＜長所＞水を吸込んでも水封式であるため支障がない。乾式真空ポンプに比べ安価である。<br>＜短所＞真空ポンプ補水槽へ給水するための給水設備を必要とする。休止期間中は、回転体の固着防止・防錆のために水抜作業を必要とする。 |
| 乾式真空ポンプ | 真空槽方式 |  | 乾式真空ポンプ<br>真空槽<br>ドレン用電動弁<br>満水検知器 | ＜長所＞乾式のため、給水設備が不要となる。満水状態での待機が容易である。<br>＜短所＞水封式に比べ高価である。乾式真空ポンプ保護のための真空槽を必要とする。 |
| | 気水分離管方式 |  | 乾式真空ポンプ<br>気水分離管<br>圧力調整弁<br>満水検知器 | ＜長所＞乾式のため給水設備が不要となる。満水状態での待機が容易である。<br>＜短所＞水封式に比べ高価である。立上げ管（気水分離管）を設置するための天井高さが必要となる。 |

⑵　満水時間

満水時間は、極力短いことが望ましく 5 分以内となるように真空ポンプの容量を決定する。ただし、大容量の主ポンプや主ポンプ前後の配管が長い場合には、真空ポンプの電動機出力が大きくなり、電気設備が過大となるので、満水時間を 10 分程度まで許容して設計する。

⑶　真空ポンプの選定

真空ポンプの選定は、**図-10.13～図-10.16** の選定図により求める。ただし、この選定図は吐出し配管長さが一定の条件の下における相対風量（大気圧に換算した真空ポンプによる空気排除量）と必要な真空ポンプの容量を求めるものであり、ポンプ設備の据付状態により配管長さが大幅に異なる場合や、管内クーラ設置の場合は更に詳細な検討を行う必要がある。

① 横軸渦巻ポンプの真空ポンプ選定

相対風量は、横軸渦巻ポンプの吸込・吐出し管を含み、下図の配管寸法（**表-10.7**）の場合を示す。

〔選定例〕主ポンプ吸込口径 400mm、吸上高さ $Hs$＝4.2m、満水時間 5min の真空ポンプの容量は次のとおりとなる。破線にしたがって、吸上高さ(m)→主ポンプ吸込口径(mm)と満水時間（min）との交点の上位を読み、25～32mm 真空ポンプ 1.5kW とする。

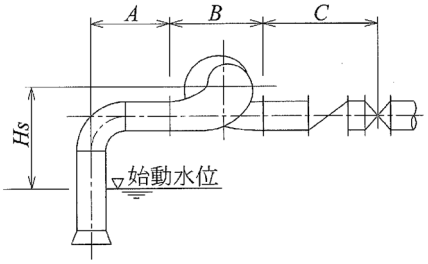



**表-10.7** 横軸渦巻ポンプの主要寸法

| 主ポンプ吸込口径 (mm) | A (m) | B (m) | C (m) | 主ポンプ吸込口径 (mm) | A (m) | B (m) | C (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 1.3 | 0.80 | 1.50 | 600 | 3.0 | 1.70 | 2.10 |
| 250 | 1.5 | 0.85 | 1.55 | 700 | 3.4 | 1.90 | 2.30 |
| 300 | 1.6 | 0.90 | 1.60 | 800 | 3.8 | 2.20 | 2.50 |
| 350 | 1.9 | 1.05 | 1.70 | 900 | 4.1 | 2.40 | 2.80 |
| 400 | 2.1 | 1.10 | 1.80 | 1,000 | 4.6 | 2.60 | 3.10 |
| 450 | 2.3 | 1.20 | 1.85 | 1,200 | 5.4 | 3.10 | 3.40 |
| 500 | 2.6 | 1.30 | 1.90 | | | | |

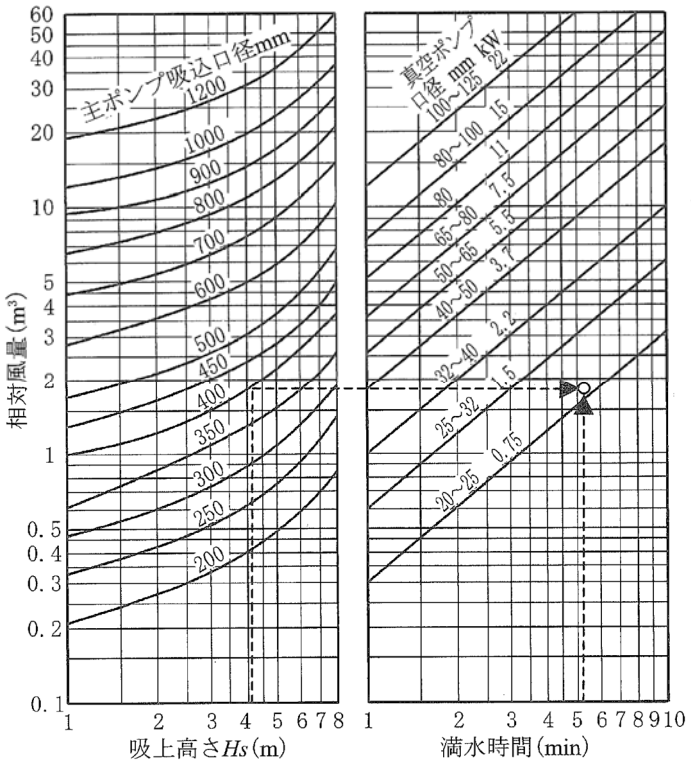



**図-10.13** 横軸渦巻ポンプの真空ポンプ選定図（50Hz・60Hz 共用）

注 1) 渦巻ポンプのケーシングの相対風量は、全揚程 15～20m の場合とする。
2) ケーシング相対風量は全揚程によって異なるために、詳細な計算はケーシング相対風量を確認の上、計算する必要がある。

② 横軸軸流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1）の真空ポンプ選定

相対風量は、横軸軸流ポンプの吸込・吐出し管を含み、下図の配管寸法（**表-10.8**）の場合を示す。

〔選定例〕主ポンプ吸込口径 700mm、吸上高さ $Hs$＝2.8m、満水時間 5min の真空ポンプの容量は次のとおりとなる。破線にしたがって、吸上高さ(m)→主ポンプ吸込口径(mm)と満水時間（min）との交点の上位を読み、32～40mm 真空ポンプ 2.2kW とする。

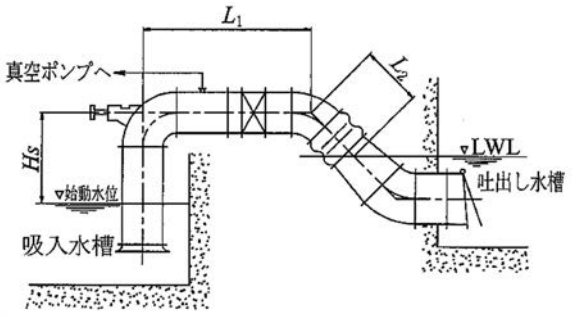
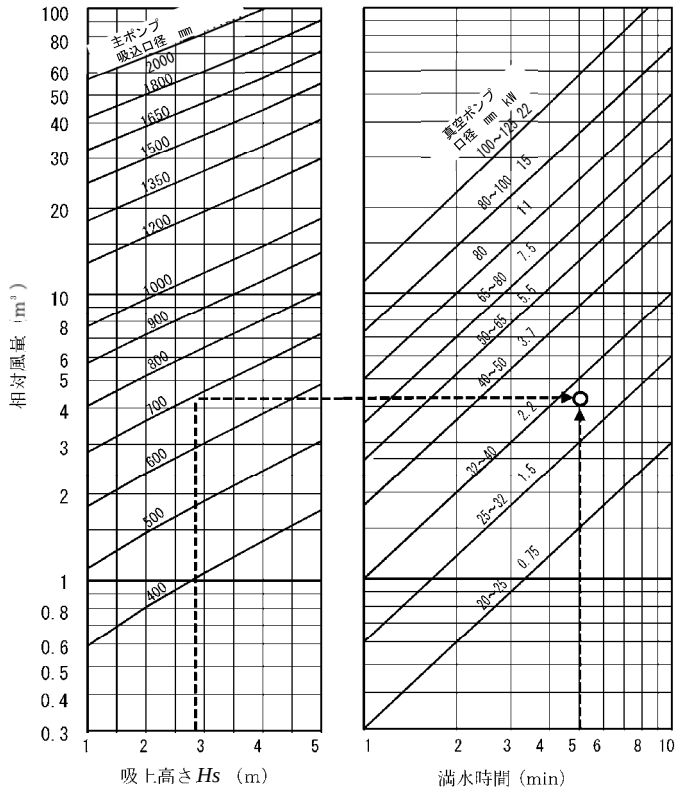



**表-10.8**　横軸軸流ポンプの吐出し側主要寸法

| 主ポンプ吸込口径 (mm) | $L_1$ (m) | $L_2$ (m) |
|---|---|---|
| 400 | 2.0 | 1.2 |
| 500 | 2.5 | 1.5 |
| 600 | 3.0 | 1.7 |
| 700 | 3.5 | 2.0 |
| 800 | 4.0 | 2.2 |
| 900 | 4.5 | 2.5 |
| 1,000 | 5.0 | 2.7 |
| 1,200 | 6.0 | 3.1 |
| 1,350 | 6.7 | 3.5 |
| 1,500 | 7.5 | 3.8 |
| 1,650 | 8.2 | 4.1 |
| 1,800 | 9.0 | 4.5 |
| 2,000 | 10.0 | 5.0 |




吐出し管形式が異なる場合、概略上図を採用してもよい。

**図-10.14**　横軸軸流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1）の真空ポンプ選定図（50Hz・60Hz 共用）

③ 横軸斜流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1、吐出し弁閉始動）の真空ポンプ選定

相対風量は、吐出し弁を全閉して始動する場合の横軸斜流ポンプの吸込・吐出し管を含み、図の配管寸法（**表-10.9**）の場合を示す。

〔選定例〕主ポンプ吸込口径 700mm、吸上高さ $Hs$＝2.8m、満水時間 5min の真空ポンプの容量は次のとおりとなる。破線にしたがって、吸上高さ(m)→主ポンプ吸込口径(mm)と満水時間（min）との交点の上位を読み、25～32mm 真空ポンプ 1.5kW とする。

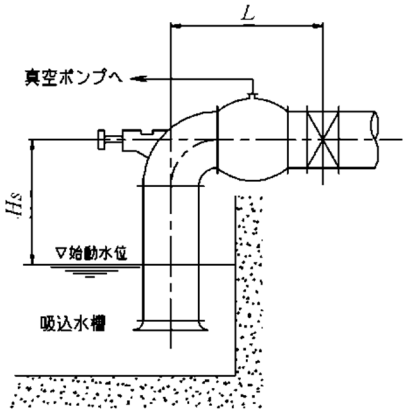
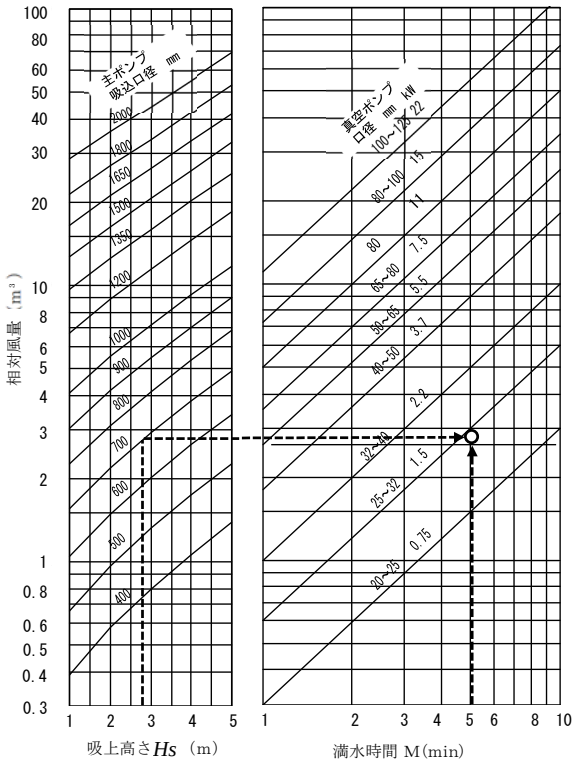



**表-10.9** 横軸斜流ポンプの吐出し側主要寸法（吐出し弁全閉時）

| 主ポンプ吸込口径 (mm) | $L$ (m) | 主ポンプ吸込口径 (mm) | $L$ (m) |
|---|---|---|---|
| 400 | 1.55 | 1,200 | 3.60 |
| 500 | 1.75 | 1,350 | 4.15 |
| 600 | 1.95 | 1,500 | 4.45 |
| 700 | 2.20 | 1,650 | 4.85 |
| 800 | 2.55 | 1,800 | 5.35 |
| 900 | 2.75 | 2,000 | 5.90 |
| 1,000 | 3.05 | | |




注1) 吐出し管形式が異なる場合、概略上図を採用してよい。

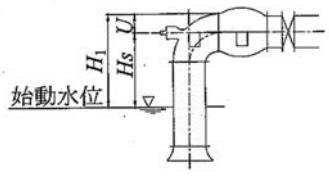
2) 横軸斜流ポンプにおいて、吐出し弁全閉で満水させる場合、主ポンプ始動時に吐出し弁下流側の空気を吐出し、水とともに排出しなければならない。（詳細は、5.4.3.2 を参照）

空気を排出するためには、$H_1$（＝$H_s$＋$U$）の値を、主ポンプ全揚程（$H$）の130%以下とする必要がある。

したがって、横軸斜流ポンプの相対風量は、次のように求めるものとする。

$H_1 \leqq 1.3 \times H$ の場合 …… 吐出し弁全閉の条件（**図-5.15(a)**）

$H_1 > 1.3 \times H$ の場合 …… 吐出し弁全開の条件の場合④を参照する。




注） $U$ 寸法は**表-5.58** 参照。

**図-10.15** 横軸斜流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1）（吐出し弁全閉時）の真空ポンプ選定図（50Hz・60Hz 共用）

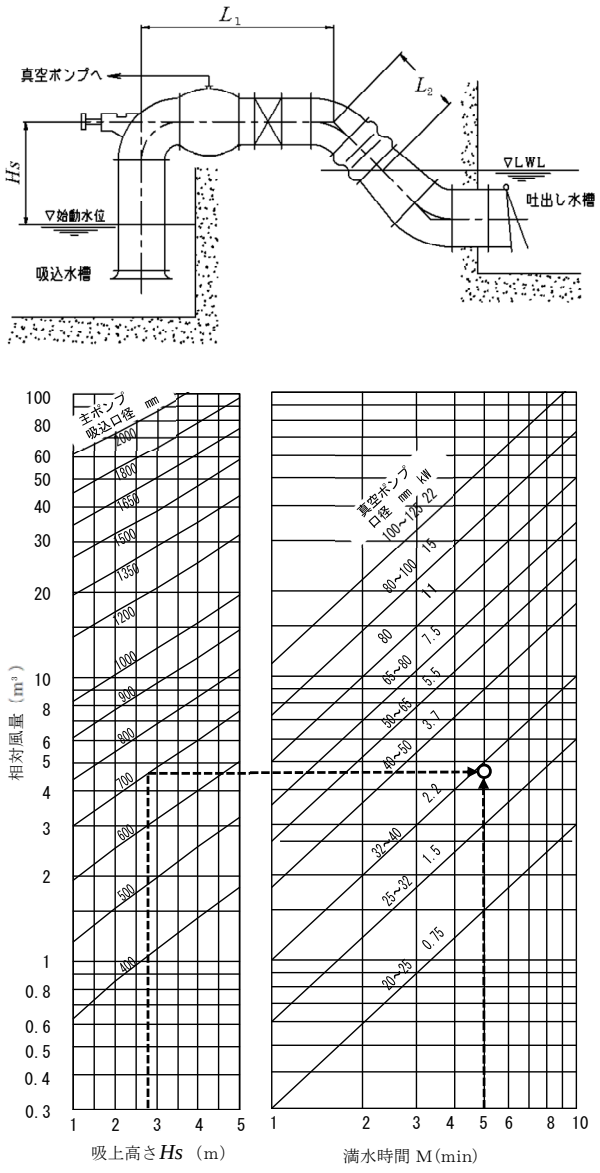
④　横軸斜流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1、吐出し弁開始動）の真空ポンプ選定

相対風量は、吐出し弁を全開して始動する場合の横軸斜流ポンプの吸込・吐出し管を含み、下図の配管寸法（**表-10.10**）の場合を示す。

〔選定例〕主ポンプ吸込口径 700mm、吸上高さ $Hs$＝2.8m、満水時間 5min の真空ポンプの容量は次のとおりとなる。破線にしたがって、吸上高さ(m)→主ポンプ吸込口径(mm)と満水時間（min）との交点の上位を読み、25～32mm 真空ポンプ 1.5kW とする。

**表-10.10**　横軸斜流ポンプの吐出し側主要寸法

| 主ポンプ吸込口径 (mm) | $L_1$ (m) | $L_2$ (m) |
|---|---|---|
| 400 | 2.2 | 1.2 |
| 500 | 2.7 | 1.5 |
| 600 | 3.2 | 1.7 |
| 700 | 3.8 | 2.0 |
| 800 | 4.4 | 2.2 |
| 900 | 4.9 | 2.5 |
| 1,000 | 5.5 | 2.7 |
| 1,200 | 6.5 | 3.1 |
| 1,350 | 7.5 | 3.5 |
| 1,500 | 8.3 | 3.8 |
| 1,650 | 9.0 | 4.1 |
| 1,800 | 9.9 | 4.5 |
| 2,000 | 10.9 | 5.0 |




吐出し管形式が異なる場合、概略上図を採用してもよい。

**図-10.16**　横軸斜流ポンプ（吐出し管形式：タイプ 1）の真空ポンプ選定図（50Hz・60Hz 共用）

## 10.4 燃料系統補機設備

燃料系統補機設備は、内燃機関の運転に必要な燃料を確実かつ安定した供給ができるものとする。

⑴ 燃料系統補機設備の構成

燃料系統補機設備は、燃料貯油槽、燃料小出槽、燃料移送ポンプ等で構成される（**図-10.17**）。

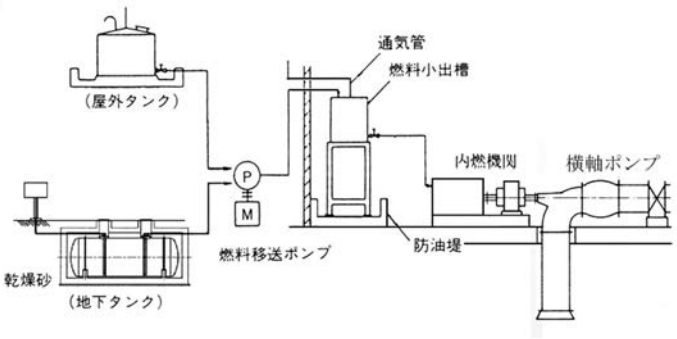



**図-10.17** 燃料系統補機設備の構成

⑵ 燃料貯油槽

燃料貯油槽は屋内燃料貯油槽、屋外燃料貯油槽、地下燃料貯油槽等に分類され、危険物関係法令（消防法、政令、都道府県市町村条令等）に基づいて設置する。

① 燃料貯油槽の形式

- 燃料貯油槽
  - 地上タンク貯蔵
    - 屋 外 設 置 ……屋外タンク貯蔵所（**表-10.9** 参照）
    - 屋 内 設 置 ……屋内タンク貯蔵所
  - 地下タンク貯蔵
    - 地下タンク室設置……地下タンク貯蔵所（**表-10.11** 参照）
    - 直 接 設 置 ……地下タンク貯蔵所

② 燃料貯油槽の容量

燃料貯油槽の容量は、原則として 1 回の計画基準降雨時における連続運転に支障のないように決定するとともに、ポンプ場の立地条件による補給油頻度を勘案して決定する。

燃料貯油槽の容量は、**式（10.1）**から求められる。

$$Q=\Sigma q\cdot\alpha=\sum\left(\frac{B_E\cdot P_E\cdot t}{1,000\cdot W_f}\right)\cdot\alpha \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (10.1)$$

$Q$ ：燃料貯油槽の容量（内容量）（kL）
$q$ ：各内燃機関の必要燃料量（kL）
$\alpha$ ：余裕係数（$\alpha$=1.2～1.3）
$B_E$ ：各内燃機関の燃料消費率（kg/kW･h）（**表-10.11** による）
$P_E$ ：各内燃機関の出力（kW）
$t$ ：各内燃機関の必要連続運転時間（h）
$W_f$ ：燃料の単位質量（kg/L ：灯油 0.79、軽油 0.83、A 重油 0.85）

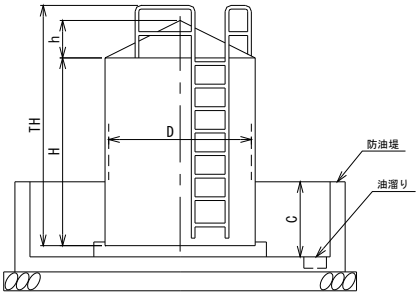
**表-10.11**　内燃機関の燃料消費率

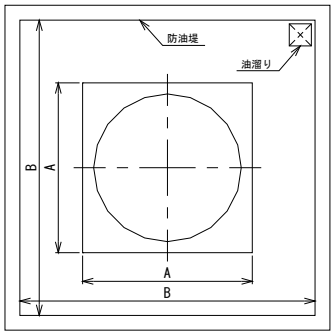
（単位　kg/kW・h）

| 内燃機関出力（kW） | 横軸ガスタービン | 立軸ガスタービン | ディーゼル機関 |
|---|---|---|---|
| 100 未満 | | | 0.33 |
| 100 以上～ 200 未満 | 0.68 | 0.72 | 0.29 |
| 200 以上～ 400 未満 | 0.65 | 0.68 | 0.27 |
| 400 以上～ 800 未満 | 0.59 | 0.61 | 0.25 |
| 800 以上～1,200 未満 | 0.52 | 0.54 | 0.23 |
| 1,200 以上 | 0.50 | 0.52 | 0.23 |

③　屋外タンク貯蔵所(地上タンク設置)

**表-10.12**　地上タンク式燃料貯油槽の寸法･形状




主燃料槽の寸法　　単位:mm

| 容量 (L) | D (内径) | H (胴高さ) | h (頂高さ) | TH (全高さ) | 側板 厚さ(t) | 頂板 厚さ(t) | 底板 厚さ(t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1950 | 1360 | 1420 | 125 | 1545 | 3.2 | 3.2 | 4.5 |
| 5000 | 1700 | 2350 | 155 | 2505 | 4.5 | 3.2 | 4.5 |
| 10000 | 2200 | 2850 | 200 | 3850 | 4.5 | 4.5 | 6.0 |
| 15000 | 2200 | 4250 | 200 | 5375 | 4.5 | 4.5 | 6.0 |
| 18000 | 2500 | 3950 | 220 | 4900 | 4.5 | 4.5 | 6.0 |

防油堤の寸法　　単位:mm

| 容量 (L) | A (基礎部) | B (内部矩) | C (堤高さ) |
|---|---|---|---|
| 1950 | 1700 | 2400 | 500 |
| 5000 | 2000 | 3500 | 500 |
| 10000 | 2500 | 4400 | 600 |
| 15000 | 2500 | 5200 | 650 |
| 18000 | 2800 | 5300 | 750 |

注 1）防油提内に油溜りを設け、ドレーン配管及び仕切弁を接続するものとする。

(i)　屋外タンク貯蔵所の構造

比較的多量の危険物を貯蔵するために設けられ、屋外タンクの寸法によっては輸送に困難をきたす場合もあるので、現地製作も考慮する必要がある。

a. 保安物件から保安距離が確保されていること（危険物の規制に関する政令第 9 条参照)。

保安物件とは住居、多数の人を収容する施設、重要無形文化財等の建造物、高圧ガス施設、特別高圧架空電線等をいい、これらの施設から周囲には保安空地の幅を 3m 以上（ただし、容量が重油 1,000kL、軽油 500kL 以下)有するものとする（危険物の規制に関する政令第 11 条 2 項参照)。

| | |
|---|---|
| 一般住宅 | 10m 以上 |
| 学校・病院・劇場等 | 30m 以上 |
| 重要文化財等 | 50m 以上 |
| 7000～35000V の特別高圧架空電線 | 水平距離で 3m 以上 |
| 35000V を超える特別高圧架空電線 | 水平距離で 5m 以上 |

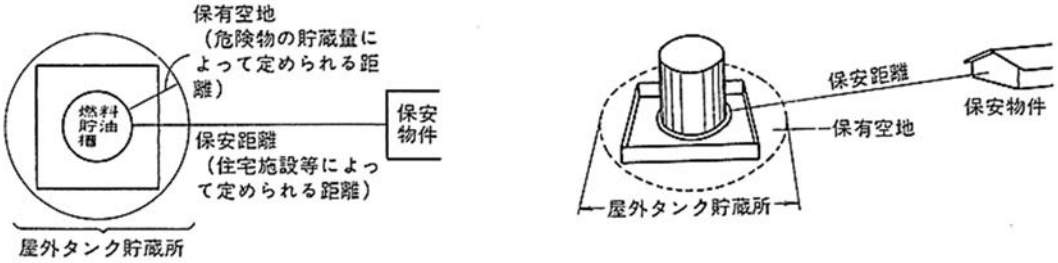



**図-10.18** 燃料貯油槽からの保安距離

b. 燃料貯油槽の周囲には鉄筋コンクリートで危険物が流出しない構造の防油堤を造ること。防油堤の基準は**表-10.13** に示すとおりである（危険物の規制に関する規則 22 条参照）。

**表-10.13** 危険物に対する防油堤の基準

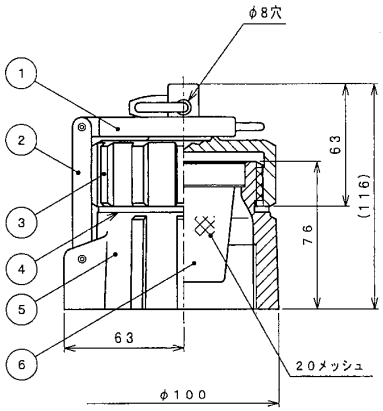
| | |
|---|---|
| 防油堤の容量 | タンク容量の 110％ |
| 防油堤の高さ | 0.5m 以上 |
| タンク側板からの防油堤までの距離 | タンクの側板からタンク高さの 1/3 以上（タンクの直径が 15m 未満） |

c. 指定数量の 10 倍以上の危険物を取り扱うタンクには避雷設備を設ける。ただし、周囲の状況によって安全上支障がない場合はこの限りでない。

d. 給油口接続金具の規格

給油口接続金具のねじ規格は、消防ねじのほか石油会社専用ねじ、管用ねじ等、多くの種類が存在する。このため大規模水害時の給油不可能を避けるため、メートルねじを標準とする。

なお、給油口の構造を**図-10.19** に示す。




| 番号 | 名称 | 材質 |
|---|---|---|
| ① | 止め金具(B) | CAC403 |
| ② | 止め金具(A) | CAC403 |
| ③ | キャップ | CAC403 |
| ④ | パッキン | NBR |
| ⑤ | 本体 | CAC403 |
| ⑥ | ストレーナ | SUS304 |

**図-10.19** 給油口接続金具

なお、災害時に通常使用されるタンクローリー以外から緊急的な給油を行う事が想定される場合には数種類の給油口を設けておく必要がある。

④　地下タンク貯蔵所（地下タンク設置）

地下タンク貯蔵所は、周辺環境へ与える影響が少なく、周辺設備との離隔距離の制約はないため、敷地や周辺条件に制約のある場合に採用される。

**表-10.14** に、地下タンク式燃料貯油槽の寸法・形状を示す。

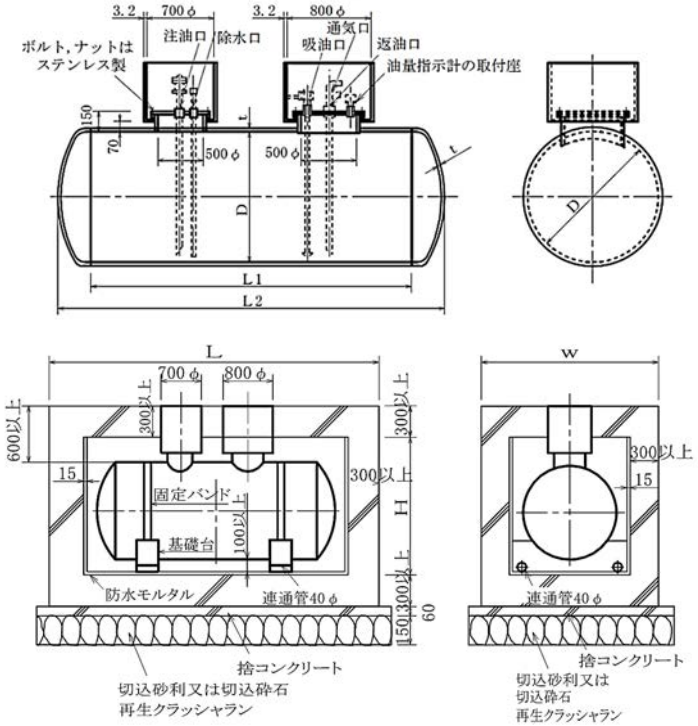



**表-10.14**　地下タンク式燃料貯油槽の寸法・形状（単位 mm）

| 容量（L） | 地下タンク燃料貯油槽の寸法 | | | | | | | | | ピットの寸法 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | $L_1$（参考寸法） | $L_2$（参考寸法） | t | 注油口 | 吸油口 | 返油口 | 通気口 | 除水口 | L | W | H |
| 950 | 750 | 2,100 | 2,441 | 4.5 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 3,800 | 2,000 | 1,350 |
| 1,500 | 850 | 2,600 | 2,982 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 4,300 | 2,100 | 1,450 |
| 1,900 | 950 | 2,600 | 3,020 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 4,350 | 2,200 | 1,550 |
| 3,000 | 1,200 | 2,600 | 3,118 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 4,450 | 2,450 | 1,800 |
| 4,000 | 1,300 | 2,850 | 3,406 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 4,800 | 2,550 | 1,900 |
| 5,000 | 1,300 | 3,650 | 4,206 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 5,600 | 2,550 | 1,900 |
| 6,000 | 1,400 | 3,750 | 4,346 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 5,850 | 2,650 | 2,000 |
| 7,000 | 1,500 | 3,800 | 4,434 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 5,900 | 2,750 | 2,100 |
| 8,000 | 1,500 | 4,400 | 5,034 | 6.0 | 65 | 25 | 40 | 32 | 40 | 6,500 | 2,750 | 2,100 |
| 10,000 | 1,600 | 4,850 | 5,542 | 9.0 | 65 | 32 | 50 | 32 | 40 | 7,150 | 2,850 | 2,200 |
| 12,000 | 1,800 | 4,500 | 5,270 | 9.0 | 65 | 32 | 50 | 50 | 40 | 6,800 | 3,050 | 2,400 |
| 13,000 | 1,800 | 4,950 | 5,720 | 9.0 | 65 | 32 | 50 | 50 | 40 | 7,200 | 3,050 | 2,400 |
| 15,000 | 1,800 | 5,750 | 6,520 | 9.0 | 65 | 32 | 50 | 50 | 40 | 8,000 | 3,050 | 2,400 |
| 18,000 | 1,900 | 6,200 | 7,010 | 9.0 | 80 | 40 | 65 | 50 | 40 | 8,550 | 3,150 | 2,500 |
| 20,000 | 1,900 | 6,950 | 7,760 | 9.0 | 80 | 40 | 65 | 50 | 40 | 9,250 | 3,150 | 2,500 |
| 25,000 | 2,000 | 7,900 | 8,748 | 9.0 | 80 | 40 | 65 | 50 | 40 | 10,250 | 3,250 | 2,600 |
| 30,000 | 2,200 | 7,800 | 8,726 | 9.0 | 80 | 40 | 65 | 50 | 40 | 10,300 | 3,450 | 2,800 |

注 1)　本表は、「公共建築設備工事標準図（機械設備工事編）令和４年版」国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修に準拠した。

2)　「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」により製作すること。

3)　接続口の位置は、タンクの据付位置に適合させること。

4)　マンホールふたは、WPM-AW800 及び WPM-AW700 とする。

5)　給油口の規格は前項と同じ。

⑶ 燃料小出槽

燃料小出槽は内燃機関への燃料を重力で供給するので、設置位置は内燃機関に近い方がよい。また、設置高さについては、内燃機関の製造会社、機種により異なるので、検討が必要である。

燃料小出槽の容量は、一般に内燃機関の全台数の 2 時間運転分以上とし、燃料移送ポンプにより自動補給する。

内燃機関の使用燃料は、ディーゼル機関では A 重油、ガスタービンは環境対策を考慮し、灯油が一般的である。ただし、ガスタービンの場合、他設備との関連等から A 重油を使用することもある。

① 危険物と指定数量の関係を、**表-10.15** に示す。

**表-10.15** 危険物と指定数量

| 種 類 | 品 名 | 指定数量 (L) | 引 火 点 | 例 |
|---|---|---|---|---|
| 第 4 類 | 第 1 石油類 | 200 | 21℃未満 | ガ ソ リ ン |
| | 第 2 石油類 | 1,000 | 21℃以上～ 70℃未満 | 軽 油、灯 油 |
| | 第 3 石油類 | 2,000 | 70℃以上～200℃未満 | 重 油 |
| | 第 4 石油類 | 6,000 | 200℃以上～250℃未満 | タービン油 |

② 指定数量以上の場合は、次の事項について留意する必要がある。

(i) 指定数量以上の危険物を貯蔵し取扱う場合は、「危険物の規制に関する政令」等によること。

(ii) 品名の異なる二つ以上の危険物を同一場所で貯蔵し取扱う場合は、危険物の品名ごとにその数量を指定数量で除し、その商の和が 1 以上になるときは(ⅰ)と同様とする。

(iii) 所轄の消防署に設置申請を提出し許可を受けること。

③ 指定数量未満の場合は、次の事項について留意する必要がある。

(i) 指定数量未満の危険物を貯蔵し取扱う場合は、「火災予防条例準則について」を基準とした各市町村の「火災予防条例」によること。

(ii) 指定数量の 1/5 以上であり、かつ指定数量未満の危険物（少量危険物）を貯蔵し取扱う場合は、所轄消防署への届出を義務付けている条例が多い。

(iii) 品名の異なる二つ以上の危険物を同一場所で貯蔵し取扱う場合は、危険物の品名ごとにその数量の 1/5 の数量で除し、その商の和が 1 以上になるときも(ii)と同様である。

(iv) 各市町村の「火災予防条例」はその地区の状況を考慮して制定されており、指定数量の 1/5 未満の場合でも届出を必要とすることがあるので所轄消防署と打合せすること。

内燃機関用燃料油の一般的な特性比較を**表-10.16** に示す。

**表-10.16**　内燃機関用燃料油の比較

| 項目＼種類 | | A 重油 | 灯　油 | 軽　油 |
|---|---|---|---|---|
| 規　格 | | JIS K 2205 | JIS K 2203 | JIS K 2204 |
| 公害対策 | SOx 発生量 | 劣る。<br>硫黄分を多く含む燃料のため SOx 発生量も多い。 | 優れている。<br>ほとんど硫黄成分が含まれていないため、SOx はほとんど発生しない。 | やや優れている。<br>A 重油よりも硫黄分含有率が少ない分SOx の発生量も少ない。 |
| | NOx 発生量 | やや劣る。<br>最も多く NOx を発生するが、大幅な違いではない。 | 優れている。<br>若干水素分が多く含まれているため、NOx 発生量も少なくなる。 | やや優れている。<br>NOx 発生量は A 重油と灯油の中間となる。 |
| | ばいじん発生量 | 劣る。<br>残留炭素分を多く含んでいるため、多く発生する。 | 優れている。<br>ほとんど発生しない。 | やや優れている。<br>発生量は A 重油と灯油の中間となる。 |
| メンテナンス性 | | 頻度がやや多くなる。<br>残留炭素分が多く、沸点も高いためカーボン発生量が多くなり、メンテナンス頻度がやや多くなる。 | 容易である。<br>不純物がほとんどないため、メンテナンスは容易である。 | 容易である。<br>不純物がほとんどないため、メンテナンスは容易である。 |
| 燃料成分安定性 | | 劣る。 | 優れている。 | 優れている。 |
| 着　火　性 | | やや劣る。<br>気温が低くなると始動困難となる場合があるため、保温対策が必要である。 | 優れている。 | 優れている。 |
| 発　熱　量 | | 約　42,700 kJ/kg | 約　43,200 kJ/kg | 約　42,700 kJ/kg |
| 適用内燃機関 | | ディーゼル機関<br>ガスタービン | ガスタービン<br>ディーゼル機関はほとんどの機種が灯油対策をしていない。 | ディーゼル機関<br>ガスタービン |
| 経済性 | | 安価 | 軽油より高い | A 重油より高い |

(4)　燃料移送ポンプ

燃料移送ポンプの容量は、内燃機関の全台数運転時の燃料消費量より大で、かつ燃料小出槽を 30～60 分程度で給油可能なものとする。

なお、燃料小出槽と燃料移送ポンプの周囲には防油堤を設けるものとする。

燃料移送ポンプの吸込揚程に十分注意し、吸込揚程が高い場合、吸込配管が長い場合及び寒冷地等で温度低下により燃料油粘度が高くなる可能性のある場合には、吸込管径を大きくして管路損失を少なくするよう配慮する。

設備に含まれる内燃機関の総出力に対する燃料移送ポンプの選定の目安を、**表-10.17** に示す。

**表-10.17**　燃料移送ポンプの選定の目安

| ガスタービン総出力（kW） | ディーゼル機関総出力（kW） | 燃料移送ポンプ口径（mm） | 燃料移送ポンプ用電動機出力（kW） | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 圧力 0.3MPa の場合 | 圧力 0.5MPa の場合 |
| 300 未満 | 600 未満 | 20 | 0.4 | 0.75 |
| 300 以上～　700 未満 | 600 以上～1,400 未満 | 25 | 0.75 | 1.5 |
| 700 以上～1,500 未満 | 1,400 以上～3,000 未満 | 32 | 1.5 | 2.2 |

## 10.5 始動系統補機設備

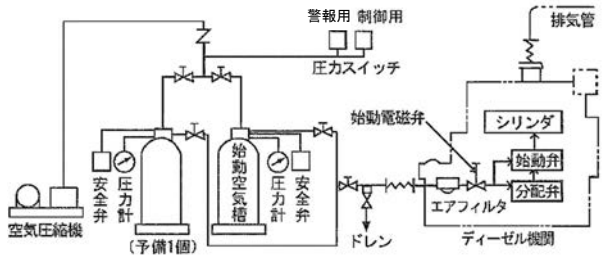
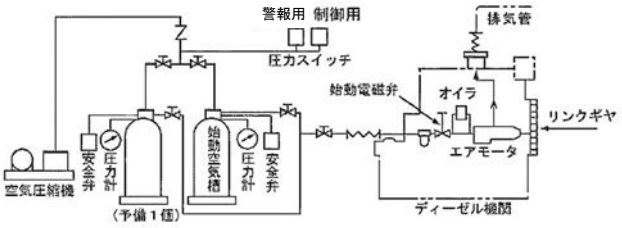
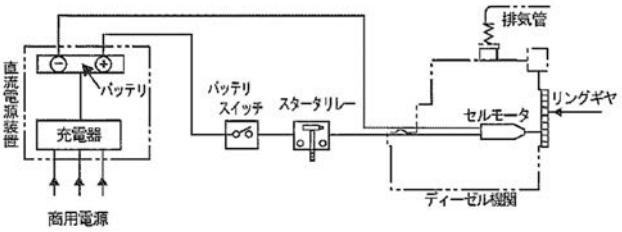
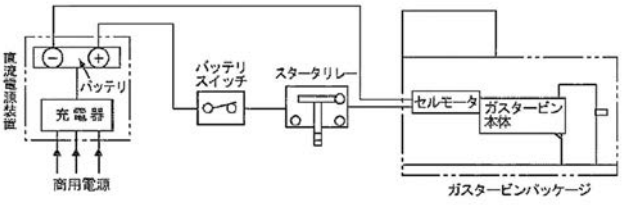
始動系統補機設備は、内燃機関の始動に必要な動力を供給するもので、必要かつ十分な容量とする。

⑴ 始動系統補機設備の構成

始動系統補機設備は、空気槽、空気圧縮機又は始動用蓄電池等で構成される。

**表-10.18** に、主な始動方法を示す。

**表-10.18** 主原動機の始動方式

| 主原動機 | 始動方式 | | 系統図 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| ディーゼル機関 | 圧縮空気始動方式 | 分配弁方式 |  | 中大容量で、通常6気筒以上の機関に適用される |
| | | エアモータ方式 |  | 小中容量の機関に適用される |
| | セルモータ始動方式 | |  | 小中容量の機関に適用される |
| ガスタービン | セルモータ始動方式 | |  | 中大容量の機関に適用される |

注) ガスタービンの場合、大容量機は圧縮空気始動方式あるいは油圧モータ始動方式があるが、適用機種、設置条件等に制約が多く、一般的でない。

⑵ 空気槽及び空気圧縮機

① 空気槽の容量は連動操作で 3 回以上始動可能な容量とし、空気圧縮機は空気槽 1 本に対し、1 時間以内に大気圧（0.1MPa）から規定圧力（2.94MPa）まで充気できる容量とする。(3 回に

ついては、空気槽への充填に 1 時間もかかるため、始動に失敗しても後 2 回程度始動できることが必要である。）

② 空気圧縮機は、空冷式を原則とする。

③ ディーゼル機関出力に対する空気槽容量の目安と、空気圧縮機駆動用電動機の所要出力の目安を、**表-10.19** に示す。

**表-10.19** 空気槽容量と空気圧縮機用電動機出力

| ディーゼル機関出力(kW) | 空気槽 1 本当たりの容量（L） | 空気圧縮機用電動機出力（kW） |
|---|---|---|
| ～ 300 | 100 | 2.2 |
| 200 ～ 600 | 150 | 2.2～3.7 |
| 500 ～ 900 | 200 | 3.7 |
| 800 ～1,200 | 250 | 〃 |
| 1,000 ～1,500 | 300 | 〃 |
| 1,200 ～2,000 | 400 | 3.7～5.5 |

注） 空気槽及び空気圧縮機容量は、主原動機の製作会社により異なる。

⑶ 始動用蓄電池

① セルモータ用の始動用蓄電池は、バッテリ（蓄電池）と充電器から構成され、無負荷状態の連動操作で連続 3 回以上始動可能な容量とする。

② 充電器は、バッテリを常時浮動充電のできる形式とし、満充電の状態に保つものとする。充電器の容量は、製造会社、機種により異なる。

## 10.6 潤滑油系統補機設備

潤滑油系統補機設備は、主原動機及び動力伝達装置等に潤滑油を強制給油する場合に設置する。

⑴ 潤滑油系統補機設備を設置する機器

主原動機、自家用発電設備用原動機、減速機、流体継手等には、一般に軸受等を潤滑するための潤滑油系統補機設備が付属する。ただし、小型の主原動機や平行軸歯車減速機の一部で油浴式等の自己潤滑方式が採用される場合や、グリース潤滑の場合には本体外に特に潤滑設備を設ける必要のないものもある。

また、流体継手の場合、通常潤滑油系統は作動油系統と兼用する。

⑵ 潤滑油系統補機設備の構成

① 潤滑油系統は、潤滑油ポンプ、初期潤滑油ポンプ、潤滑油濾過器及び潤滑油冷却器により構成する。

これらの設備は、機器本体に搭載又は別置きのユニットとする。

② 潤滑油ポンプは特に大型の場合を除き、通常本体付きで機器本体の回転軸により駆動する。

③ 初期潤滑油ポンプは、主機の始動に先立ちあらかじめ軸受等を潤滑しておくもので、設備の運転方式が連動あるいは自動制御を前提とする場合には、電動機駆動の歯車ポンプやトロコイド式ポンプを使用する。

④ その他に非常時や維持管理用として、ウイング式等の手動ポンプを設ける。

⑤ ディーセル機関出力に対する潤滑油ポンプの所要出力の目安を、**表-6.11** に示す。

## 10.7 給排気系統補機設備

給排気系統補機設備は、内燃機関の運転に必要な給気及び排気が行えるものとする。

⑴ 給気系統補機設備

給気系統補機設備は、内燃機関運転時の燃焼用空気や冷却用空気がポンプ室の換気設備では十分に供給できない場合に設けるもので、内燃機関の出力低下をもたらす吸気圧力低下を生じないよう、また、冷却用の空気量を確保できるよう、送風機、消音器、ダクト、ダンパ等について、必要な機能、性能をもつものを選択する。

ポンプ室内の機器に塩害を与える場合は、塩害フィルタを付加するなどを検討する。

⑵ 排気系統補機設備

排気系統補機設備は、内燃機関運転時の燃焼ガスの排出及び機関の冷却に使用した空気と、他機器の冷却、建屋の換気を含めた換気排気を行うために設ける。

① 消音器

消音器は、ディーゼル機関及びガスタービンからの排気音減衰用として、環境対策として必要な性能を有するものを設ける。

(i) 排気温度は、通常ディーゼル機関の場合は 300～450℃、ガスタービンの場合は 500～700℃にも達するので、熱膨張に対して伸縮たわみ管を設け、適宜断熱対策を行い、室内温度を高めないようにするとともに、排気口からの排熱についても周囲に影響がないよう考慮する。

(ii) 消音器を選定する場合には、その減衰特性を検討し音源の特性に合わせて選定する。

騒音条件の厳しい機場では、排気管及び消音器よりの透過音に対しても注意が必要であり、消音器はできるだけ室内設置が望ましいが、室内設置とすると室内への放熱量が増えるのでそれらも考慮しながら決定する。

② 排気ダクト

ガスタービン、機付ラジエータ冷却ディーゼル機関、空冷ディーゼル機関については、機関冷却用の専用排気ダクトが必要となる。なお、屋外への排出に当たっては、個別で排出させる場合と集合管などに集合させ煙道を介して排出する集合管排気とする場合がある。

ガスタービンのパッケージ給気・パッケージ排気、ディーゼル機関の機付ラジエータ排気、空冷ディーゼル機関の排気ダクトの排気口は、外気の逆風にさらされない位置又はさらされないようにする。

機付ラジエータ、空冷ディーゼルの機付ファンの静圧が不足する場合は、電動ファンを設置するが、停電時の運転継続時間を考慮する必要がある。

## 10.8　小配管類

ポンプ場の小配管は、給水系統（封水、冷却水等）、満水系統、燃料系統、空気系統（始動用等）、給排気系統などの各種配管系統があり、計画に当たっては消防法等を遵守すると共に、主要機器の機能を発揮するために維持管理の容易性、操作性、安全性、耐震性、経済性、施工性、美観等について検討し、口径、材質、弁規格、ルート等を決定する。

なお、建築基準法、労働基準法に規定される場合にはそれによる。

⑴　小配管計画

小配管計画は主要機器、建屋等と整合が図られ、操作性、保守及び点検の容易性、経済性、施工性についても考慮が必要であり、その計画の作業手順を**図-10.20** に示す。

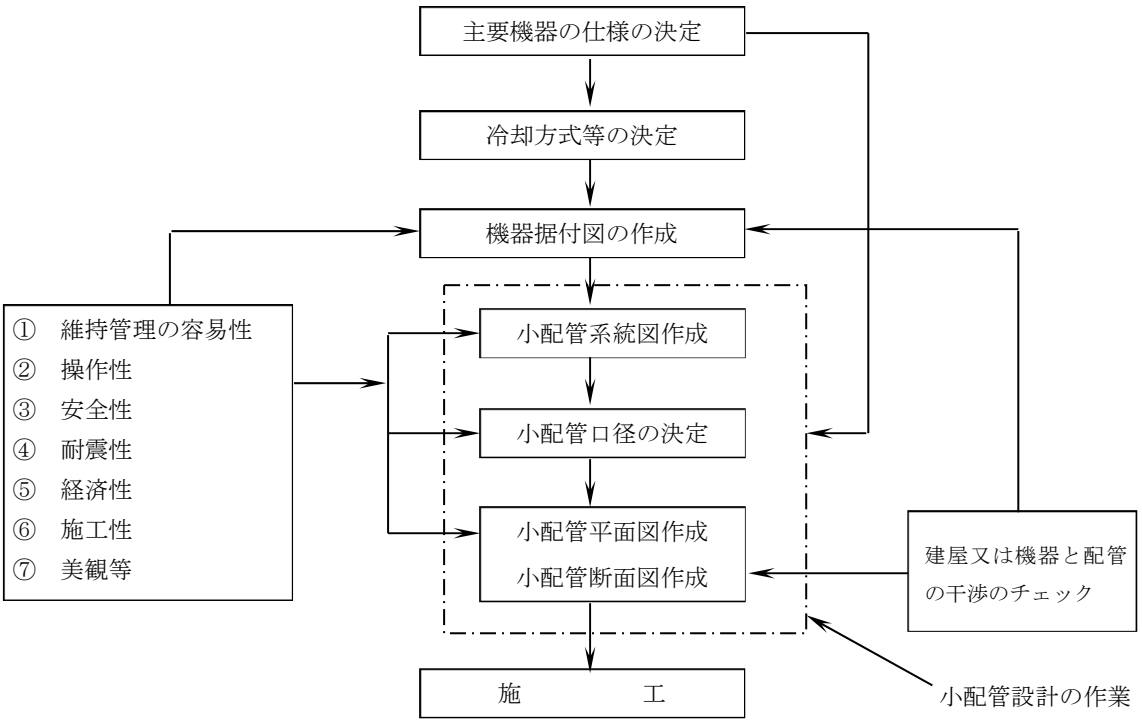



**図-10.20**　小配管計画の手順

⑵　小配管の材料

小配管は、使用条件に適した材料を用いるものとし、系統を塗色の色分けにより明示すると共に、流体の移動方向を矢印で表示する。

また、母管から分岐する枝管には原則として弁を取付けると共に、熱膨張や振動を考慮し、適宜伸縮可能な継手類を設置する。さらに、点検整備のために小配管の取り外しを容易にするため、ユニオン継手、フランジ継手や曲管部にＴ字管を採用することも考慮する。

① 小配管の材料は、用途、流体の性状によって、**表-10.20** を目安に選定するものとする。

**表-10.20** 小配管の材料

| 用　途（配管名称） | | 配 管 規 格 | 色分け | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| 満水系統（真空配管） | | SUS （JIS G 3459） | 白色 | スケジュール 20 |
| 給水系統（封水配管、冷却水配管） | | SUS （JIS G 3459） | 淡青色 | スケジュール 20 |
| 給水系統（排水配管） | | SUS （JIS G 3459） | 濃青色 | スケジュール 20 |
| 燃料系統 | | SGP （JIS G 3452） | 赤色 | |
| 空気系統（始動用高圧空気配管） | $\phi$20 以下 | 銅管 C1120T（JIS H 3300） | 白色 | 銅管管厚は<br>$\phi$8→1.0mm<br>$\phi$10～20→1.2mm<br>$\phi$20 超は SUS スケジュール 40 |
| | $\phi$20 超 | SUS （JIS G 3459） | | |
| 潤滑油系統（圧油機器の作動油） | 0.98MPa 以下 | SGP （JIS G 3452） | 橙色（黄色） | STPG はスケジュール 40<br>（黄色）は作動油の色分け |
| | 0.98MPa 超 | STPG（JIS G 3454） | 橙色（黄色） | |
| 排気系統　注 2)（エンジン排気配管） | 300mm 以下 | SGP （JIS G 3452） | 銀色 | STPY の管厚は 6mm とする |
| | 350mm 以上 | STPY（JIS G 3457） | | |

注1） 配管規格の SUS は、配管用ステンレス鋼管（SUS304TP）とする。
注2） 高温配管については適時断熱被覆を行う
注3） 備考は参考である。

⑶ 小配管の口径

小配管の口径の設定に当たっては、標準的には系統別に以下に示すとおりであるが、適正流速、配管損失及び材料の市場性から経済性を検討し決定する。

① 給水系統の小配管口径の決定は、**表-10.21** を目安に選定し、小口径である手動弁及び逆止め弁は、市場性から$\phi$50mm 以下は青銅弁（ねじ込み式）を、$\phi$65mm 以上はねずみ鋳鉄弁（フランジ式）を使用する。

手動弁としては仕切弁と玉形弁の両方を採用できるが、玉形弁は流体抵抗が大きいこと、及び流体中に砂等の異物を含むものは、弁底部に堆積したり、弁座の損傷を生じるおそれがあることから仕切弁を使用する。なお、流量調整の必要な場合は玉形弁を使用する。

また、電動弁の前後には手動弁を設けると共に、バイパス配管路を設置するものとする。

凍結の恐れのある箇所には、保温又は配管内の排水ができるようにする。

**表-10.21** 小配管の口径

| 小配管口径 | 流量（$m^3$/min） |
|---|---|
| 15A | ～0.025 未満 |
| 20A | 0.025 以上～0.043 未満 |
| 25A | 0.043 以上～0.068 未満 |
| 32A | 0.068 以上～0.115 未満 |
| 40A | 0.115 以上～0.155 未満 |
| 50A | 0.155 以上～0.243 未満 |
| 65A | 0.243 以上～0.408 未満 |
| 80A | 0.408 以上～0.559 未満 |
| 100A | 0.559 以上～0.959 未満 |
| 125A | 0.959 以上～1.430 未満 |
| 150A | 1.430 以上～2.043 未満 |

② 満水系統の小配管口径は、原則として真空ポンプの口径と同一とし、**表-10.22** を目安に選定する。また、満水系統の吸気用電動弁の前後には手動弁を設けると共に、バイパス配管路を設置するものとする。

**表-10.22**　満水系統の小配管口径

| 主ポンプ吸込口径（mm） | $\phi$200～$\phi$300 | $\phi$350～$\phi$500 | $\phi$600～$\phi$700 | $\phi$800～$\phi$1,200 | $\phi$1,350～$\phi$1,500 | $\phi$1,650～$\phi$2,000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 満水系統の小配管口径 | 20A | 25A | 32A | 50A | 80A | 100A |

③ 燃料系統の小配管口径の決定は、予備用機関（自家用発電設備）を除いた総機関出力を基準として、**表-10.23** を目安に選定し、また、燃料小出槽から各機関の間の管径は、通常各機関の入口径の相当径とする。

なお、燃料系統はフランジ接続又は溶接接続とし、使用する弁の材質は FCMB、FCD、SC、SCS 製とする。

配管は、不同沈下や地震等によりタンクとの結合部分や建屋内接続部で損傷を受けないようにたわみ管継手等を設ける。

屋外の燃料貯油槽と屋内の燃料小出し槽の間の配管は地下埋設部の防食と点検を容易にするため、コンクリート製U字溝等を用いたダクト（ピット）内に敷設する。

**表-10.23**　燃料系統の小配管口径

| 機関総出力（kW） | ディーゼル機関 | | ガスタービン | |
|---|---|---|---|---|
| | $d_1$ | $d_2$ | $d_1$ | $d_2$ |
| ～ 589 未満 | 25A | 20A | 50A | 40A |
| 589 以上～1,472 未満 | 32A | 25A | 65A | 50A |
| 1,472 以上～2,944 未満 | 40A | 32A | 80A | 65A |

注）$d_1$：燃料貯油槽～燃料移送ポンプ間の口径
　　$d_2$：燃料移送ポンプ～燃料小出し槽間の口径

④ 空気圧縮機での始動空気槽への当初充気時間は 1 時間程度かけても差し支えなく、空気圧縮機から空気槽入口間の空気系統の配管口径は小さくてよいので$\phi$16mm 程度を目安とし、空気槽から機関入口までの配管口径は、機関始動時に多量の空気を必要とするため、機関入口の口径に合わせるものとする。

⑤ 排気系統

ディーゼル機関やガスタービンの排気管について、排気経路（消音器等を含む）の全抵抗（背圧）が、無過給ディーゼル機関では 3.9kPa、過給機付ディーゼル機関については 3.4kPa、ガスタービンでは 2.9kPa 程度以下となるように管径等を決定する。

排気管は、温度変化が大きいので膨張、収縮に対応できるたわみ管継手等を設け、振動に対しても支障のない構造とする。

ディーゼル機関は、燃料によっては低温始動性が悪化するため、低温時に運転する設備では未燃焼ガスの排気管内での暴発（アフターファイヤー）を生じないよう、排気系統を屈曲の少ない構造としたり、ガス抜き装置を設ける等の対策を行う。

なお排気管の材質は、配管用炭素鋼鋼管又は SGP（黒）、配管用アーク溶接炭素鋼鋼管 STPY、

一般配管用ステンレス鋼鋼管 SUS とし、屋内においては、保温帯を巻き、鉄線で縛った上をカラー鉄板（銀色）で被覆する。

内燃機関（ディーゼル機関、ガスタービン）を複数台使用する場合、それぞれの内燃機関に排気管を設置することが望ましい。しかし、設置条件等の関係から集合煙道としなければならない場合には、停止している機関への排気逆流を防止するように考慮する。

また、煙突のドラフトにより運転機関の排気ガスが煙突に円滑に引かれるように設計する。

なお、配置上このような設計が不可能な場合には、抵抗（背圧）の増大に注意して逆流防止弁の設置を考慮する。

⑷ 小配管の損失

小配管の損失の計算は、「**5.3.1 管路の摩擦損失水頭**」 (1) ダルシー・ワイズバッハ（Darcy・Weisbach）公式による。直管部以外の管継手、バルブ類は、**表-10.24** に示す直管相当長さを採用して計算するものとする。

**表-10.24** 管継手、バルブ類の直管相当長さ(m)

| 種別 | | 大きさの呼び(mm) | | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 90 | 100 | 125 | 200 | 250 | 300 | 350 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 管継手 | ねじ込み式 | 45° エルボ | | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 1 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.9 | 3.6 | 4.3 | 4.8 |
| | | 90° エルボ | | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 2 | 2.4 | 2.8 | 3.2 | 3.9 | 6.2 | 7.6 | 9.2 | 10.2 |
| | | リタンベンド(180°) | | 2.0 | 2.6 | 3 | 3.9 | 5 | 5.9 | 6.8 | 7.7 | 9.6 | 15.0 | 18.6 | 22.3 | 24.8 |
| | | チーズ又はクロス(分流90°) | | 1.7 | 2.2 | 2.5 | 3.2 | 4.1 | 4.9 | 5.6 | 6.3 | 7.9 | 12.3 | 15.3 | 18.3 | 20.4 |
| | 溶接式 | 45° エルボ ロング | | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.0 |
| | | 90° エルボ | ショート | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | 3.3 | 4.1 | 4.9 | 5.4 |
| | | | ロング | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 2.5 | 3.1 | 3.7 | 4.1 |
| | | チーズ又はクロス(分流90°) | | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 3.6 | 4.2 | 4.7 | 5.9 | 9.2 | 11.4 | 13.7 | 15.3 |
| バルブ類 | | 仕 切 弁 | | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.3 | 1.6 | 2 | 2.2 |
| | | 玉 形 弁 | | 9.2 | 11.9 | 13.9 | 17.6 | 22.6 | 26.9 | 31 | 35.0 | 43.6 | 68.2 | 87.7 | 101.5 | 113.2 |
| | | ア ン グ ル 弁 | | 4.6 | 6.0 | 7 | 8.9 | 11.3 | 13.5 | 15.6 | 17.6 | 21.9 | 34.2 | 42.5 | 50.9 | 56.8 |
| | | 逆止弁(スイング製) | | 2.3 | 3.0 | 3.5 | 4.4 | 5.6 | 6.7 | 7.7 | 8.7 | 10.9 | 17.0 | 21.1 | 25.3 | 28.2 |

注 1）消防法施行規則（昭和 36 年自治省令第 6 号）「配管用炭素鋼鋼管（JIS G3452）SGP を使用する場合」による。

管継手のうちチーズ及びクロス（口径の異なるものを含む。）を直流で使用するもの、ソケット（溶接式のものにあっては、レジューサとする。）及びブッシュについては、本表を適用することなく、当該大きさの呼び（口径の異なるものにあっては、当該それぞれの大きさの呼び）に応じた管の呼びの直管として計算するものとする。

〔参　考〕

1．各機器入口部における必要圧

主ポンプ設備を運転する場合、冷却水、潤滑水、封水等が必要となる。これらは、各機器の入口部において必要となる圧力を確保する必要がある。**表-10.25** に、各機器の入口部における必要圧を示す。

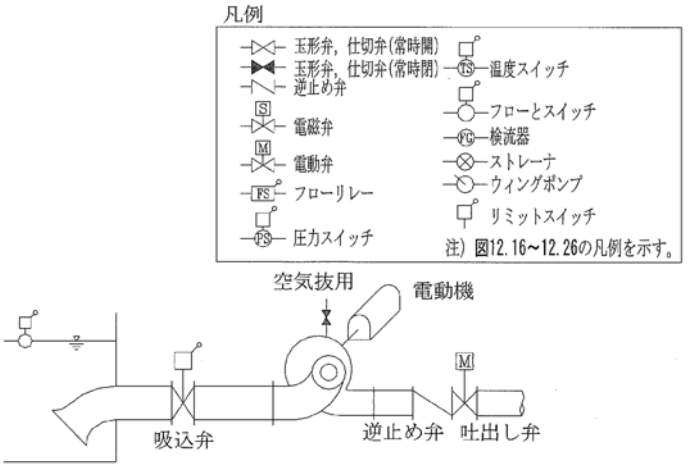
**表-10.25**　各機器の入口部における必要圧

| 機器名称 | 横軸渦巻ポンプ<br>横軸軸流ポンプ<br>横軸斜流ポンプ | 立軸渦巻ポンプ<br>立軸軸流ポンプ<br>立軸斜流ポンプ | 水冷式ディーゼル機関 | 水冷式減速機 | 流体継手 |
|---|---|---|---|---|---|
| 必 要 圧 | 封水：主ポンプ軸封部で、0.1MPa 以上 | 封水：主ポンプ軸封部で、全揚程(m)×1/100×2（MPa） | 冷却水：機関入口において、0.15MPa以上 | 冷却水：クーラ入口部で、0.15MPa 以上 | 冷却水：クーラ入口部で、0.15MPa 以上 |
| 水　　質 | 上水道又は工業用水程度 | 上水道又は工業用水程度 | 上水道又は工業用水程度 | 上水道又は工業用水程度 | 上水道又は工業用水程度 |
| 備　　考 | | 軸受潤滑水の圧力は羽根の設計により小さくできることがある。この場合、最低0.15MPaの圧力は保持すること。 | | | |

注）電動機の出力によっては軸受冷却水が必要となる場合があるが、一般に不要の場合が多い。

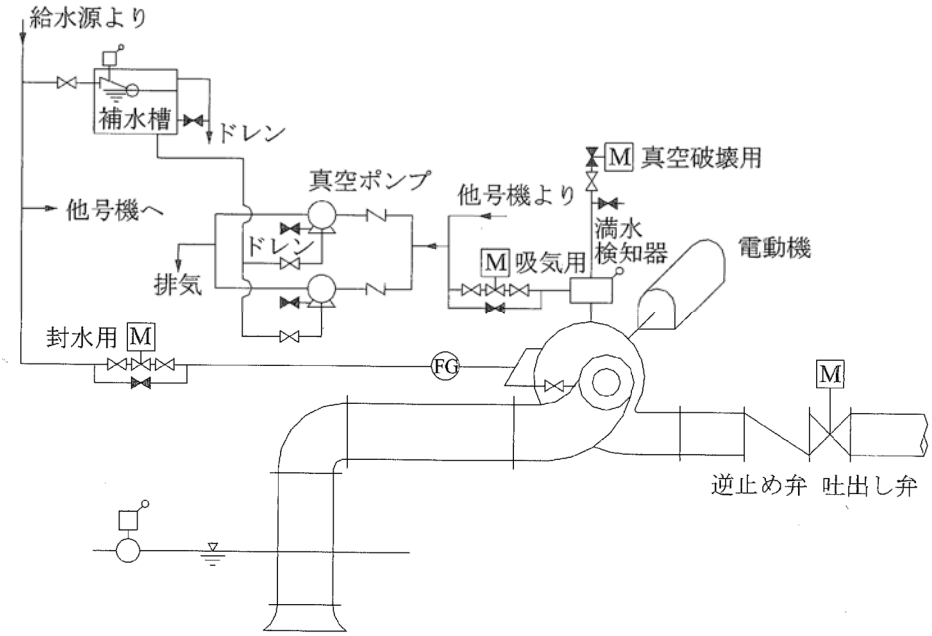
2．小配管系統

小配管系統は、主ポンプ形式、主原動機の形式、流体継手、減速機の有無等の組合せで定まるものである。これらの組合せパターンの代表例を示す。




注 1）回転速度制御又は大容量機については冷却水が必要な場合がある。
2）吸込弁のリミットスイッチは小規模の場合は省略することがある。

**図-10.21**　横軸両吸込渦巻ポンプ電動機駆動（押込み）




注 1) 回転速度制御又は、大容量機の場合は冷却水が必要な場合がある。
2) 横軸斜流（軸流）ポンプ電動機駆動も同じである。

**図-10.22** 横軸両吸込渦巻ポンプ電動機駆動（吸上げ）

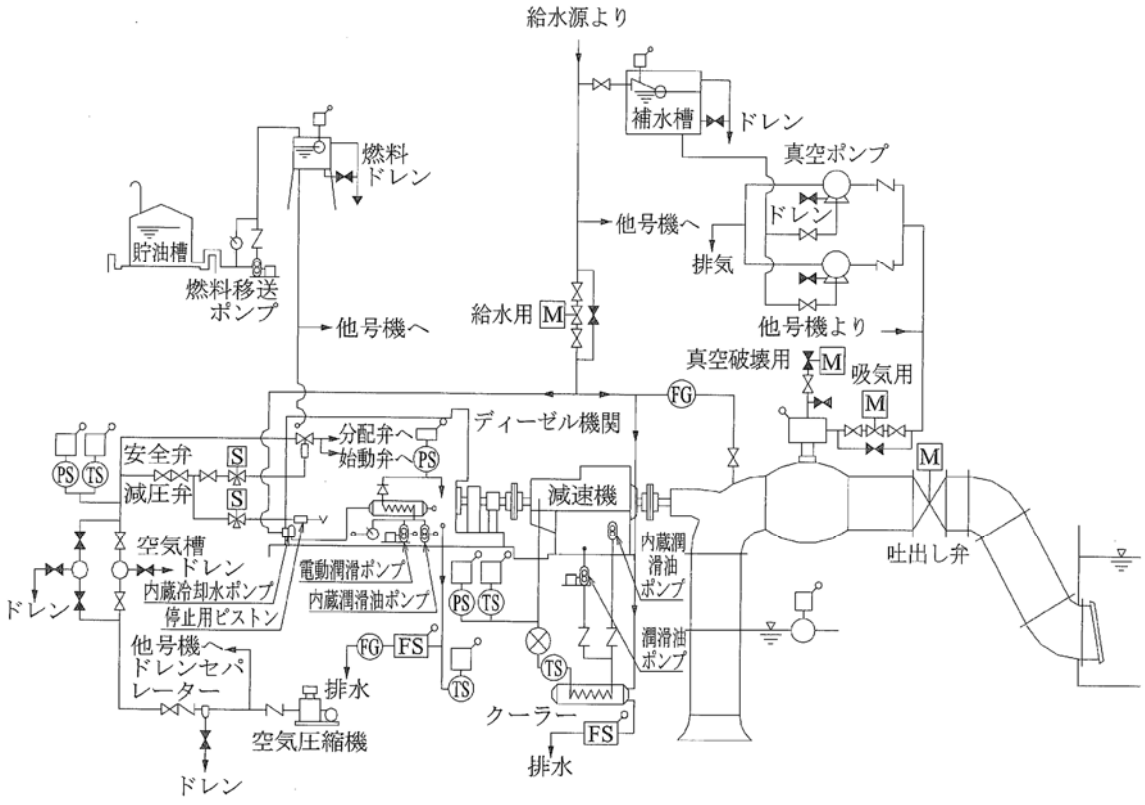
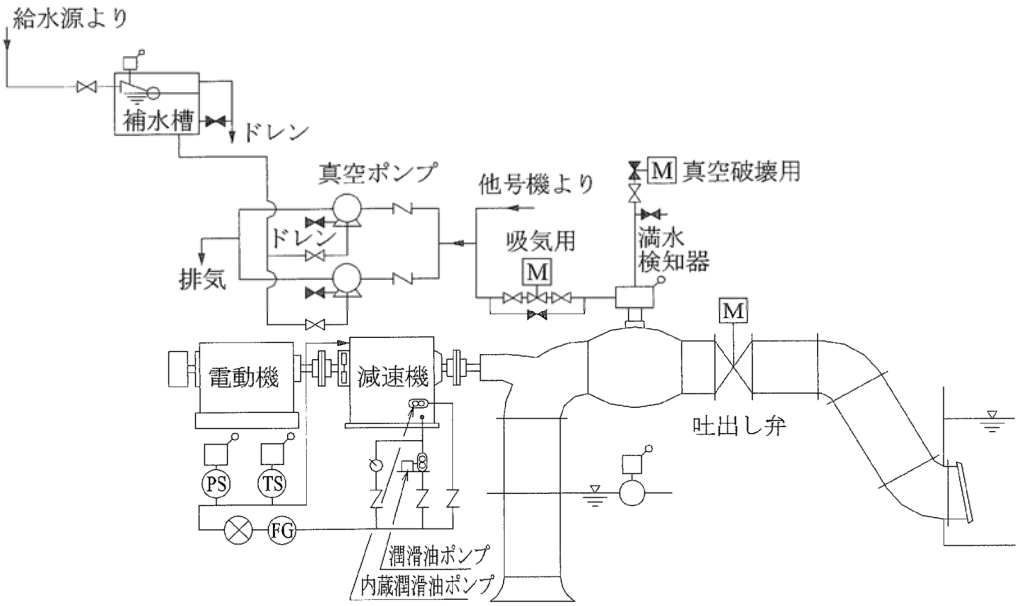
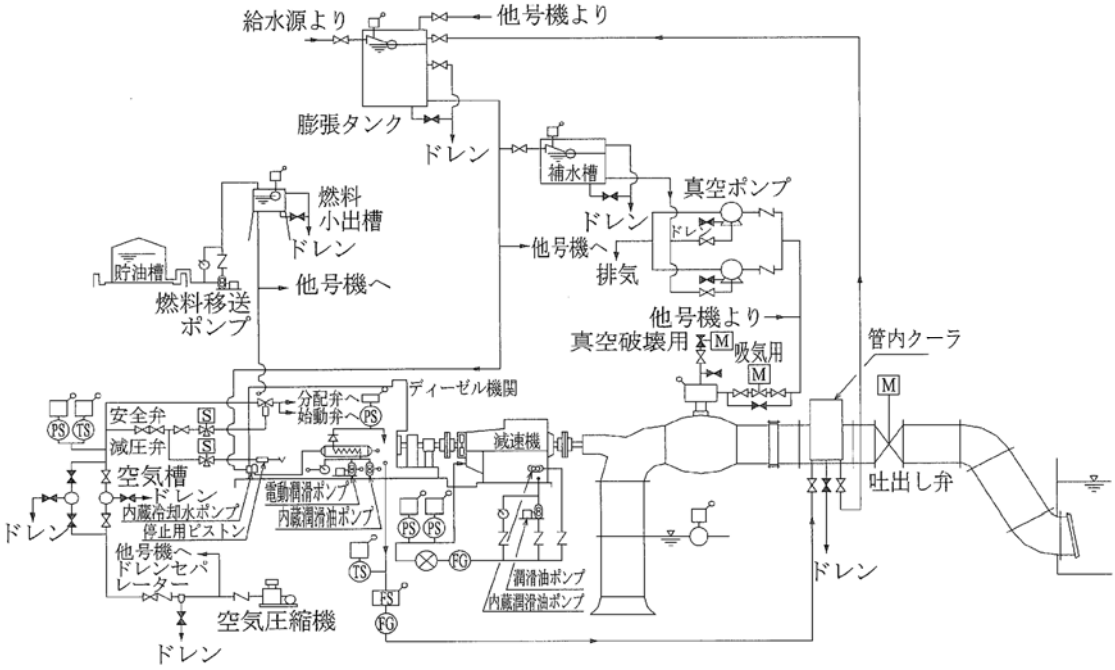



**図-10.23** 横軸斜流（軸流）ポンプディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付）




注）歯車減速機が水冷の場合は、**図-10.17** の減速機部を参照のこと。

**図-10.24**　横軸斜流（軸流）ポンプ電動機駆動（無給水軸封装置、空冷歯車減速機付）




注）歯車減速機が水冷の場合は、**図-10.17** の減速機部を参照のこと。

**図-10.25**　横軸斜流（軸流）ポンプディーゼル機関駆動
（無給水軸封装置、管内クーラ及び空冷歯車減速機付）

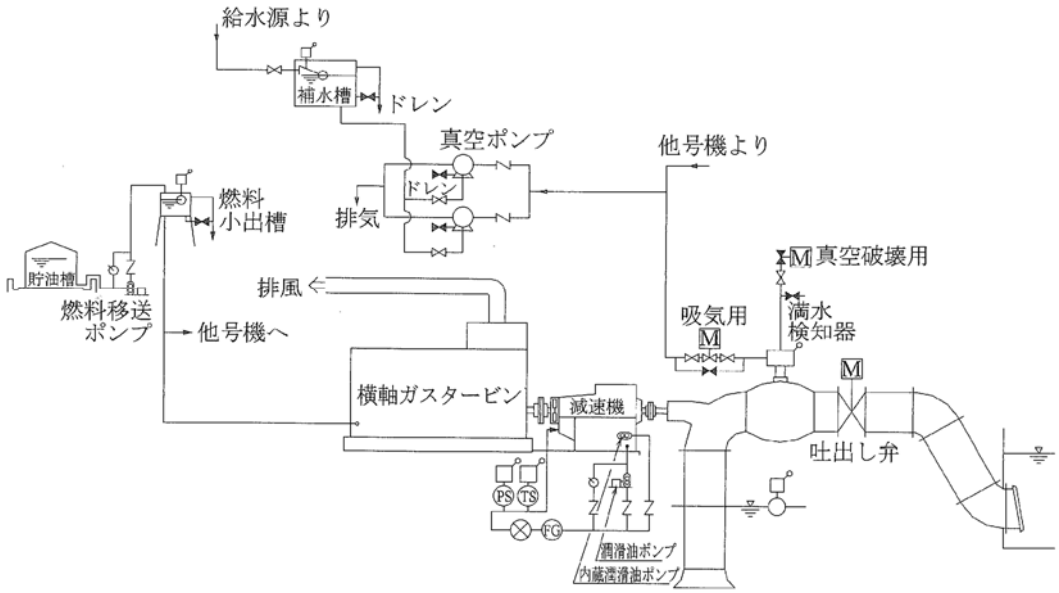



**図-10.26** 横軸斜流（軸流）ポンプ横軸ガスタービン駆動（無給水軸封装置、空冷歯車減速機付）

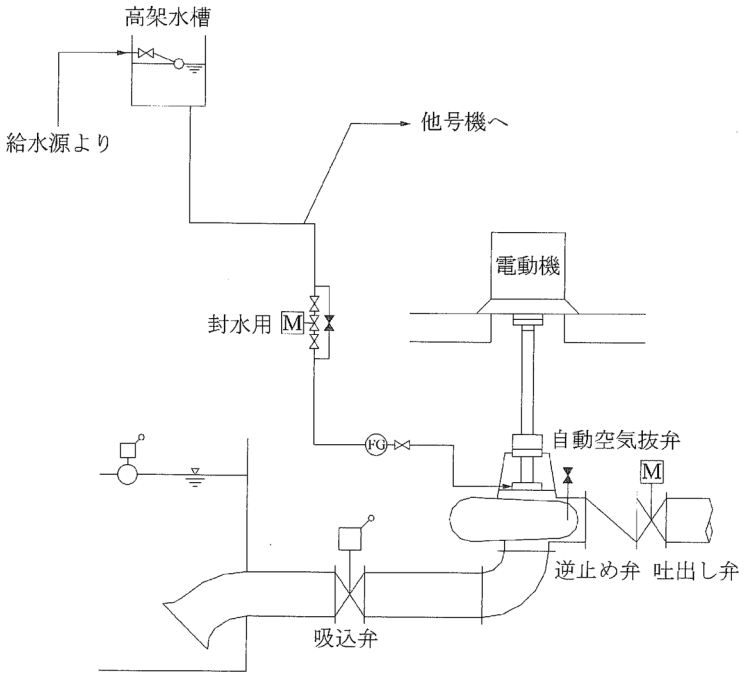



**図-10.27** 立軸片吸込渦巻ポンプ電動機駆動

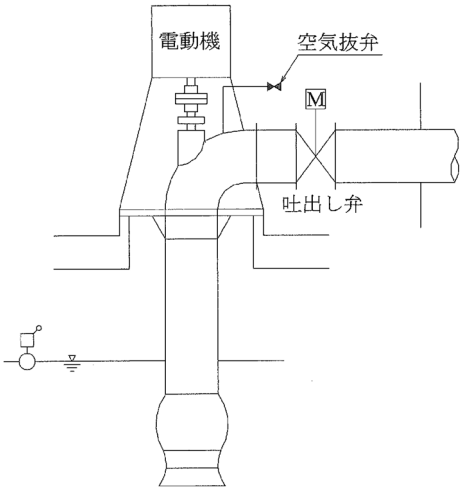
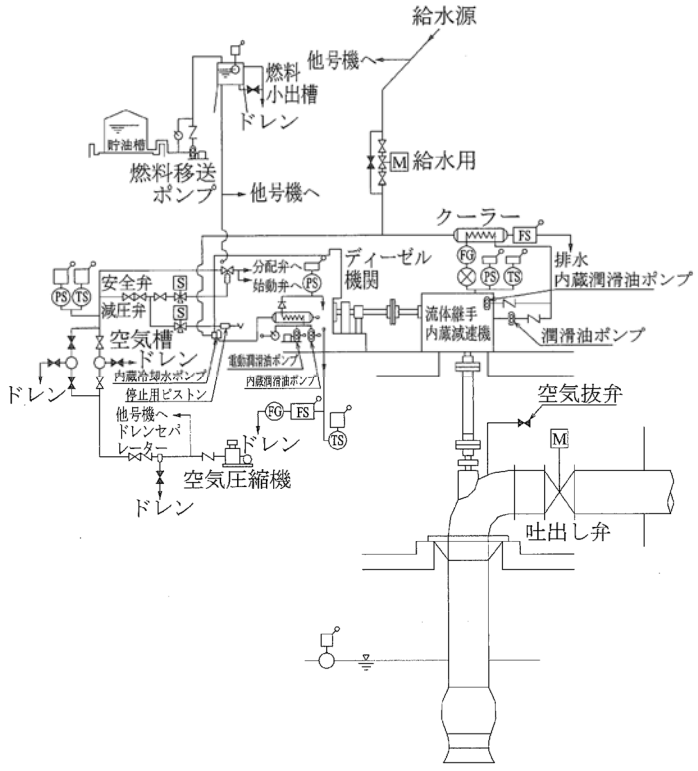



**図-10.28**　立軸斜流（軸流）ポンプ電動機駆動（セラミックス軸受及び無給水軸封装置付）




注）　エンジン出力が小さい場合には流体継手を省略する。

**図-10.29**　立軸斜流（軸流）ポンプディーゼル機関駆動
（セラミックス軸受、無給水軸封装置、流体継手内蔵・歯車減速機付）

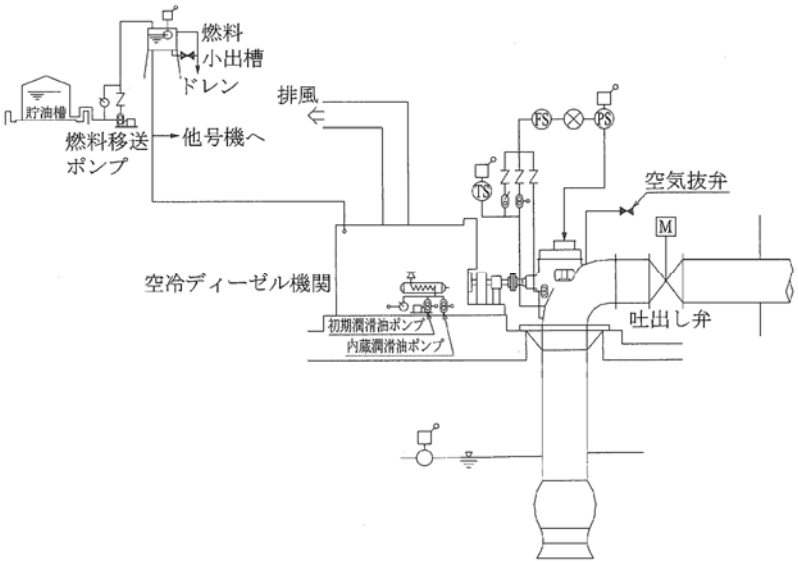



**図-10.30** 歯車減速機搭載型立軸斜流（軸流）ポンプ空冷ディーゼル機関駆動
（セラミックス軸受、無給水軸封装置付）

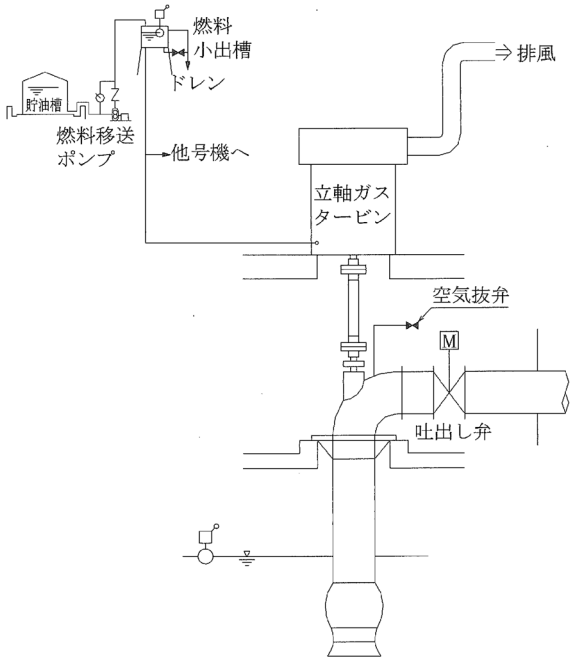



**図-10.31** 立軸斜流（軸流）ポンプ立軸ガスタービン駆動
（セラミックス軸受、無給水軸封装置付）

## 10.9　配線

ポンプ場には、主ポンプや補機への給電の他、監視操作制御設備、電源設備、計装設備等に多数の配線が敷設されている。

配線の設計、施工上の留意点を以下に示す。詳細については「電気設備計画設計技術指針（高低圧編)」を参照し採用を検討のこと。

⑴　配線方式

配線方式には、電線路の種類、施設場所及び支持・保護方法により、**表-10.26** のように分類される。

**表-10.26**　配線方式

| 電線路の種類 | | 支持・保護方法 | 施設場所 |
|---|---|---|---|
| 架空電線路 | | 電柱 | 引込配線、ゲート |
| 地中電線路 | 管路式 | FEP、鋼管等 | 引込配線、構内配線 |
| | 直接埋設式 | トラフ等 | 引込配線、構内配線 |
| | | がい装ケーブル | 屋外配線 |
| | 暗きょ式 | 共同溝等 | 屋外配線、構内配線 |
| 屋内電線路 | ピット方式 | 床面ピット | 屋内（ポンプ室、電気室等） |
| | 電線管方式 | 電線管 | |
| | ダクト方式 | ダクト | |
| | ラック方式 | ラック | |

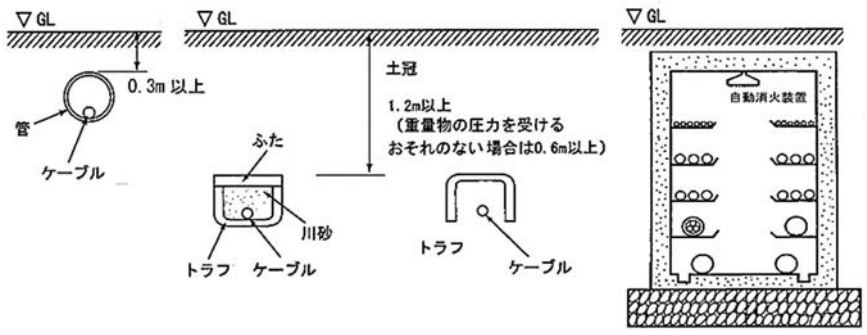
電力会社との分岐点からの引込配線は、電気室との位置関係を考慮して選定する。

電力会社より架空電線路にて配電される場合は、需要家側の引込第 1 柱よりケーブルにて地中電線路を経由して屋内に引込む方式が一般的である。低圧受電の場合において、建屋に近接して引込注が位置している場合には、架空引込線にてそのまま引込む場合もある。

以下に代表的な電線路について説明する。

①　地中電線路

地中電線路は、施設方式及び施設場所に応じ所定の深さに埋設するとともに、地中電線路の埋設位置が判明するように電線路の名称、管理者名、電圧及び埋設年を記入した埋設標識シートを電線路の直上に埋設するか、または直上の地表面に標石柱を設ける。（**図-10.32**）




a)管路式　　b)直接埋設式　　c)暗きょ式

**図-10.32**　地中電線路の埋設深さ

**表-10.27** 地中電線路材料の寸法算出式と電線の占有率α(%)

| 電線路材料 | 寸法算出式 | 占積率α〔%〕 1本 | 2本 | 3本 | 4本以上 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| コンクリート管<br>鋼管<br>合成樹脂管 | 占積率：$\alpha \geqq \frac{\Sigma A}{A_0}$<br>但し、<br>ΣA：ケーブル仕上断面積の総和〔㎟〕<br>$A_0$：電線路材料の内断面積〔㎟〕 | 32 | 25 | 35 | 30 | 電線管に準じる |
| トラフ | | 20 | | | | ケーブルダクトに準じる |

注）本表は、以下の電線管方式の電線管サイズを決定する場合にも使用する。

② ピット方式

ピット方式は、屋内床面に盤及び機器類の下部又は隣接してピットを設け、その中にケーブルを配線するものである。

ピット内には、高圧ケーブルと低圧ケーブル及び制御線の分離をするためのセパレータを設け、上部蓋は縞鋼板などが使用される。小配管と混在する場合もその間に鋼板等による隔壁を設ける。

多量のケーブルを配線する場合に適する。(**図-10.33**)

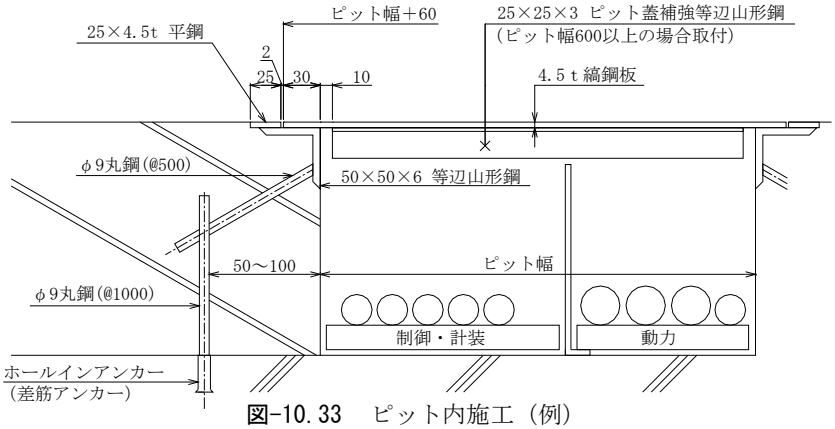



**図-10.33** ピット内施工（例）

③　電線管方式

電線管は、金属管と合成樹脂管に大別され、その選定に当たっては、収納する電線の占積率（**表-10.27**）、設置場所等を考慮する。金属管の種類には厚鋼電線管、薄鋼電線管、ねじなし電線管の3種類があり、屋外配線は厚鋼電線管、屋内配線は薄鋼電線管を標準とする。（**図-10.34**）

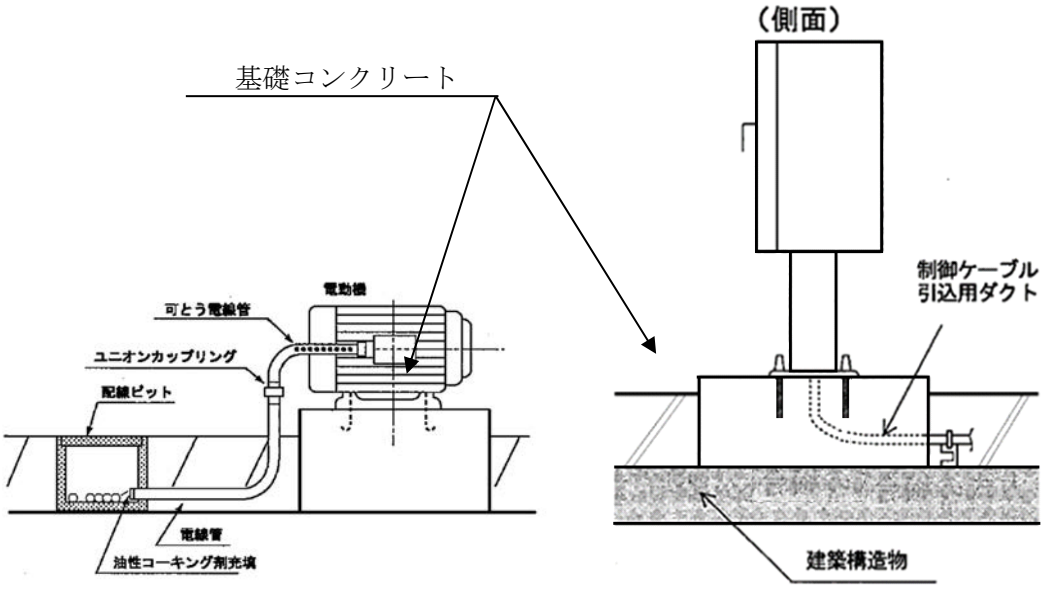



**図-10.34**　電線管施工（例）

④　ラック方式及びダクト方式

ケーブルラック及びケーブルダクトは、十分な余裕と耐力を持ったものを使用する。

ケーブルラックはピット内配線、天井下や梁下配線に、ケーブルダクトは各階層間等の配線に多く用いられる。（**図-10.35**）

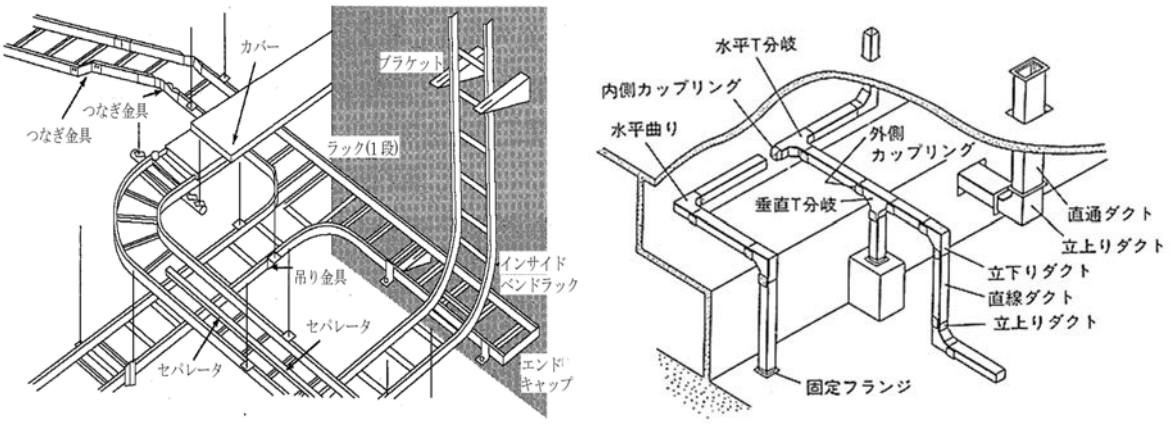



**図-10.35**　ケーブルラック及びケーブルダクトの総合図（例）

⑤ 防火区画への配線

防火区画への配線は、床、壁貫通部において延焼防止処置をしなければならない。貫通部両面に厚さ 25mm 以上の耐火仕切板を設け、耐火仕切板から 50mm までのケーブル相互の隙間、耐火仕切板とケーブルとの隙間並びに耐火仕切板と床（壁）面の隙間には耐熱シール材を、床、壁貫通部にはロックウール保温材（充填密度：150kg/m$^3$以上）をそれぞれ充填する（**図-10.36** 及び**図-10.37**）。

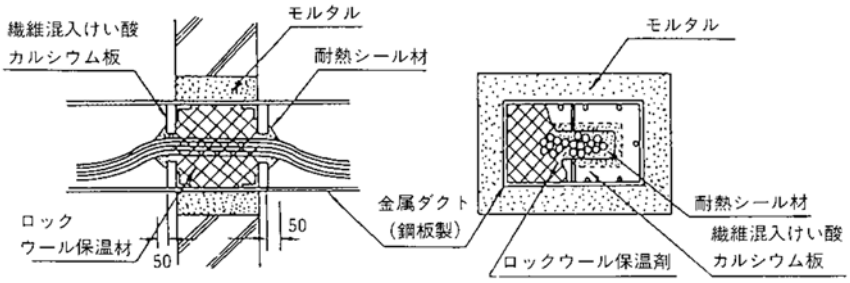



**図-10.36** 金属ダクトの防火貫通部（例）

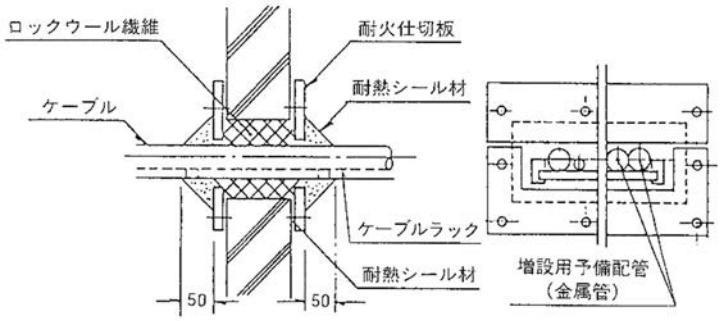



**図-10.37** ケーブルラック防火区画貫通部（例）

⑥ マンホール、ハンドホール

地中電線管の始端、終端及び中間、曲部、分岐部等にはケーブル引込、点検等のためのマンホール又はハンドホールを設置する（**図-10.38**）。

また、壁貫通部については耐水を考慮して貫通位置、防水処理等を検討する。

マンホール及びハンドホールの寸法は、ケーブルの曲げ半径及び本数、管径等を考慮し選定する。

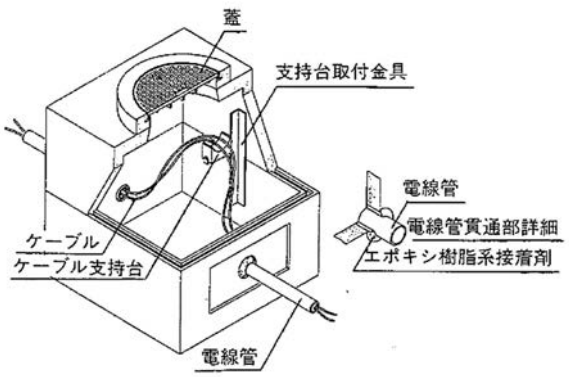



**図-10.38** ハンドホール（例）

⑵　ケーブルと電線の選定

ケーブルと電線は、その使用目的に合致した安全なものでなければならない。
そのサイズ選定に当たっては、電圧降下、許容電流、短絡許容電流及び機械的強度を考慮して選定する。

①　ケーブルと電線の種類

ケーブルと電線の種類を下表に示す。

**表-10.28**　ケーブルと電線の種類

| 用途 | 電圧(V) | 種類(EM 記号) | 規格 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 電力 | 6600<br>3300 | 6600V CV､CVT | JIS C 3606 | サイズは**表-10.29** による |
| | 400<br>200<br>100 | 600V CV、CVT | JIS C 3605 | サイズは**表-10.29** による |
| 制御 | | CVV | JIS C 3401 | サイズは 1.25mm$^2$ を標準とする |
| 計装 | ｱﾅﾛｸﾞ | CVV-S | JIS C 3401 | サイズは 1.25 又は 2mm$^2$ を標準とする |
| | ﾃﾞｼﾞﾀﾙ | KPEV、KPEV-S | JCS 4364 | サイズは 0.9 又は 1.25mm$^2$ を標準とする |
| 通信 | | CPEV、CPEV-S | JCS 5224 | サイズは機械的強度を考慮し、0.9mm$^2$ を標準とする |
| 接地 | 600 | IV | JIS C 3307 | サイズは**表-10.30** による |

記号の説明
CV；架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル　（CVT；トリプレックス形）
CVV；制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル　（CVV-S；銅シールド）
KPEV；計装用対形ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル　（KPEV-S；銅シールド）
CPEV；市内対ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル　（CPEV-S；銅シールド）
IV；ビニル絶縁電線

トリプレックス形とは、各相が１本ごと独立したケーブルとなっているので、事故となった場合でも隣接ケーブルへの波及が少なく、また、ケーブルの表面積が大きいので、許容電流が大きく信頼性が高いこと、特性が良いことなどによって、受電の引込ケーブル等信頼性を要求されるところや、大電流を通す幹線回路に主として用いられる。

計装機器（水位計、流量計等）のケーブル配線においては、他の機器からの誘導障害等防止のため一般的に遮蔽付制御用ビニルシースケーブル（CVV-S）が使用される。本ケーブルの両末端は、遮蔽用軟銅テープを接地端子に接続しておく。

投込式水位計、電磁流量計等においては、各計装機器に付属の専用ケーブルを使用する場合もある。

なお、屋外に設ける計装機器の信号ライン及び電源ラインには、誘導雷防止装置を設けることを標準とする。

環境面を配慮してエコケーブル（EM 電線・ケーブル）を使用する場合もある。

② ケーブルサイズの選定

ケーブルサイズの選定手順を**図-10.39** に示す。

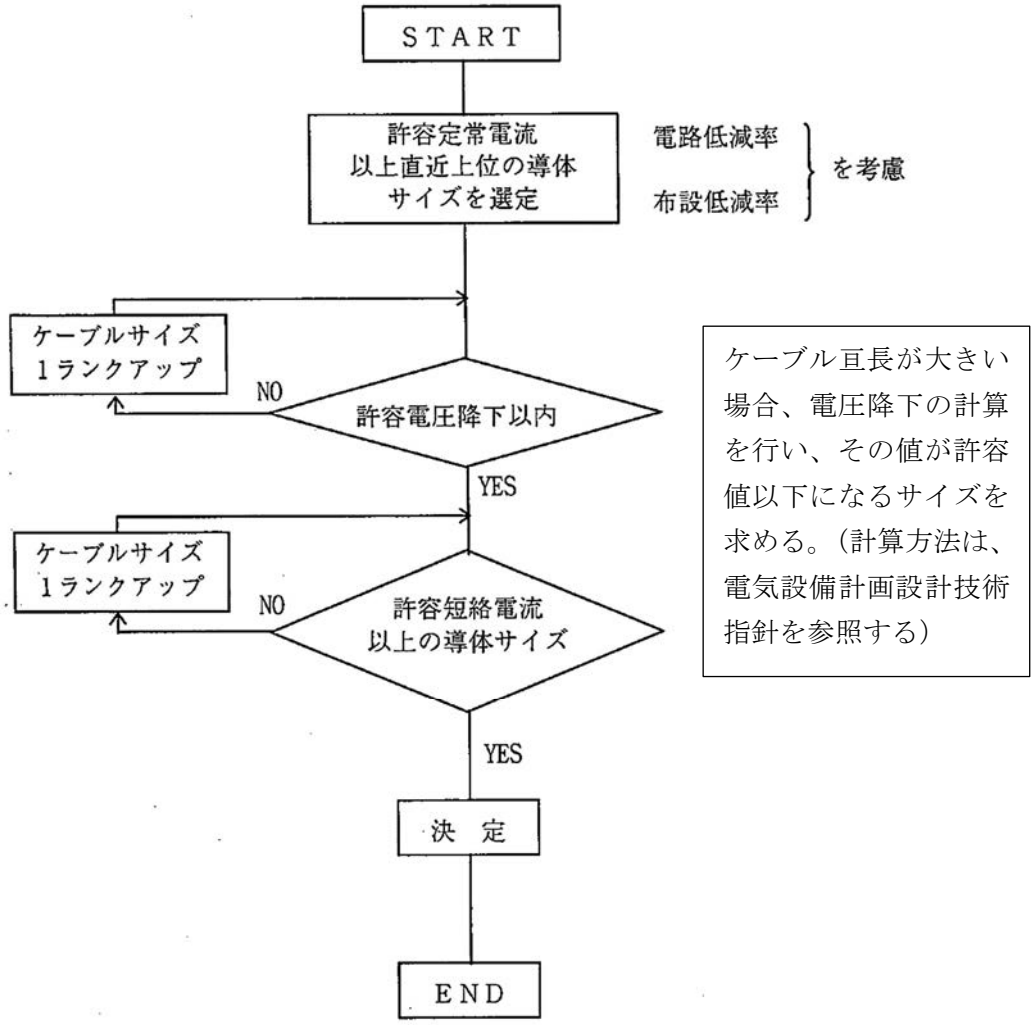



**図-10.39** 電力ケーブルサイズの選定手順（電気設備計画設計技術指針）

③ 配線ルート

配線ルートの決定に当たっては、可能な限り最短距離とし、美観、安全性、保守点検の容易性、結露及び湿気を帯びないこと等を考慮する。

なお、機器、盤類との接続箇所、並びに不同沈下や地震により変位を生ずる危険のある箇所の配線には余長（たるみ）をもたせる。

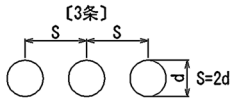
また、屋外配線部はその目的及び法規に基づき適正な工法で施工する。

④　電力ケーブルの許容電流値

**表-10.29**　電力ケーブルの許容電流値

JCS 0168-2より　　単位：A)

| 種類 | 公称断面積 $mm^2$ | 気中・暗渠布設 | | | 直接埋設布設 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CV-1C 3条 s=2d | CV-3C 1条 | CVT s=2d | CV-1C 3条 s=2d | CV-3C 1条 | CVT s=2d |
| 600V CV | 2 | 31 | 23 | | 38 | 32 | |
| | 4 | 44 | 33 | | 52 | 45 | |
| | 6 | 58 | 44 | | 66 | 58 | |
| | 8 | 72 | 55 | | 81 | 71 | |
| | 14 | 100 | 77 | | 110 | 97 | |
| | 22 | 130 | 100 | | 140 | 125 | |
| | 38 | 190 | 140 | | 190 | 170 | |
| | 60 | 255 | 190 | | 245 | 215 | |
| | 100 | 355 | 260 | | 325 | 285 | |
| | 150 | 455 | 340 | | 405 | 360 | |
| | 200 | 545 | 410 | | 470 | 420 | |
| | 250 | 620 | 470 | | 525 | 470 | |
| | 325 | 725 | 555 | | 605 | 540 | |
| 6600V CV CVT | 8 | 78 | 61 | | 82 | 70 | |
| | 14 | 105 | 83 | | 110 | 90 | |
| | 22 | 140 | 105 | 110 | 140 | 120 | 135 |
| | 38 | 195 | 145 | 160 | 190 | 160 | 180 |
| | 60 | 260 | 195 | 210 | 250 | 210 | 235 |
| | 100 | 355 | 265 | 290 | 330 | 280 | 310 |
| | 150 | 455 | 345 | 380 | 415 | 350 | 390 |
| | 200 | 540 | 410 | 460 | 485 | 405 | 450 |
| | 250 | 615 | 470 | 530 | 545 | 455 | 510 |
| | 325 | 720 | 550 | 625 | 630 | 525 | 585 |
| 周辺温度 | | 40℃ | | | 25℃ | | |
| 絶縁体許容温度 | | 90℃ | | | | | |




電線管に納める場合の電流減少係数（電気設備の技術基準の解釈 172 条）

| 同一管内の電線数 | 3以下 | 4 | 5～6 | 7～15 |
|---|---|---|---|---|
| 電流減少係数 | 0.7 | 0.63 | 0.56 | 0.49 |

CV、IV に適用する

⑤ 接地線の選定

接地線の選定は、機械的強度、耐しょく性及び電流容量の３点から検討する必要があり、特に接地線に故障電流が流れた場合に、電源側の過電流遮断器が動作する前に接地線が溶断すると、絶縁破壊をした機器に送電が継続され機器外箱が充電した状態となり、接地工事の目的を満たさないので、太さの選定は電流容量を重視する必要がある。内線規程ではこの点を検討した上で、各種接地工事の接地線の太さを決めている。

（接地線の太さ）

**表-10.30** は内線規程に規定されている最小接地線サイズである。

**表-10.30** 接地線の太さ

| 接地目的物 | 接地部分 | 接地する機械器具の金属製外箱、配管などの低圧電路電源側に施設される過電流遮断器のうち最小の定格電流の容量 | 接地線の太さ | | | | 接地種別 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 一般の場合 | | 移動して使用する機械器具に接地を施す場合において可とう性を必要とする部分にコード又はキャブタイヤケーブルを使用する場合 | | |
| | | | 銅 | アルミ | 単心のものの太さ | ２心を接地線として使用する場合の１心の太さ | D種接地工事およびC種 |
| 機械器具の金属製外箱配管など | 外箱 | 20A 以下 | 1.6mm 以上 2mm²以上 | 2.6mm 以上 | 1.25mm²以上 | 0.75mm²以上 | 接地工事（内線規程1350節-3） |
| | | 30 〃 | 1.6 〃 2 〃 | 2.6 〃 | 2 〃 | 1.25 〃 | |
| | | 50 〃 | 2.0 〃 3.5 〃 | 2.6 〃 | 3.5 〃 | 2 〃 | |
| | | 100 〃 | 2.6 〃 5.5 〃 | 3.2 〃 | 5.5 〃 | 3.5 〃 | |
| | | 150 〃 | 8 〃 | 14mm²以上 | 8 〃 | 5.5 〃 | |
| | | 200 〃 | 14 〃 | 22 〃 | 14 〃 | 5.5 〃 | |
| | | 400 〃 | 22 〃 | 38 〃 | 22 〃 | 14 〃 | |
| | | 600 〃 | 38 〃 | 60 〃 | 38 〃 | 22 〃 | |
| | | 800 〃 | 60 〃 | 80 〃 | 50 〃 | 30 〃 | |
| | | 1,000 〃 | 60 〃 | 100 〃 | 60 〃 | 30 〃 | |
| | | 1,200 〃 | 100 〃 | 125 〃 | 80 〃 | 38 〃 | |
| 変圧器 | 中性点 | 変圧器一相文の容量 | | | 接地線の太さ | | B種接地工事（内線規程1350節-5） |
| | | 100V 級 | 200V 級 | 400V 級 500V 級 | 銅 | アルミ | |
| | | 5KVA まで | 10KVA まで | 20KVA まで | 2.6mm 以上 | 3.2mm 以上 | |
| | | 10 〃 | 20 〃 | 40 〃 | 3.2 〃 | 14mm²以上 | |
| | | 20 〃 | 40 〃 | 75 〃 | 14mm²以上 | 22 〃 | |
| | | 40 〃 | 75 〃 | 150 〃 | 22 〃 | 38 〃 | |
| | | 60 〃 | 125 〃 | 250 〃 | 38 〃 | 60 〃 | |
| | | 75 〃 | 150 〃 | 300 〃 | 60 〃 | 80 〃 | |
| | | 100 〃 | 200 〃 | 400 〃 | 60 〃 | 100 〃 | |
| | | 175 〃 | 350 〃 | 700 〃 | 100 〃 | 125 〃 | |
| 避雷針 | 受雷部（突針他） | 30mm²以上で素線 2.0mm 以上〈50mm²以上で素線 2.0mm 以上〉 | | | | | A種接地工事（JIS A4201 (2003)） |

〔備考１〕この表にいう過電流遮断器は、引込口装置、幹線用又は分岐用に施設するもの（開閉器が過電流遮断器を兼ねる場合を含む。）であって、電磁開閉器のような電動器の過負荷保護器は含まない。

〔備考２〕コード又はキャブタイヤケーブルを使用する場合の２心のものは、２心の太さが同等であって、２心を並列に使用する場合の１心の断面積を示す。

〔備考３〕銅線 14 ㎟、アルミ線 22 ㎟を超える部分については銅線 14 ㎟、アルミ線 22 ㎟のものを使用することができる。

# 第 11 章　監視操作制御設備及び電源設備の設計

関連条項〔基準 9、運用 9-8〕

## 11.1　監視操作制御設備

監視操作制御設備は、ポンプ場の機器設備を安全で確実かつ容易に運転操作及び状態監視を遠隔（操作室）で行うために設けるもので、ポンプ設備の規模、使用条件等を総合的に勘案して運転方式等を検討し、必要な機能を有するものとする。

運転監視操作制御設備は、一般には次の条件等を考慮して設計する必要がある。

① 設備構成及び構造が単純で動作の信頼性が高い。
② 制御が簡単で誤作動及び誤操作のおそれがない。
③ 一部の故障が全体の制御に著しく影響を与えない。
④ 設置される環境に十分耐える。
⑤ 保守管理が容易で管理費が安価である。
⑥ 制御内容等の軽度の変更にも対応できる。

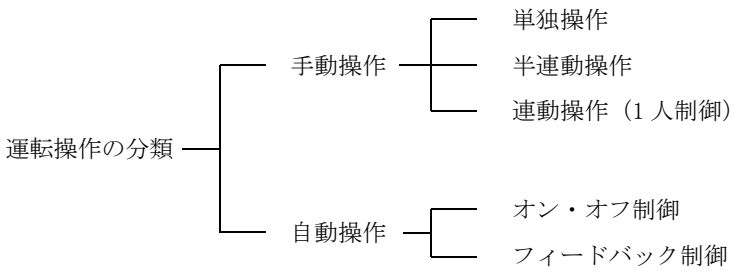
### 11.1.1　運転方式

⑴ 運転方式のレベルの検討

① ポンプ設備の規模や、水門設備、除じん設備の有無による検討
② かんがい又は排水ポンプ等使用目的による検討
③ 流量の変動範囲等使用条件による検討
④ 故障に対する保護、処置の要否、誤操作による危険度等の確実性の検討
⑤ 機側操作、遠方操作等操作場所の検討
⑥ 設備費、管理費等、経済性の検討
⑦ 初心者、単なる運転者、技術者等運転者の技能程度の検討

⑵ 操作方法による運転方式

通常主ポンプを運転する場合に、始動操作開始から始動操作完了までには主ポンプの他に、付属機器の操作が逐次行われていくことになるが、各機器を順次、手動で単独操作するもの、各機器の一連の操作を連動、又は半連動で操作する手動操作、必要に応じて計測機器からの指令により自動的に始動や停止を行う自動運転操作がある。いずれの運転操作（下図）を採用するかは、その水路系全体の水管理方式からの視点を重視し、かつ施設の規模、目的、管理体制等を考慮のうえ決定する。



a. 手動操作

⑷ 単独操作

単独操作は、主ポンプ及びその運転に必要な補機設備や、吐出し弁類等の操作を、運転操作員がそれぞれ単独に操作し、動作を確認しながら運転する方法である。一般に施設規模が小さく、少台数のポンプ場で補機設備が少ない施設や、試運転調整まで機側操作盤から操作を行う場合等に採用される。

⑹ 半連動操作

半連動操作は、吐出し弁や水門等を除く主ポンプ、補機設備等の操作を、１回の操作で各機器の操作段階を連動で行い、吐出し弁や水門等は個別に単独で操作を行うものである。

半連動操作は、連動する機器の数が多い場合や長期間停止中のポンプ設備の管理運転を行う場合に採用されることもある。

⑹ 連動操作（1 人制御）

連動操作は、主ポンプ、吐出し弁、補機設備等の操作を1回の操作で各機器の操作段階を連動で行うものである。

各機器の動作の間には、必要に応じて相互にインタロックの保護回路を備える。

b. 自動操作

始動操作が完了した後で、自動操作回路に開閉器が投入されると、運転状態の変化により計測器からの指令を受けて、始動及び停止動作やあるいは、弁操作や台数制御等の操作が自動的に行われる操作をいう。

⑷ オン・オフ制御

計測器により検出された計測値があらかじめ設定された値を超えた場合に、主ポンプに始動又は停止の指令を発信して自動的に運転台数を切換えたり、弁を全開又は全閉の操作を行うような制御方式をいう。

⑹ フィードバック制御

流量、圧力、水位などの制御対象を計測して、あらかじめ設定した目標値とその計測値を比較する。その結果、両者に偏差が生じたとき、制御対象を目標値に近づけるため、主ポンプの運転台数や回転速度・羽根角度・吐出し弁の開度等を制御・調整する制御方法をフィードバック制御という。

⑶ 操作場所による運転方式

a. 機側操作

主ポンプ、主原動機、補機設備、水門設備、除じん設備等を直接監視することのできる場所で操作し監視できるもので、一般に中小規模のポンプ設備で主ポンプを操作する配電盤が、主ポンプの近くに設置される場合等に採用される。

なお、この機側操作方式の場合には、各機器の操作手順はそれぞれ単独操作によって行われる場合が多く、たとえば主ポンプの操作、弁操作、潤滑油ポンプや冷却水ポンプの操作等を行う場合に、運転操作員が各機器の正常な動作を確認しながら、それぞれの機器を単独に操作することになる。

b. 遠隔操作

遠隔操作は、主ポンプ、主原動機、補機設備、水門設備、除じん設備等を遠隔にある操作室等から操作する方式で、監視操作盤が主ポンプの据付位置から離れた操作室に設備される場合に採

用される。この操作方式は、主ポンプの運転状態を監視操作盤上に表示して、これらの監視計器を目視しながら主ポンプの運転を連動操作（又は半連動操作）によって行うものである。

なお、この操作方式の場合でも初期の試運転調整を容易にするために機側操作盤を設置して各機器の操作を単独に行う必要がある。この機側操作盤内には操作位置の選択開閉器が設置されているほか、緊急操作用の開閉器も設置して事故等が発生した場合には、主ポンプを緊急停止することができるようにする。

c. 遠方操作

遠方操作は、ポンプ場から離れた中央管理所から有線、又は無線によりテレメータやテレコンを利用してポンプ施設を運転管理並びに操作を行うものである。この方法は、複数個所のポンプ場を集中管理して遠方から運転操作を行う場合に適している。この場合には、中央管理所内に必要な運転状態の表示、データの集積を行う機器等が設備される。水管理制御施設で採用されることが多い。

ただし、施設全体の設備費がかさむので、施設規模、目的、運営管理等を検討し、さらに管理者の意見等を考慮して採否を決定する必要がある。

d. 電源一時断時の対応

排水ポンプ設備の制御方式は、排水運転中に動力電源が一時停電し再送電される場合には、運転中に系統機器設備等に常時動力電源供給が必要な場合でも、従来は排水優先の考えから原動機（内燃機関）の運転を続行する方式を一般的に採用していたが、近年ではこの場合は、機器の故障防止等の観点から原動機（内燃機関）を一旦停止して電源回復後に再始動する方式としているのが一般的である。

用水ポンプ設備で、自動運転や遠方制御方式が導入されている場合は、安全管理等に十分配慮した上で自動復帰方式の採用を検討する。

### 11.1.2 始動条件

ポンプ設備の始動条件は、ポンプ設備に及ぼす重大な損傷の発生を防止するため、一定の条件を定め、その条件を満足したときにはじめて主ポンプが始動できるようにするものである。

ポンプ設備の始動、停止操作の例として、連動操作（1 人制御）の場合の始動条件を次に示す。

⑴ 主ポンプの始動条件

主ポンプの始動条件を示すと、**表-11.1(a)**のとおりである。

**表-11.1(a)** 主ポンプの始動条件

| 始動条件 ＼ 主ポンプ駆動用原動機 ／ 主ポンプの形式 | 内燃機関 横軸 | 内燃機関 立軸 | 電動機 横軸 | 電動機 立軸 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 吸込水槽水位規定以上 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 冷却水、潤滑水、封水用水槽水位規定以上 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 空気槽圧力規定以上 | ○ | ○ | | | 主ポンプ駆動用 |
| 燃料小出槽油面規定以上 | ○ | ○ | | | 内燃機関始動用 |
| 始動装置が始動位置にある | | | ○ | ○ | |
| 吐出し弁規定開度（全開又は全閉） | ○ | ○ | ○ | ○ | 主ポンプの形式や水位条件によって設定 |
| 押込式ポンプ用吸込弁全開（リミットスイッチを設ける場合） | ○ | ○ | ○ | ○ | 立軸は槽外形の渦巻ポンプの場合 |
| 真空ポンプ補給水槽水位規定以上 | ○ | | ○ | | 真空ポンプ付きの場合 |
| 保護継電器が動作していない | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 他の主ポンプが始動中でない | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 台以上の場合 |
| 各切換開閉器が所定の位置にある | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 電源が入っている | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| その他重要なもの | ○ | ○ | ○ | ○ | |

注） ○印は、充足すべき始動条件である。

⑵ 自家発電設備の始動条件

自家発電設備の始動条件を示すと、**表-11.1(b)**のとおりである。

**表-11.1(b)** 自家発電設備の始動条件

| 始動条件項目 | 連動運転操作 | 単独運転操作 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 膨張タンク・高架水槽水位規定値以上 | ○ | | 水冷の場合 |
| 空気槽圧力規定以上 | ○ | | 空気始動期間の場合 |
| 燃料小出槽油面規定以上 | ○ | | |
| 遮断器が投入されていない | ○ | ○ | |
| 重故障が発生していない | ○ | ○ | |
| 軽故障が発生していない | ○ | | |
| その他重要なもの | ○ | ○ | |

注） ○印は、充足すべき始動条件である。

⑶　主ポンプの始動操作

主ポンプの始動操作を示すと、**表-11.2** のとおりである。

**表-11.2**　主ポンプの始動操作

| 区　分 | 操　作　単　位 | 補機等の操作内容 | 検出要素 | 主ポンプの形式 | | | | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 内燃機関 | | 電動機 | | |
| | | | | 横 軸 | 立 軸 | 横 軸 | 立 軸 | |
| 始動準備 | 冷却水、潤滑水、封水供給操作 | 各種ポンプの始動・各種弁開 | 断水又は通水、水槽の水位 | ○ | ○ | ○ | ○ | 冷却水ポンプ・冷却水弁等 |
| | 満水操作 | 真空ポンプ始動・吸気弁開 | 満水 | ○ | | ○ | | 満水検知器 |
| | 潤滑油供給操作 | 潤滑油ポンプ始動 | 圧力又は流れ | ○ | ○ | ○ | ○ | 圧力継電器・流れ継電器 |
| 始　動 | 内燃機関始動操作 | 始動弁の開閉 | 渋滞・低速度・規定速度 | ○ | ○ | | | 空気始動方式の場合 |
| | 電動機始動操作 | 遮断機投入 | | | | ○ | ○ | |
| 始動後 | 満水停止操作 | 真空ポンプ停止・吸気弁閉 | 満水 | ○ | | ○ | | |
| | 潤滑油供給停止操作 | 潤滑油ポンプ停止 | 圧力又は回転速度 | ○ | ○ | ○ | ○ | 初期潤滑油主ポンプ |

注 1)　○印は、該当の操作単位である。
　2)　表中の冷却水ポンプは、ガスタービンの場合、不要となる。

⑷　主ポンプの停止操作

主ポンプの停止操作を示すと、**表-11.3** のとおりである。

**表-11.3**　主ポンプの停止操作

| 区　分 | 操作単位 | 補機等の操作内容 | 検出要素 | 主ポンプの形式 | | | | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 内燃機関 | | 電動機 | | |
| | | | | 横 軸 | 立 軸 | 横 軸 | 立 軸 | |
| 停　止 | 内燃機関停止操作 | 停止弁開閉 | | ○ | ○ | | | 空気始動方式の場合 |
| | 電動機停止操作 | 遮断器開 | | | | ○ | ○ | |
| 停止後 | 冷却水・潤滑水・封水供給停止操作 | 各種ポンプの停止、各種弁閉、真空破壊弁（吸込方式の場合） | 主ポンプ停止 | ○ | ○ | ○ | ○ | |

注 1)　○印は、該当の操作単位である。
　2)　表中の冷却水停止操作は、ガスタービンの場合、不要となる。

### 11.1.3 保護装置

主ポンプ運転中、各機器等に異常が生じた場合に機器の損傷を防止するため、その異常を検出し、状態に応じて停止、警報、表示の動作を行わせる保護装置を設ける。保護装置は、地震による誤動作の恐れのない機種及び方式を選定し、二次的な事故発生を防止するため、保護装置間の時限協調などの対策を講じる。

なお、主ポンプ運転中に生じると思われる各機器の異常状態及び重故障、軽故障の区分は、**表-11.4(a)、(b)**を参考とする。重故障に対しては、主ポンプを非常停止させるとともに異常状態の警報表示を行う。軽故障に対しては、異常状態の警報表示を行う。

**表-11.4(a)** ポンプ設備の重故障及び軽故障

| 区分 | 異常状態 ＼ 主原動機 ／ 主ポンプの形式 | 内燃機関 | | 電動機 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 横軸 | 立軸 | 横軸 | 立軸 | |
| 重故障 | 内燃機関過速度 | ○ | ○ | | | |
| | 内燃機関潤滑油圧異常低下 | ○ | ○ | | | |
| | 内燃機関排気温度異常上昇 | ○ | ○ | | | ガスタービンの場合 |
| | 冷却水温度上昇 | ○ | ○ | | | |
| | 冷却水量不足 | ○ | ○ | | | 直接冷却方式の場合 |
| | 燃料小出槽油面異常低下 | ○ | ○ | | | |
| | 電動機過負荷 | | | ○ | ○ | |
| | 電動機過電流 | | | ○ | ○ | |
| | 歯車減速機潤滑油圧又は油流量異常低下 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 軸受温度異常上昇 | | ○ | | ○ | スラスト軸受 |
| | 潤滑水量不足 | | ○ | | ○ | 潤滑水ポンプ |
| | 吸込水槽水位異常低下 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 無送水 | ○ | | ○ | | |
| | 電気系統重故障 | | | ○ | ○ | 低電圧接地 |
| | その他重要なもの | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 軽故障 | 始動渋滞 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2系統とする |
| | 内燃機関始動渋滞 | ○ | ○ | | | |
| | 内燃機関停止渋滞 | ○ | ○ | | | |
| | 内燃機関潤滑油温度異常上昇 | ○ | ○ | | | |
| | 冷却水、潤滑水、封水用水槽水位異常低下 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 空気槽圧力異常低下 | ○ | ○ | | | ポンプ駆動用、 |
| | 燃料小出槽油面低下 | ○ | ○ | | | 内燃機関始動用 |
| | 歯車減速機潤滑油温度異常上昇 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 流体継手潤滑油温度異常上昇 | ○ | ○ | ○ | ○ | 必要な場合 |
| | 吐出し弁リミトルク作動 | ○ | ○ | ○ | ○ | 電動弁の場合 |
| | 真空ポンプ補給水槽水位異常低下 | ○ | | ○ | | |
| | 補機ポンプ故障 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 電気系統軽故障 | | | ○ | ○ | |
| | その他必要なもの | ○ | ○ | ○ | ○ | |

注 1) ○印は、該当の異常状態である。
2) 重故障とは、重要部分の故障であり、直ちに主ポンプ運転を停止させる必要のある故障。
3) 軽故障とは、しばらくの間主ポンプ運転を続行しても支障のない部分の故障であり、警報が鳴ったら運転者は点検及び調整を行う必要がある。

**表-11.4(b)**　自家発電設備の重故障及び軽故障

| 保護項目 | | | 発電機 | 内燃機関 | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ディーゼル機関駆動 | | ガスタービン駆動 | |
| | | | | 水冷 | 空冷 | | |
| 重故障 | 発電機 | 過電圧 | ○ | — | — | — | |
| | | 過電流 | ○ | — | — | — | |
| | | 低電圧 | ○ | — | — | — | |
| | | 接地 | ○ | — | — | — | |
| | | 軸受温度異常上昇 | ○ | — | — | — | すべり軸受の場合 |
| | 内燃機関 | 過速度 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 潤滑油温度上昇 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 潤滑油圧異常低下 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 冷却水量不足 | — | ○ | — | — | |
| | | 冷却水温度異常上昇 | — | ○ | — | — | |
| | | 燃料小出槽油面異常低下 | — | ○ | ○ | ○ | 自動空気抜き装備機種を除く |
| | | 出力軸低速度 | — | — | — | ○ | |
| | | 排気温度異常上昇 | — | — | — | ○ | |
| | | ガスタービン制御系異常 | — | — | — | ○ | |
| | その他重要なもの | | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 軽故障 | 全体 | 始動渋滞 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 内燃機関 | 始動渋滞 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 停止渋滞 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 膨張タンク・高架水槽水位異常低下 | — | ○ | — | — | |
| | | 燃料小出槽油面低下 | — | ○ | ○ | ○ | |
| | | 空気槽槽圧力異常低下 | — | ○ | ○ | — | |
| | その他必要なもの | | ○ | ○ | ○ | ○ | |

〔参　考〕

**参考 1.** 状態表示等

中央操作盤及び機側操作盤には、**表-11.5-参**を参考に、状態表示のための計器類と開閉器をそれぞれ設けるものとする。

**表-11.5-参**　ポンプ設備の状況表示等

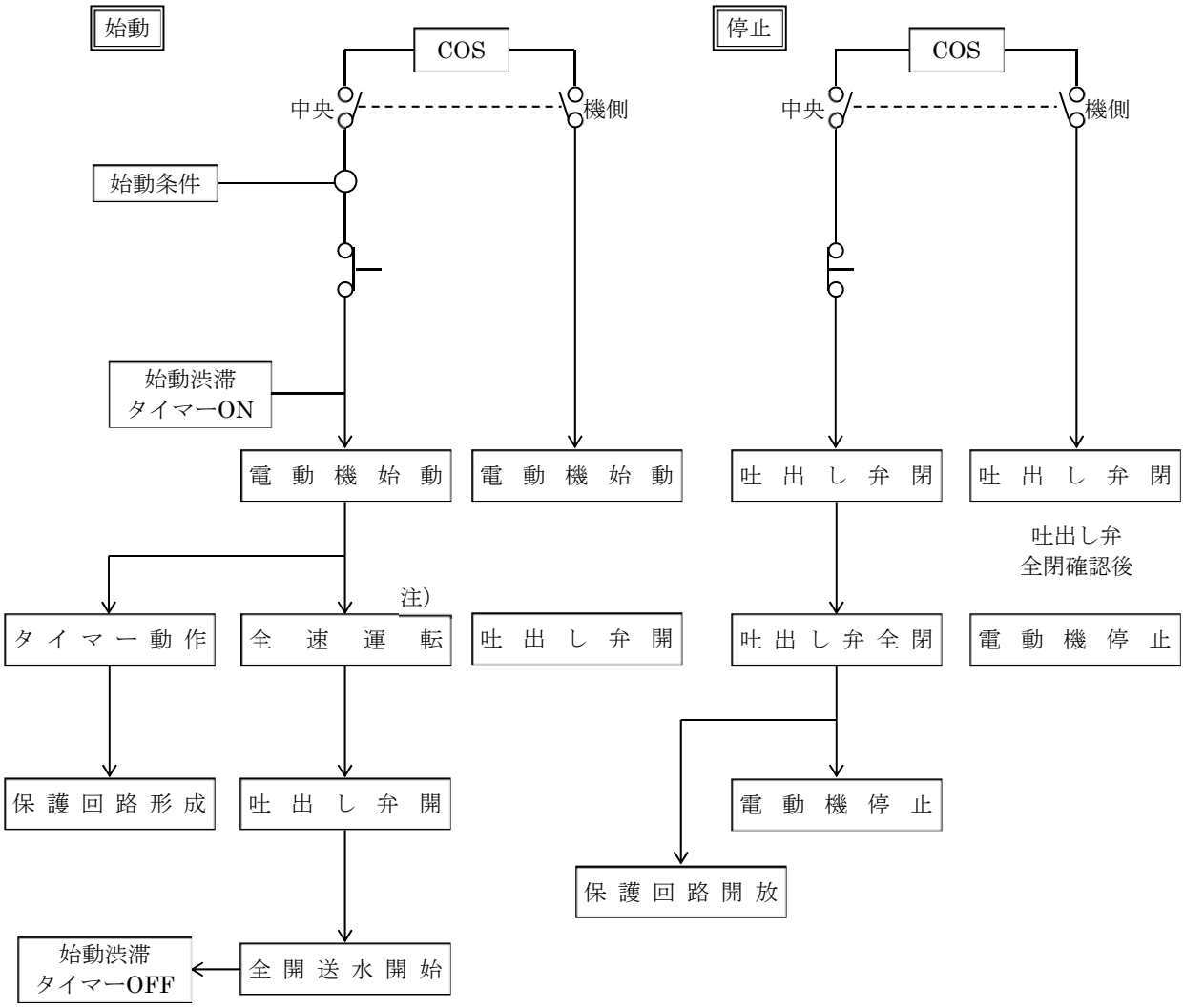
| 操作盤 | 状態表示及び開閉器 ＼ 主原動機 ／ 主ポンプの形式 | | 内燃機関 | | 電動機 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 横軸 | 立軸 | 横軸 | 立軸 | |
| 中央操作盤 | 状態表示 | 内外水位計 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | ゲート開度計 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 電源 | ○ | ○ | ○ | ○ | 主電源 |
| | | 満水 | ○ | | ○ | | 真空ポンプが必要な機場 |
| | | 潤滑水通水 | | ○ | | ○ | 潤滑水ポンプ用 |
| | | 始動準備完了 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 始動 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 運転 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 吐出し弁開度 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 燃料消費計 | ○ | ○ | | | 主ポンプ駆動内燃機関用 |
| | | 回転速度計 | ○ | ○ | ○ | ○ | 主に速度制御をする場合に取付ける |
| | | 電圧計 | | | ○ | ○ | 主ポンプ駆動用電動機用 |
| | | 電流計 | | | ○ | ○ | 〃 |
| | | 周波数計 | | | ○ | ○ | 〃 |
| | | 流量計 | ○ | ○ | ○ | ○ | 必要のある場合取付ける |
| | | 電力量計 | | | ○ | ○ | 主ポンプ駆動用電動機用 |
| | | 運転時間計 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 異常状態表示 | ○ | ○ | ○ | ○ | **表-11.4** に示す状態 |
| | 開閉器 | 電源 | ○ | ○ | ○ | ○ | 主電源　入り－切り |
| | | 主ポンプ | ○ | ○ | ○ | ○ | 始動－停止 |
| | | 吐出し弁 | ○ | ○ | ○ | ○ | 開－閉 |
| | | 非常停止ボタン | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 機側操作盤 | 状態表示 | 電源 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 運転 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 異常状態表示 | ○ | ○ | ○ | ○ | 主ポンプについてのみ |
| | 開閉器 | 切換開閉器 | ○ | ○ | ○ | ○ | （主ポンプ）中央－機側、単独－連動<br>（補機）自動－手動、号機選択 |
| | | 操作開閉器 | ○ | ○ | ○ | ○ | 始動－停止 |
| | | 非常停止ボタン | ○ | ○ | ○ | ○ | 主ポンプ駆動用原動機についてのみ |

注）　○印は、該当の状態表示及び開閉器である。

## 参考 2.　主ポンプの始動、停止シーケンスブロック例一覧

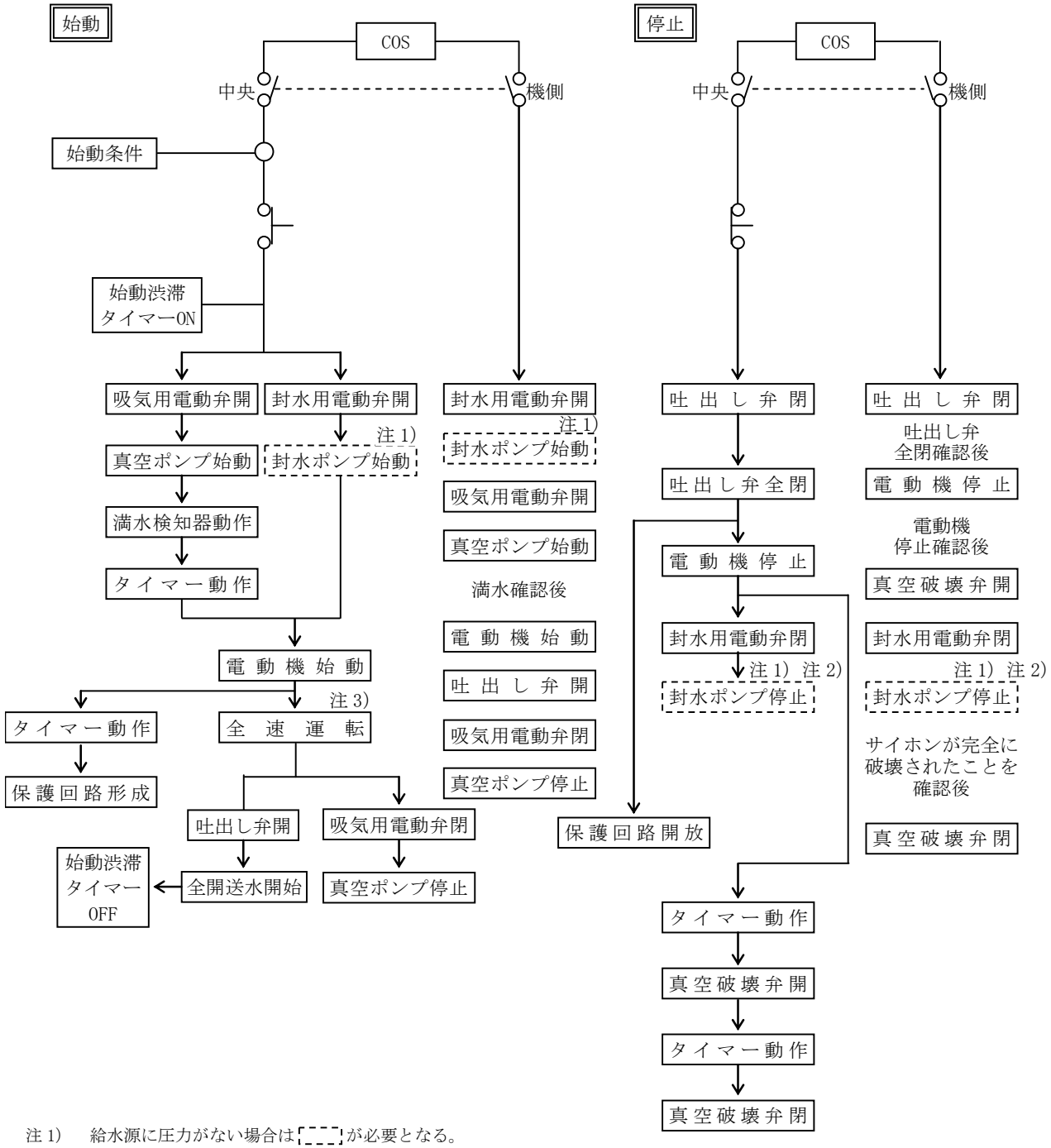
| 番号 | 主ポンプ形式 | 軸受形式 | 軸封装置形式 | 駆動方式 |
|---|---|---|---|---|
| (1) | 横軸両吸込渦巻ポンプ | | グランドパッキン | 電動機駆動（押込） |
| (2) | 横軸両吸込渦巻ポンプ | | グランドパッキン | 電動機駆動（吸上） |
| (3) | 立軸片吸込渦巻ポンプ | | グランドパッキン | 電動機駆動（直結） |
| (4) | 横軸軸流ポンプ | | グランドパッキン | 電動機駆動（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (5) | 横軸軸流ポンプ | | グランドパッキン | ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (6) | 横軸軸流ポンプ | | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (7) | 横軸軸流ポンプ | | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (8) | 横軸軸流ポンプ | | 無給水軸封装置 | 横軸ガスタービン駆動（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (9) | 横軸斜流ポンプ | | グランドパッキン | 電動機駆動（水冷歯車減速機付） |
| (10) | 横軸斜流ポンプ | | グランドパッキン | ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付） |
| (11) | 横軸斜流ポンプ | | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付） |
| (12) | 横軸斜流ポンプ | | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付） |
| (13) | 横軸斜流ポンプ | | 無給水軸封装置 | 横軸ガスタービン駆動（空冷歯車減速機付） |
| (14) | 立軸軸流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | 電動機駆動（直結、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (15) | 立軸軸流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | 電動機駆動（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (16) | 立軸軸流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (17) | 立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（直結、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (18) | 立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (19) | 立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（流体継手内蔵形歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (20) | 立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (21) | 立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 立軸ガスタービン駆動（吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (22) | 減速機搭載形<br>立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (23) | 減速機搭載形<br>立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 空冷ディーゼル機関駆動（吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (24) | 減速機搭載形<br>立軸軸流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 横軸ガスタービン駆動（吐出し弁は無いか又は全面始動の場合） |
| (25) | 立軸斜流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | 電動機駆動（直結） |
| (26) | 立軸斜流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | 電動機駆動（水冷歯車減速機付） |
| (27) | 立軸斜流ポンプ | ゴム軸受 | グランドパッキン | ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付） |
| (28) | 立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（直結） |
| (29) | 立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付） |
| (30) | 立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（流体継手内蔵形歯車減速機付） |
| (31) | 立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付） |
| (32) | 立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 立軸ガスタービン駆動 |
| (33) | 減速機搭載形<br>立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 電動機駆動（空冷歯車減速機付） |
| (34) | 減速機搭載形<br>立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 空冷ディーゼル機関駆動 |
| (35) | 減速機搭載形<br>立軸斜流ポンプ | セラミックス軸受 | 無給水軸封装置 | 立軸ガスタービン駆動 |

⑴ 横軸両吸込渦巻ポンプ（グランドパッキン）：電動機駆動（押込み）



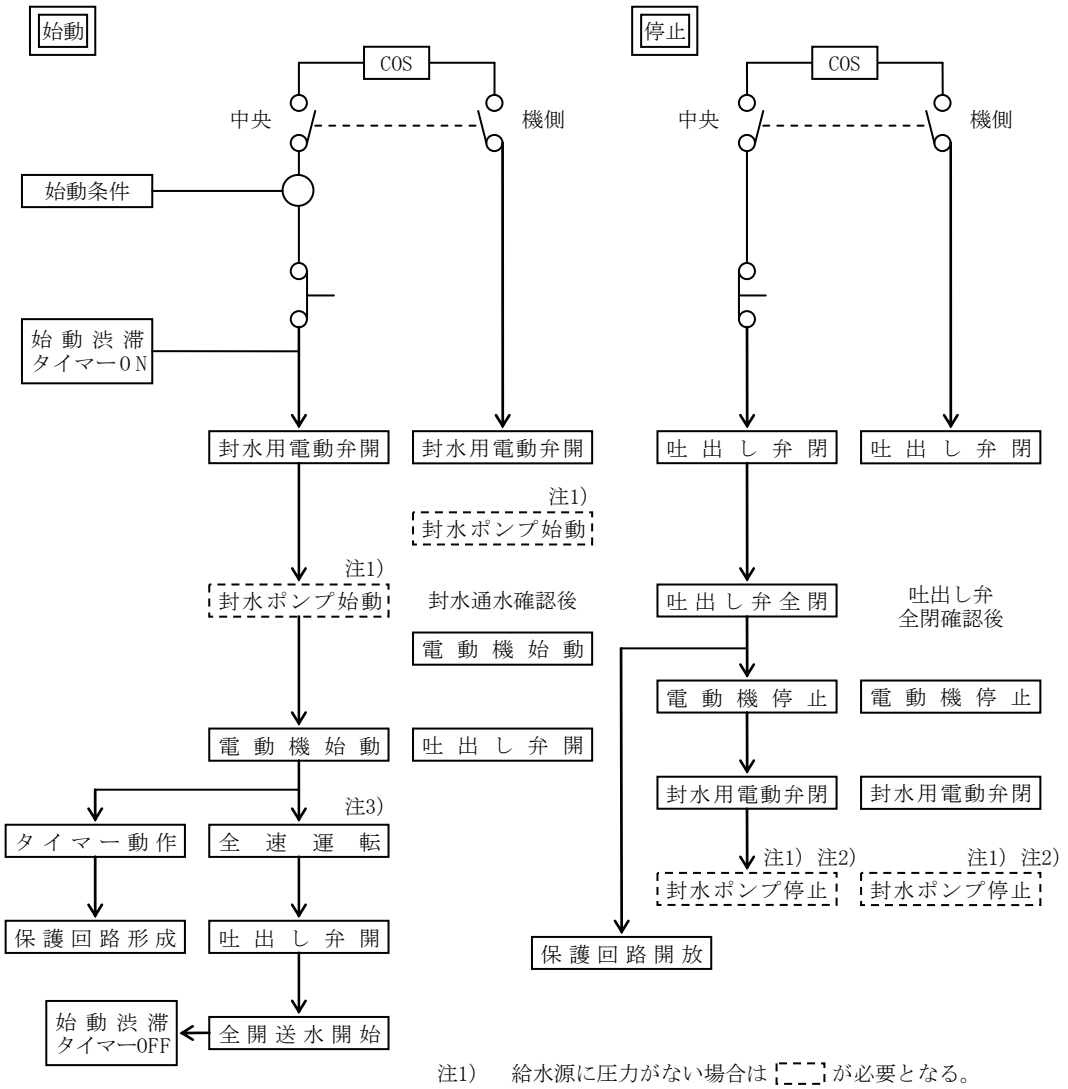

注）①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

⑵　横軸両吸込渦巻ポンプ（グランドパッキン）：電動機駆動（吸上げ）




注 1)　給水源に圧力がない場合は［　］が必要となる。
2)　主ポンプ全台数停止後
3)　①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

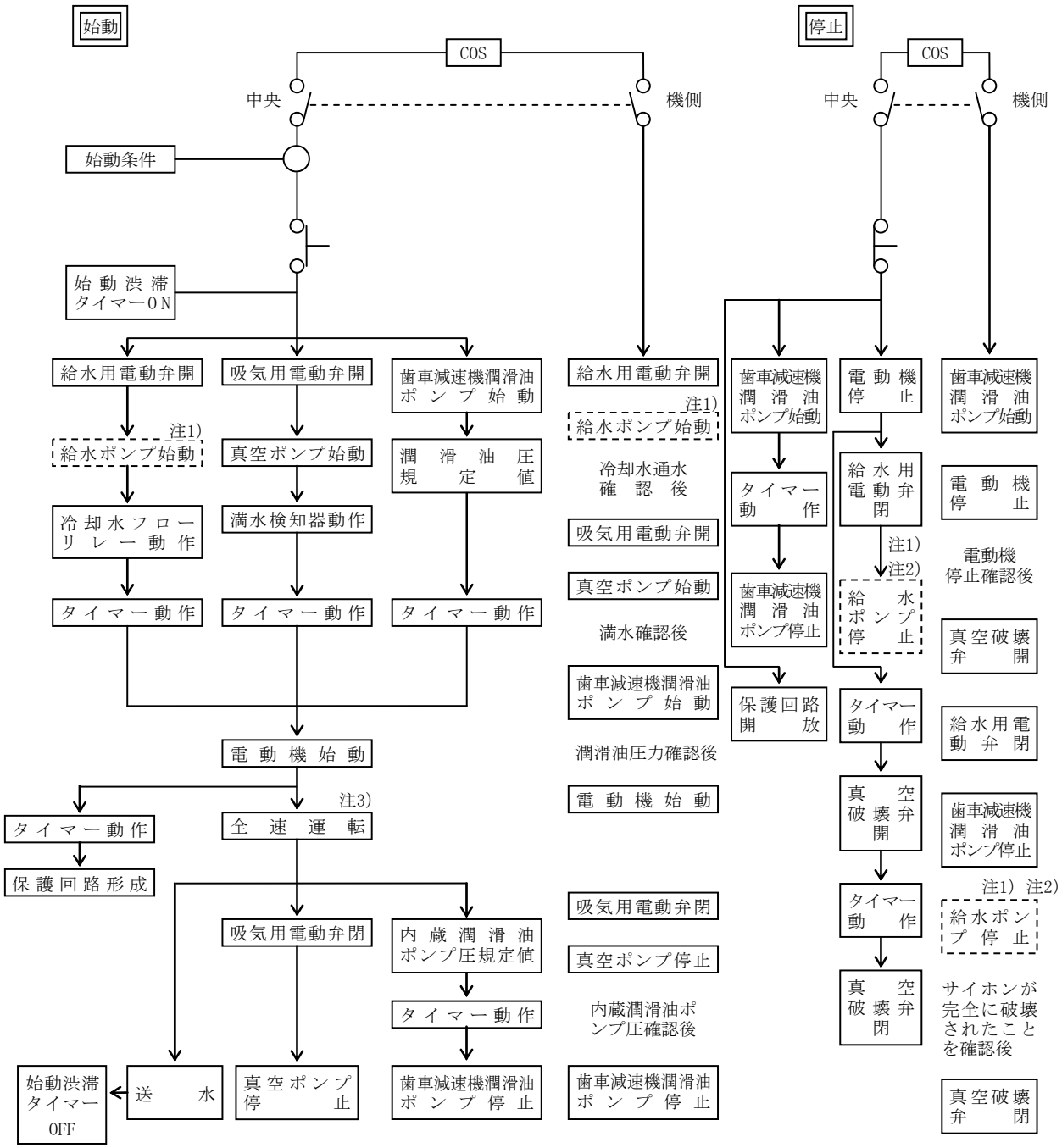
(3) 立軸片吸込渦巻ポンプ（グランドパッキン）：電動機駆動（直結）




注1) 給水源に圧力がない場合は [ ] が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

(4)　横軸軸流ポンプ（グランドパッキン）：電動機駆動

（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 4)]）




注1)　給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。

2)　主ポンプ全台数停止後

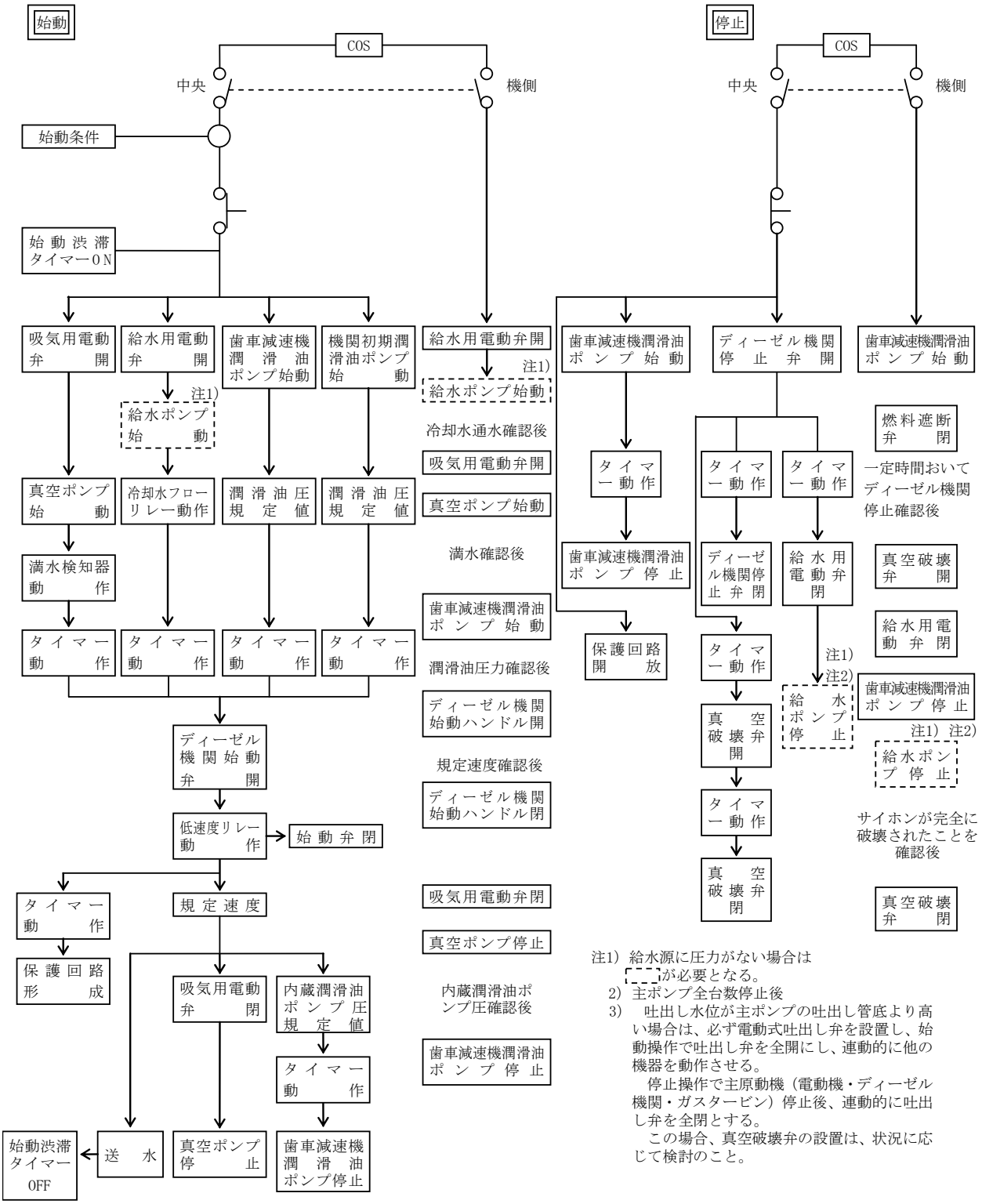
3)　①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

4)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。

停止操作で原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

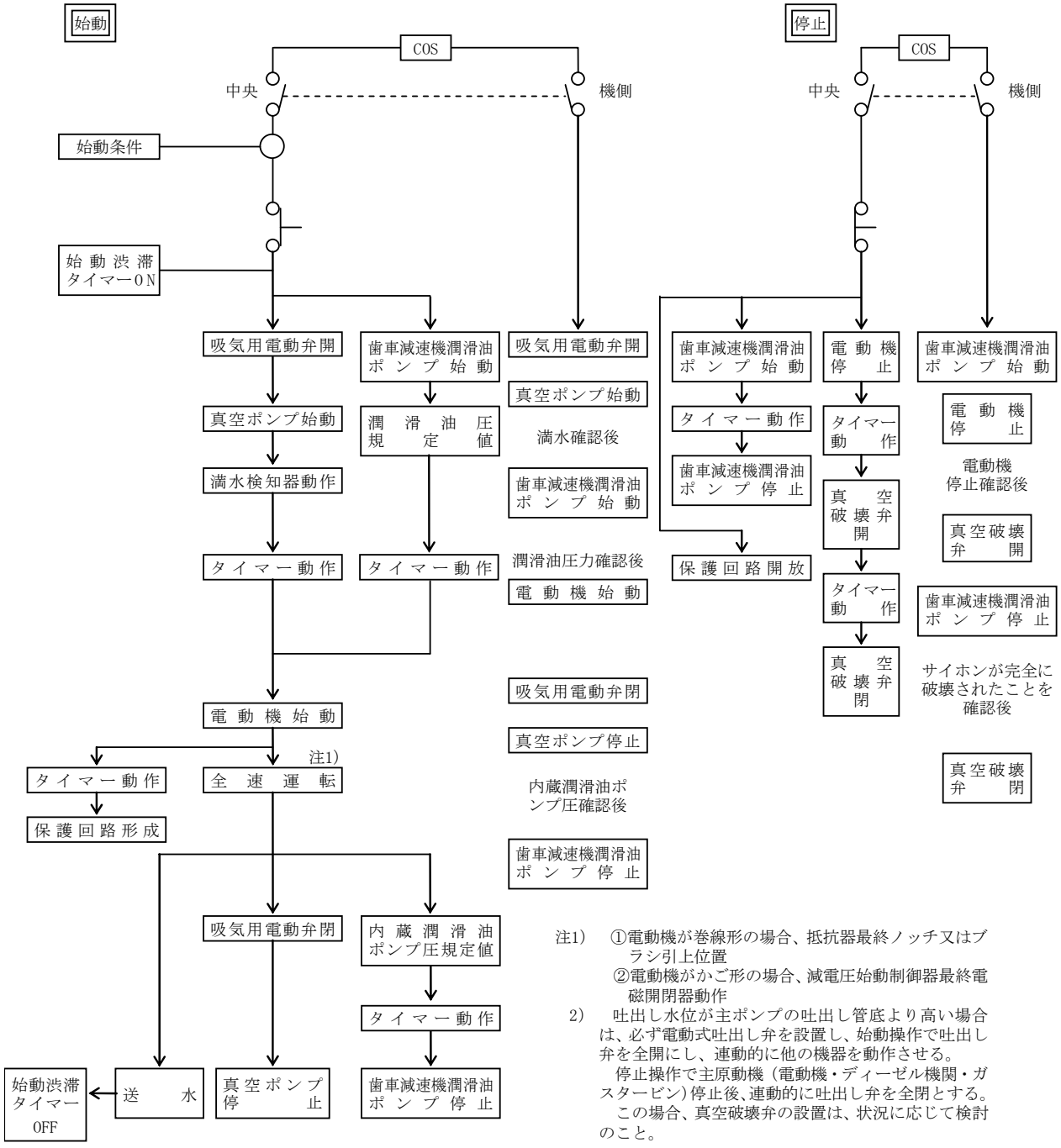
## ⑸ 横軸軸流ポンプ（グランドパッキン）：ディーゼル機関駆動

（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注3)]）




注1）給水源に圧力がない場合は
[ ]が必要となる。
2）主ポンプ全台数停止後
3） 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

⑹　横軸軸流ポンプ（無給水軸封装置）：電動機駆動
（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注2)]）

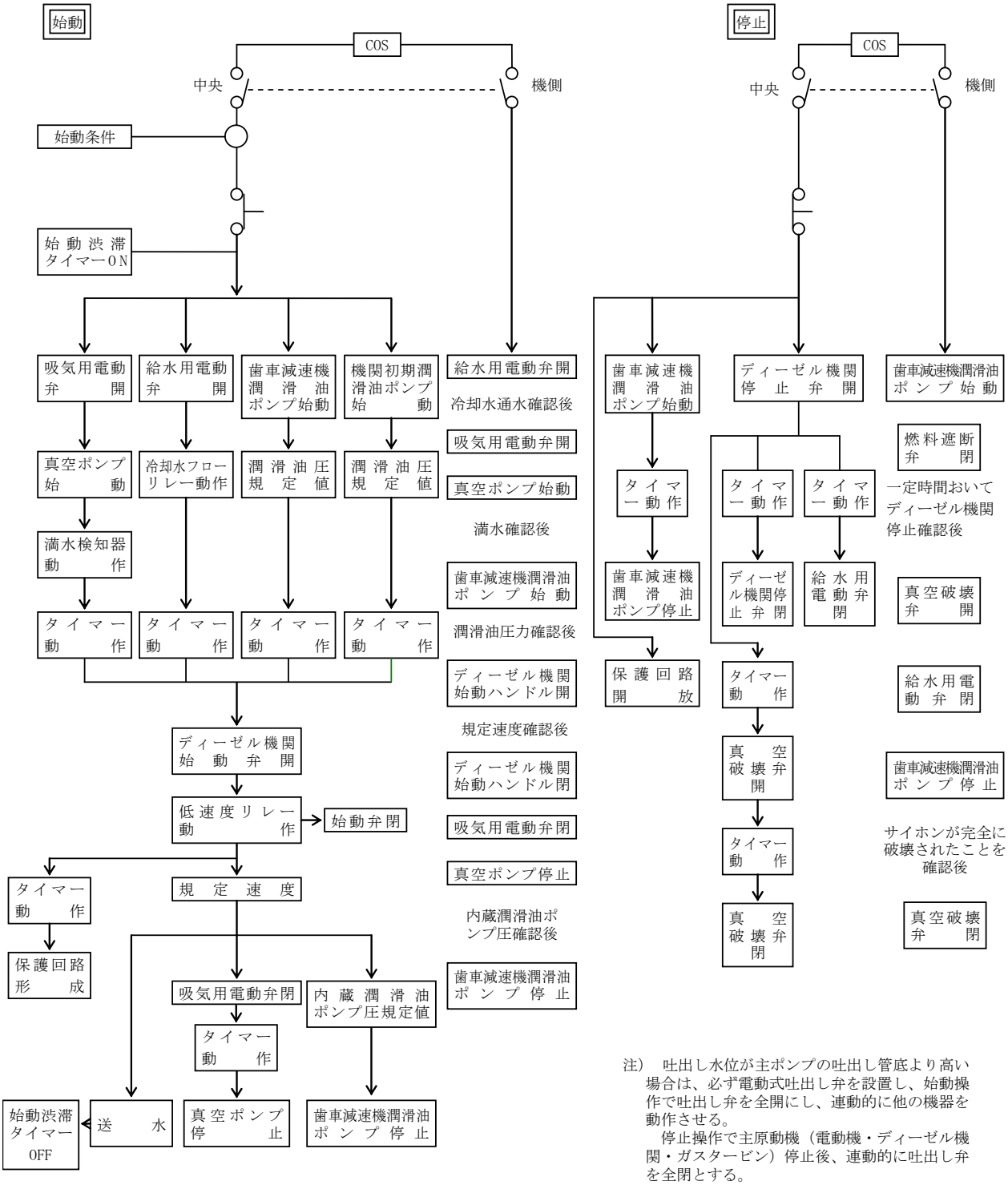



注1)　①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

2)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (7) 横軸軸流ポンプ（無給水軸封装置）：ディーゼル機関駆動

（空冷歯車減速機及び管内クーラ付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注)]）



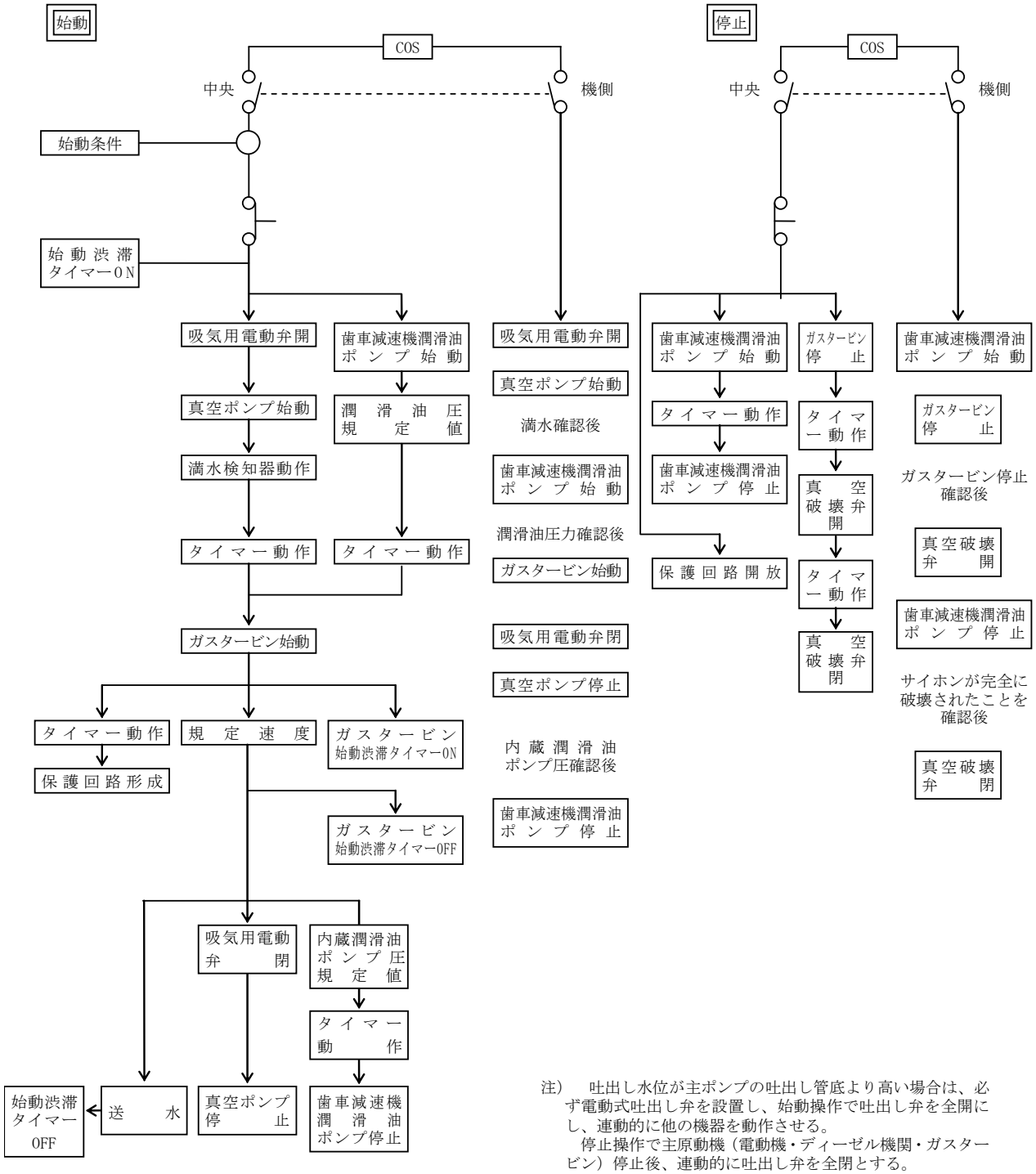

注） 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。

停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。

この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

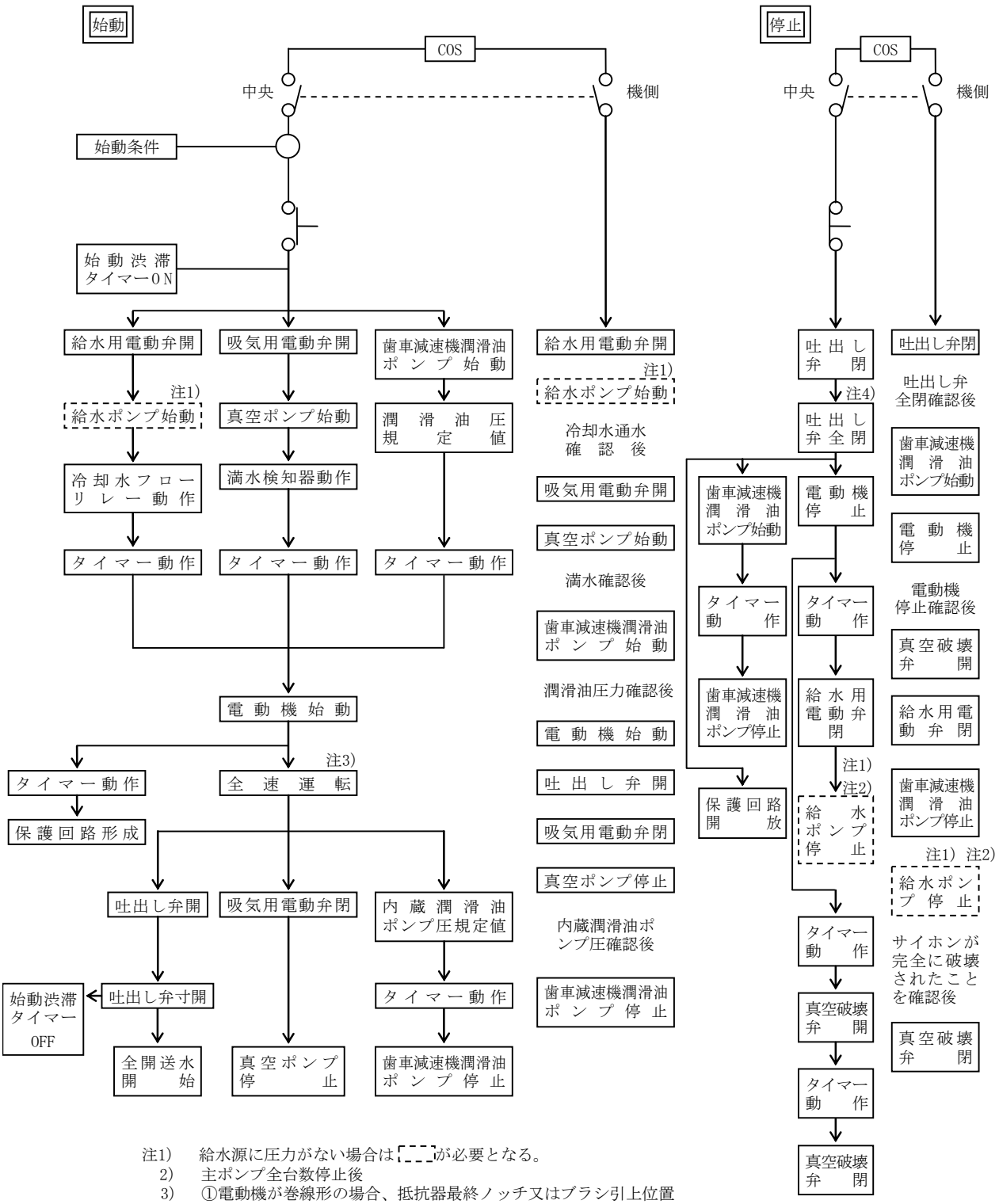
⑻　横軸軸流ポンプ（無給水軸封装置）：横軸ガスタービン駆動

（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注)]）



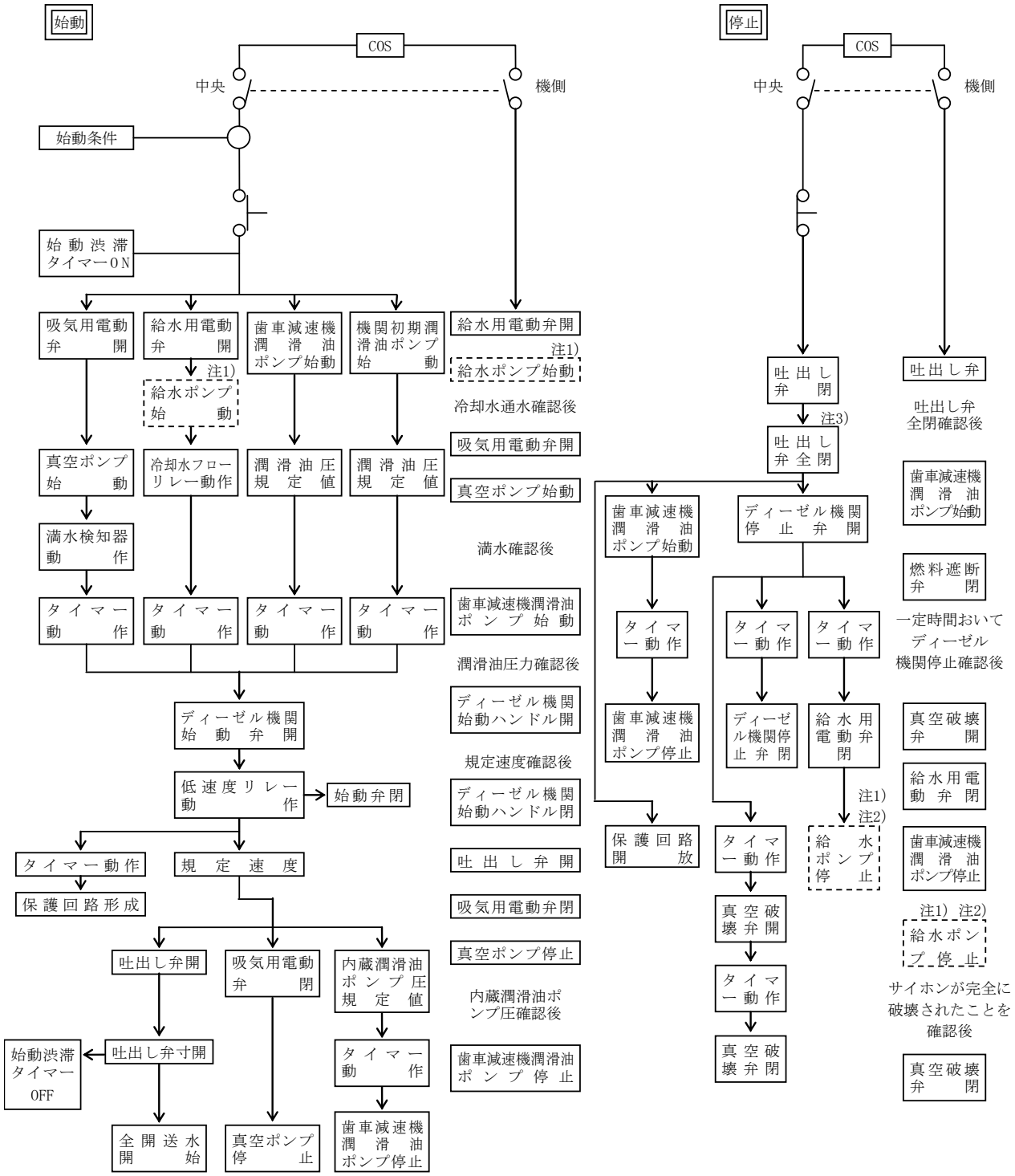

注）　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
　停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
　この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (9) 横軸斜流ポンプ（グランドパッキン）：電動機駆動（水冷歯車減速機付）



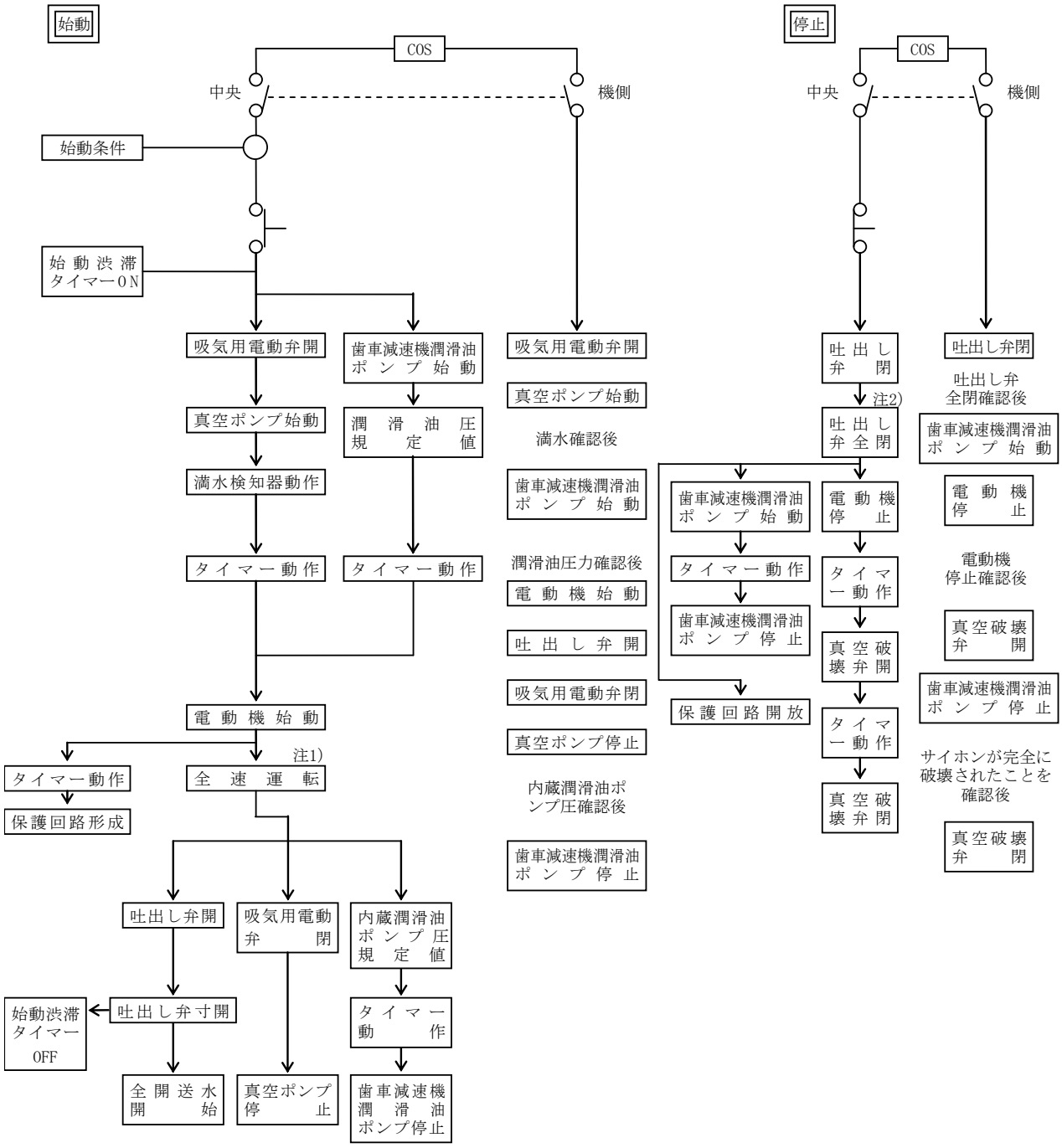

注1) 給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
4) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (10) 横軸斜流ポンプ（グランドパッキン）：ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付）



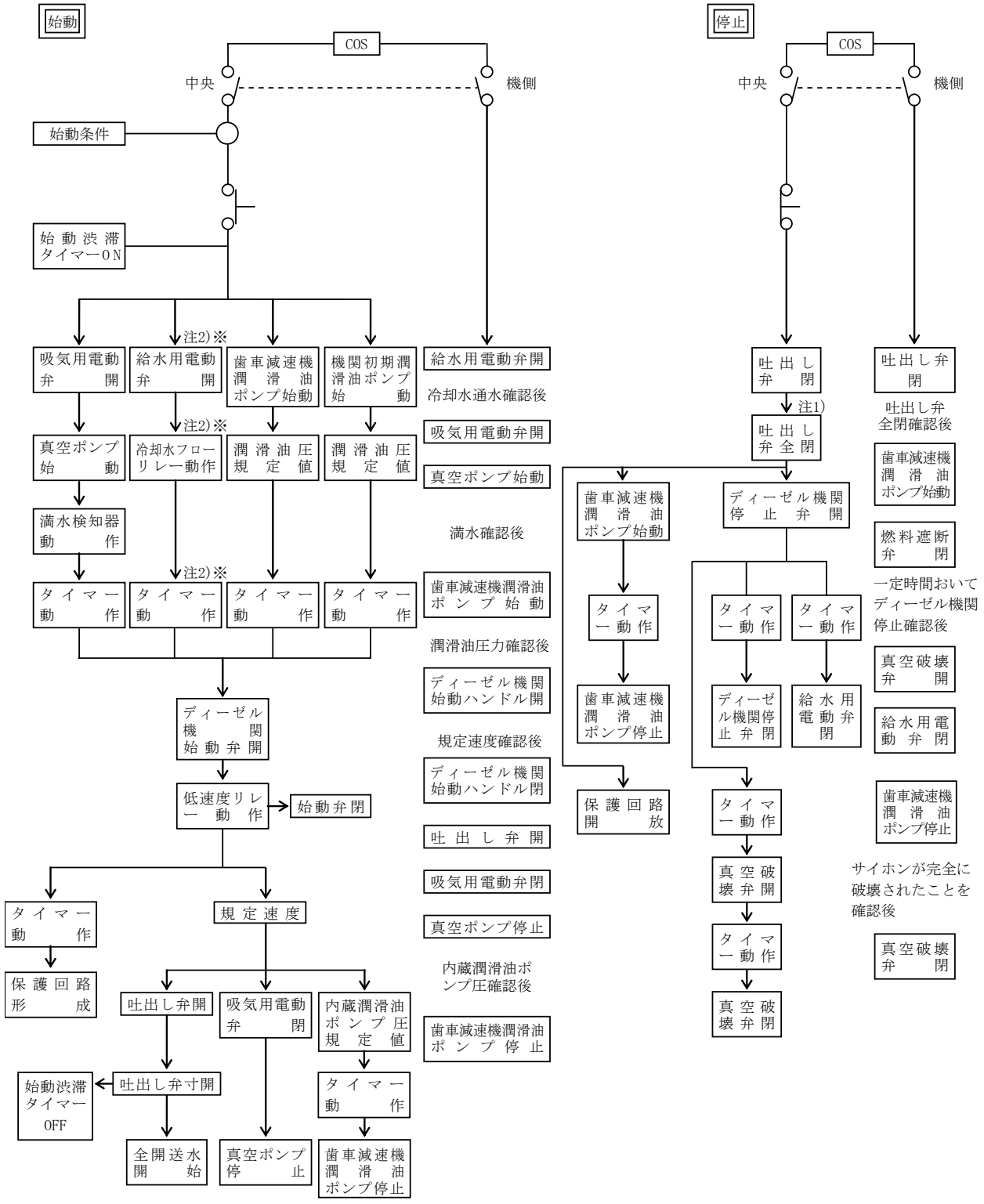

注1)　給水源に圧力がない場合は [ ] が必要となる。
2)　主ポンプ全台数停止後
3)　Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (11) 横軸斜流ポンプ（無給水軸封装置）：電動機駆動（空冷歯車減速機付）



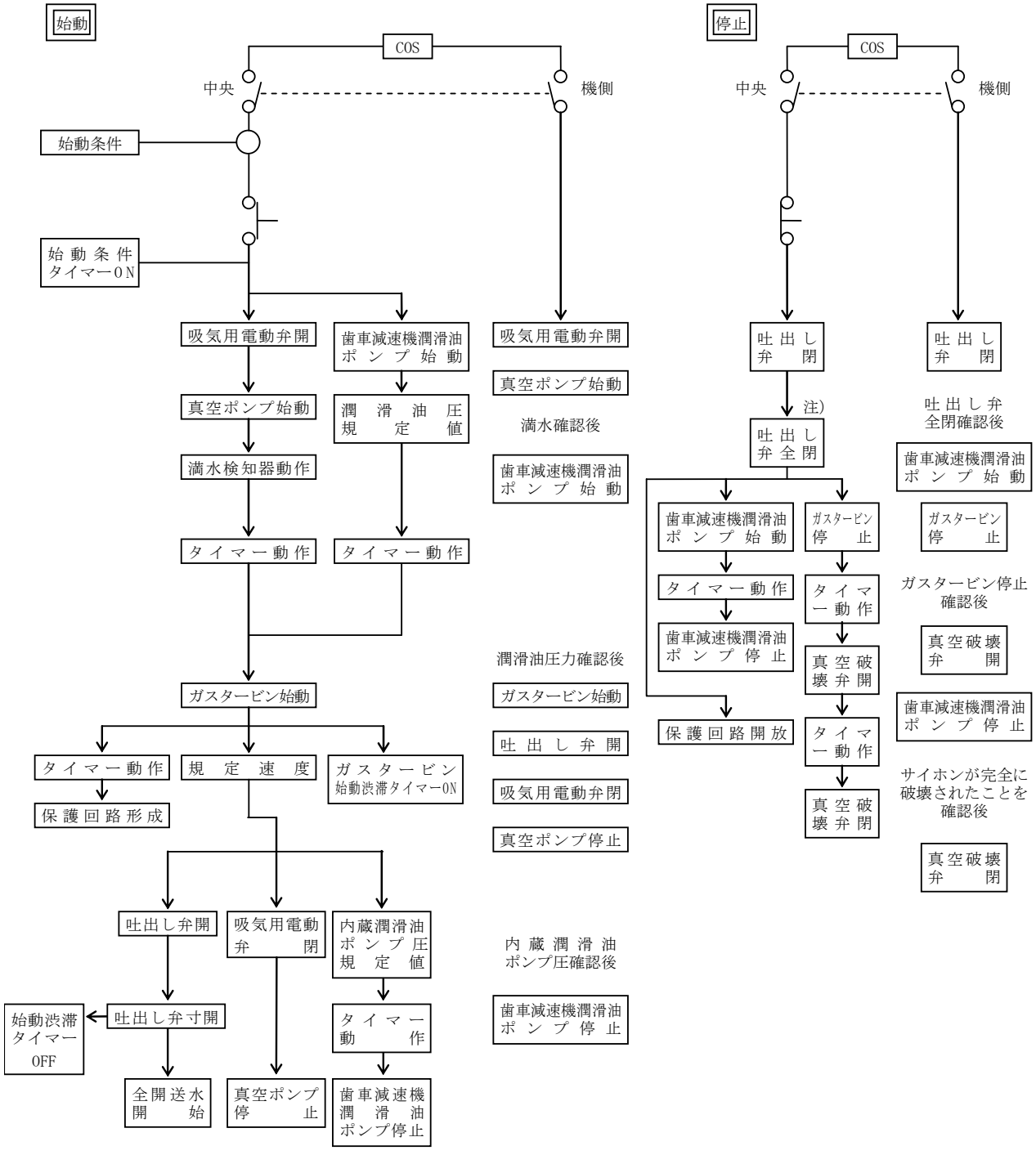

注1) ① 電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
② 電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
2) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (12) 横軸斜流ポンプ（無給水軸封装置）:ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付）




注1)　Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。
2)　このフローはディーゼル機関が水冷式の場合である。完全空冷式の場合には、※印の項目が不要となる。

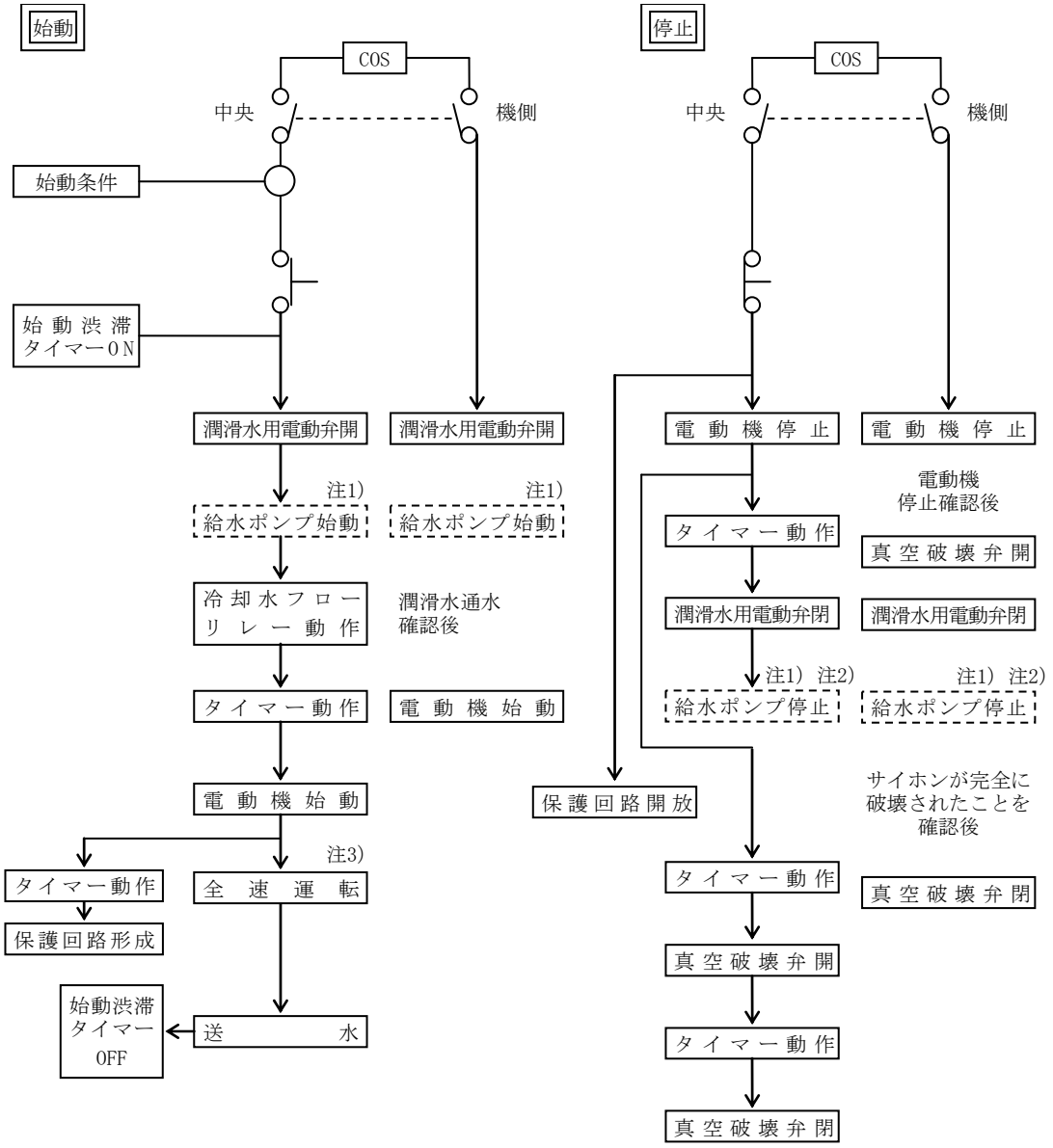
## (13) 横軸斜流ポンプ（無給水軸封装置）：横軸ガスタービン駆動（空冷歯車減速機付）




注） Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

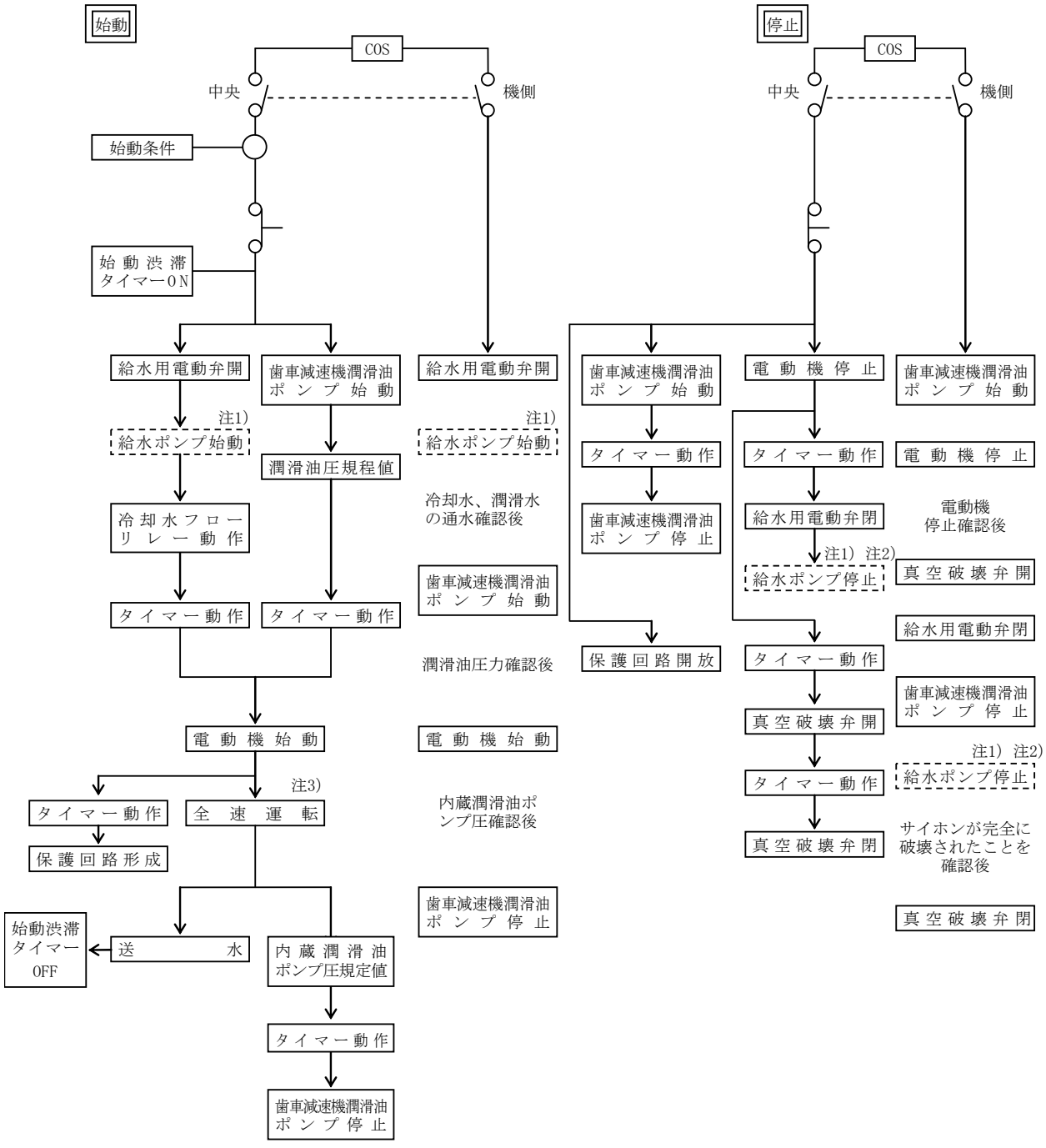
(14) 立軸軸流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：電動機駆動

（直結、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 4)]）



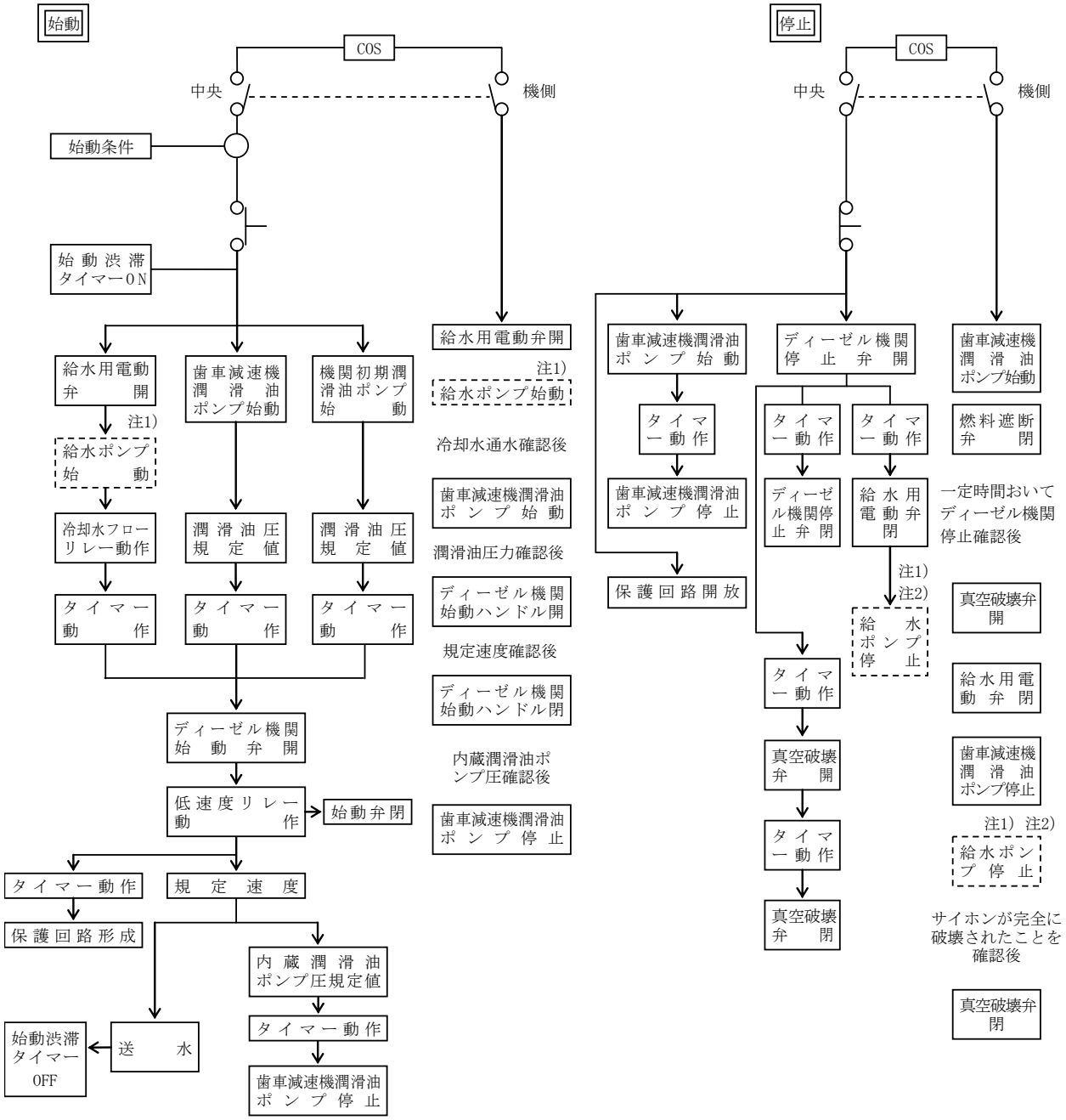

注1)　給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2)　主ポンプ全台数停止後
3)　①　電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②　電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
4)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (15) 立軸軸流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：電動機駆動
（水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注4)]）



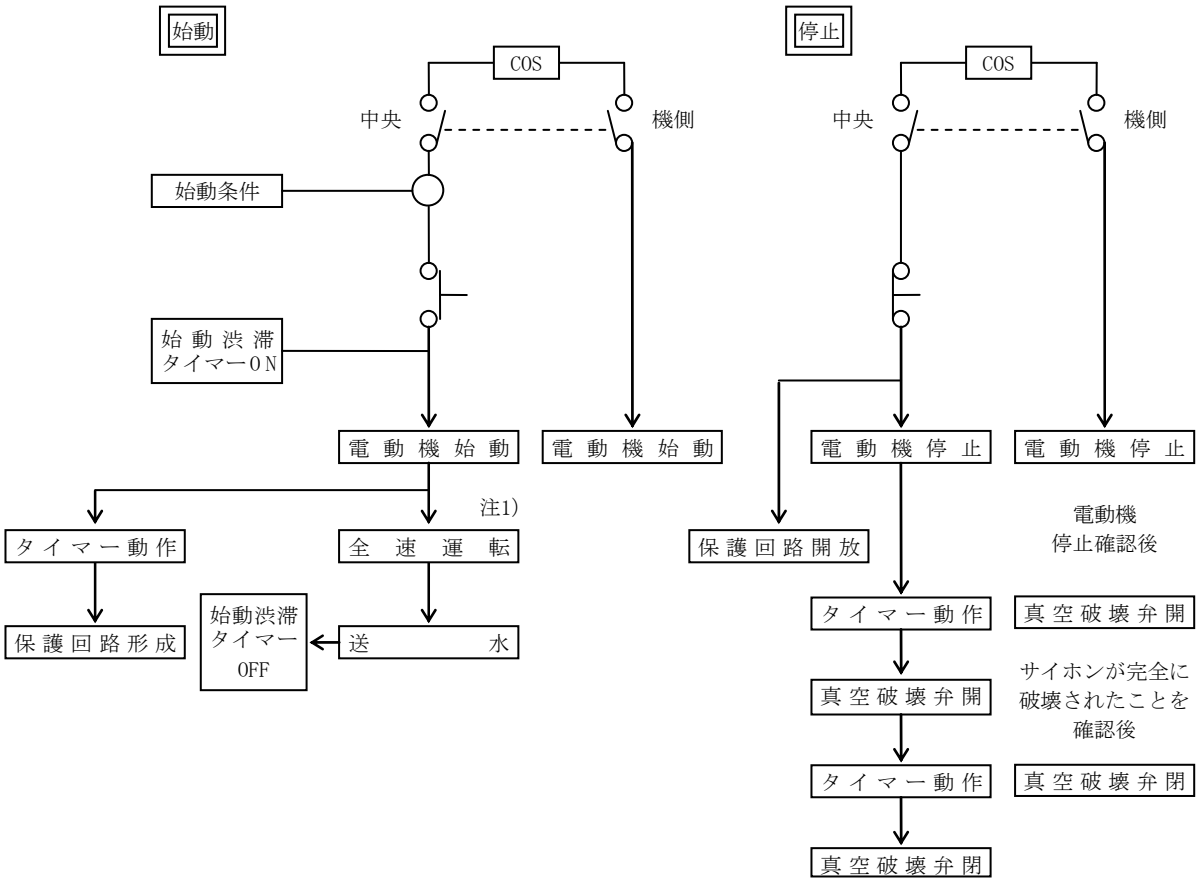

注1) 給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
4) 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (16) 立軸軸流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：ディーゼル機関駆動
## （水冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 3)]）




注1)　給水源に圧力がない場合は[　]が必要となる。
2)　主ポンプ全台数停止後
3)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

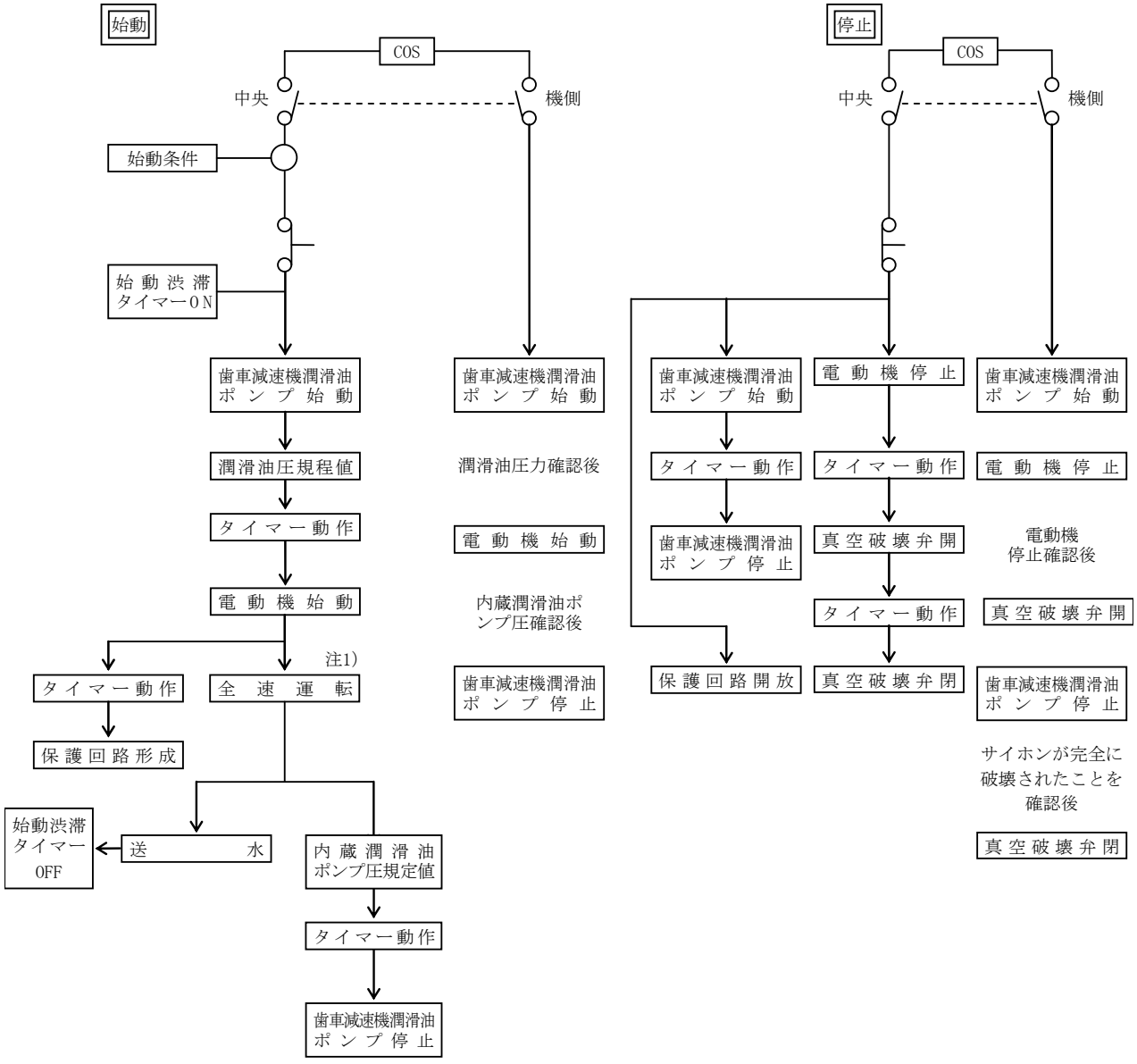
(17) 立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：電動機駆動
（直結、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注2)]）




注1) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

2) 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (18) 立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：電動機駆動
## （空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 2)]）

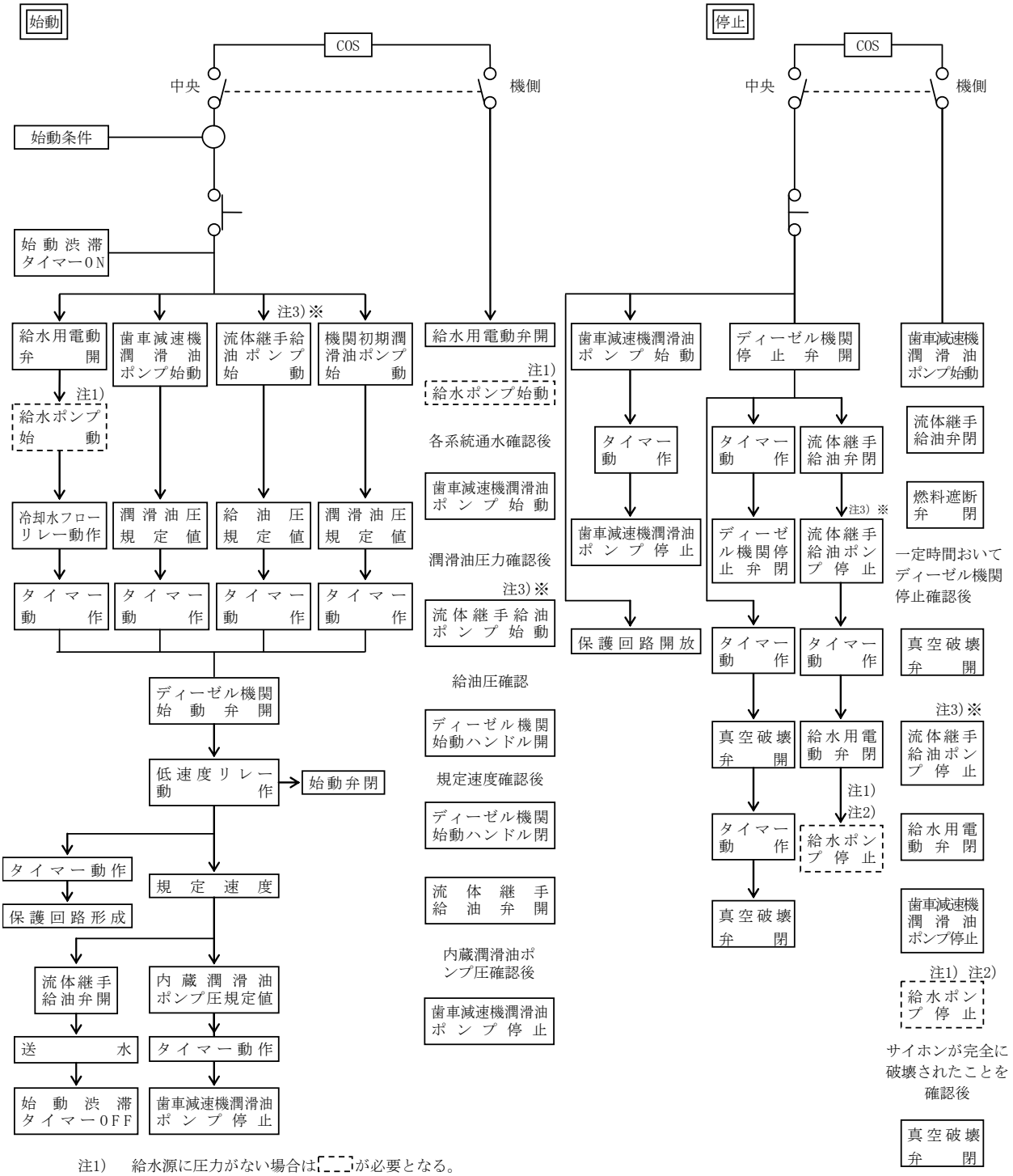



注1)　①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
　　②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

2)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
　停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
　この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

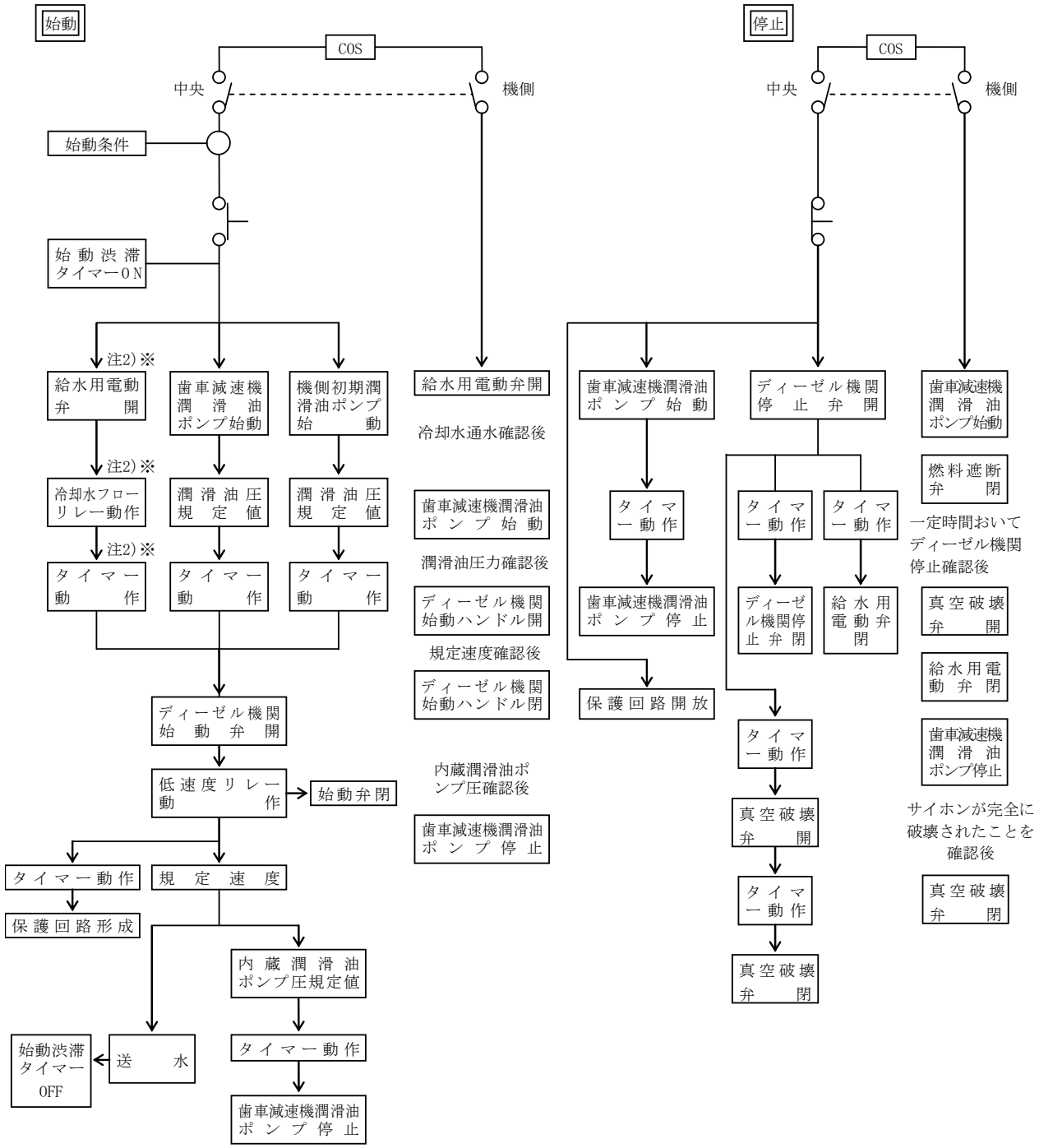
## (19) 立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：ディーゼル機関駆動

（流体継手内蔵形歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注4)]）




注1) 給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) 流体継手給油ポンプが軸端から駆動される場合は※印の項目が不要となる。
4) 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

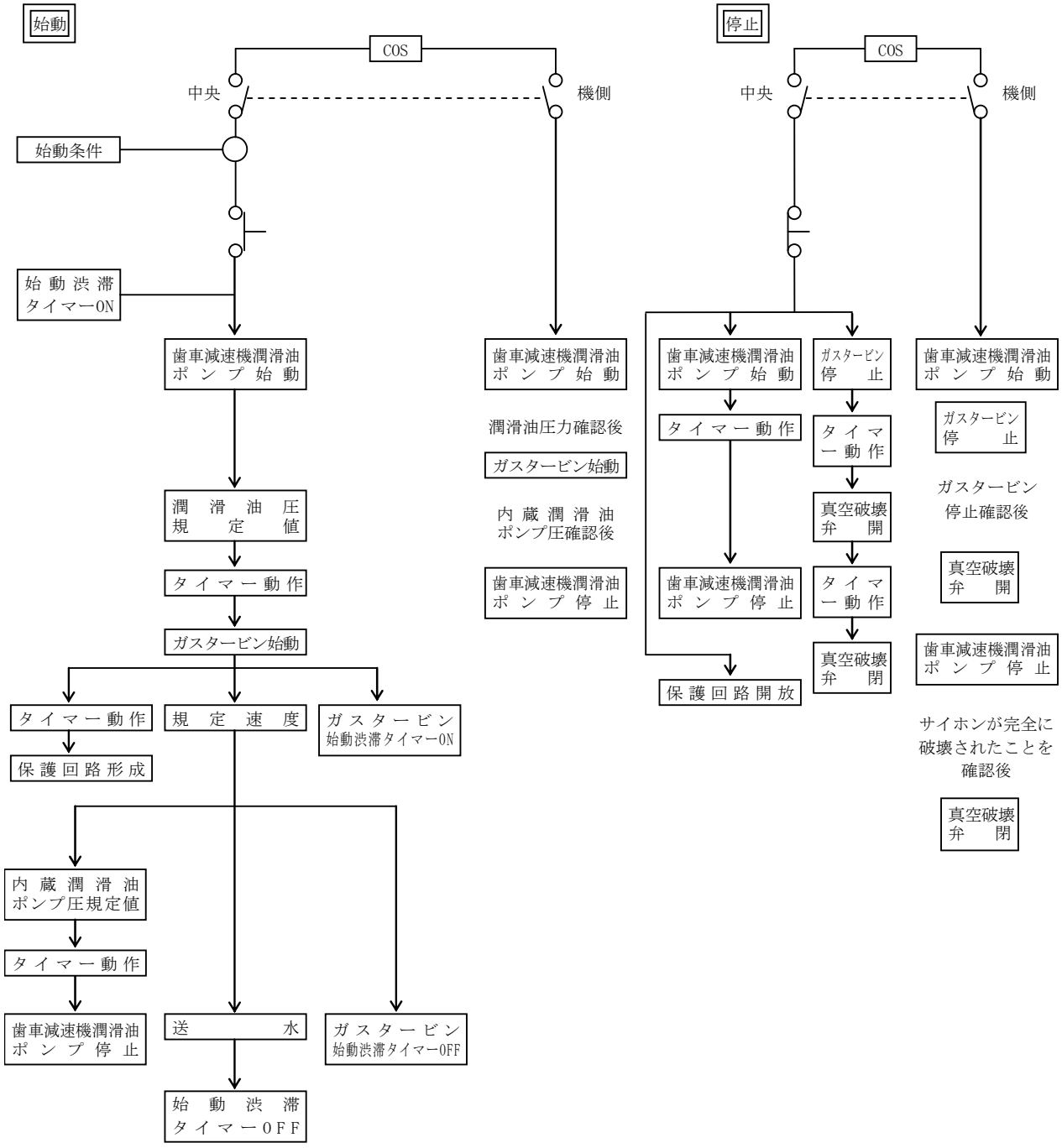
## (20) 立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：ディーゼル機関駆動
## （空冷歯車減速機及び管内クーラ付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 1)]）




注1)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
　　停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
　　この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。
2)　このフローはディーゼル機関が水冷式の場合である。完全空冷式の場合には、※印の項目が不要となる。

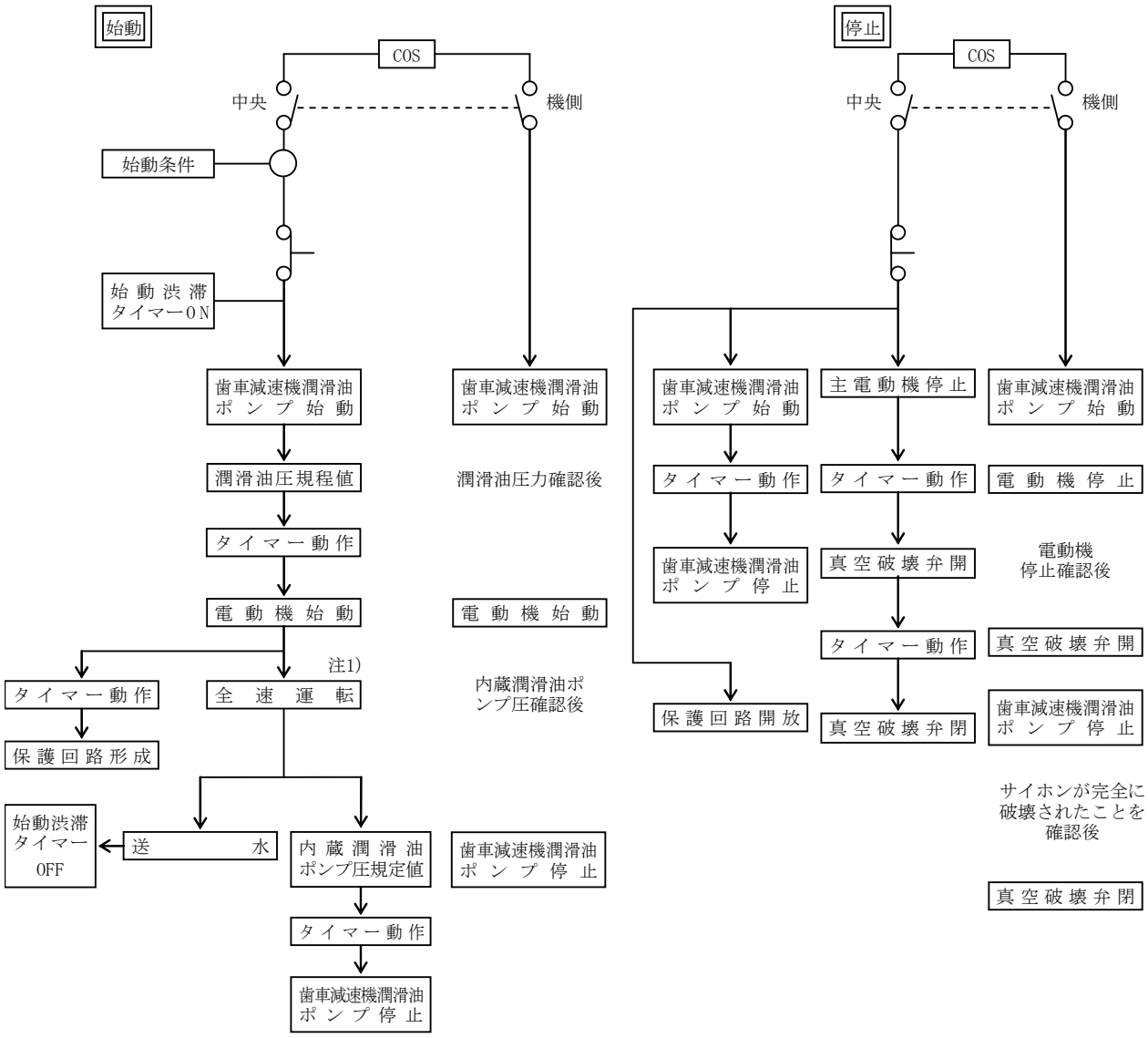
## (21) 立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：立軸ガスタービン駆動

（吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注)]）




注） 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

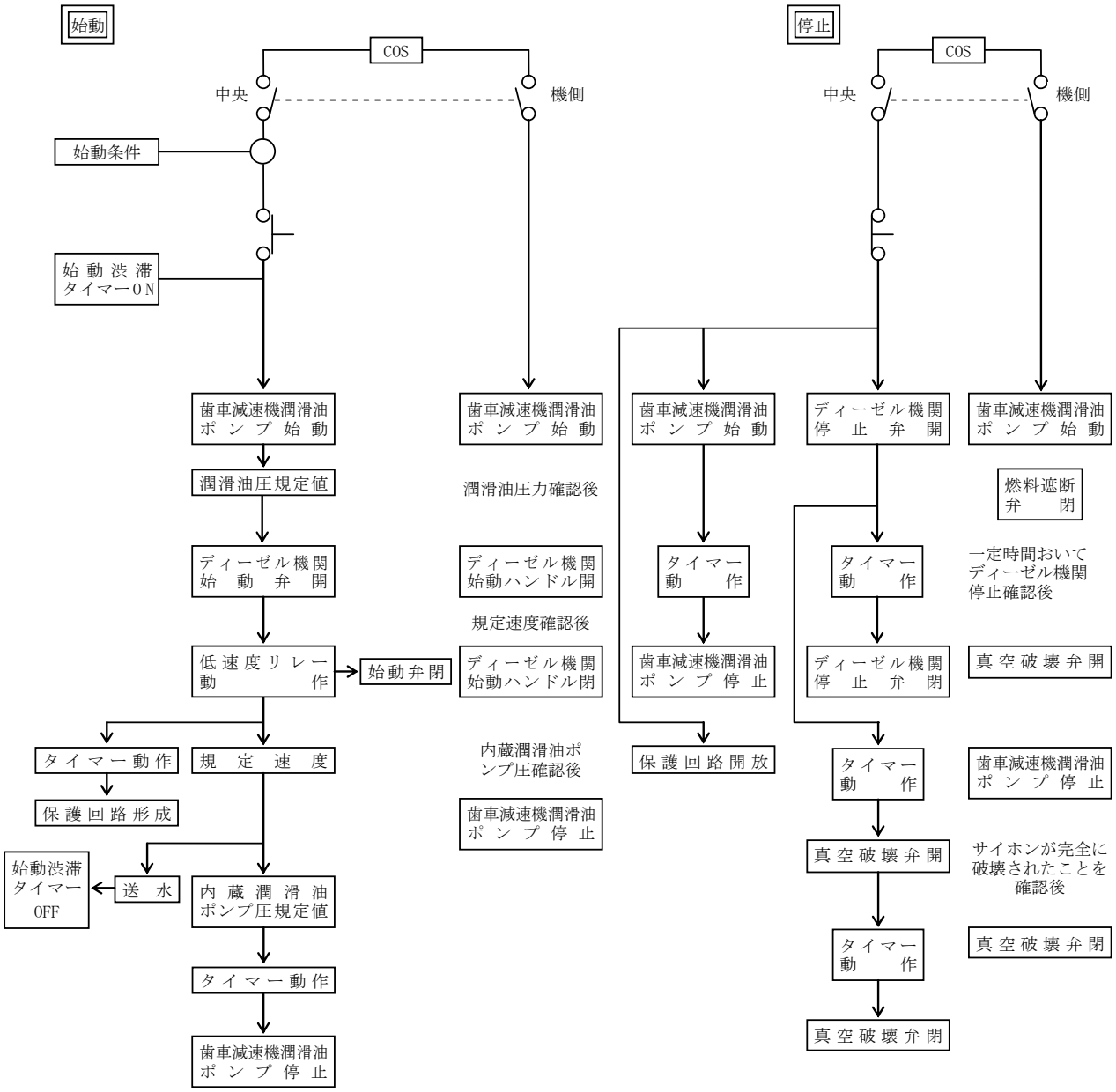
(22) 減速機搭載形立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：電動機駆動
（空冷歯車減速機付、吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注 2)]）




注1)　①　電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②　電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作

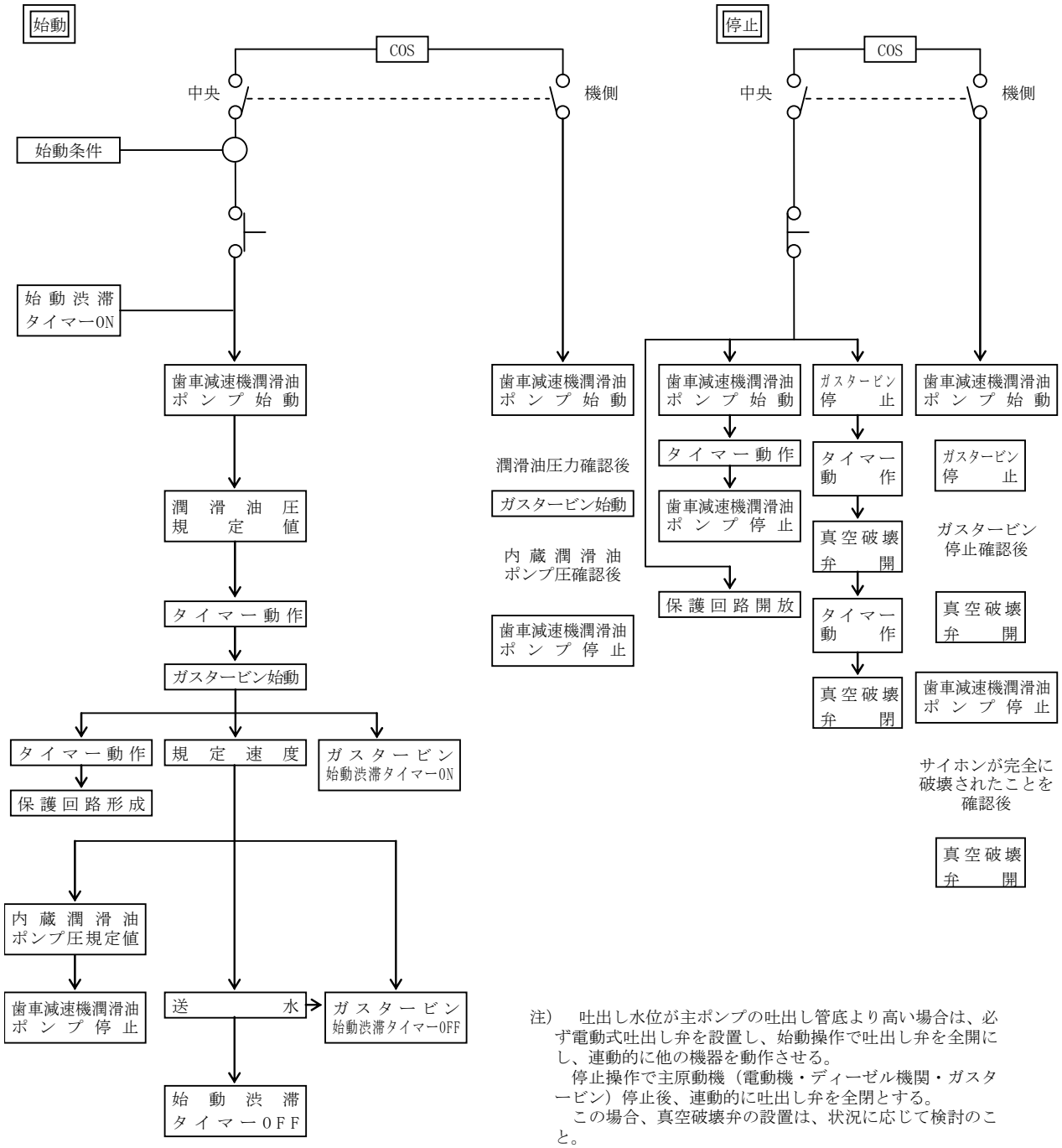
2)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (23) 減速機搭載形立軸軸流ポンプ(セラミックス軸受、無給水軸封装置):空冷ディーゼル機関駆動(吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注])



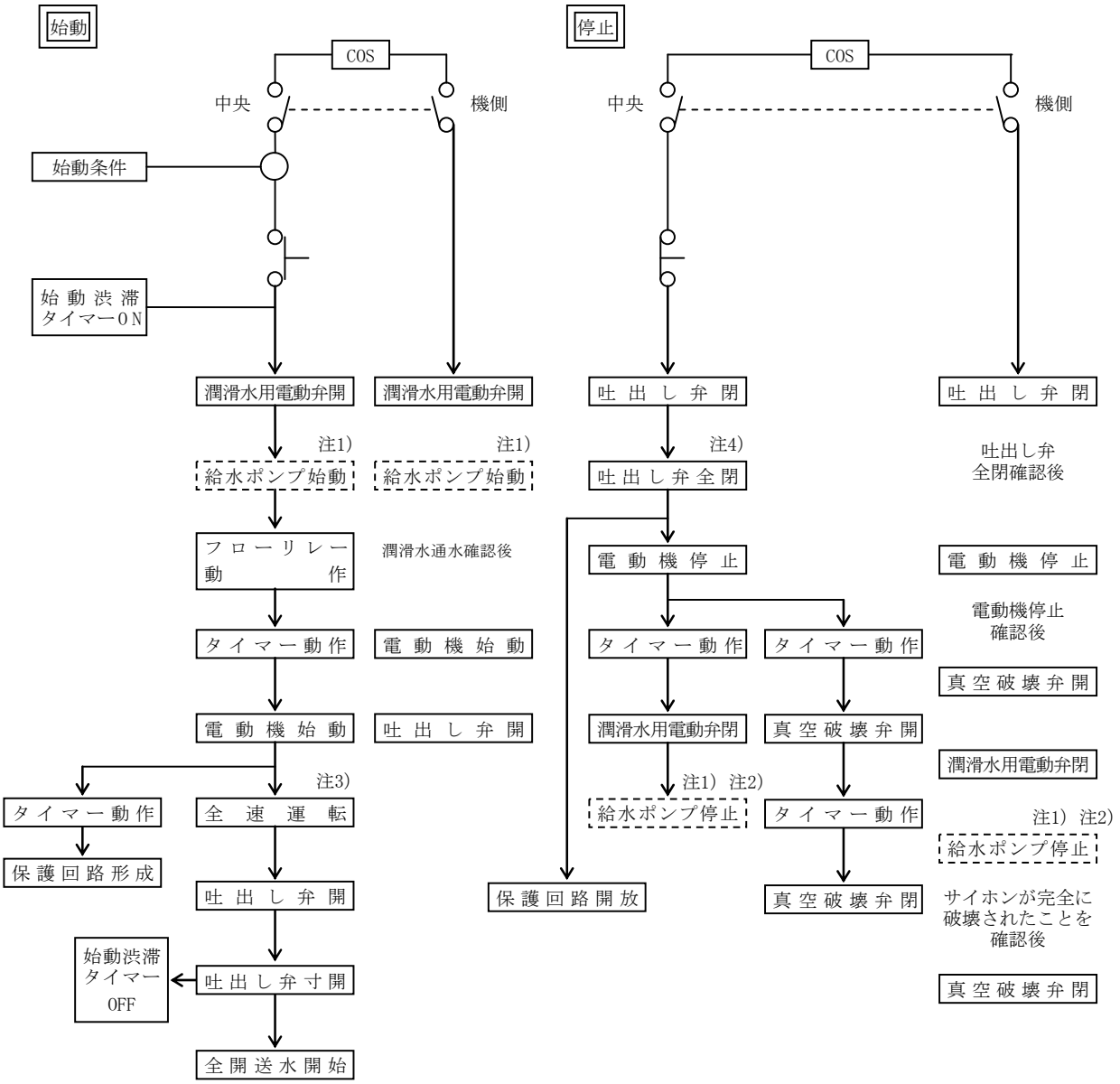

注) 吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
停止操作で主原動機(電動機・ディーゼル機関・ガスタービン)停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

(24) 減速機搭載形立軸軸流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：横軸ガスタービン駆動
（吐出し弁は無いか又は全開始動の場合[注)]）



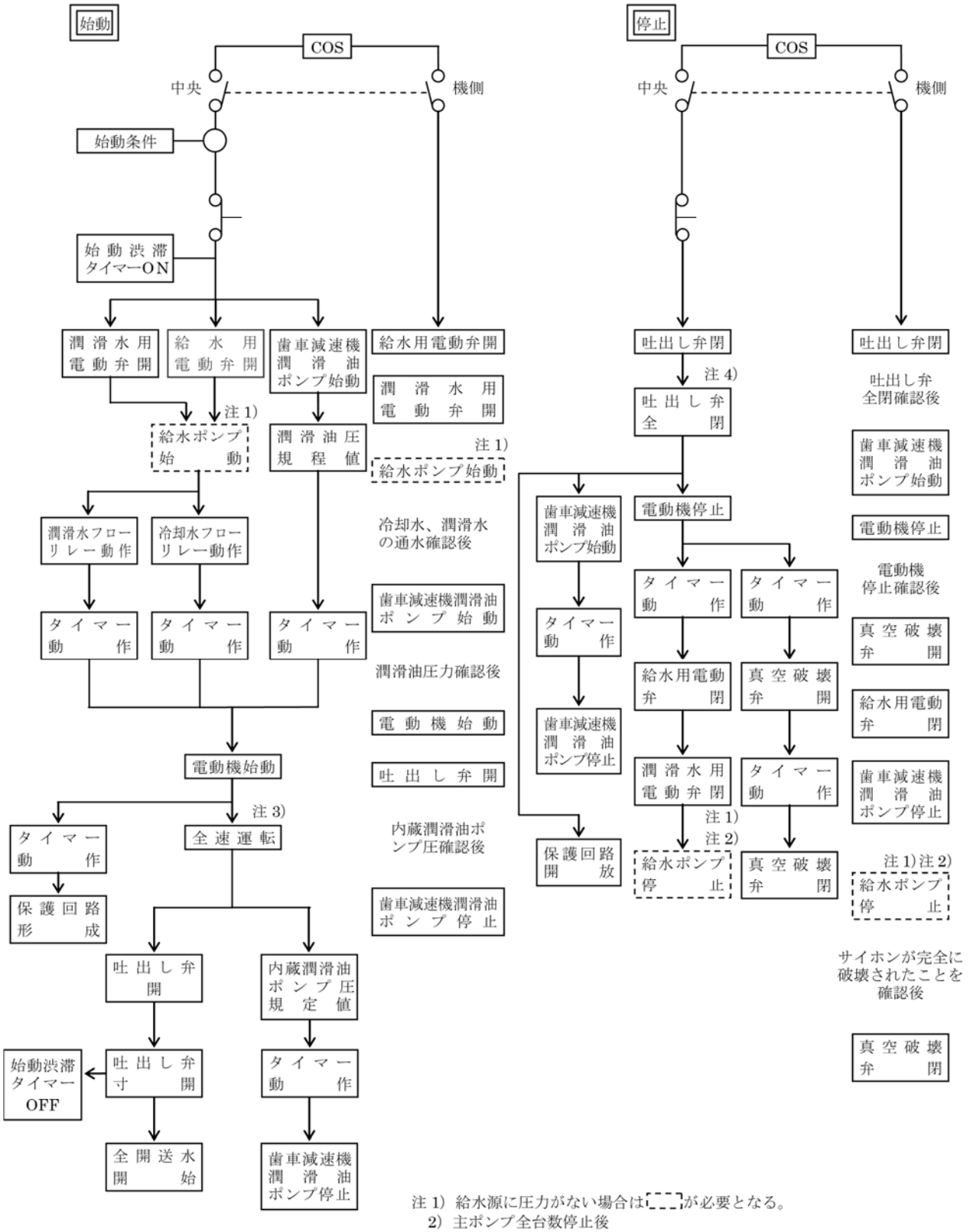

注)　吐出し水位が主ポンプの吐出し管底より高い場合は、必ず電動式吐出し弁を設置し、始動操作で吐出し弁を全開にし、連動的に他の機器を動作させる。
　停止操作で主原動機（電動機・ディーゼル機関・ガスタービン）停止後、連動的に吐出し弁を全閉とする。
　この場合、真空破壊弁の設置は、状況に応じて検討のこと。

## (25) 立軸斜流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：電動機駆動（直結）



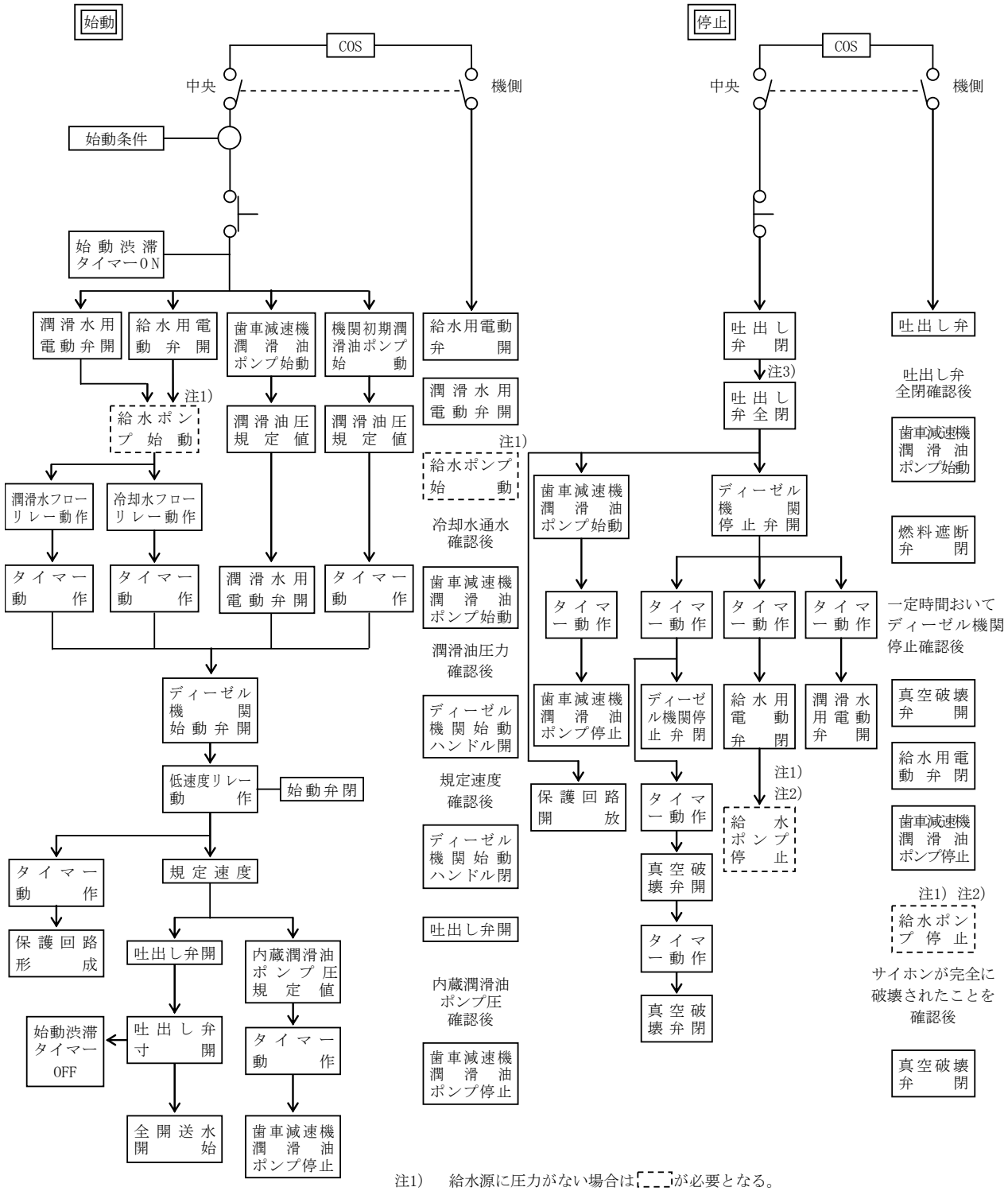

注1) 給水源に圧力がない場合は [ ] が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
4) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

(26) 立軸斜流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：電動機駆動（水冷歯車減速機付）



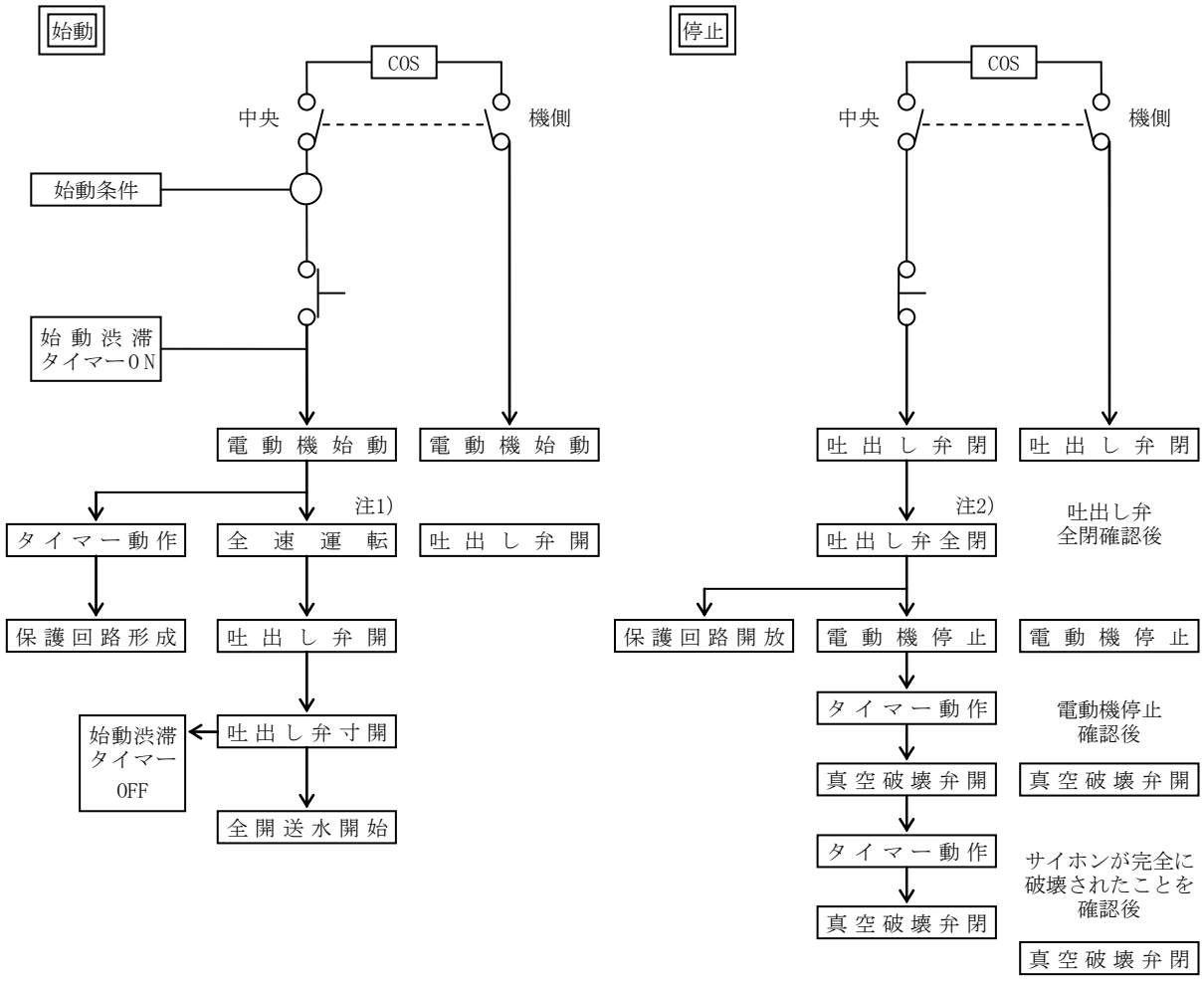

注 1）給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2）主ポンプ全台数停止後
3）①　電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②　電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
4）Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (27) 立軸斜流ポンプ（ゴム軸受、グランドパッキン）：ディーゼル機関駆動（水冷歯車減速機付）



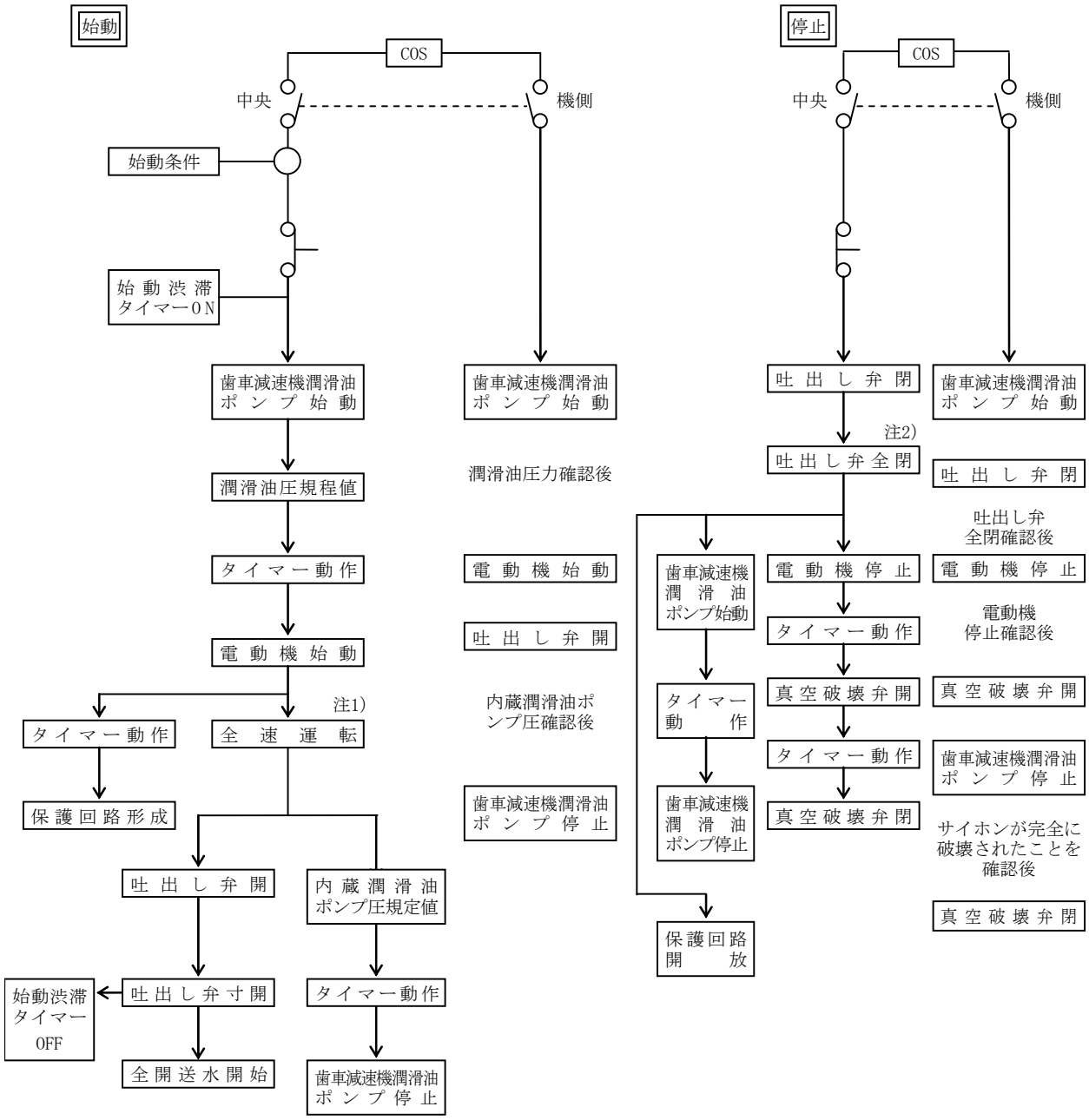

注1) 給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

(28) 立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：電動機駆動（直結）



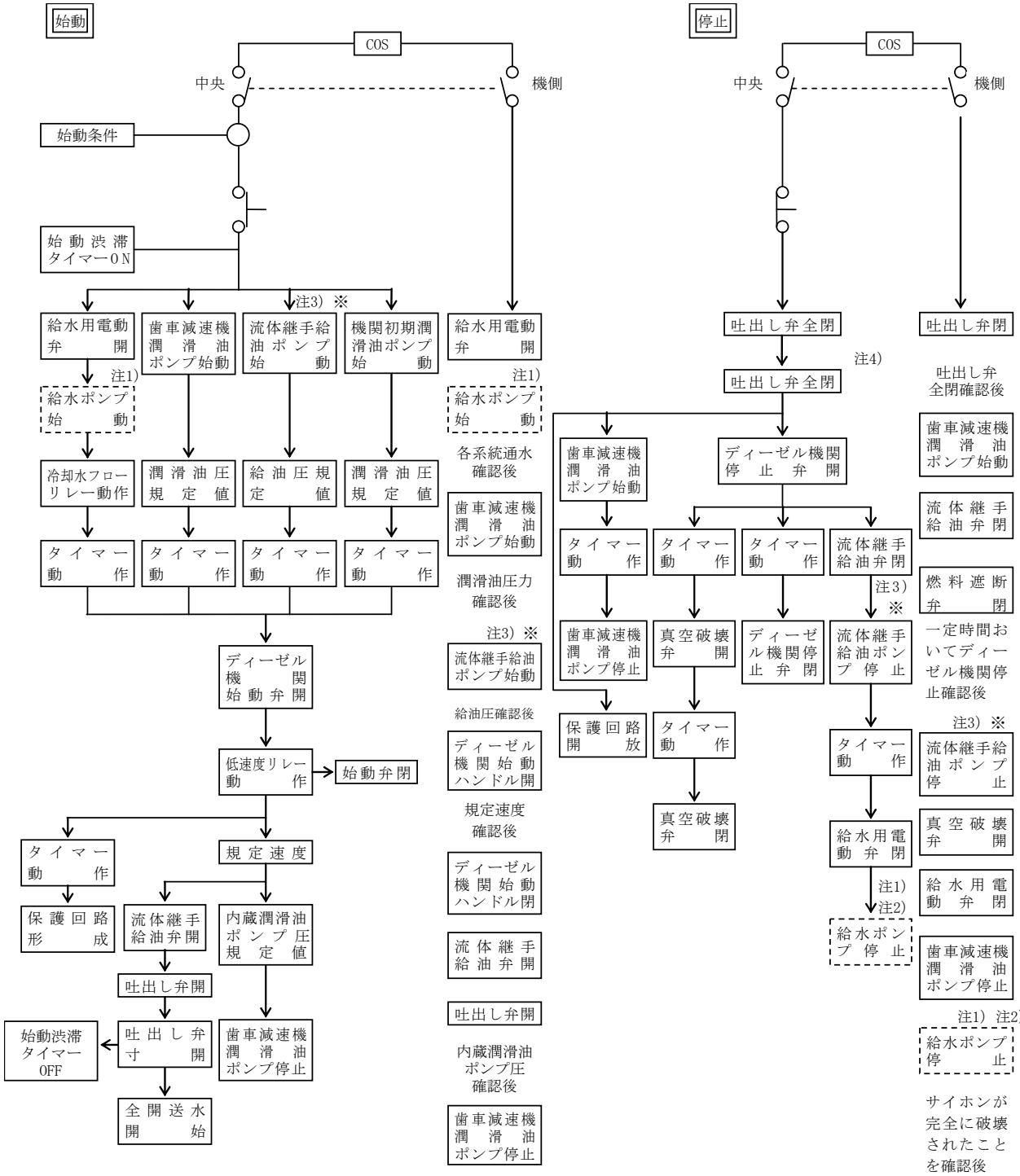

注1)　①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
　　②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
2)　Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (29) 立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：電動機駆動（空冷歯車減速機付）



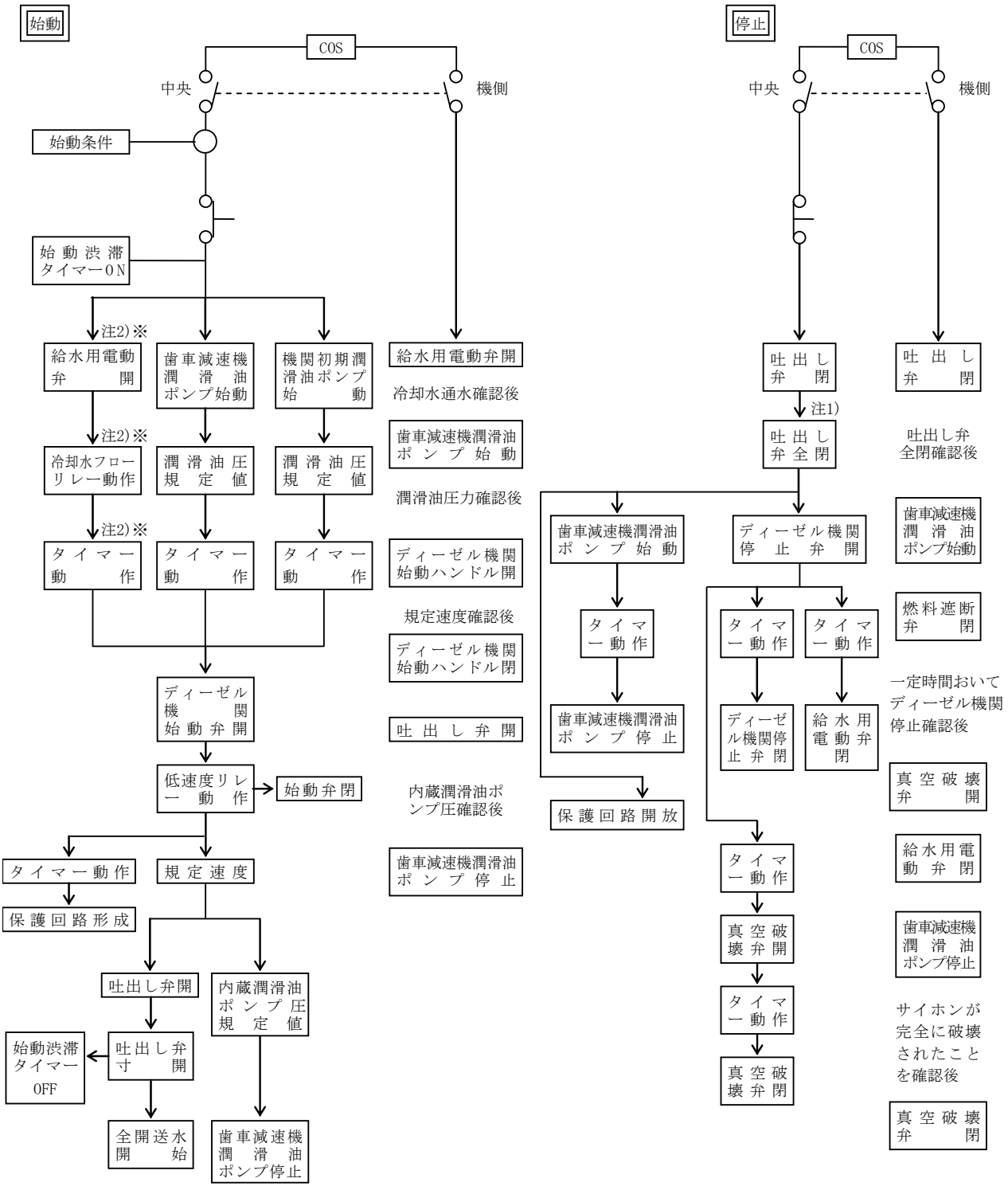

注1) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
2) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

(30) 立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）:ディーゼル機関駆動（流体継手内蔵形歯車減速機付）



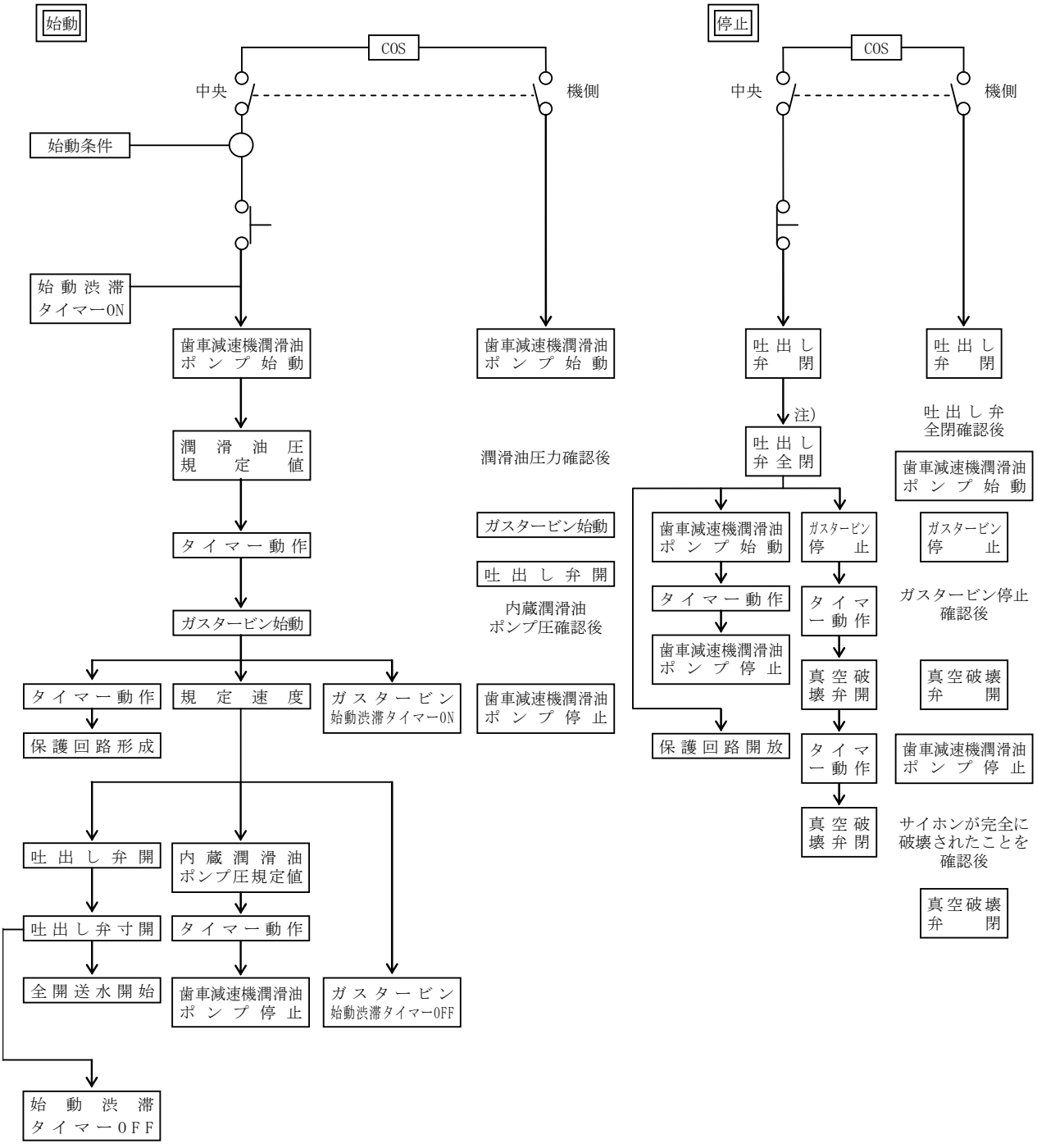

注1) 給水源に圧力がない場合は[ ]が必要となる。
2) 主ポンプ全台数停止後
3) 流体継手給油ポンプが軸端から駆動される場合は※印の項目が不要となる。
4) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (31) 立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）:ディーゼル機関駆動（空冷歯車減速機及び管内クーラ付）



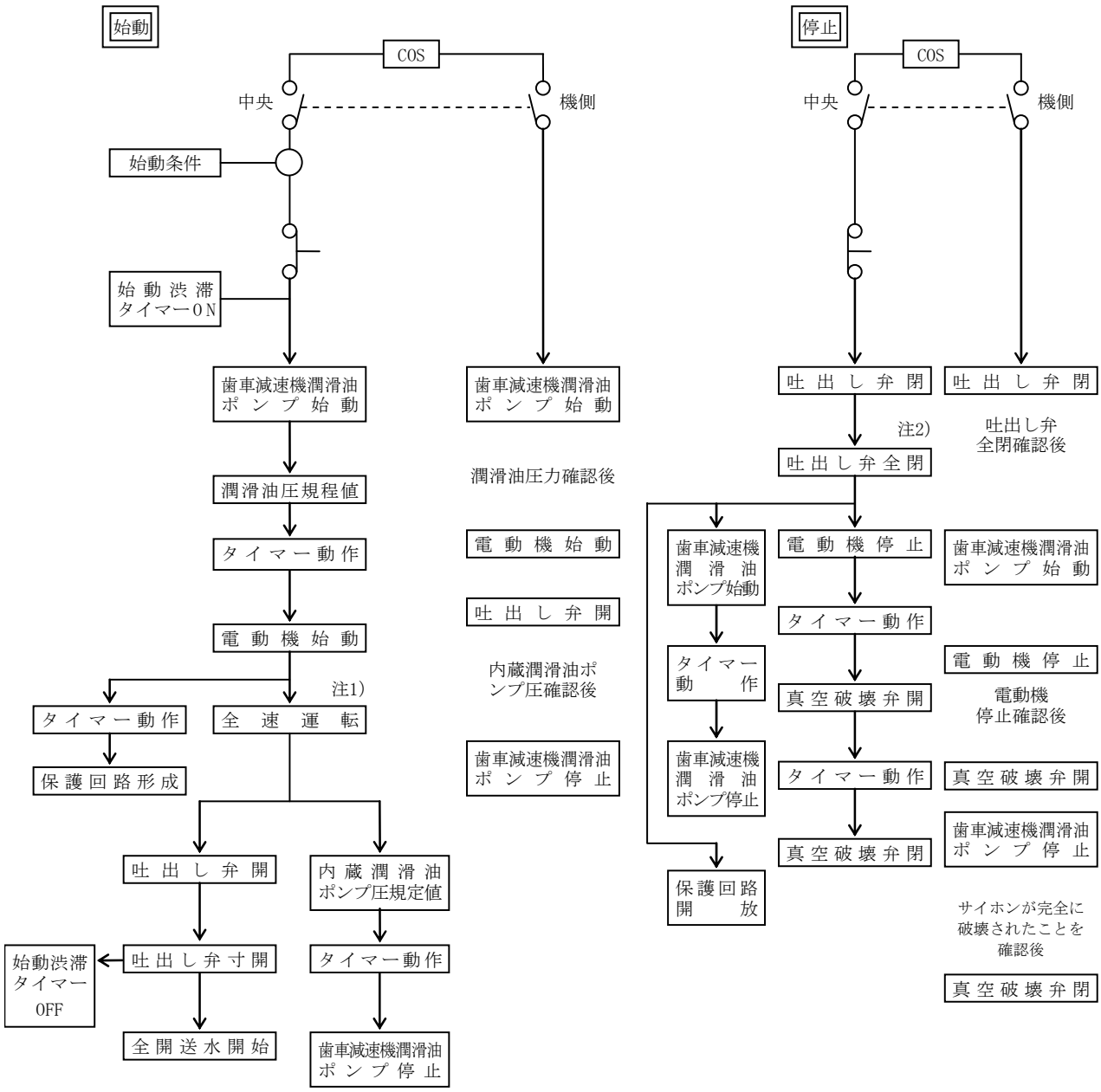

注1) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。
2) このフローはディーゼル機関が水冷式の場合である。完全空冷式の場合には※印の項目が不要となる。

## (32) 立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：立軸ガスタービン駆動



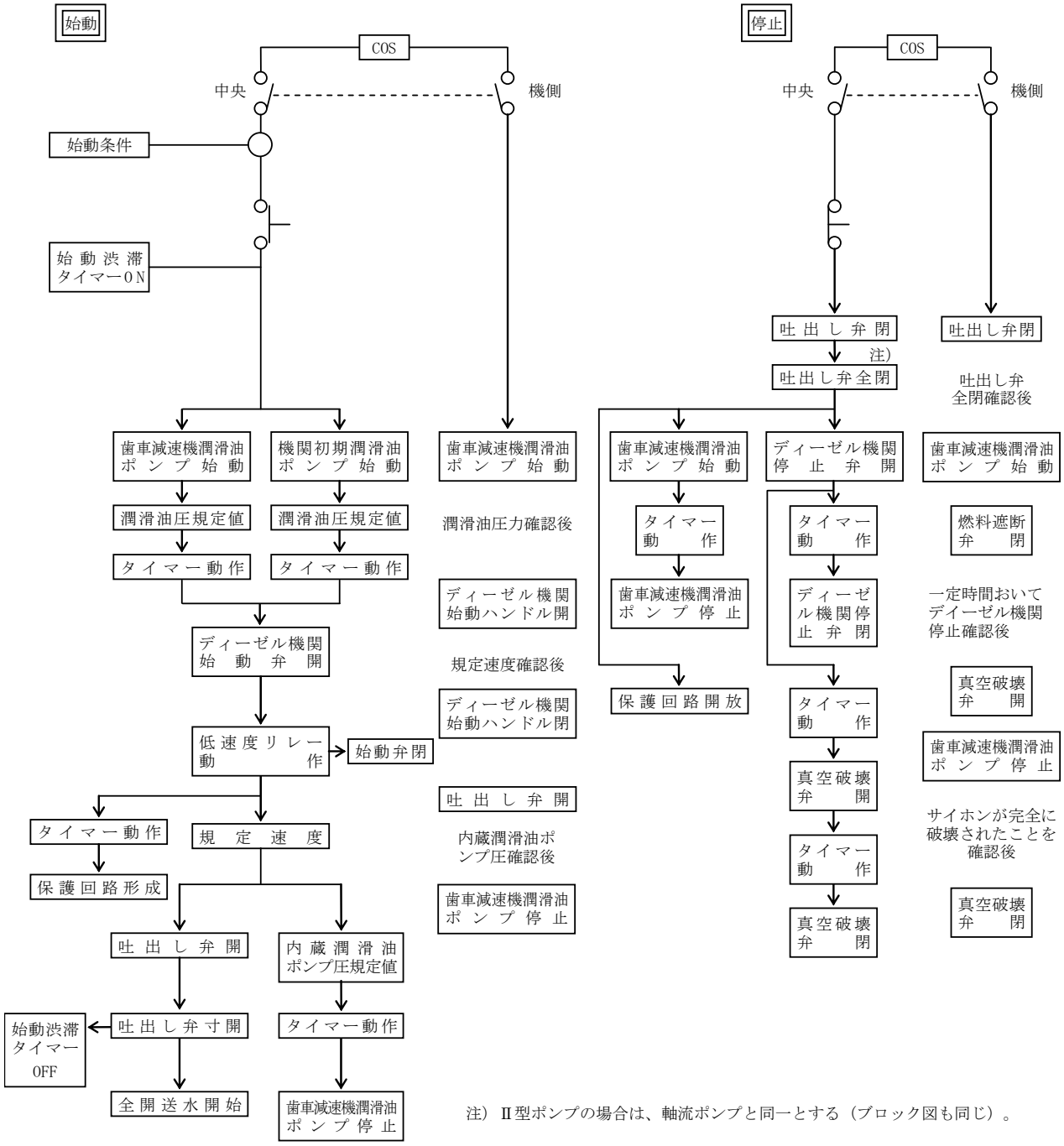

注）　Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

(33) 減速機搭載形立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）:電動機駆動（空冷歯車減速機付）



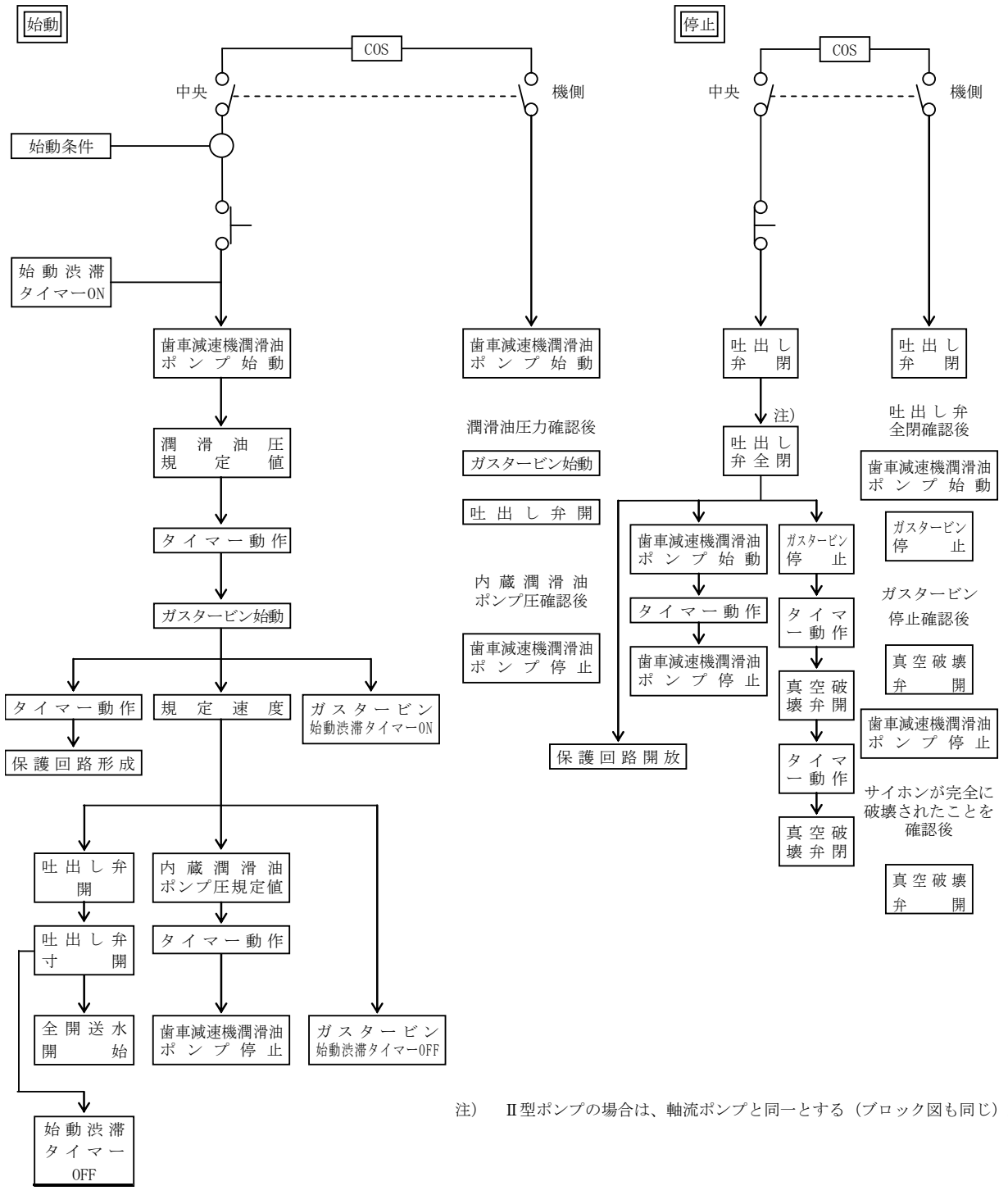

注1) ①電動機が巻線形の場合、抵抗器最終ノッチ又はブラシ引上位置
②電動機がかご形の場合、減電圧始動制御器最終電磁開閉器動作
2) Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

⑶4) 減速機搭載形立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：空冷ディーゼル機関駆動




注）Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

## (35) 減速機搭載形立軸斜流ポンプ（セラミックス軸受、無給水軸封装置）：立軸ガスタービン駆動




注） Ⅱ型ポンプの場合は、軸流ポンプと同一とする（ブロック図も同じ）。

### 11.1.4　監視操作制御設備の機能

監視操作制御設備は、遠隔操作室に設置し、ポンプ設備、電気設備、水門設備、除じん設備等を監視操作制御する設備であり、次の機能を持つ各設備により構成される。

① 監視操作機能：機場の状態・故障表示や計測値の表示を行う監視と始動、停止操作方法の切替等を行う。（機側操作盤、中央監視盤、中央操作盤、中央制御盤）
② 制御機能：連動運転及び自動運転に必要な保護、インターロックを行う。（補助継電器盤）
③ 運転支援機能：運転操作支援、故障対応支援、記録・情報管理を行う。（運転支援装置）
④ 動力供給機能：機器の運転に必要な動力の供給を行う。（低圧動力用変圧器盤、コントロールセンタ、電動機盤）
⑤ 計測機能：運転操作する上で必要な情報（水位、圧力、流量等）の計測を行う。（計装盤）
⑥ 安全確認機能：運転操作する際に画像監視や音声警報等により安全の確保を行う。（CCTV 設備、警報装置、伝送装置）
⑦ 遠方監視操作機能：遠方監視操作室から機器の監視・操作を行う。（遠方監視盤、遠方操作盤、遠方制御盤）

各機能を持つ設備は、必ずしも独立して設置する必要はなく、またポンプ設備の用途、規模、主原動機の種類、運転操作方式等を考慮して必要機能を決定する。

運転支援機能は、運転操作支援、故障対応支援、記録・情報管理等を行うことによって、確実な揚排水運転、異常時の速やかな対応、合理的な維持管理を可能とするためのものであり、機場規模、管理体制等を考慮して決定する。

監視操作制御設備には、ポンプ場設備の概略状況を表示し、ポンプ設備等の運転状況、故障、水位、流量、圧力等を表示する中央監視盤、及びポンプ場設備の運転操作を行うための操作スイッチと、状態の表示を行う中央操作盤等がある。中央監視盤と中央操作盤はポンプ設備の規模により、一体化したベンチ形とすることもある。

遠方（数個所のポンプ場等を集中監視制御を行う中央管理所）において、ポンプ設備を運転操作するために必要なデータを遠方に伝送及び遠方から操作指令を受ける回路を持つ遠方制御盤がある。遠方制御盤は、データの伝送方式も含めて内容を検討する必要がある。

推定末端圧制御で、管路プロフィールを入力しておき、必要な揚水量に対応した水頭を計算し、その結果を出力してシーケンス制御盤に信号を渡す機能を持つ自動制御盤がある。

以上のほかに、大規模なポンプ場等においては、制御対象範囲の規模、監視操作制御設備の機能、経済性を考慮して、データロガー、制御用コンピュータ、工業用テレビ（CCTV）等を使用した制御システムを採用する場合もある。

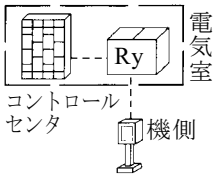
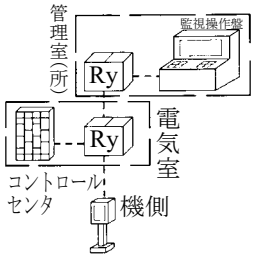
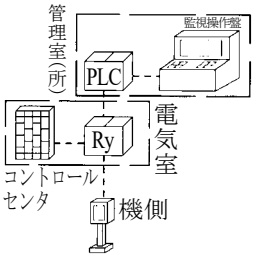
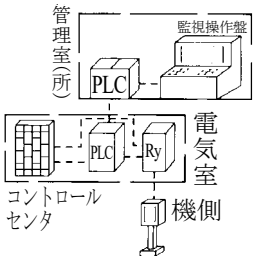
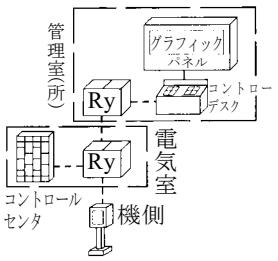
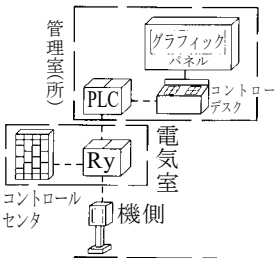
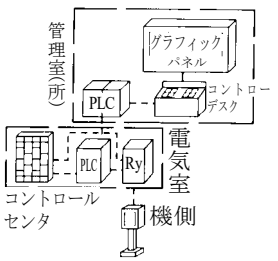
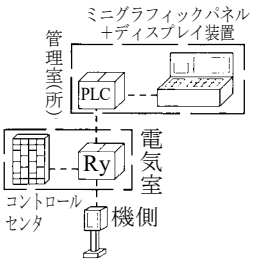
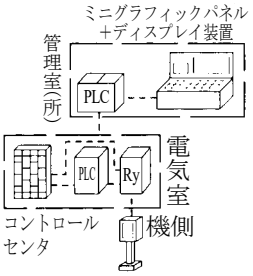
これらの詳細は、「水管理制御方式技術指針（計画設計編）」を参照のこと。

なお、制御設備、特に電子機器は、雷によるサージ性異常電圧に弱い。雷害には、直接雷と誘導雷による場合がある。大半は誘導雷でサージ性異常電圧が電源や制御用の電線より侵入し、設備機器に被害を与えるため、適切な雷対策が必要である。

⑴　ポンプ設備における操作モードと構成機器モード

ポンプ設備の操作モードは、ポンプ設備の規模の度合いによりモードを設定し、構成機器モードは制御、表示を補助継電器、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）のいずれかの方式又は、組合せ方式とし、その関係を**表-11.6** に示す。

**表-11.6** ポンプ設備における構成機器モード関係図

| | モード(1)<br>すべての制御・表示を補助リレーにより行う。 | モード(2)<br>主ポンプの制御を補助リレーで、表示関係を PLC で行う。 | モード(3)<br>主ポンプの連動制御表示関係を PLC で、単独操作関係を補助リレーで行う。 |
|---|---|---|---|
| モード1※1<br>機側又は電気室から連動操作単独操作<br>・小中規模設備で主ポンプの台数や補機が少ない場合<br>・管理室は設けない |  | | |
| モード2※2<br>管理室又は管理所のベンチボードから集中管理制御、機側から単独操作<br>・中規模設備で補機が比較的少ない場合 |  |  |  |
| モード3※2<br>管理室又は管理所にグラフィックパネルを設け、コントロールデスクから集中監視制御、機側から単独操作<br>・大規模設備で補機が比較的に多い場合<br>・複雑な系統をグラフィックパネルに表示 |  |  |  |
| モード4※2<br>管理室又は管理所にミニグラフィックパネル＋ ディスプレイ装置を設け、集中監視制御、機側から単独操作<br>・大規模で補機が比較的に多い場合<br>・管理室又は管理所の所要面積の縮少化の場合 | |  |  |

注 1) 表中※1は、**表-11.13** のモード大分類 A、B に対応。
2) 表中※2は、**表-11.13** のモード大分類 B、C、D、E に対応。

⑵　計測設備

計測設備は、主ポンプの運転、監視、制御に必要な水位、流量、雨量等のデータを計測するもので、吸込水位制御、吐出し水位制御、吐出し水量制御等の主ポンプの制御方式等に応じて適切な機器を選定し、使用目的、使用条件、経済性等を検討して設置しなければならない。

a.　水位計

水位計の設置位置、計測精度等については、次の事項に留意して設置する。

⒜　設置位置は、主ポンプ運転方式等に応じて吸込側、又は吐出し側の運転目標水位、制御水位及び監視水位等の測定に適した位置とし､河川及び水路等では安定した流れの場所とする。また、水位計設置場所には、真値確認のため必要に応じて量水標を併設する。

⒝　計測精度は、主ポンプの運転、監視、制御に適したものとし、平常時はもちろん異常時においても安定した作動が保持でき、流木、塵芥等の被害や影響を防止できる機構又は方式にする。

b.　雨量計

雨量計は、調査時点に設置されたものを最大限に利用するが、主ポンプの運転管理上必要な場合は、設置場所を十分検討して追加設置する。

c.　流量計その他

主ポンプの制御方式、計測機器の使用目的又は使用条件によって必要な場合は、流量計、圧力計及び開度計等の計測設備を設ける。

## 11.2 電源設備

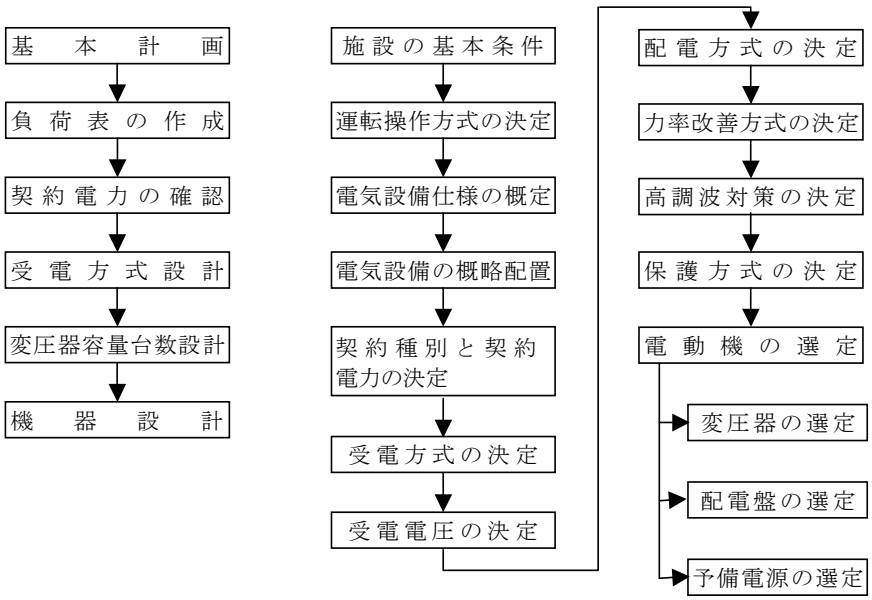
電源設備の設計に関する一般的な事項を次に示す。具体的な設計に当たっては、「電気設備計画設計技術指針（特別高圧編）及び同（高低圧編）」を参考とする。

### 11.2.1 電源設備の構成機器

⑴ 受電計画設計

受変電設備は、電力会社の二次変電所又は配電用変電所から特別高圧、高圧又は低圧で受電し、設備に適合した電圧に変電して、負荷設備に電力を供給するものである。受変電設備の計画設計手順は、一般に**図-11.1** に示すとおりであるが、計画設計に際しては、次のような事項を考慮する必要がある。

① 機器は性能が優れ、信頼性が高く、長寿命であること。
② 小型、軽量で、占有面積が小さいこと。
③ 事故あるいは工事等の際の停電範囲を最小限に止めることができるような回路方式及び保護方式を採用すること。
④ 運転、保守が簡単で誤操作の心配がないこと。
⑤ 運転員、保守員に対して安全な設備であること。
⑥ 機能的に合理化された経済的な設備であること。
⑦ 機器の搬入、搬出が容易にできること。
⑧ 機器の騒音等により、周囲の住宅地に影響を及ぼさないこと。
⑨ 水害、氷雪害、地震等自然災害に対して安全であること。
⑩ 落雷から電源設備構成機器を守るための対策を講ずること（落雷保護システム JIS C 5381 を参考とする）。
⑪ 有害ガス、塵埃、煤煙、塩害等に対して安全であること。
⑫ 電動機が始動するときに発生する電圧降下により、他需要家に影響を及ぼさないこと。




a. 特別高圧設備　　b. 高低圧設備

**図-11.1** 受変電設備の計画設計手順

⑵　受電方式

受電方式は、ポンプ場の規模、ポンプ場地点における電力会社の事情等により画一的に決定することはできないため、電力会社と協議によって決定することになる。

特別高圧の受電方式は、一般的に次の方式が考えられる。

①　1 回線受電方式

設備費が安価である。受電回線の事故等により全停電となることがあるが、最近は事故発生件数の少ないことや、復旧も早いこと等から一般に使用されている方式である。

②　2 回線受電方式

二系統の送電線から電力の供給を受けるもので、信頼性は高いが、1 回線受電方式に比較して高価となる。特に近くに送電線が一系統しか通っていないような場合は負担金が大となる。この方式は大容量ポンプ場で採用されている。

③　ループ受電方式

2 回線受電方式と同様信頼性は高いが、直接他の需要家とつながるので保護方式が複雑であり、一般に使用例がない。

また、高圧の受電方式は、負荷がどれだけ長時間の停電を許容するかによって決定されるが、**表-11.7** を参考にして次の順位で検討する。

①　非かんがい期に保守電源が必要な場合は、農事用電力のほか保守用電力として低圧受電又は電灯受電等の要否について検討する。

②　電源供給の信頼性を確保する必要がある場合は、非常用発電装置の要否を検討する。

③　さらに信頼性を必要とする場合は、常用予備 2 回線受電を検討する。

④　ループ受電は、特別に高信頼性を必要とする場合で、電力会社から要請のある場合に検討する。

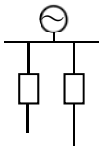
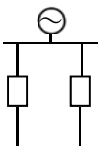
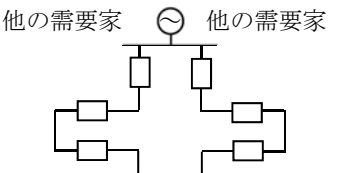
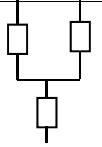
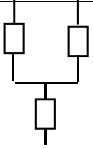
**表-11.7**　高圧受電方式検討の条件

| | |
|---|---|
| 1 回線受電 | 短時間の停電でも支障がない。 |
| 1 回線受電＋非常用発電装置[注 1)] | 短時間での停電でも小容量の電源があればよい。 |
| 常用予備 2 回線受電 | 停電で支障があり、電源の信頼度を上げたい。 |
| ループ受電 | 電力会社の要請がある。 |

注 1)　非常用発電装置は、補機設備及び維持管理用である。

〔参　考〕

**表-11.8-参**　受電方式（特別高圧の例）

| | 1 回線受電方式 | 2 回線受電方式 | ループ受電方式 |
|---|---|---|---|
| 電力会社の系統 |  |  |  |
| 需要家の系統 | |  |  |

：変電所　　：遮断器

⑶ 受電電圧

受電電圧は、通常電力会社の約款等により定まるものであるが、特別な場合として地理的条件が加味されて受電電圧が決定されることもある。**表-11.9-参**に、契約電力と供給電圧の関係を示すが、受電地点の状況によっては必ずしもこのとおり適用されるとは限らないから、負荷容量が決まった時点で早めに電力会社と協議し、受電電圧及び受電方式の見通しを立てておくことが必要である。

また、特別高圧受電の場合は、各電力会社で別途約款等を定めているため、個別に協議して受電電圧を決定することになる。特別高圧の契約電力と供給電圧の関係を、**表-11.10-参**に示す。

特別高圧受電及び高圧受電の契約電力 50kW 以上は、電力の自由化により電力会社以外の事業者（特定規模電気事業者）が電力会社の送電線を使用して電気を供給することが可能となったことにより、各電力会社では別途約款等で定めている。このことにより特別高圧及び高圧受電（契約電力 50kW 以上）については、該当電力会社又は特定規模電気事業者と個別協議する必要がある。

〔参 考〕

**表-11.9-参** 電力会社の契約電力別標準供給電圧

| 電力会社 | 周波数 (Hz) | 標準電圧 100V・200V | 標準電圧 6,000V |
|---|---|---|---|
| 北海道電力 | 50 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 東北電力 | 50 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 東京電力 | 50 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 北陸電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 中部電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 関西電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 中国電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 四国電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 九州電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |
| 沖縄電力 | 60 | 50kW 未満 | 50kW 以上 2,000kW 未満 |

注） 各電力会社の約款等より抜粋（平成 28 年 4 月現在）。

**表-11.10-参**　特別高圧の契約種別と受電電圧（目安値）

| 電力会社名 | 約　款　種　類 | 契　約　種　別 | 契　約　電　力 | 受電電圧 |
|---|---|---|---|---|
| 北海道電力 | 電力契約標準約款<br>（特別高圧） | 特別高圧電力 | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 30kV |
| | | | 10,000kW 以上 | 60kV |
| 東北電力 | 電気供給条件［Ⅱ］<br>（特別高圧電力 B） | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 30kV |
| | | | 10,000kW 以上 50,000kW 未満 | 60kV |
| | | | 50,000kW 以上 | 140kV |
| 東京電力 | 電気需給約款<br>［特別高圧］ | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV |
| | | | 10,000kW 以上 50,000kW 未満 | 60kV |
| | | | 50,000kW 以上 | 140kV |
| 北陸電力 | 電気標準約款 | 特別高圧電力 | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV, 30kV |
| | | | 10,000kW 以上 50,000kW 未満 | 60kV, 70kV |
| | | | 50,000kW 以上 | 140kV |
| 中部電力 | 基本契約要綱<br>（特別高圧） | 特別高圧電力 | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV, 30kV |
| | | | 10,000kW 以上 50,000kW 未満 | 70kV |
| | | | 50,000kW 以上 | 140kV |
| 関西電力 | 電気供給条件<br>（特別高圧・高圧） | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV, 30kV |
| | | | 10,000kW 以上 | 70kV |
| 中国電力 | 電気契約要綱 | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV |
| | | | 10,000kW 以上 30,000kW 未満 | 60kV |
| | | | 30,000kW 以上 | 100kV |
| 四国電力 | 電気供給条件<br>（高圧・特別高圧） | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV |
| | | | 10,000kW 以上 | 60kV |
| 九州電力 | 標準供給条件 | 産業電力 | 2,000kW 以上 10,000kW 未満 | 20kV |
| | | | 10,000kW 以上 50,000kW 未満 | 60kV |
| | | | 50,000kW 以上 | 100kV |
| 沖縄電力 | 特別高圧需要に対する<br>標準的な電気供給条件 | 特別高圧電力 B | 2,000kW 以上 | 20kV |
| | | | 2,000kW 以上 | 60kV |

各電力会社の約款等より抜粋（平成 28 年 4 月現在）。

注 1）　すべての電力会社にて、電力の自由化により供給条件は、個別協議により決定される。

2）　地域の電力会社、又は他の電力供給者とも交渉が成立しない場合、地域の電力会社が、経済産業大臣に届け出た料金（最終保障約款）により供給される。

⑷ 変電所の形態

特別高圧の変電所形態には次に示すものがあるが、選定に当たっては、信頼性、経済性、環境条件等を十分考慮し、使用目的に最も適合した形態を選ぶ必要がある。

a. 開放式

電気機器を架台、架構に設置し、相互間を銅より線やアルミパイプにより接続したもので、基本的には大気露出構造であり、気中絶縁である。

開放式であるため、大気環境の影響を直接受ける等、対環境保全、安全性は劣り、設置スペースが大きい等の難点がある。

b. キュービクル式

特別高圧機器をすべて単位閉鎖配電盤あるいは屋外用閉鎖盤内に収納し、設備全体が外部から閉鎖されるので、塩害や、ばいじんの影響を受けない形式であり、屋内用機器の絶縁距離を小さく配置し、開放形に比べ改良された。

外被の材料により、鋼板製と軽量気泡コンクリート製の 2 種類がある。

c. ガス絶縁式

従来の大気絶縁方式受電設備において建設上問題となる用地難、塩塵害、気象条件等の影響、安全性の確保等の諸制約を解決した方式で、絶縁性に優れた $SF_6$ ガスを内部に充填して密閉することにより全体の小型化、安全性の向上、耐環境性の向上、保守の省力化を図ったもので、受変電設備に幅広く採用され現在の主流となっている。遮断器も含めすべてを三相一括形にしたガス変電所が実用化され、一層コンパクトで信頼度が向上している。

高圧及び低圧の受電は、ポンプ場構内（構内とは、柵、へい等で区切られ、公衆が自由に立ち入りできないようになっている区域をいう。）の電力会社配電線に近い場所に引込柱を設置して受電することになるが、引込柱の位置は電力会社と協議して決めることになる。電力会社との責任分界点は電力会社との協議によって決まるが、一般的に引込柱に設置する区分開閉器の一次側ブッシングとなる。

⑸ 受変電機器

a. 受電用遮断器

受電用遮断器の遮断容量の決定に当たっては、電力の供給を受ける電力会社の変電所の容量や、発電所からポンプ場までの送電線の太さ及び長さ等を調査しなければならないので、ポンプ場計画の段階で電力会社と十分打合せる必要がある。

〔参 考〕 遮断器の種類

| | |
|---|---|
| 特別高圧用 | ガス遮断器、真空遮断器 |
| 高 圧 用 | 磁気遮断器、真空遮断器 |
| 低 圧 用 | 配線用遮断器、ヒューズ |

b. 主変圧器

動力用変圧器としては、機器の信頼性の向上に伴い三相変圧器が使用される。使用される変圧器の形式は、油入自冷式、乾式及び $SF_6$ ガスがある。乾式変圧器は油を使用しないので、難燃性であり、小型、軽量の利点はあるが、油入変圧器に対し価格が高い。また、変圧器は大容量ではいる。

大きな騒音を発生するので、設置条件によって騒音対策も必要となる。

$SF_6$ ガス変圧器は、不燃性ガスを使用しているため、火災予防を重視させる場所へ設置する場合に適している。

屋内設置用として乾式又はモールド変圧器を、屋外用として単独設置する場合には、油入変圧器を使用する。また、低圧では乾式又はモールド変圧器が、高圧ではモールド又は油入変圧器が一般的に用いられ、電気室スペースに余裕がない場合は、油入変圧器の屋外単独設置を検討する。

〔参　考〕

**参考 1.**　変圧器容量の算定式[注 1)]

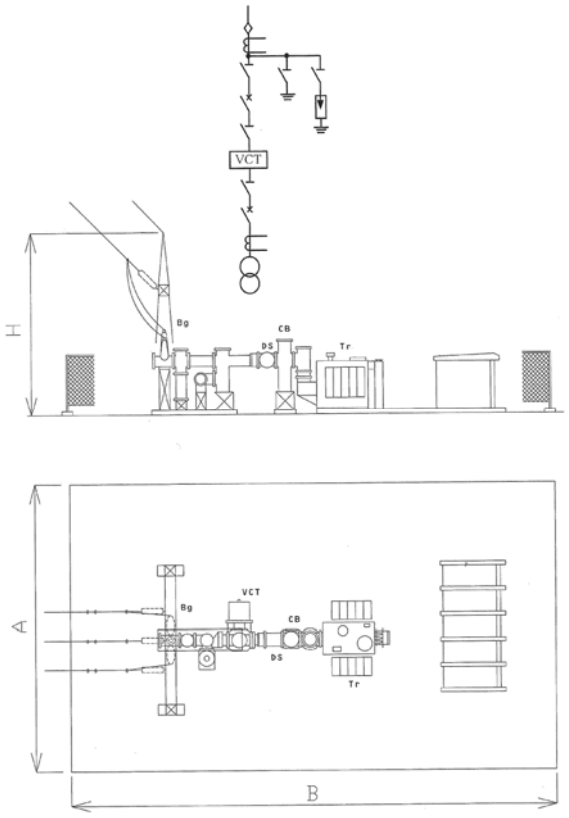
変圧器容量の算定式を次に示すが、実際の設備の容量算定に当たっては、①定常時に必要な容量、②電動機始動時に必要な容量を検討する必要がある。

$$\text{変圧器容量} = \sum_{k=1}^{n}\left\{\left(\frac{P_k}{\eta_k}\cdot\frac{1}{\cos\theta}\right)\cdot\beta\right\}\times\alpha$$

ここに、$P_k$　：実働負荷定格出力（kW）
$\eta_k$　：同上負荷電動機効率（少数）
$\cos\theta$　：同上総合力率（少数）
$\beta$　：同上需要率（≦1）
$\alpha$　：余裕率（1.1）

注 1)　電気設備計画設計技術指針（高低圧編 3.2.4　変圧器の選定要領）参照のこと。

**参考 2.**　特別高圧受変電所の配置例




概略寸法（mm）

| 区分 / 電圧 | A | B | H |
|---|---|---|---|
| 66kV | 15, 000 | 25, 500 | 10, 000 |
| 77kV | 15, 000 | 25, 500 | 10, 500 |
| 110kV | 23, 000 | 34, 000 | 15, 000 |
| 154kV | 31, 000 | 38, 000 | 18, 000 |

注）　他の方式の参考例は、「電気設備計画設計技術指針（特別高圧編）」参考とする。

**図-11.2-参**　特別高圧受電設備、架空引込、GIS、1 回線受電 1 バンク方式配置（例）

c. 変圧器の励磁補償

高圧変電設備には変圧器（主原動機用、系統機器用、照明用）の励磁電流を補償し、停止中の受電力率を高く保つため、母線に変圧器容量の数%程度の進相コンデンサを設置することが望ましい。なお、母線に設けず変圧器二次側に設けてもよい。

⑹ 契約電力

商用電力の受電電圧は、受電設備の設計基本となるものである。受電電圧は設備容量により、低圧受電、高圧受電、特別高圧受電の何れかとなるが、最終的には電力会社の最新版の約款等に基づき決定される。また、電力小売の自由化により電力会社以外の事業者（特定規模電気事業者）を選択することが可能となり、料金は供給側と需要家間の交渉で決定される。したがって、電力供給会社との事前協議等が必要となる。いずれの場合においても、受変電設備の建設に要する費用及び維持管理費等を考慮し、経済的な電気契約としなければならない。

また、ポンプ場等で運転がある一定期間（かんがい期のみの場合等）の場合は、動力用の電力については一定期間受電契約とし、通年受電が必要な建屋付帯照明等の電力については別系統として通年契約とする 2 系統受電の方法もあるが、各電力会社により異なるため電力会社等との協議が必要である。

契約の種別、料金等、電力供給は、各電力会社の約款等よって定められているが、関連する事項は次のとおりである。

① 契約種別：各電力会社との協議によって定まる。
② 契約電力：各電力会社との協議によって定める。
③ 電力料金：基本料金、電力量料金

契約電力は、最大需要電力をもとに関係電力会社と協議して決定するのが通常であるが、運転頻度が極めて少ない負荷等は、基本電力料金の低減を検討する必要がある。

特別高圧については、電力の自由化により電力会社以外の事業者（特定規模電気事業者）が電力会社の特別高圧送電線を使用して電気を供給することが可能になったことにより、電力会社の約款等から削除になった電力会社もある。このことにより、特別高圧については、各需要家すなわち電気使用者と個別協議事項となっている。

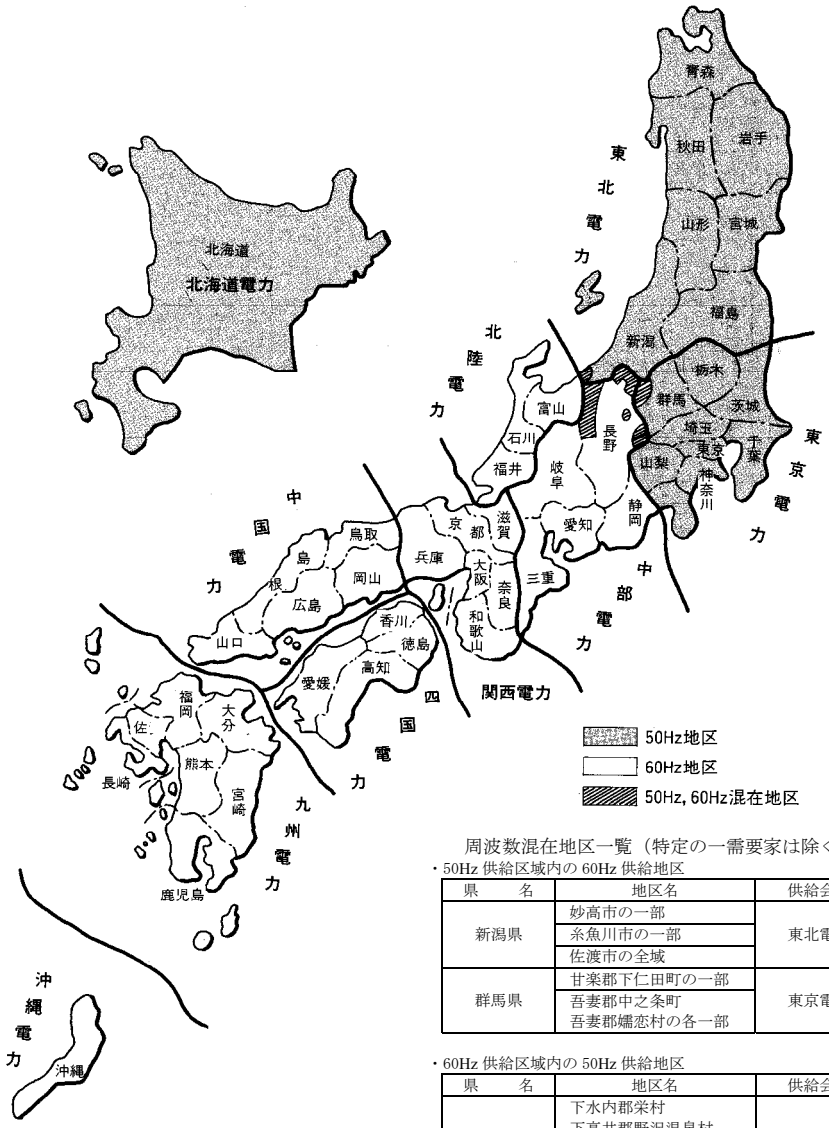
高圧及び低圧で受電する農業用施設に対しては、従来農事用電力の適用が受けられ、基本料金、電力量料金ともに割安になっている。しかし、電力自由化に伴い新規の受電契約については、施設の目的、負荷内容を明確にして、電力会社及び関係省庁と協議し、契約種別を定める必要がある。

各電力会社の定める一定期間の力率が定められた率を境にして、基本料金の割引、割増しがあるので、力率改善に効果のある進相コンデンサの取付等設備の設計に留意する必要がある。

なお、既設ポンプ場の力率を改善する場合には、改善による電力料金軽減額と改善工事金額との比較検討を行うことが必要である。

また、大容量の巻線形電動機からかご形電動機に更新する際には、電圧降下が大きく変動することから電力会社に電圧変動値及びフリッカ許容値を問い合わせの上、過渡的電圧降下に問題ないかどうか確認が必要である。

なお、全国の周波数分布は**図-11.3** のとおりであり、一部 50Hz/60Hz が混在する地域があるので注意すること。




周波数混在地区一覧（特定の一需要家は除く）

・50Hz 供給区域内の 60Hz 供給地区

| 県　名 | 地区名 | 供給会社 |
|---|---|---|
| 新潟県 | 妙高市の一部 | 東北電力 |
| | 糸魚川市の一部 | |
| | 佐渡市の全域 | |
| 群馬県 | 甘楽郡下仁田町の一部 | 東京電力 |
| | 吾妻郡中之条町<br>吾妻郡嬬恋村の各一部 | |

・60Hz 供給区域内の 50Hz 供給地区

| 県　名 | 地区名 | 供給会社 |
|---|---|---|
| 長野県 | 下水内郡栄村<br>下高井郡野沢温泉村<br>飯山市の各一部 | 中部電力 |
| | 小諸市、佐久市の各一部 | |
| | 松本市の一部 | |
| | 安曇野市、大町市<br>北安曇郡小谷村の各一部 | |

図-11.3　日本全国の周波数分布

⑺ ポンプ始動時の電圧降下対策及びフリッカ対策

a. 電圧降下対策

ポンプ始動時には、ポンプ用電動機の始動電流が送電線に流れ、送電線の電圧降下により受電点の電圧降下が生じる。電圧降下が生じると、ポンプ場はもとより、同じ送電線から電力を供給されている他の施設の設備に悪影響を及ぼすために、受電点における許容電圧降下率（ΔV）以下であることの確認が必要である。確認に当たっては、送電線のインピーダンス（%R、%X）を確認しておかなければならない。

需要家側は許容電圧降下率以下にするための始動方式の検討を行うが、始動方式の検討でも許容電圧降下率を満たせない場合には、電力会社と送電線の張替え等の協議を行う必要がある。

b. フリッカ対策

フリッカとは、負荷の変動によって配電電圧が短時間の周期的変動を繰り返す現象であり、照明のちらつきや機器の動作不良などの悪影響を生じさせることがある。

このフリッカ対策としては、需要家における対策と電源側における対策があり、それぞれの対策は以下のとおりである。

① 需要家側における対策では、配電用変圧器の容量を上げることやフリッカ抑制装置の設置である。

② 電源側（電力会社）における対策では、送電線の変更・張替えや電圧降下補償装置の設置、専用線の採用等である。この場合、電力会社との協議を行う必要がある。

⑻ 停電時の電源の対応

停電時の電源対応には、固定式発電設備と移動式発電設備がある。商用電力の停電時に非常用電源を確保するためには、対応できる電気設備の検討が必要である。

### 11.2.2　自家用発電設備（補機用）

⑴　自家用発電設備（補機用）の設置

a.　主ポンプが内燃機関駆動の場合

商用電源が容易に引込みできる場合には、自家用発電設備を 1 台予備機として設置する。

なお、商用電源の引込みができない場合には、自家用発電設備を常用、予備の設置を検討する。

b.　主ポンプが電動機駆動の場合

ポンプ場の重要度等から必要があると認められる場合には、停電時の保安電源として自家用発電設備を設置する。

なお、自家用発電設備の容量は必要最小限とし、下記の負荷が考えられる。

⒜　動力負荷（三相 200V）

・動力分電盤……空調設備、電動シャッタ
・直流電源設備（100V でも可能）
・交流無停電装置（100V でも可能）
・室内排水ポンプ
・樋管ゲート

⒝　照明負荷（単相 100V）

・照明分電盤……室内照明、保安照明、室内水銀灯、火災報知機
・盤内照明
・CCTV 電源
・換気扇
・スペースヒータ

⑵　自家用発電設備（補機用）の容量計算

この発電機容量の計算式は、発電機でポンプの補機設備のみを駆動する場合に採用するものであり、単相照明負荷及び高調波発生負荷が含まれている場合は、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）の計算式による。

ポンプ場の補助機械を、自家用発電機により駆動するための自家用発電設備の容量は、①常時負荷容量、②始動時電圧降下、③始動時負荷容量を検討し、その値の最大値を必要容量とする。

a.　常時負荷容量

$$Q_1 = \Sigma \frac{S}{\eta \cdot P_f} + \Sigma\alpha \quad \cdots\cdots (11.1)$$

ここに、 $Q_1$ ： 発電機容量（kVA）

$S$ ： 同時に運転する各負荷の電動機出力（kW）

$\eta$ ： 電動機効率（**表-11.11** 参照）

$P_f$ ： 電動機力率、コンデンサの有無により異なる。電動機にコンデンサを付けることとして、改善力率0.9 とする。

$\Sigma\alpha$ ： 同時に運転する照明電源、制御装置、その他、kW の合計（kVA）

**表-11.11(a)** 電動機効率（JIS C 4210 一般用低圧三相かご形誘導電動機）

| 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.4 | 0.635 | 5.5 | 0.825 | 22 | 0.860 |
| 0.75 | 0.695 | 7.5 | 0.835 | 30 | 0.865 |
| 1.5 | 0.755 | 11 | 0.845 | 37 | 0.870 |
| 2.2 | 0.785 | 15 | 0.855 | | |
| 3.7 | 0.810 | 18.5 | 0.855 | | |

注） 効率は4極の電動機の場合である。

**表-11.11(b)** 電動機効率（JIS C 4034-30 単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス（IE コード））

| 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.75 | 0.825 | 7.5 | 0.904 | 30 | 0.936 |
| 1.5 | 0.853 | 11 | 0.914 | 37 | 0.939 |
| 2.2 | 0.867 | 15 | 0.921 | | |
| 3.7 | 0.884 | 18.5 | 0.926 | | |
| 5.5 | 0.896 | 22 | 0.930 | | |

注） 効率は50Hz 4極の電動機の場合である。

**表-11.11(c)** 電動機効率（JIS C 4034-30 単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス（IE コード））

| 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 | 定格出力(kW) | 電動機効率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.75 | 0.855 | 7.5 | 0.917 | 30 | 0.941 |
| 1.5 | 0.865 | 11 | 0.924 | 37 | 0.945 |
| 2.2 | 0.895 | 15 | 0.930 | | |
| 3.7 | 0.895 | 18.5 | 0.936 | | |
| 5.5 | 0.917 | 22 | 0.936 | | |

注） 効率は60Hz4極の電動機の場合である。

b. 始動時電圧降下

電動機始動時には低力率の大きな電流が流れ、電動機端子に瞬時に電圧降下を生ずる。この電圧降下が過大になると制御機器が焼損したり、電動機が始動不能になることがあるので、この瞬時電圧降下をある程度に抑えるための必要な発電機容量を**式(11.2)～式(11.4)**で求める。

$$Q_2 = 0.583 \cdot B_m \cdot N \quad \cdots\cdots (11.2)$$

ここに、

$Q_2$ ： 発電機容量 （kVA）

0.583 ： 係数、**式（11.2）**で許容される瞬時電圧降下$V_d$＝0.3として、次式から求めたものである。なお、発電機から電動機に至る配線距離が長い場合は、電動機入力端で瞬時電圧降下$V_d$＝0.3として求めること。

$$\frac{Q_2}{B_m \cdot N} = \frac{X_d \cdot (1 - V_d)}{V_d} \quad \cdots\cdots (11.3)$$

ここに、

$X_d$ ： 発電機の過度リアクタンス（通常 0.25）

$B_m$ ： 始動する最大電動機の皮相電力（kVA）

$$B_m = \frac{S_m}{\eta_m \cdot P_{fm}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.4)$$

ここに、

$S_m$　：始動する最大の電動機出力（kW）

$\eta_m$　：電動機効率（**表-11.11(a)～(c)** 参照）

$P_{fm}$　：電動機力率、コンデンサの有無により異なる。電動機にコンデンサを付けることとして、改善力率0.9とする。

$N$　：始動する最大電動機の始動電流と定格電流の比（**表-6.3 参照**）

一般に、直入始動＝6とした場合、人－$\Delta$（クローズド回路）始動＝2、リアクトル（65%タップ）始動＝3.9である。トップランナーモータの場合は、これらの確認が必要である。

① 電動機の始動方法は、一般に7.5kW以下は直入始動、11kW以上は人－$\Delta$始動が多い。

② 人－$\Delta$始動の場合は、クローズドトランジェント人－$\Delta$とし、始動電流を1/3に抑えるのがよい。

③ リアクトル始動は、50、65、80%のタップが標準であるが、50%タップは始動トルクが不足することがあり、ほとんど使用しておらず、65%タップを使用するのが一般的であるが、負荷により始動トルクが不足する場合は、80%タップのものを用いる。

なお、軸流ポンプの始動トルク並びに水中ポンプの水中用電動機の場合には、陸上用に比べ始動容量が大きいことが多いため、注意のこと。

c. 始動時負荷容量

$$Q_3 = \frac{B + B_m \cdot N}{K} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.5)$$

ここに、

$Q_3$　：発電機容量（kVA）

$B$　：既運転の負荷の総電力の合計（kVA）

$$B = \Sigma \frac{S'}{\eta \cdot P_f} + \Sigma\alpha \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.6)$$

$S'$　：$S$より始動する最大電動機を除いたもの。

$\eta$　：電動機効率（**表-11.11** 参照）

$P_f$　：電動機力率、コンデンサの有無により異なる。電動機にコンデンサを付けることとして、改善力率0.9とする。

$\Sigma\alpha$：同時に運転する照明電源、制御装置、その他、kWの合計（kVA）

$B_m$　：始動する最大電動機の皮相電力（kVA）

$K$　：発電機の短時間過負荷耐量

始動する電動機の始動電流の割合が大きい場合　1.3

始動する電動機の始動電流の割合が小さい場合　1.5

⑶ 自家用発電設備の原動機出力計算

原動機の出力は、a. 常時負荷に必要な出力、b. 始動電圧降下に必要な出力、c. 始動負荷に必要な出力を検討し、その最大値を必要出力とする。

a. 常時負荷に必要な出力

$$P_{E1}=\frac{Q_1'}{\eta_G} \quad \cdots\cdots (11.7)$$

ここに、

$P_{E1}$ ： 原動機出力（kW）

$\eta_G$ ： 発電機効率（**表-11.12**による）

$Q_1'$ ： $Q_1 \cdot P_{fG}$（kW）

$Q_1$ ： **式**（11.1）で算出した発電機容量（kVA）

$P_{fG}$ ： 発電機力率 0.8

**表-11.12** 発電機効率（JEM-1435:2014 抜粋）

| 定格出力 | | 規約効率 | 定格出力 | | 規約効率 |
|---|---|---|---|---|---|
| (kVA) | (kW) | 2～8 極 | (kVA) | (kW) | 2～8 極(10 極) |
| 20 | 16 | 0.770 | 150 | 120 | 0.870 |
| 37.5 | 30 | 0.807 | 200 | 160 | 0.879 |
| 50 | 40 | 0.823 | 250 | 200 | 0.889 |
| 62.5 | 50 | 0.834 | 300 | 240 | 0.895 |
| 75 | 60 | 0.843 | 375 | 300 | 0.903 |
| 100 | 80 | 0.855 | 500 | 400 | 0.910 |
| 125 | 100 | 0.864 | 625 | 500 | 0.917（0.911） |
| | | | 750 | 600 | 0.921（0.915） |

注）年間運転時間が 1,000 時間を超える発電機は、JEM-1354：2014 の適用を推奨する。

b. 始動電圧降下の検討に必要な出力

$$P_{E2}=\frac{Q_2'}{\eta_G \cdot K_2'} \quad \cdots\cdots (11.8)$$

ここに、 $P_{E2}$ ： 原動機出力（kW）

$Q_2'$ ： $Q_2 \cdot P_{fms}$（kW）

$Q_2$ ： **式**（11.2）で算出した発電機容量（kVA）

$P_{fms}$ ： 始動する最大電動機の始動力率 0.4
なお、水中モータの場合には始動力率を調査の上算出する。

$K_2'$ ： 原動機の瞬時負荷投入率

$K_2'$の値は、**図-11.4** 又は次による。ただし、$P_{me}$：平均有効圧力MPaとする。

⑷ 無過給ディーゼル機関の場合

$P_{me}<0.8$MPa　　$K_2'=1.0$

⑸ 過給器付ディーゼル機関の場合

$0.8\text{MPa}<P_{me}\leqq 1.1\text{MPa}$　　$K_2'=0.7$

$1.1\text{MPa}<P_{me}\leqq 1.5\text{MPa}$　　$K_2'=0.5$

$1.5\text{MPa}<P_{me}\leqq 1.8\text{MPa}$　　$K_2'=0.4$

$1.8\text{MPa}<P_{me}$　　$K_2'=0.3$

また、平均有効圧力が不明で発電機容量より求める場合は、次による。

| | |
|---|---|
| 100kVA 以下の発電機と組合せるディーゼル機関 | $K_2'=1.0$ |
| 100kVA を超え 300kVA 以下の発電機と組合せるディーゼル機関 | $K_2'=0.7$ |
| 300kVA を超える発電機と組合せるディーゼル機関 | $K_2'=0.5$ |

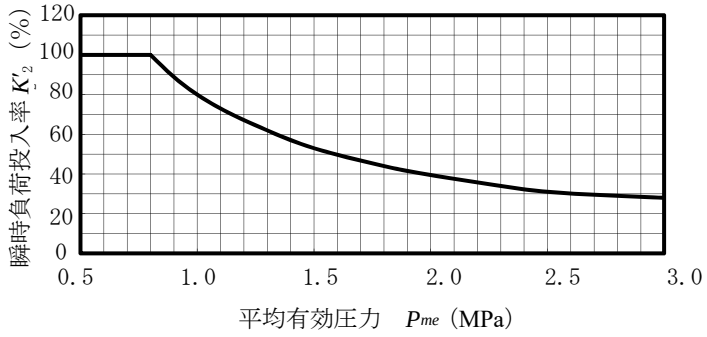



**図-11.4**　ディーゼル機関の瞬時負荷投入率

⑹　一軸ガスタービンの場合$K_2'=1.0$

c.　始動負荷に必要な出力

$$P_{E3}=\frac{Q_3'}{\eta_G \cdot K_3'} \quad \cdots\cdots (11.9)$$

ここに、

$P_{E3}$　：原動機出力（kW）

$Q_3'$　：$B \cdot P_{fG} + B_m \cdot N \cdot P_{fms}$（kW）

$B$　：**式（11.6）**で算出した既運転の負荷の総電力の合計（kVA）

$B_m$　：**式（11.4）**で算出した始動する最大電動機の皮相電力（kVA）

$N$　：始動する最大電動機の始動電流と定格電流の比

$P_{fms}$　：始動する最大電動機の始動力率 0.4
なお、水中モータの場合には始動力率を調査の上算出する。

$K_3'$　：原動機の過負荷耐量（ディーゼル機関の場合：1.1、ガスタービンの場合：1.3）

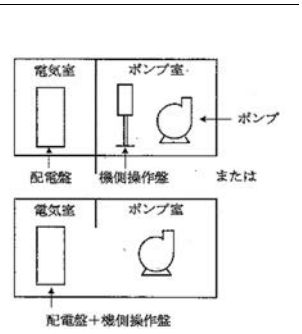
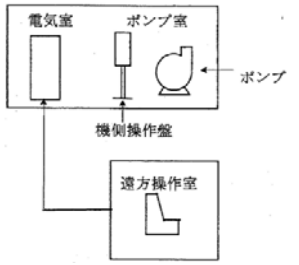
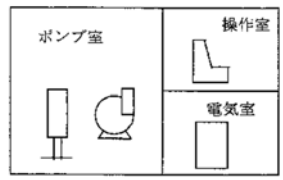
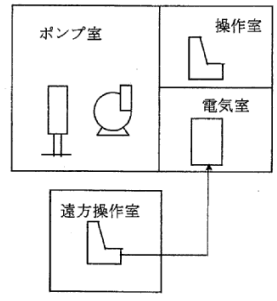
### 11.2.3 配電設備

配電設備はポンプ場の機器全体を統括制御するもので、ポンプ場の設備規模、主電動機の種類、運転操作・制御方式等を検討し、盤の構成を選定するものとする。

⑴ 運転操作・制御方式

運転操作・制御方式と分類は、**表-11.13** に示すものが一般的であるが、経済性及びスペースを考慮したポンプ盤の採用等、特殊な場合は別途考慮する必要がある。

**表-11.13** 運転操作・制御方式と分類

| No. | モード 大分類 | モード 小分類 | 電気室又は機側 | 遠隔 | 遠方 | 電気室相互関係 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | － | 手動操作 | － | － |  |
| 2 | | a | 手動操作 オンオフ制御 | － | － | |
| 3 | B | － | 手動操作 1人制御 | － | － | |
| 4 | | a | 手動操作 1人制御 オンオフ制御 | － | － | |
| 5 | | ab | 手動操作 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | － | － | |
| 6 | C | － | 手動操作 1人制御 | － | 1人制御 |  |
| 7 | | a | 手動操作 1人制御 オンオフ制御 | － | 1人制御 オンオフ制御 | |
| 8 | | ab | 手動操作 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | － | 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | |
| 9 | D | － | 手動操作 | 1人制御 | － |  |
| 10 | | a | 手動操作 | 1人制御 オンオフ制御 | － | |
| 11 | | ab | 手動操作 | 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | － | |
| 12 | E | － | 手動操作 | 1人制御 | 1人制御 |  |
| 13 | | a | 手動操作 | 1人制御 オンオフ制御 | 1人制御 オンオフ制御 | |
| 14 | | ab | 手動操作 | 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | 1人制御 オンオフ・フィードバック制御 | |









注 1) モード小分類の a、b は、次の意味を持っている。
a：オン・オフ制御のある場合。
b：フィードバック制御のある場合。
2) 各操作・制御方式は、「11.1.1 **運転方式**」を参照のこと。
3) ポンプ設備における構成機器モード関係は、**表-11.6** を参照のこと。

⑵　モードと配電盤構成

配電盤構成は、設備規模、主電動機の種類、運転操作方式等を検討の上、操作機能を優先させた必要最小限のものとする必要がある。

a.　電動機駆動のみの場合

⒜　低圧受電－低圧負荷

低圧受電で負荷設備も低圧の場合の盤構成は、おおむね**表-11.14** のとおりである。

**表-11.14**　モードと配電盤構成（低圧受電－低圧負荷）

| No. | モード | 電気室又は機側 | | | | | | | | | | | | | | | | | 操作室 | | | | 遠方 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ①特別高圧受電設備 | ②引込盤 | ③受電盤 | ④変圧器盤 | ⑤変圧器二次盤 | ⑥高圧電動機盤 | ⑦低圧動力用変圧器盤 | ⑧低圧照明用変圧器盤 | ⑨コントロールセンタ | ⑩補助継電器盤 | ⑪機側操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 | ⑰速度制御装置 | ⑱自動制御盤 | ⑲計装盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑱自動制御盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 |
| 1 | A | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 2 | Aa | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 3 | B | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 4 | Ba | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 5 | Bab | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | *s* | *m* | 1 | | | | | | | | | |
| 6 | C | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 7 | Ca | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 8 | Cab | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 9 | D | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 10 | Da | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 11 | Dab | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | | | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | | *m* | | | | | |
| 12 | E | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Ea | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 14 | Eab | | | | | | | | | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | 1 | *m* | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |

注 1)　各盤の外形寸法は、「11.2.3(4)　配電盤の概略寸法及び概略質量」による。
ただし、詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参照し採用を検討のこと。

2)　*n* は台数により決まる。

3)　*m* は電動機（主機及び補機用）容量並びに台数によって決まる。ただし、中央監視盤及び操作盤は一式を示す。

4)　*s* は台数及び電動機容量（インバータ容量）により決まる。

5)　⑨コントロールセンタは、設備の規模により低圧配電盤、分電盤等に MCCB 等を設置して省略できることもある。

6)　⑫中央監視盤、⑬中央操作盤は設備の規模が小さくて電気系統が簡単な場合には、監視部と操作部が一体のベンチ形にすることもある。

7)　⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、一般には電気室と遠方操作室の装置を共用できることが多い。

8)　⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、無停電化が必要な機器により検討すること。

9)　流量制御をする場合においては一般的に、インバータ制御の場合には⑰速度制御装置と⑱自動制御盤を用い、弁開度制御並びに二次抵抗制御の場合は、⑱自動制御盤を用いる。

10)　⑲計装盤は、水位計、流量計他計装機器がある場合には設けることとする。計装機器が少ない場合には⑩補助継電器盤や⑱自動制御盤内に計装機器を収納し、⑲計装盤を設けない場合もある。

### ⑹ 高圧受電－低圧負荷（1回線受電）

高圧受電で負荷設備は低圧の場合の盤構成は、おおむね**表-11.15**のとおりである。

**表-11.15** モードと配電盤構成（高圧受電-低圧負荷）

| No. | モード | 電気室又は機側 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 操作室 | | | | 遠方 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ①特別高圧受電設備 | ②引込盤 | ③受電盤 | ④変圧器盤 | ⑤変圧器二次盤 | ⑥高圧電動機盤 | ⑦低圧動力用変圧器盤 | ⑧低圧照明用変圧器盤 | ⑨コントロールセンタ | ⑩補助継電器盤 | ⑪機側操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 | ⑰速度制御装置 | ⑱自動制御盤 | ⑲計装盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑱自動制御盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 |
| 1 | A | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | Aa | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 3 | B | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 4 | Ba | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 5 | Bab | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | | | | | | |
| 6 | C | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 7 | Ca | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 8 | Cab | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 9 | D | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 10 | Da | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 11 | Dab | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | | *m* | | | | | |
| 12 | E | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Ea | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 14 | Eab | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | 1 | *m* | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |

注 1) 各盤の外形寸法は、「11.2.3(4) 配電盤の概略寸法及び概略質量」による。
ただし、詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参照し採用を検討のこと。

2) *n* は台数により決まる。

3) *m* は電動機（主機及び補機用）容量並びに台数によって決まる。ただし、中央監視盤及び操作盤は一式を示す。

4) *s* は台数及び電動機容量（インバータ容量）により決まる。

5) ⑨コントロールセンタは、設備の規模により低圧照明用変圧器盤等に MCCB 等を設置して省略できることもある。

6) ②引込盤、③受電盤は共通盤（受電盤）とする場合がある。電力会社によって異なるので、調査して決定のこと。

7) 変圧器を屋外に設置する場合には、④変圧器盤は不要である。

8) ⑧低圧照明用変圧器盤は設備の規模により不要の場合がある。

9) ⑫中央監視盤、⑬中央操作盤は設備の規模が小さくて電気系統が簡単な場合には、監視部と操作部が一体のベンチ形にすることもある。

10) ⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、通年操作をしない設備の場合又は設備の重要度に応じて省略できることもある。なお、遠方制御用のみに使用する場合は、一般には電気室と遠方操作室の装置を共用できることが多い。

11) ⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、無停電化が必要な機器により検討すること。

12) 流量制御をする場合においては一般的に、インバータ制御の場合には⑰速度制御装置と⑱自動制御盤を用い、弁開度制御並びに二次抵抗制御の場合は、⑱自動制御盤を用いる。

13) ⑲計装盤は、水位計、流量計他計装機器がある場合には設けることとする。計装機器が少ない場合には⑩補助継電器盤や⑱自動制御盤内に計装機器を収納し、⑲計装盤を設けない場合もある。

### ⓒ 高圧受電－高圧負荷（1回線受電）

高圧受電で負荷設備も高圧の場合の盤構成は、おおむね**表-11.16**のとおりである。

**表-11.16**　モードと配電盤構成（高圧受電－高圧負荷）

| No. | モード | 電気室又は機側 | | | | | | | | | | | | | | | | | 操作室 | | | | 遠方 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ①特別高圧受電設備 | ②引込盤 | ③受電盤 | ④変圧器盤 | ⑤変圧器二次盤 | ⑥高圧電動機盤 | ⑦低圧動力用変圧器盤 | ⑧低圧照明用変圧器盤 | ⑨コントロールセンタ | ⑩補助継電器盤 | ⑪機側操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 | ⑰速度制御装置 | ⑱自動制御盤 | ⑲計装盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方監視盤 | ⑱自動制御盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方監視盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 |
| 1 | A | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 2 | Aa | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 3 | B | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 4 | Ba | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 5 | Bab | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | | | | | |
| 6 | C | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 7 | Ca | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 8 | Cab | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 9 | D | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 10 | Da | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 11 | Dab | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | | *m* | | | | | |
| 12 | E | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Ea | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 14 | Eab | | 1 | 1 | 1 | 1 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | 1 | *m* | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |

注 1)　各盤の外形寸法は、「11.2.3(4)　配電盤の概略寸法及び概略質量」による。
ただし、詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参照し採用を検討のこと。

2)　*n* は台数により決まる。

3)　*m* は電動機（主機及び補機用）容量並びに台数によって決まる。ただし、中央監視盤及び操作盤は一式を示す。

4)　*s* は台数及び電動機容量（インバータ容量）により決まる。

5)　⑨コントロールセンタは、設備の規模により低圧動力用変圧器盤、低圧照明用変圧器盤等に MCCB 等を設置して 省略できることもある。

6)　②引込盤、③受電盤は共通盤（受電盤）とする場合がある。電力会社によって異なるので、調査して決定のこと。

7)　変圧器を屋外に設置する場合には、④変圧器盤は不要である。

8)　⑤変圧器二次盤は設備の重要度に応じて設置する。

9)　⑧低圧照明用変圧器盤は設備の規模により不要の場合がある。

10)　⑫中央監視盤、⑬中央操作盤は設備の規模が小さくて電気系統が簡単な場合には、監視部と操作部が一体のベンチ形にすることもある。

11)　⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、通年操作をしない設備の場合は、設備の重要度に応じて省略できることもある。なお、遠方制御用のみに使用する場合は、一般には電気室と遠方操作室の装置を共用できることが多い。

12)　⑮直流電源装置及び⑯無停電電源装置は、無停電化が必要な機器により検討すること。

13)　電動機の端子電圧が 6kV の場合は、④変圧器盤、⑤変圧器二次盤は不要である。

14)　流量制御をする場合においては一般的に、インバータ制御の場合には⑰速度制御装置と⑱自動制御盤を用い、弁開度制御並びに二次抵抗制御の場合は、⑱自動制御盤を用いる。

15)　⑲計装盤は、水位計、流量計他計装機器がある場合には設けることとする。計装機器が少ない場合には⑩補助継電器盤や⑱自動制御盤内に計装機器を収納し、⑲計装盤を設けない場合もある。

### (d) 特別高圧受電－高圧負荷（2回線受電）

特高受電で負荷設備の高圧の場合の盤構成は、おおむね**表-11.17**のとおりである。

**表-11.17** モードと配電盤構成（特別高圧受電－高圧負荷）

| No. | モード | 電気室又は機側 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 操作室 | | | | 遠方 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ①特別高圧受電設備 | ②引込盤 | ③受電盤 | ④変圧器盤 | ⑤変圧器二次盤 | ⑥高圧電動機盤 | ⑦低圧動力用変圧器盤 | ⑧低圧照明用変圧器盤 | ⑨コントロールセンタ | ⑩補助継電器盤 | ⑪機側操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 | ⑰速度制御装置 | ⑱自動制御盤 | ⑲計装盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑱自動制御盤 | ⑫中央監視盤 | ⑬中央操作盤 | ⑭遠方制御盤 | ⑮直流電源装置 | ⑯無停電電源装置 |
| 1 | A | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | Aa | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | B | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 4 | Ba | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 5 | Bab | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | | | | | | |
| 6 | C | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 7 | Ca | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 8 | Cab | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | 1 | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | | | | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 9 | D | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 10 | Da | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | | | | | | | |
| 11 | Dab | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | | *m* | | | | | |
| 12 | E | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 13 | Ea | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | | | 1 | *m* | *m* | 1 | | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |
| 14 | Eab | 1 | | | | 2 | *n* | 1 | 1 | *m* | *m* | *n* | | 1 | 1 | *s* | *m* | 1 | *m* | *m* | 1 | *m* | *m* | *m* | 1 | 1 | 1 |

注 1) 各盤の外形寸法は、「11.2.3(4) 配電盤の概略寸法及び概略質量」による。
ただし、詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参照し採用を検討のこと。

2) *n* は台数により決まる。

3) *m*は電動機（主機及び補機用）容量並びに台数によって決まる。ただし、中央監視盤及び操作盤は一式を示す。

4) *s* は台数及び電動機容量（インバータ容量）により決まる。

5) ⑤変圧器二次盤で母線連絡盤が必要な場合は、3面となる。

6) ⑧低圧照明用変圧器盤は設備の規模により不要の場合がある。

7) ⑫中央監視盤、⑬中央操作盤は設備の規模が小さくて電気系統が簡単な場合には、監視部と操作部が一体のベンチ形にすることもある。

8) 流量制御をする場合においては一般的に、インバータ制御の場合には⑰速度制御装置と⑱自動制御盤を用い、弁開度制御並びに二次抵抗制御の場合は、⑱自動制御盤を用いる。

9) ①特別高圧受電設備の機器構成は、「電気設備計画設計技術指針（特別高圧編）」を参照のこと。

10) ⑲計装盤は、水位計、流量計他計装機器がある場合には設けることとする。計装機器が少ない場合には⑩補助継電器盤や⑱自動制御盤内に計装機器を収納し、⑲計装盤を設けない場合もある。

b.　内燃機関駆動のみの場合

⒜　低圧受電－低圧負荷

主機が内燃機関駆動のみの場合で、補機用として低圧受電する場合の盤構成は、**表-11.14** モードと配電盤構成「低圧受電－低圧負荷」に準ずる。

ただし、直流電源装置（1 面）は必要である。

c.　電動機駆動と内燃機関駆動の両方ある場合

⒜　高圧受電－高圧負荷

主機が高圧電動機駆動と内燃機関駆動の両方あって、高圧受電をする場合の盤構成は、a. の⒞に準ずる。

⒝　特別高圧受電－高圧負荷

主機が高圧電動機駆動と内燃機関駆動の両方あって、特別高圧受電をする場合の盤構成は、a. の⒟に準ずる。

d.　自家用発電機

自家用発電機は前記各モードに関係なく、要・不要が決まるもので、負荷の重要性を考慮の上、その採用を決定する必要がある。

**〔参　考〕**配電盤の機能

配電盤の機能は、ポンプ設備の規模、機器構成等によって異なるが、一般的な概略機能を、次に示す。

①　高圧引込盤

電力会社から高圧電源を引込むために設けるもので、盤内部に取引計器用変成器（VCT）、断路器（DS）を一括して収納する場合に適用する。本盤は原則として高圧受電盤と組合せて使用する。

なお、VCT 及び避雷器（LA）を引込柱に設置し、DS を受電盤に組込み引込盤を省略し、引込受電盤とする場合もある。

②　高圧受電盤

高圧の負荷回路を開閉するための遮断器（CB）を収納されるほか、受電状態の監視を行うために必要な計器と保護継電器が取付られる。電力会社からの高圧受電用に適用する。

本盤は高圧引込盤と組合せて使用する。

③　変圧器盤

受電電圧を主負荷の電圧に降圧するための変圧器（T）を収納するために設ける。

変圧器の容量が大きく変圧器を別な場所に設置する場合は、変圧器盤の代わりに変圧器二次盤を設置する。この場合、変圧器二次盤には DS、接地形計器用変圧器（GPT）等が収納される。

④　電動機盤

電動機の一次側回路の開閉及び保護用として高圧コンビネーションスタータ（電磁接触器とヒューズを組合せたもの）を設け、電動機の運転状況を把握するために必要な計器を設けたもの。

⑤　低圧動力用変圧器盤

低圧動力の補機設備等に電源を供給するために設けるもので、低圧動力用の電圧に降圧する変圧器等が収納される。

⑥　低圧照明用変圧器盤

ポンプ場内の照明等に電源を供給するために設けるもので、照明用等の電圧に降圧する変圧器

等を収納する。

⑦　コントロールセンタ

補機設備等の電源の入切を行う回路をユニット化して収納したもので、補機設備等の数が少ない場合は、補機動力盤とする場合や他の低圧盤に回路を収納することが多い。

⑧　補助継電器盤

単独操作、半連動操作、連動操作及び自動操作の制御回路を収納したもので、運転方式や制御方式、ポンプ設備の規模により補助継電器で構成する補助継電器盤、PLC で構成する PLC 盤、補助継電器盤と PLC 盤で構成するものがある。

⑨　機側操作盤

単独操作、半連動操作、連動操作を行うために設けるもので、対象機器の機側に設置される。盤面には操作スイッチ等が取り付けられる。

⑩　遠方制御盤

ポンプ場から離れた遠方において、ポンプ設備を運転操作するために必要なデータを、遠方に伝送及び遠方からの操作指令等受ける回路が収納される。

⑪　直流電源盤

主として受配電機器の操作及び監視用の無停電化電源として設けるもので、遠方制御盤の無停電化としても利用される。

⑫　速度制御盤

インバータ制御の場合に設けるもので、制御回路が収納される。弁開度制御や二次抵抗制御の場合は、補助継電器盤となる。

⑬　自動制御盤

推定末端圧制御で送水管の必要事項を入力しておき、揚水量に対応した水頭を計算し、その結果をシーケンス制御盤に受け渡しを行う機能をもつ。

⑭　中央監視盤

ポンプ場全体の概略状況を表示し、ポンプ設備等の運転状況や故障を把握するために設ける。必要に応じて、水位、流量、圧力等の計測値や積算値の表示を行う。

設備の規模等により、中央操作盤と一体化したベンチ形とすることもある。

⑮　中央操作盤

ポンプ設備等の運転操作を行うための操作と、状態表示を行うために設ける。

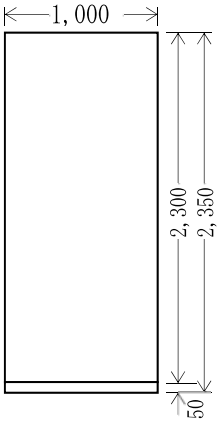
設備の規模等により、中央監視盤と一体化したベンチ形とすることもある。

### ⑶　電気設備等耐震設計

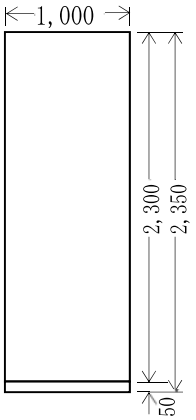
耐震設計の基本は電気設備等の配電盤と据付けられる構造物自体が十分な耐震性を有しなければ、設備の耐震性は意味をもたない。したがって、設備の耐震性は、当該施設における土木・建築構造の耐震性と同程度となるよう整合性を図ることが必要である。具体的な電気設備の耐震設計としては、盤等の据付基礎ボルトを耐震設計で据付けることである。

⑷　配電盤の概略寸法及び概略質量（詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参照し採用を検討のこと。）

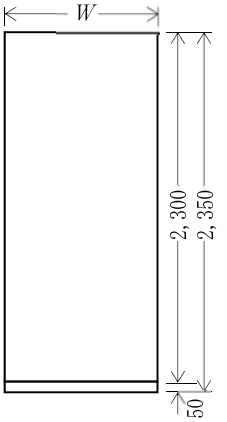
a.　引　込　盤　（奥行＝2, 000mm）
質量　約 900kg




b.　受　電　盤　（奥行＝2, 000mm）
質量　約 1, 100kg




c.　変圧器盤（奥行＝2, 000mm）

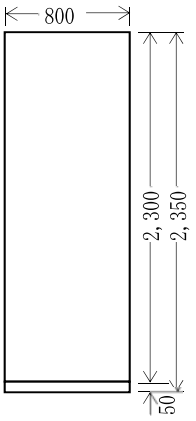



左図(c)で、幅 *W* は変圧器容量により下表のようになる。

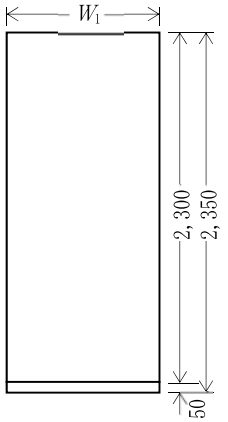
| 変圧器<br>（kVA） | 主要寸法<br>*W*（mm） | 質　量<br>（kg） |
|---|---|---|
| 75 まで | 1, 000 | 約 1, 200 |
| 200　〃 | 1, 200 | 約 2, 200 |
| 300　〃 | 1, 400 | 約 2, 800 |
| 500　〃 | 1, 600 | 約 3, 400 |

注）200kVA 以上の変圧器盤には、盤上面に高さ 400mm 程度の換気ファン又は換気塔が付く。

d.　変圧器二次盤（奥行＝2, 000mm）
質量　約 1, 300kg



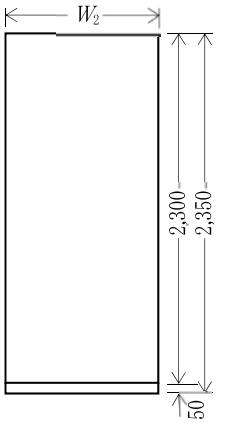
e. 高圧電動機盤（奥行＝2,000mm）




左図(e)で、幅 $W_1$ はコンデンサ容量により下表のようになる。

| コンデンサ (kVA) | $W_1$ (mm) | 質量（kg） |
|---|---|---|
| 150 まで | 900 | 約 1,500 |
| 300 〃 | 1,000 | 約 1,700 |

f. 低圧動力用変圧器盤（奥行＝2,000mm）・低圧照明用変圧器盤（奥行＝2,000mm）

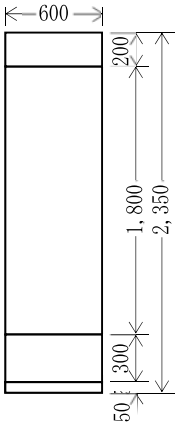



左図(f)で幅 $W_2$ は、変圧器容量により下表のようになる。

| 変圧器 (kVA) | $W_2$ (mm) | 質量（kg） |
|---|---|---|
| 30 まで | 1,000 | 約 1,100 |
| 50 〃 | 1,200 | 約 1,100 |

g.　コントロールセンタ（奥行＝600mm）

外箱質量　約 200kg/面




系統機器としてコントロールセンタにするか一般閉鎖形配電盤にするかの目安は、系統機器が 14 台程度以上の場合には前者を、それ未満の場合には後者とする場合が多い。原則としてどちらか一方のみとし両者を併用しない。

コントロールセンタの基本形は左図(g)のとおりであり、このうち、ユニットの収納できる有効スペースは 1,800mm となる。この有効スペースに、下記に規定されるユニットを割振ってコントロールセンタ面数を決定する。

可逆ユニット

| ユニット高 (mm) | 200V (kW) | 400V (kW) | 質 量 (kg) |
|---|---|---|---|
| 400 | 5.5 | 11 | 23 |
| 500 | 15 | 30 | 30 |

非可逆ユニット

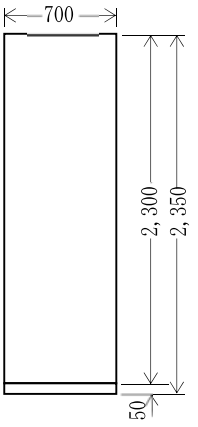
| ユニット高 (mm) | 200V (kW) | 400V (kW) | 質 量 (kg) |
|---|---|---|---|
| 300 | 11 | 22 | 21 |
| 500 | 22 | 45 | 40 |
| 600 | 45 | 90 | 65 |
| 900 | 75 | 150 | 90 |

MCCB ユニット

| ユニット高 (mm) | MCCB フレーム (AF) | 質 量 (kg) |
|---|---|---|
| 400 | 100 | 15 |
| 700 | 225 | 25 |
| 900 | 400 | 37 |

注 1)　「kW」は電動機台当たりの容量を示す。
2)　非可逆ユニット及び可逆ユニットは直入始動の場合であり、スター・デルタ始動、リアクトル始動、コンドルファ始動の場合は別途考慮すること。

h.　補助継電器盤（奥行＝600mm）　質量　約 500kg（前、後面使用）




補助継電器盤の基本外形は左図のとおりであり、補助継電器は 1 面で 120 約個まで収納可能である。必要補助継電器数は概略下記のとおりとなるので、これによって必要補助継電器盤面数を算出する。

主ポンプ 1 台当たりの必要補助継電器数

電動機駆動の場合　　約 50 個

内燃機関駆動の場合　　約 100～110 個

（例）

1. 電動機駆動の場合

主ポンプ 1～2 台で補助継電器盤 1 面

〃　　3～4 台で補助継電器盤 2 面

2. 内燃機関駆動の場合

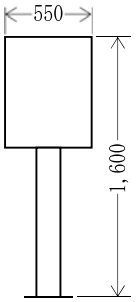
主ポンプ 1 台で　補助継電器盤 1 面

3. 共通補機用として必要に応じて 1 面考慮する。

i. PLC 盤（奥行＝600mm）　質量　約 500kg（前、後面使用）

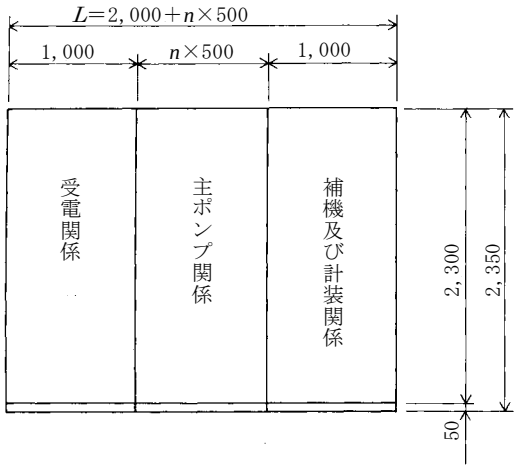
PLC 盤の基本外形は補助継電器盤と同一である。補助継電器盤をソフト化したものであり、さらに演算機能を有するものである。規模的には大小さまざまであるが、通常 1 CPU に対し、アナログ、デジタルを含め、約 2,000 点位の処理能力を有する。

j. 機側操作盤（奥行＝300mm）質量　約 80kg




主ポンプ 1 台当たり 1 面必要である。
左図は参考図であり、主ポンプ形式によって変わる。

k. 中央監視盤 ［奥行＝2,000mm … 盤内通路のある場合／〃 ＝1,200mm … 盤内通路のない場合］ 質量　約 800kg/面




中央監視盤は考え方並びに負荷の台数により盤構成が大幅に変わるが、一応の目安として左図を示す。

左端が受電関係、中央が主ポンプ関係で、主ポンプ 2 台程度で 1 面となる。右端が補機関係。

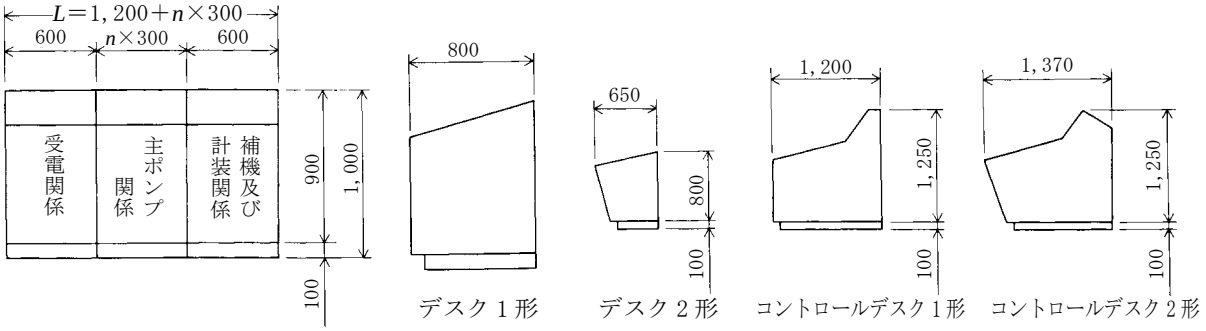
主ポンプの台数と盤幅の関係の一例を下表に示す。

左図で、$n$×500 は最小 1,000mm とし、1,000mm の整数倍とする。（$n$：主ポンプの台数）

| 主ポンプ台　数 | 主ポンプ関係面数 | | 受電関係面数 | 補機及び計装関係面数 | 全面数 | 全長 $L$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 幅（mm） | 面　数 | | | | |
| 2 | 2×500→1,000 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3,000 |
| 3 | 3×500→2,000 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4,000 |
| 4 | 4×500→2,000 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4,000 |
| 5 | 5×500→3,000 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5,000 |
| 6 | 6×500→3,000 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5,000 |

l.　中央操作盤

デスク形　質量　約 200kg/面




デスク 1 形　デスク 2 形　コントロールデスク 1 形　コントロールデスク 2 形

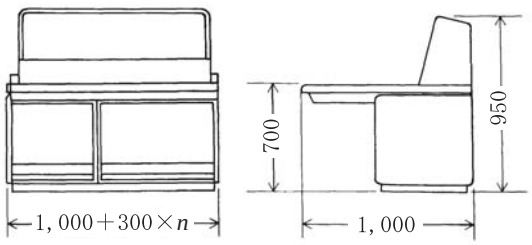
中央操作盤の考え方も中央監視盤とほぼ同一である。

主ポンプの台数と盤幅の関係の一例を次表に示す。

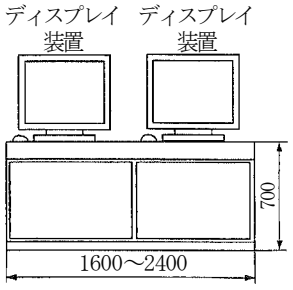
上の図で、$n$×300 は最小 600mm とし、600mm の整数倍とする。（$n$：主ポンプの台数）

| 主ポンプ台　数 | 主ポンプ関係面数 | | 受電関係面数 | 補機及び計装関係面数 | 全面数 | 全長 $L$（mm） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 幅（mm） | 面　数 | | | | |
| 2 | 2×300→　600 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1, 800 |
| 3 | 3×300→1, 200 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2, 400 |
| 4 | 4×300→1, 200 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2, 400 |
| 5 | 5×300→1, 800 | 3 | 1 | 1 | 5 | 3, 000 |
| 6 | 6×300→1, 800 | 3 | 1 | 1 | 5 | 3, 000 |

m.　縮小形監視操作盤

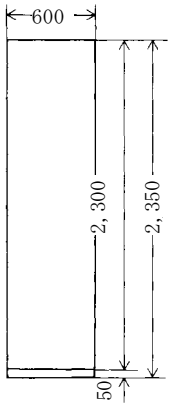



n.　機場監視操作盤



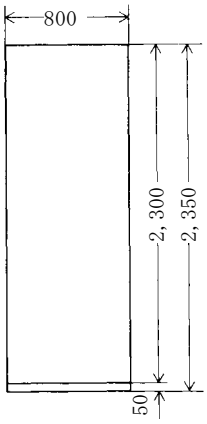

o.　遠方制御盤（奥行＝600mm）

質量　約 300kg

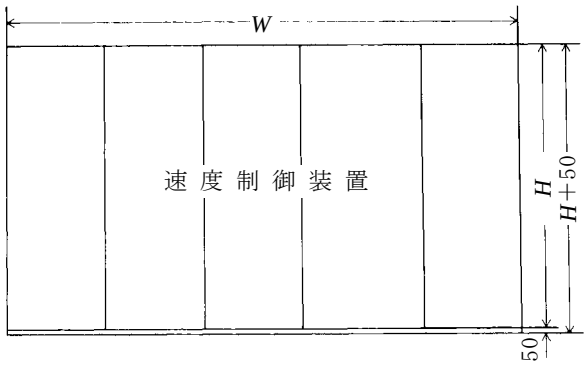



p.　直流電源装置（奥行＝約 1, 000mm）

質量　約 300kg



q. 速度制御装置（奥行＝*D*）




速度制御装置には各種方式があるが、ここではインバータ方式によるものを示した。インバータの速度制御範囲は、70～100％である。

なお、速度制御装置は方式（二次抵抗制御、極数変換、交流整流子電動機、静止セルビウス、電磁カップリング、インバータ制御（周波数制御）等）によって、大幅に変わるので、別途詳細を検討のこと。

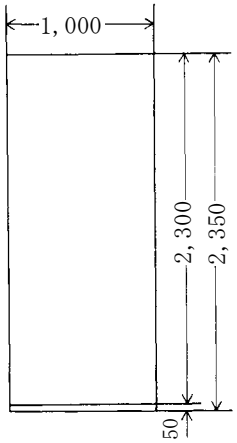
インバータ盤概略寸法及び概略質量表

| 区分 | 電圧 | 容量 (kW) | 寸法（mm） | | | 質量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *W*（巾） | *H*（高さ） | *D*（奥行） | |
| 高圧 | 6KV クラス | 300 | 4,000 | 2,400 | 1,200 | 6,000 |
| | | 500 | 4,600 | 2,400 | 1,200 | 6,300 |
| | | 750 | 5,800 | 2,400 | 1,200 | 7,200 |
| | | 1,000 | 7,200 | 2,400 | 1,200 | 9,800 |
| | | 1,500 | 8,400 | 2,400 | 1,200 | 13,600 |
| | 3KV クラス | 300 | 3,800 | 2,400 | 1,200 | 4,400 |
| | | 500 | 4,000 | 2,400 | 1,300 | 5,800 |
| | | 750 | 4,200 | 2,400 | 1,300 | 6,300 |
| | | 1,000 | 6,600 | 2,400 | 1,500 | 9,100 |
| | | 1,500 | 6,600 | 2,400 | 1,500 | 9,600 |
| 低圧 | 400V クラス | 75 | 1,600 | 2,300 | 1,000 | 1,200 |
| | | 110 | 1,600 | 2,300 | 1,100 | 1,500 |
| | | 160 | 2,200 | 2,300 | 1,600 | 2,600 |
| | | 200 | 2,200 | 2,300 | 1,600 | 2,800 |

注）上記の高さには、ファンの高さ 300mm を含まない。

r.　自動制御盤（奥行＝1, 000mm）

質量　約 800kg/面



# 第 12 章　吸込水槽及び吐出し水槽の水理設計

関連条項〔基準 10、運用 10-1～2〕

## 12.1　一般

### 12.1.1　用水ポンプ場

農地かんがい用の用水ポンプ場の吸込・吐出し水槽の水理設計を行う場合は、次の水理現象について検討し、導水・送水に支障がないことを確認する。

①　取水口付近や導水路内における土砂堆積

②　導水路から吸込水槽に向かう流れの連続性

③　送水管における水撃作用

⑴　土砂堆積の対策

①　取水口の位置

わが国においては、かんがい用水を河川から取水することが多い。このような場合には、取水口付近に土砂が堆積しない場所を選ぶ必要がある。

**図-12.1** に、取水口適地として示すような河川湾曲部の凹岸側直下流付近は、比較的土砂が入り難い場所である。

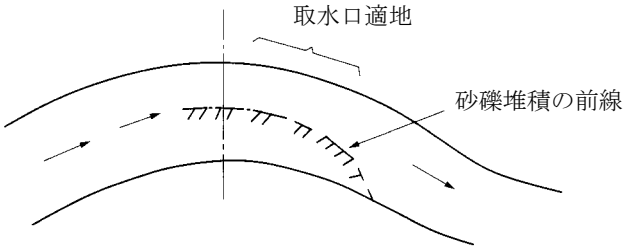



**図-12.1**　河川湾曲部の流れ

また、取水口を直接河岸に接して設置する場合には、水理模型実験結果や既設の実施成功例に準拠する以外は、自然に形成されている付近の地形を大きく変えることは好ましくない。（**図-12.2** 参照）

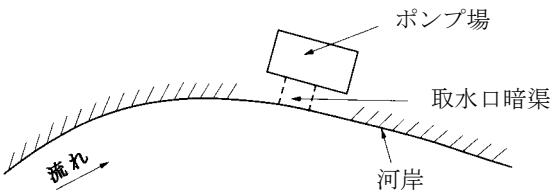



**図-12.2**　ポンプ場の取水口説明図

②　取水口の構造

取水口と導水路の幅が同一で大きすぎると、洪水等に伴い土砂が導水路内に堆積し、取水が困難になることがあるから、導水路幅の決定には十分注意を要する。このような平面形状の場合に

は、前面にゲートを設けて洪水時にはゲートを閉め、土砂の流入堆積を防止する方法が有効である。なお、取水口付近に取水庭を設けるような場合には、その規模は過大にならないようにする。

⑵　流れの連続性の確保

河岸に設置した取水口から吸込水槽までの距離が長い場合、その区間の流れは方向変化や流速変化が大きくならないよう、水路断面の移行形状を考慮する必要がある。

また、流水中に土砂が多く含まれる所では、ポンプ保護のために沈砂池を設けることが必要である。この場合、沈砂池への流入直前で急激な屈曲を与えると沈砂池流入部において偏流を生じ、流れの均一な拡散が困難となり、沈砂効率を悪くする。そのため、沈砂池流入部直前の導水路は、その中心線が沈砂池中心線と一致するような導水路幅の 3 倍以上の直線区間を設けることが望ましい。

河川等から導水路へ用水を引き入れるために、調節水門を有する取水口を設ける場合や、導水路区間内に沈砂池を設置しようとする場合の取水口や沈砂池の水理設計は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「頭首工」（以下　設計基準「頭首工」と示す）に準拠するのがよい。

⑶　水撃作用

「**8.7　水撃作用の軽減方法**」を参照のこと。

### 12.1.2　排水ポンプ場

排水ポンプ場の吸込・吐出し水槽あるいは導・送水路を既存の河川に接続させる場合には、周辺の地形並びに河川の状況等を考慮して、排水機能が十分に発揮できるように施設を適切に配置する。

また、津波により浸水する可能性がある場所においては、建屋にかかる波圧の軽減対策として、吐出し水槽を建屋の海側に配置することを考慮する。

⑴　導水路から吸込水槽への円滑な流れの確保

農地及び集落の排水を排除するための排水ポンプ場においては、ポンプ稼働時に排水路、導水路から吸込水槽に向かう流れには急激な方向変化や流速変化がない円滑な流れを維持する必要がある。特に、大規模な主ポンプの運転開始に伴う吐出し量と排水路から吸込水槽に流下集中する水量との釣合いを十分検討し、流れの連続性を確保する必要がある。このため、①排水路内の増加流速による侵食防止のため水路側壁の護岸、②適切な規模の遊水池を設ける等の事項を考慮する。また、排水路内に塵芥、雑物が多量に流入することが想定される場合には、除じん機、ごみ焼却場についても考慮する必要がある。

⑵　自然排水方式との併用

外水位が低下し、地区内排水の自然排水が可能な状態が予想される場合には、ポンプ場に沿って排水路をう回させ、ゲートを操作して排水を行う場合が多い。このような場合には、排水路の放流部分の水理構造には十分注意する。

**図-12.3** に示すような、自然排水路先端が袋小路になって、ポンプ場の放水路と合流している形状であると、ポンプ稼働による排水時の流水中に含まれた土砂が、この袋小路に堆積する。このため、自然排水を行う場合、十分な掃砂が困難となり、自然排水終了後に完全なゲート閉扉ができなくなることがある。このような不都合な現象を防止するため、次の事項を考慮する必要がある。

①　自然排水路内の排水ゲートの敷高は、ポンプ場の放水路の底標高より高くする。

②　自然排水路と放水路との合流部は、**図-12.3** に示したように、水路としての十分な機能が発揮できるように、取付け部分の形状に注意する。

③　排水ゲート下流側にヘドロが多少たまっても、自然排砂の際に完全に掃砂できるような水路

勾配とする。

④ 排水ゲートは、多少のヘドロが堆積していても完全な閉扉ができるよう、ロープ式巻上げ方式よりもスピンドル又はラック引上げ方式を採用することが、管理上都合がよい場合が多い。

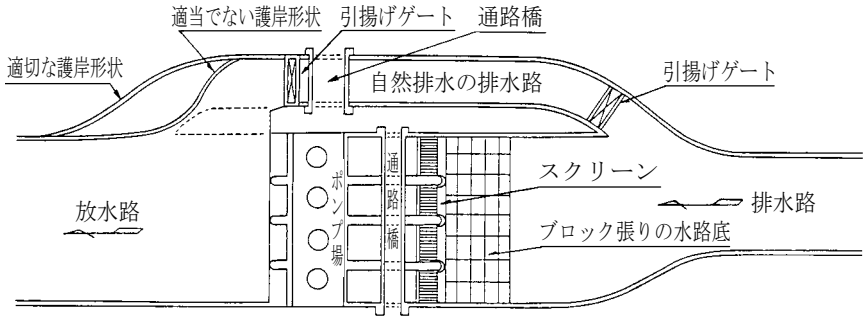



**図-12.3** 自然排水の排水路説明図

### 12.1.3 用排水兼用ポンプ場

用排水兼用ポンプ場を設置する場合には、用水量、排水量それぞれの所要水量を効率よく揚水できるように十分検討を行うとともに、導水路及び用（排）水路を適切に配置する。

地区内ほ場の湿田状態を乾田化するため常時排水を考慮するとともに、かんがい期間中に用水不足の事態が生じる場合には排水流量を用水に転用するため、自動運転操作による用排水兼用ポンプ場を設ける事例が多い。この場合に、ポンプ口径、台数、形式等の検討を十分に行うことは当然であるが、導水路及び用（排）水路についても適切な配置の検討が必要である。

〔参　考〕用排水兼用ポンプ場の一例

**図-12.4** に示すポンプ場においては、地区内の排水は、図の右側の幹線から左側の放水路に主ポンプにより排出される。

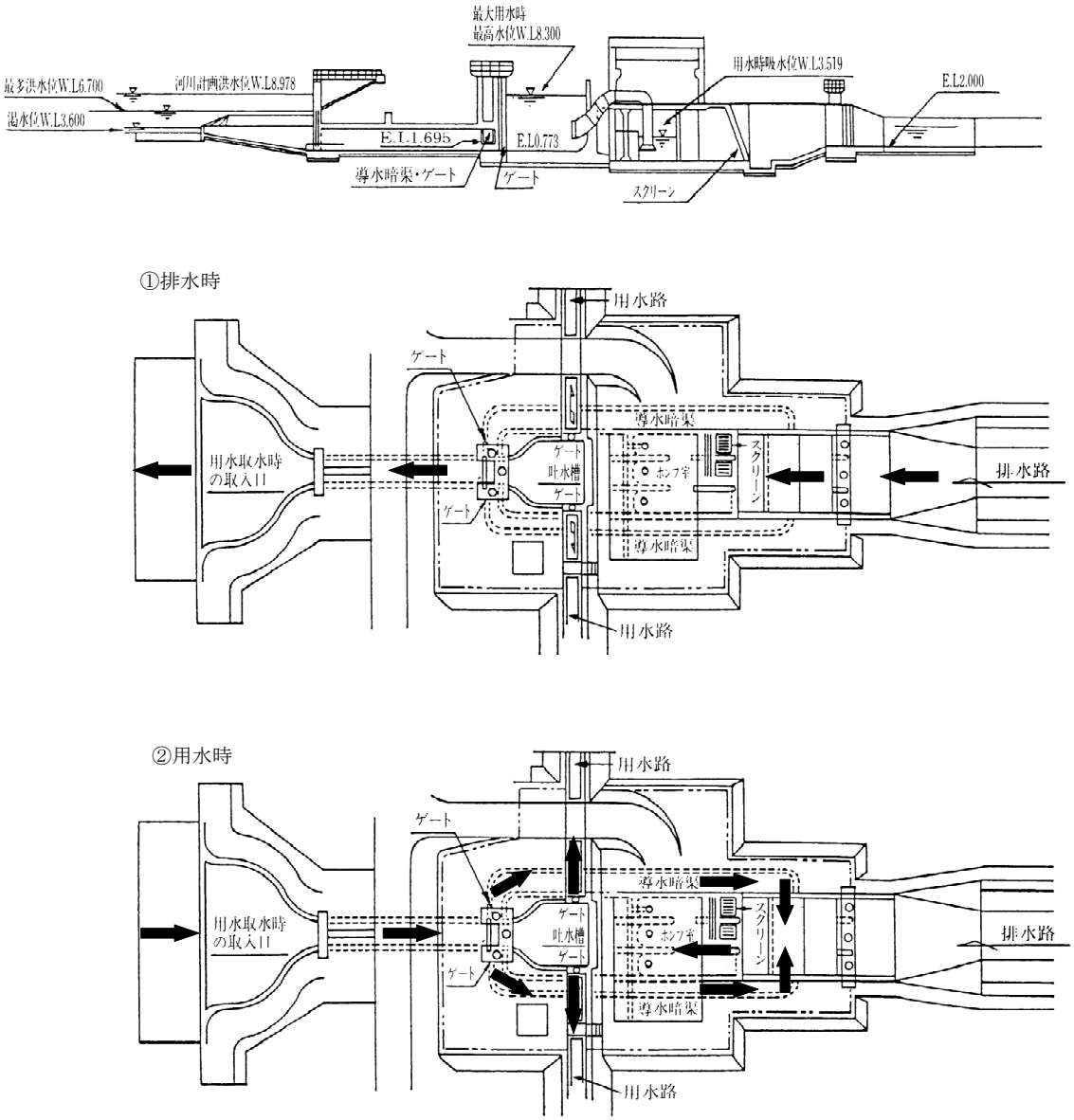



**図-12.4**　用排水兼用ポンプ場の一例

かんがい期間中における用水不足の場合には、図の左側の放水路から、用水を取入れポンプ場の両側に設けられている導水暗渠を通って、ポンプ吸込水槽に流入する。この水を主ポンプで揚水し、吐出し水槽の排水ゲートを締切り、吐出し水槽内の水位を用水路が必要とする水位まで高めて、用水路の始点ゲートを開き、送水を行うことになる。

なお、この場合は、必要とする用水量の多少によって異なるが、用水時の運転ポンプは 1 台とする計画が多い。しかし、用水量が少ない場合には、小規模なポンプ容量のものを特に設置する事例がある。

## 12.2 吸込水槽の水理設計

吸込水槽は、ポンプ場の機能、立地条件及び運転条件等を考慮して規模、形状等を検討し、導水路からの円滑な流れを確実に引き継げるように設計する必要がある。しかしながら、開水路系の２段揚水ポンプ又は吸込水槽の構造が排水路の末端に直結するような排水ポンプにあっては、さらに地形、接続水路とポンプ運転の関係（特にポンプ急停止）等を総合的に検討し、必要に応じて余水吐、取付け水路等を設置する。

### 12.2.1 導水路の設計

⑴ 定義

ここにいう導水路とは、用水の取水口や地区内排水路から吸込水槽に接続するまでの水路区間を意味しているが、主ポンプの規模によって、その範囲を異にしている。

⑵ 導水路の形状

導水路の形状寸法の良否も主ポンプの性能や運転状態に影響を及ぼす。特に立軸・軸流、斜流ポンプのように吸込管端近くにインペラがあるものでは、その影響が極めて大きい。

吸込水槽の直前で急激な屈曲部を設けると、移行部や吸込水槽内の流れに偏流を起こし、吸込水槽内で渦を生じやすくなる。

導水路の形状寸法を決める水理設計は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」（以下　設計基準「水路工」と示す）に準拠するものとする。

⑶ 水理模型実験

地理的条件等の制約により、導水路から吸込水槽までの形状寸法が複雑で、既存の水理実験結果及び類似構造物の実施資料を利用することができず、信頼できる判断が得られないような場合には、水理模型実験を行って、その機能を検討する必要がある。

① 水理模型実験の必要性

水理模型実験は一般にかなりの時間と費用を必要とするが、(i) 数種の設計に対する選択、採用、(ii) 計算では解明不能な部分の現象の把握、(iii) 各種想定条件の選択の容易さ等の様々な利点を持っている。

吸込水槽において、水理模型実験を必要とする場合は、吸込水槽の設置予定地の用地上の制約や吸込水槽内への土砂の流入防止が要請される場合が多い。

すなわち、(i) 幹線水路から分岐する導水路への移行形状、(ii) 導水路から吸込水槽への通水断面積の拡大に伴う流向、流速の均一化、(iii) 導水路から吸込水槽への移行部に設置する導流壁の形状・配置等を検討し、水理的に安定した形状寸法を決定するとともに、現地に施工する場合の適応性、簡略化を調べ、経済性を図るために行う。

② 実験の方法及び結果の判定

水理模型実験を行う場合の、模型と原型の相似律の確認、製作する模型の範囲、模型縮尺の決定、実験のための設備、実験の操作及び実験結果の判定については、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」（以下　設計基準「ダム」）の水理模型実験を参照のこと。

⑷ 遊水池

排水ポンプ場付近の幹線排水路の末端に遊水池を設け、排水路の流出量とポンプ排水量のギャップをなくし、水位変動を小さくすることにより断続運転が解消され、ポンプ運転効率が高くなる。

特に低平地では幹線排水路が長大になることが多いため、**図-12.5** に示すような遊水池を設置す

ることが望ましい。

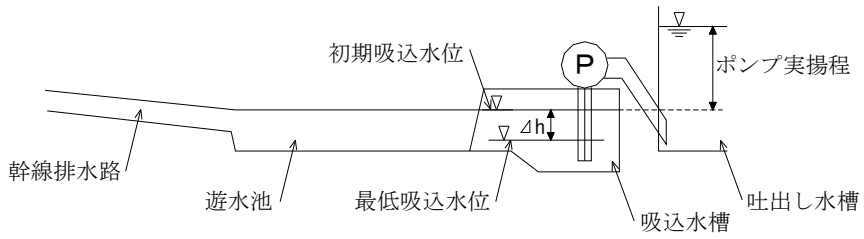



**図-12.5**　遊水池（ポンプ円滑運転用）

a. 容量の決定

遊水池（ポンプ円滑運転用）の容量は、集水区域、地形（用地も含む）、洪水流出量、地区内の許容湛水条件、排水路の通水能力、ポンプ排水量、管理方式、経済性等を総合的に検討して決定する。目安としては、ポンプ 1 台当たりの 2～3 分間容量とし、**式（12.1）**を用いることが多い。

$$A = \frac{Q \times (2.0 \sim 3.0)}{\Delta h} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (12.1)$$

ここに、　$A$ ：遊水池面積($m^2$)

$Q$ ：ポンプ 1 台能力($m^3/min$)

$\Delta h$：初期吸込水位－最低吸込水位(m)

ただし、用地上の制限から遊水池の容量が決定されることもあり、その場合は以下の点に留意する。

①　土地利用の制限が許せば、遊水池の容量は大きい方が管理上有利となる。

②　用地が確保できない場合は、設置可能な遊水池の容量に対して、排水路を含めた不定流計算等を行い、ポンプの間断運転が発生しないことを確認することが望ましい（詳細は、設計基準「排水」を参照）。

## 12.2.2　吸込水槽の設計

吸込水槽形状は次の事項を留意のうえ設計する。

⑴　渦流

吸込水槽は主ポンプの運転時、水槽内に渦流が発生しないような形状とする。

⑵　吸込水槽の入口スクリーン

主ポンプのインペラに塵芥や固形物が詰まることによる主ポンプ性能の低下や、インペラの損傷を防ぐために、吸込水槽の入口にスクリーンを設ける。

細めの網状のスクリーンを必要とする場合は、ロータリスクリーン等を使い確実に掃除できるようにする。なお、スクリーン後面の水路内の平均流速は、「**17.2.1　スクリーン**」を参照のこと。

⑶　沈砂池

流水中の土砂はポンプ主要部の寿命を著しく低下させる。土砂の多い所ではポンプ保護のために、沈砂池を置くことが望ましい。この場合の沈砂池は、概略下記のとおりとする。

平均流速：0.15～0.30m/s　　滞留時間：30～60s

ポンプの封水、潤滑水、冷却水等に使用する水を取水する場合も沈砂池が必要である。この場合の沈砂池は、次の値を与える。

平均流速：0.02～0.07m/s　　滞留時間：10～20min

### 12.2.2.1 排水ポンプ用吸込水槽の形状

吸込水槽の形状には、標準流速オープン形、高流速オープン形、セミクローズ形及びクローズピット形があり、流入水路からの円滑な流れを確実に引き継ぎ、主ポンプの運転に有害な水流の乱れのない寸法として、以下を標準とする。

吸込水槽形状の選定に当たっては、セミクローズ形及びクローズピット形は標準流速オープン形、高流速オープン形（渦流防止板付）に比べて吸込水槽内の流速が早いため、吸込水槽内に損失水頭が0.1m程度生じることから、イニシャルコスト並びにランニングコストの経済比較を行って決定する必要がある。なお、水路の流入はできるだけ直線的に吸込水槽へ向かうようにし、やむを得ず曲がりや屈折が生じるときは水路に整流壁を設ける等の検討が必要である。

⑴ 標準流速オープン形吸込水槽

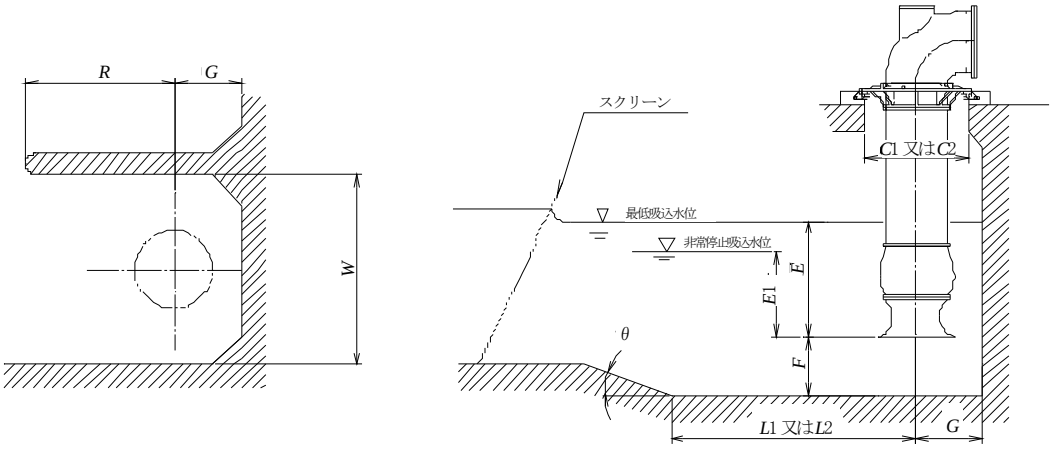



**表-12.1** 標準流速オープン形吸込水槽主要寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主要寸法 (mm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $W$ | $C_1$ | $C_2$ | $E$ | $E_1$ | $F$ | $G$ | $R$ | $L_1$ | $L_2$ |
| 12超～ 23以下 | 1,200 | 700 | 800 | 900以上 | 600以上 | 400 | 450 | 1,200 | 1,200 | 1,800 |
| 23超～ 36以下 | 1,500 | 900 | 1,050 | 1,100以上 | 800以上 | 500 | 600 | 1,500 | 1,500 | 2,250 |
| 36超～ 50以下 | 1,800 | 1,100 | 1,100 | 1,200以上 | 900以上 | 600 | 700 | 1,800 | 1,800 | 2,700 |
| 50超～ 70以下 | 2,100 | 1,250 | 1,250 | 1,400以上 | 1,100以上 | 700 | 800 | 2,100 | 2,100 | 3,150 |
| 70超～ 90以下 | 2,400 | 1,350 | 1,400 | 1,500以上 | 1,200以上 | 800 | 900 | 2,400 | 2,400 | 3,600 |
| 90超～115以下 | 2,700 | 1,500 | 1,550 | 1,700以上 | 1,400以上 | 900 | 1,000 | 2,700 | 2,700 | 4,050 |
| 115超～150以下 | 3,000 | 1,700 | 1,750 | 1,800以上 | 1,500以上 | 1,000 | 1,100 | 3,000 | 3,000 | 4,500 |
| 150超～200以下 | 3,600 | 2,000 | 2,050 | 2,100以上 | 1,800以上 | 1,200 | 1,300 | 3,600 | 3,600 | 5,400 |
| 200超～255以下 | 4,050 | 2,200 | 2,300 | 2,400以上 | 2,100以上 | 1,350 | 1,500 | 4,050 | 4,050 | 6,075 |
| 255超～325以下 | 4,500 | 2,400 | 2,600 | 2,600以上 | 2,300以上 | 1,500 | 1,650 | 4,500 | 4,500 | 6,750 |
| 325超～400以下 | 4,950 | 2,600 | 2,900 | 2,800以上 | 2,500以上 | 1,650 | 1,800 | 4,950 | 4,950 | 7,425 |
| 400超～480以下 | 5,400 | 2,800 | 3,100 | 3,000以上 | 2,700以上 | 1,800 | 2,000 | 5,400 | 5,400 | 8,100 |
| 480超～600以下 | 6,000 | 3,100 | 3,300 | 3,400以上 | 3,100以上 | 2,000 | 2,200 | 6,000 | 6,000 | 9,000 |

注1） 全揚程が斜流ポンプで3.2m以下、軸流ポンプで2.5m以下の場合は、「**5.4.4.1〔参 考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

2） $L$ 寸法は、吸込水槽の入口角度$\theta$が30°以下の場合 $L_1$、30°を超え45°以下の場合 $L_2$ 以上とする。

3） $C_1$ は横軸ポンプ、$C_2$ は立軸ポンプの開口部寸法である。

## ⑵　高流速オープン形吸込水槽（渦流防止板付）

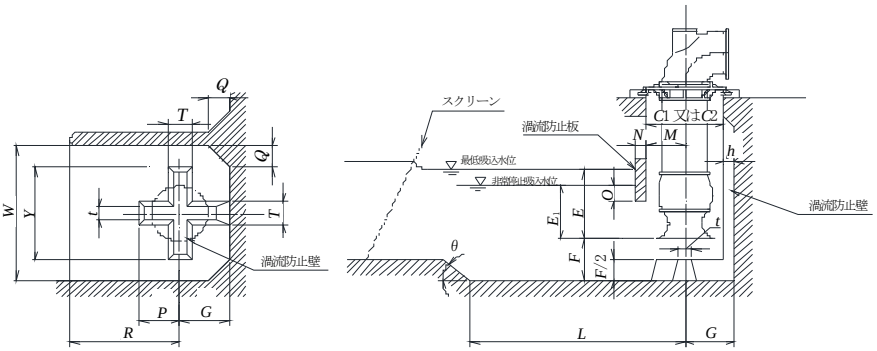



**表-12.2**　高流速オープン形吸込水槽（渦流防止板付）主要寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法　（mm） | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *W* | $C_1$ | $C_2$ | *E* | $E_1$ | *G* | *F* | *M* | *N* | *O* |
| 50 超～ 70 以下 | 1,900 | 1,250 | 1,250 | 1,350 以上 | 1,050 以上 | 800 | 500 | 700 | 250 | 200 |
| 70 超～ 90 以下 | 2,100 | 1,350 | 1,400 | 1,500 以上 | 1,200 以上 | 900 | 600 | 800 | 250 | 250 |
| 90 超～115 以下 | 2,400 | 1,500 | 1,550 | 1,650 以上 | 1,350 以上 | 1,000 | 650 | 900 | 300 | 300 |
| 115 超～150 以下 | 2,700 | 1,700 | 1,750 | 1,800 以上 | 1,500 以上 | 1,100 | 750 | 1,000 | 300 | 300 |
| 150 超～200 以下 | 3,200 | 2,000 | 2,050 | 2,100 以上 | 1,800 以上 | 1,300 | 900 | 1,200 | 350 | 350 |
| 200 超～255 以下 | 3,600 | 2,200 | 2,300 | 2,300 以上 | 2,000 以上 | 1,500 | 1,000 | 1,350 | 400 | 400 |
| 255 超～325 以下 | 4,000 | 2,400 | 2,600 | 2,550 以上 | 2,250 以上 | 1,650 | 1,100 | 1,500 | 450 | 450 |
| 325 超～400 以下 | 4,400 | 2,600 | 2,900 | 2,750 以上 | 2,450 以上 | 1,800 | 1,250 | 1,650 | 500 | 500 |
| 400 超～480 以下 | 4,800 | 2,800 | 3,100 | 3,000 以上 | 2,700 以上 | 2,000 | 1,400 | 1,800 | 550 | 550 |
| 480 超～600 以下 | 5,400 | 3,100 | 3,300 | 3,300 以上 | 3,000 以上 | 2,200 | 1,500 | 2,000 | 600 | 600 |

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法　（mm） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *h* | *L* | *R* | *Q* | *P* | *Y* | *T* | *t* |
| 50 超～ 70 以下 | 150 | 2,100 | 2,100 | 350 | 450 | 1,300 | 200 | 100 |
| 70 超～ 90 以下 | 200 | 2,400 | 2,400 | 400 | 500 | 1,500 | 250 | 100 |
| 90 超～115 以下 | 200 | 2,700 | 2,700 | 450 | 550 | 1,700 | 250 | 100 |
| 115 超～150 以下 | 200 | 3,000 | 3,000 | 500 | 600 | 1,900 | 250 | 100 |
| 150 超～200 以下 | 250 | 3,600 | 3,600 | 600 | 700 | 2,200 | 300 | 100 |
| 200 超～255 以下 | 350 | 4,050 | 4,050 | 700 | 800 | 2,500 | 400 | 150 |
| 255 超～325 以下 | 350 | 4,500 | 4,500 | 750 | 900 | 2,800 | 400 | 150 |
| 325 超～400 以下 | 400 | 4,950 | 4,950 | 850 | 1,000 | 3,100 | 500 | 200 |
| 400 超～480 以下 | 450 | 5,400 | 5,400 | 900 | 1,100 | 3,400 | 500 | 200 |
| 480 超～600 以下 | 500 | 6,000 | 6,000 | 1,000 | 1,200 | 3,800 | 500 | 200 |

注1)　全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参　考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

2)　吸込水槽と流入水路の底面の接続勾配$\theta$は、最大でも 30° 以下とする。

3)　$C_1$は横軸ポンプ、$C_2$は立軸ポンプの開口部寸法である。

4)　*L* 寸法は、最小寸法である。

(3) セミクローズ形吸込水槽

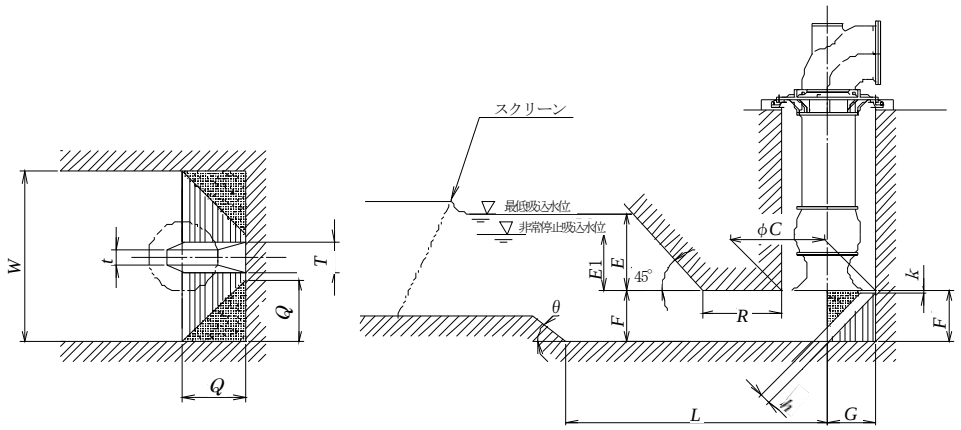



**表-12.3** セミクローズ形吸込水槽主要寸法

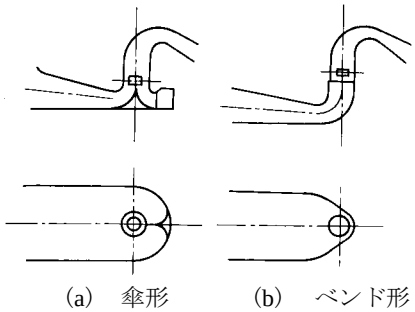
| 吐出し量（$m^3$/min） | 主 要 寸 法 (mm) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *W* | *E* | $E_1$ | *F* | *G* | *R* | *C* | *Q* | *L* | *T* | *t* | *h* | *k* |
| 200 超～255 以下 | 3,600 | 1,650 以上 | 1,350 以上 | 1,000 | 1,150 | 500 以上 | 2,300 | 1,150 | 6,100 | 300 | 150 | 150 | 100 |
| 255 超～325 以下 | 4,000 | 1,800 以上 | 1,500 以上 | 1,100 | 1,300 | 500 以上 | 2,600 | 1,300 | 6,800 | 300 | 150 | 150 | 100 |
| 325 超～400 以下 | 4,400 | 1,950 以上 | 1,650 以上 | 1,250 | 1,450 | 500 以上 | 2,900 | 1,450 | 7,400 | 400 | 200 | 200 | 100 |
| 400 超～480 以下 | 4,800 | 2,100 以上 | 1,800 以上 | 1,400 | 1,550 | 500 以上 | 3,100 | 1,550 | 8,100 | 400 | 200 | 200 | 100 |
| 480 超～600 以下 | 5,400 | 2,300 以上 | 2,000 以上 | 1,500 | 1,650 | 500 以上 | 3,300 | 1,650 | 9,000 | 400 | 200 | 200 | 100 |

注 1) 全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「5.4.4.1〔参 考〕主ポンプ選定上の注意」を参照の上、使用する。
2) 主ポンプ開口部（*C*）の寸法許容差は、上記開口径の±30mm とする（開口部壁面の位置が同一線上にある口径＋30mm の円筒と径－30mm の円筒の範囲内になければならない）。
3) 吸込水槽と流入水路の底面の接続勾配$\theta$は最大でも 30° とする。
4) *L* 寸法は、最小寸法である。

(4) クローズピット形吸込水槽

計画吐出し量 600$m^3$/min を超える主ポンプになると吸込水槽の底版が深くなるので、吸込水路の一部又は全部をコンクリート構造にするクローズピット形が用いられる場合が多い。

クローズピット形吸込水槽には、**図-12.6** に示すように、傘形とベンド形がある。傘形は、ベンド形に比べ吸込水槽損失水頭はやや大きいが、吸込水槽を浅くすることが可能で、掘削及び土木構造物の規模を縮少できることから建設コストを低く抑えられる特徴があり、運転時間の短い排水ポンプ場では、傘形を採用することが多い。



(a) 傘形　　(b) ベンド形

注）クローズピット形吸込水槽（傘型）の主要寸法は、**表-5.52**、**表-5.53** を参照のこと。

**図-12.6** クローズピット形

### 12.2.2.2　かんがいポンプ用吸込水槽の形状

吸込水槽の形状は、以下の寸法を標準とする。

(1)　フート弁の場合

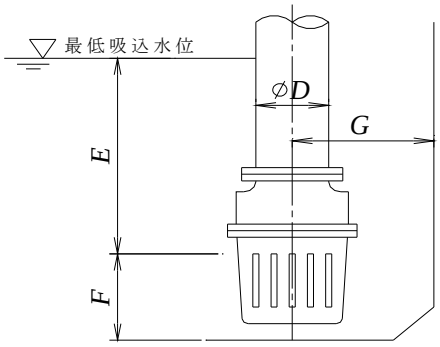



**表-12.4**　フート弁付吸込形状の寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | | $\phi D$ (mm) | 主要寸法（mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 50Hz | 60Hz | | *E* | *F* | *G* |
| 0.20 超～0.35 以下 | 0.20 超～0.35 以下 | 50 | 260 以上 | 125 | 200 |
| 0.35 超～0.45 以下 | 0.35 超～0.50 以下 | 65 | 280 以上 | 125 | 200 |
| 0.45 超～0.70 以下 | 0.50 超～0.80 以下 | 80 | 310 以上 | 150 | 200 |
| 0.70 超～1.20 以下 | 0.80 超～1.25 以下 | 100 | 330 以上 | 200 | 200 |
| 1.20 超～1.80 以下 | 1.25 超～2.00 以下 | 125 | 420 以上 | 200 | 250 |
| 1.80 超～3.00 以下 | 2.00 超～3.50 以下 | 150 | 500 以上 | 250 | 250 |
| 3.00 超～5.00 以下 | 3.50 超～5.00 以下 | 200 | 600 以上 | 300 | 400 |
| 5.00 超～8.00 以下 | | 250 | 720 以上 | 350 | 400 |
| 8.00 超～12.00 以下 | | 300 | 850 以上 | 400 | 450 |

注 1)　非常停止吸込水位は、最低吸込水位と同じとする。
2)　*E* 寸法は、フート弁開口部の上端から水面までの寸法である。

⑵ ベルマウスの場合

① A 形状の寸法

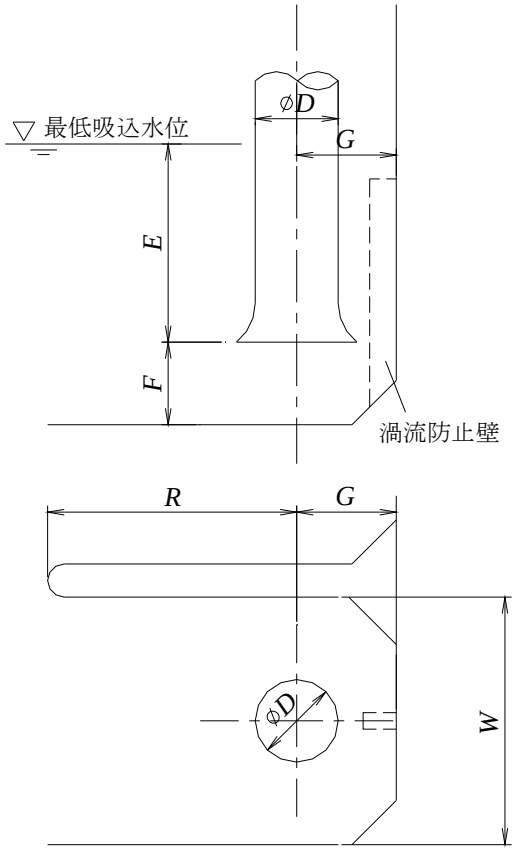



**表-12.5** A 形状の寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | | $\phi D$(mm) | 主 要 寸 法（mm） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50Hz | 60Hz | | *W* | *E* | *F* | *G* | *R* |
| 1.8 超～3 以下 | 2 超～3.5 以下 | 150 | 900 | 500 以上 | 250 | 250 | 450 |
| 3 超～5 以下 | 3.5 超～5 以下 | 200 | 900 | 500 以上 | 250 | 300 | 600 |
| 5 超～ 8 以下 | | 250 | 900 | 500 以上 | 250 | 350 | 750 |
| 8 超～ 12 以下 | | 300 | 900 | 600 以上 | 300 | 400 | 900 |
| 12 超～ 18 以下 | | 350 | 1,050 | 700 以上 | 350 | 450 | 1,050 |
| 18 超～ 23 以下 | | 400 | 1,200 | 750 以上 | 400 | 500 | 1,200 |
| 23 超～ 28 以下 | | 450 | 1,350 | 850 以上 | 450 | 550 | 1,350 |
| 28 超～ 36 以下 | | 500 | 1,500 | 900 以上 | 500 | 600 | 1,500 |
| 36 超～ 50 以下 | | 600 | 1,800 | 1,100 以上 | 600 | 700 | 1,800 |
| 50 超～ 70 以下 | | 700 | 2,100 | 1,300 以上 | 700 | 800 | 2,100 |
| 70 超～ 90 以下 | | 800 | 2,400 | 1,400 以上 | 800 | 900 | 2,400 |
| 90 超～115 以下 | | 900 | 2,700 | 1,600 以上 | 900 | 1,000 | 2,700 |

注 1） *G* 寸法は、1.5*D* まで大きくすることができる。ただし、*D*＞500mm の場合は、渦流防止壁の設置を検討する。

2） 非常停止吸込水位は、最低吸込水位と同じとする。

3） *W* 寸法は、施工上から 900 を最小値とする。

4） *L* 寸法は、吸込水槽の入口角度$\theta$が 30° 以下の場合 3*D*、30° 超え 45° 以下の場合 4.5*D* 以上とする。

② B 形状の寸法

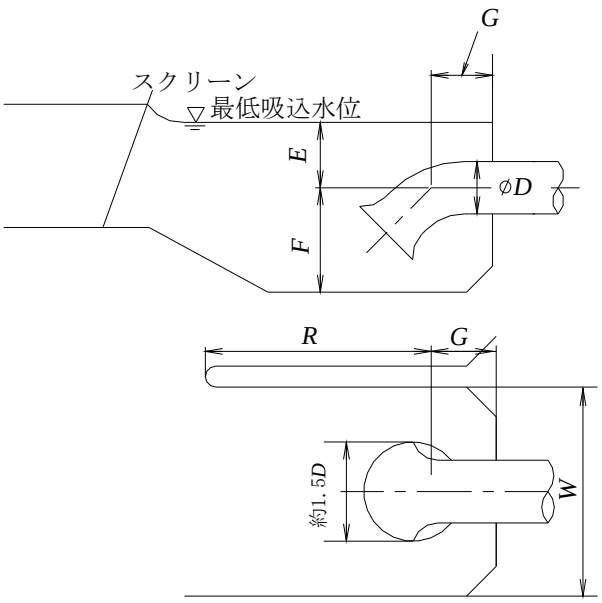



**表-12.6**　B 形状の寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | | $\phi D$ | 主　要　寸　法（mm） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50Hz | 60Hz | (mm) | *W* | *E* | *F* | *G* | *R* |
| 3 超～5 以下 | 3.5 超～5 以下 | 200 | 900 | 260 以上 | 300 | 200 | 600 |
| 5 超～　8 以下 | | 250 | 900 | 330 以上 | 380 | 250 | 750 |
| 8 超～ 12 以下 | | 300 | 900 | 390 以上 | 450 | 300 | 900 |
| 12 超～ 18 以下 | | 350 | 1,050 | 460 以上 | 530 | 350 | 1,050 |
| 18 超～ 23 以下 | | 400 | 1,200 | 520 以上 | 600 | 400 | 1,200 |
| 23 超～ 28 以下 | | 450 | 1,350 | 590 以上 | 680 | 450 | 1,350 |
| 28 超～ 35 以下 | | 500 | 1,500 | 650 以上 | 750 | 500 | 1,500 |
| 35 超～ 50 以下 | | 600 | 1,800 | 780 以上 | 900 | 600 | 1,800 |
| 50 超～ 70 以下 | | 700 | 2,100 | 910 以上 | 1,050 | 700 | 2,100 |
| 70 超～ 90 以下 | | 800 | 2,400 | 1,040 以上 | 1,200 | 800 | 2,400 |
| 90 超～120 以下 | | 900 | 2,700 | 1,170 以上 | 1,350 | 900 | 2,700 |
| 120 超～150 以下 | | 1,000 | 3,000 | 1,300 以上 | 1,500 | 1,000 | 3,000 |
| 150 超～200 以下 | | 1,200 | 3,600 | 1,560 以上 | 1,800 | 1,200 | 3,600 |

注 1)　押込み方式の横軸ポンプに採用されることが多い。
2)　非常停止吸込水位は、最低吸込水位と同じとする。
3)　*W* 寸法は、施工上から 900 を最小値とする。
4)　*L* 寸法は吸込水槽の入口角度$\theta$が 30° 以下の場合 3*D*、30° 超え 45° 以下の場合 4.5*D* 以上とする。

### 12.2.3 吸込水槽までの水理設計

用水路や排水路の幹線水路から接続する水路を通り、吸込水槽内に至る流れの水理設計は、原則として計画最大流量について行い、十分な安全性及び経済性を確保するように努める。

⑴ 水理設計のための対象流量

吸込水槽内に到達するまでの流れの水理性状は、最多頻度の流下流量と、その場合の揚水量との関係で幹線水路末流部から導水路付近での堰上げ、又は低下背水等による望ましくない波の発生のおそれがあることから、設計に採用した計画最大流量以外の流量についても検討しておく必要がある。

⑵ 開水路の水理計算

① 許容流速

幹線水路及び導水路の断面を決定する場合の最小許容流速は、シルトの割合が小さい場合 0.45～0.90m/s の平均流速があれば十分であり、流水を著しく妨げるような植物の生育も、0.7m/s 以下とならないような平均流速で防止できる。最大許容流速は水路内面の材質によって、ほぼ**表-12.7** のような値が制限値とされる。

なお、吸込水槽に接続する付近の流速は、0.5m/s 程度が望ましい。

**表-12.7** 許容最大平均流速

| 種　　別 | 流速（m/s） |
|---|---|
| 厚いコンクリート（18cm 程度） | 3.00 |
| 薄いコンクリート（10cm 程度） | 1.50 |
| アスファルト | 1.00 |
| ブロック空積（控 30cm 未満） | 1.50 |
| ブロック空積（控 30cm 以上） | 2.00 |
| ブロック練積 | 2.50 |

② 流下流量と平均流速公式

水路の流下流量は、次式によって計算される。

$$Q = A \cdot V \quad \cdots\cdots (12.2)$$

$Q$：流量（$m^3/s$）　$A$：流水断面積（$m^2$）　$V$：平均流速（m/s）

**式（12.2）**中の平均流速は、原則としてマニング（Manning）公式により計算される。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \cdots\cdots (12.3)$$

ここに、$V$：平均流速（m/s）、$n$：粗度係数、$R$：径深（m）、$I$：動水勾配、

粗度係数 $n$ を、**表-12.8** に示す。

**表-12.8** ライニングするかあるいは組立てた開水路の粗度係数

| 水路の材料と状態 | 粗　度　係　数 | | |
|---|---|---|---|
| | 最小値 | 標準値 | 最大値 |
| セメント（モルタル） | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| コンクリート（現場打ちフルーム等） | 0.012 | 0.015 | 0.016 |
| コンクリートブロック積み | 0.014 | 0.016 | 0.017 |
| アスファルト（滑面） | | 0.014 | |

不等流水面追跡の方法は、設計基準「水路工」を参照する。

⑶　開水路の損失水頭及び水面低下量（開水路から管水路等）

幹線水路から吸込水槽に至るまでの開水路の流水は、いろいろな施設や特殊な流れによって次のような損失が生じる。

なお、流出、水路底の段落ち、湾曲、屈折による損失水頭の計算は、設計基準「水路工」を参照する。また、水路湾曲の半径が水面幅の 10 倍以上となる場合には、湾曲による水頭損失は無視する。

①　摩擦による損失水頭の計算は、マニング公式による。

$$\left.\begin{aligned} h_f &= f' \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{n^2 \cdot V^2 \cdot L}{R^{4/3}} \\ f' &= \frac{2g \cdot n^2}{R^{1/3}} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (12.4)$$

$h_f$：摩擦損失水頭（m）　　$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
$L$ ：区間距離（m）　　$n$ ：粗度係数
$R$ ：水路の径深（m）　　$f'$：摩擦損失係数
$V$ ：平均流速（m/s）

②　流入による損失及び水面低下量（開水路から管水路等）

$$\left.\begin{aligned} h_e &= f_e \cdot \frac{V_2^{\,2}}{2g} \\ \Delta h_e &= h_e + \left( \frac{V_2^{\,2}}{2g} - \frac{V_1^{\,2}}{2g} \right) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (12.5)$$

$h_e$　：流入損失水頭（m）
$\Delta h_e$ ：流入による水位変化量（m）
$f_e$　：流入損失係数（**表-12.9** 参照）
$g$　：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
$V_1$　：流入前の平均流速（m/s）
$V_2$　：流入後の平均流速（m/s）

**表-12.9**　流入口の形状と流入損失係数

| 形状 | 角端 | 隅切り | 丸味つき | ベルマウス |
|---|---|---|---|---|
| $f_e$ | 0.5 | 0.25 | 0.1（円形）<br>～0.2（方形） | 0.01～0.05 |

不等流水面追跡の方法は、設計基準「水路工」を参照する。

③ スクリーンによる損失及び水面低下量

スクリーンによる損失水頭の計算は、キルシュメール（Kirschmer）公式による。

$$h_r = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} = \beta \cdot \sin\theta \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^{4/3} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12.6)$$

$$\Delta h_r = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}\right)$$

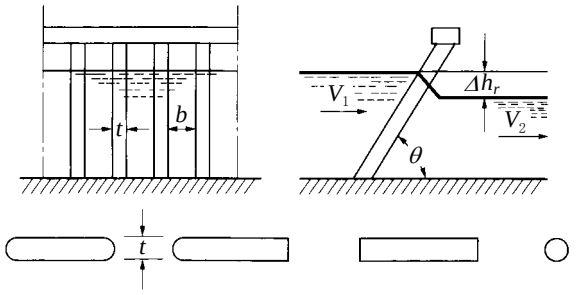
$h_r$ ： スクリーンによる損失水頭（m）　　$\beta$ ： 格子のバー断面形状による係数（**図-12.7**）

$\Delta h_r$ ： スクリーンによる水面低下量(m)　　$\theta$ ： 格子の傾斜角（°）

$V_1$ ： スクリーン上流側の流速（m/s）　　$t$ ： 格子のバーの太さ（m）

$V_2$ ： スクリーン下流側の流速（m/s）　　$b$ ： 格子の目の大きさ（m）

$f_r$ ： スクリーン損失係数　　$g$ ： 重力の加速度（9.8m/s$^2$）




$\beta$＝1.67　　$\beta$＝1.83　　$\beta$＝2.42　　$\beta$＝1.79

**図-12.7** バーの形状と係数

なお、この公式はスクリーンに塵芥が全くかかっていない状態のものである。

塵芥の流入が予想される場合には、鈴木の実験値を参考にして、決定する。

$$\Delta h_{r1} = 6.69 \cdot \sin\theta \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^{4/3} \cdot \exp\left(0.074 \cdot \gamma_\omega \cdot \frac{a}{H}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12.7)$$

ここに、 $\Delta h_{r1}$ ： 塵芥による水面低下量（m）　　$a$ ：塵芥の付着高さ（m）

$H$ ： スクリーン上流側の水深（m）　　$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

$\gamma_\omega$ ： 湿潤塵芥の単位質量（kg/m$^3$）（$\gamma_\omega$＝200kg/m$^3$ 程度）

ただし、上式において、その機場に合った数値 $a$（塵芥の付着高さ）を予測するのは困難な場合が多いと考えられる。このようなことから、スクリーン損失は除じん方式により、次の値を標準としている。

定置式機械除じん機　0.1 m

移動式機械除じん機　0.15m

手掻き除じん　　0.3 m

なお、二次側に保安用粗目スクリーンを設ける場合、一般にスクリーン損失はないものとしているが、スクリーンの目幅、塵芥の量によって水位差がつくことがあるので注意を要する。

④　断面変化による損失及び水面低下量

（i）　急　拡（**図-12.8**参照）

$$\left.\begin{aligned} \Delta h_{se} &= h_{se} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right) = h_e + h_f + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right) \\ h_e &= f_e \cdot \frac{V_2^2}{2g} \\ h_f &= \frac{n^2 \cdot \ell}{2} \cdot \left(\frac{V_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2}{R_2^{4/3}}\right) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (12.8)$$

ここに、$h_{se}$　：断面急拡による損失水頭（m）

$\Delta h_{se}$　：断面急拡による水位変化量（m）

$h_e$　：急拡幅による形状損失水頭（m）

$h_f$　：断面 1、2 間の摩擦損失水頭（m）

$f_e$　：急拡幅による形状損失係数（**図-12.9**）

$V_1$、$V_2$　：断面急拡前後の平均流速（m/s）

$n$　：粗度係数

$\ell$　：断面 1、2 間の距離（m）　$\ell \fallingdotseq 30\,(b_2 - b_1)$ 程度

$g$　：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

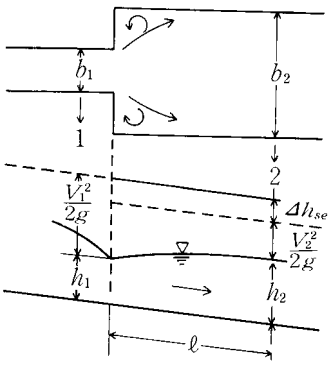



**図-12.8**　断面急拡部の水流

急拡幅による形状損失係数 $f_e$ は、急拡前後の水路幅の比 $b_1/b_2$ によって決まる（**図-12.9** 参照）。

与えられた $b_1/b_2$ に対してフルード数 $Fr_2 = V_2/\sqrt{gh}_2$ の値がある程度超えると、急拡地点の水深は限界水深になり支配断面が生ずる。**図-12.10** の、各曲線の上側の領域は常流状態しか現れない常流遷移領域であるが、下側の領域では急拡地点が支配断面になり、下流に射流遷移領域である。**図-12.9** の $f_e$ は、常流遷移領域に対するものである。

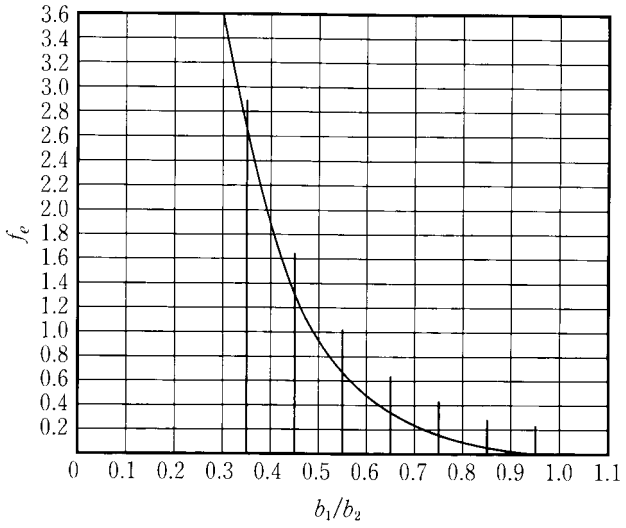



**図-12.9** 急拡幅による形状損失係数

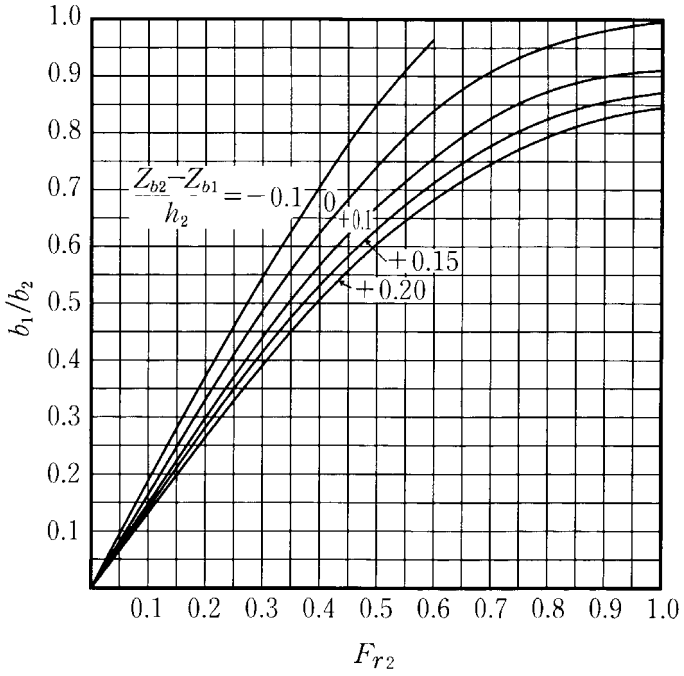



**図-12.10** 急拡点が支配断面になる限界条件

(ii)　漸　拡

$$\left.\begin{aligned} h_{ge} &= h_e + h_f = f_{ge} \cdot \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + \frac{I_1 + I_2}{2} \cdot L \\ \Delta h_{ge} &= h_{ge} + \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) \end{aligned} \right\} \cdots\cdots\cdots\

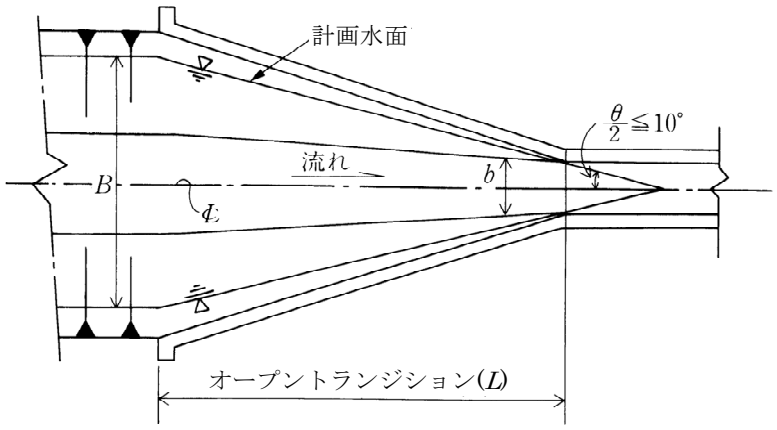



**図-12.11** 移行形状説明図

(iii) 急 縮

$$\Delta h_{sc} = h_{sc} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right) = h_c + h_f + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right)$$

$$h_c = f_c \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_f = \frac{n^2 \cdot \ell}{2} \cdot \left(\frac{V_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2}{R_2^{4/3}}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12.11)$$

ここに、$\Delta h_{sc}$ ：断面急縮による水位変化量（m）
$h_{sc}$ ：断面急縮による損失水頭（m）
$h_c$ ：急縮幅による形状損失水頭（m）
$h_f$ ：断面急縮前後の区間$\ell$における摩擦損失水頭（m）
$f_c$ ：急縮幅による形状損失係数（**図-12.13**）
$V_1$ ：断面急縮前の平均流速（m/s）
$V_2$ ：断面急縮後の平均流速（m/s）
$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
$R_1$ ：断面急縮前の径深（m）
$R_2$ ：断面急縮後の径深（m）
$n$ ：粗度係数
$\ell$ ：急縮前後断面間の距離（m）

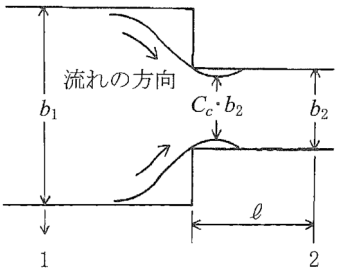



図-12.12　断面急縮部

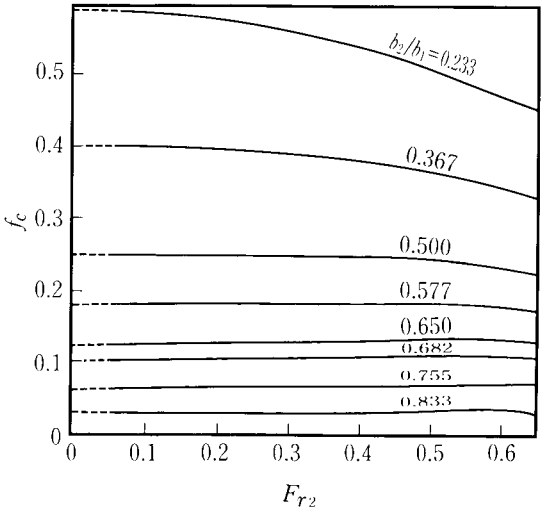
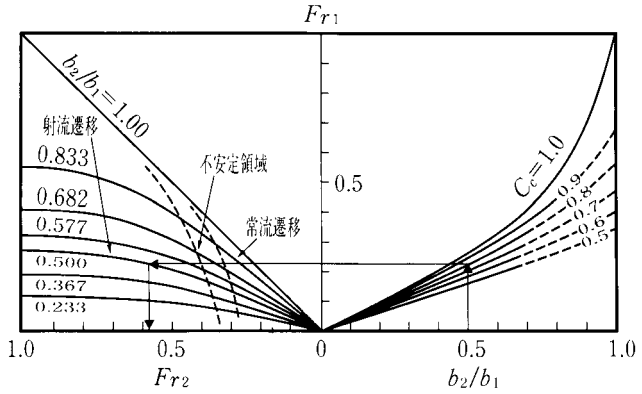



図-12.13　急縮幅による形状損失係数

急縮幅による形状損失係数 $f_c$ は、フルード数 $Fr_2$ 及び急縮前後の水路幅の比 $b_2/b_1$ によって決まる（図-12.12 参照）。

急縮部における遷移状態の判定は、図-12.14 で行う。図-12.13 の $f_c$ は、全領域に対して適用できるものである。




注）　図は常流遷移と射流遷移の境界の下流水路条件（$Fr_2$）を与えるもので、$Fr_2$ が図による値より小さいときは常流遷移、大きいときは射流遷移となる。

図-12.14　急縮部の遷移

(iv) 漸 縮

$$\left.\begin{aligned} h_{gc} &= h_c + h_f = f_{gc} \cdot \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + \frac{I_1 + I_2}{2} \cdot L \\ \Delta h_{gc} &= h_{gc} + \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) \end{aligned} \right\} \quad \cdots\cdots (12.12)$$

ここに、$h_{gc}$ ：漸縮による損失水頭（m）
$\Delta h_{gc}$ ：漸縮による水位変化量（m）
$h_c$ ：漸縮による形状損失水頭（m）
$h_f$ ：トランジションによる摩擦損失水頭（m）
$f_{gc}$ ：漸縮による形状損失係数（**表-12.10**）
$V_1$、$V_2$ ：トランジション前後の平均流速（m/s）
$I_1$、$I_2$ ：トランジション前後の動水勾配
$L$ ：トランジションの長さ（m）
$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

⑤ 橋脚による水面低下量

橋脚による水面低下量は**式（12.13）**によるが、橋脚が近い間隔で位置し、その背水が影響すると認められる以外は省略する。

$$\Delta h_p = \frac{Q^2}{2g} \cdot \left( \frac{1}{c^2 \cdot b_2^2 \cdot (H_1 - \Delta h_p)^2} - \frac{1}{b_1^2 \cdot H_1^2} \right) \quad \cdots\cdots (12.13)$$

ここに、$\Delta h_p$ ：橋脚による水面低下量（m）
$g$ ：重力の加速度（9.8m/s$^2$）
$c$ ：橋脚の平面形状による係数（**表-12.11**）
$b_1$ ：橋脚直前の水路幅（m）
$b_2$ ：水路幅から橋脚幅の総計を控除した純幅（$b_2 = b_1 - \Sigma t$）（m）
$t$ ：橋脚１基の幅（m）
$H_1$ ：橋脚上流側の水深（m）

**表-12.11** 橋脚の平面形状による係数

| $b_2/b_1$ | 注）0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 前後端部直角 | 0.96 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 0.97 |
| 前後端部半円形 | 0.99 | 1.13 | 1.20 | 1.26 | 1.31 |

注） $b_2/b_1 = 0.9$については、少し大きめの数値であるので注意のこと。

計算に当たっては、$\Delta h_p$の近似値$\Delta h_p'$を**式(12.14)**から求め、近似値$\Delta h_P'$を基礎として**式(12.13)**により左辺の$\Delta h_p$が右辺の$\Delta h_p$と等しくなるまで試算を繰返す。

$$\Delta h_p' = \frac{Q^2}{2g \cdot b_1^2 \cdot H_1^2} \cdot \left[ \frac{1}{c^2} \left( \frac{b_1}{b_2} \right)^2 - 1 \right] \quad \cdots\cdots (12.14)$$

(4) 管水路の流量計算

管水路の許容流速、流量計算及び各種損失水頭等の計算は、設計基準「パイプライン」を参照して行う。

## 12.3　吐出し水槽の水理設計

### 12.3.1　吐出し水槽

吐出し水槽の設計に当たっては、次の事項に留意する。

⑴　排水ポンプ場の吐出し水槽

①　吐出し水槽は、主ポンプの吐出し水の脈動やポンプ場本体の振動が吐出樋門（樋管）に伝わることを防ぎ、堤防の安全性を確保するために設ける。

②　吐出し水槽はフラップ弁からの流水を十分減速させた後、流れの方向を変化させて吐出樋門（樋管）に導水することにより、主ポンプの始動、停止に伴う流量の急激な変化による圧力変動を水槽内水位の変動として吸収させるものである。吐出し水槽の寸法が小さすぎたり、形状が適正を欠いたりすると、部分的な水面上昇を起こしたり、吐出し管端の側壁の反射波によりフラップ弁があおられて破損したりすることがあるので注意を要する。

③　**表-12.12** の寸法は、必要最小寸法を示す。

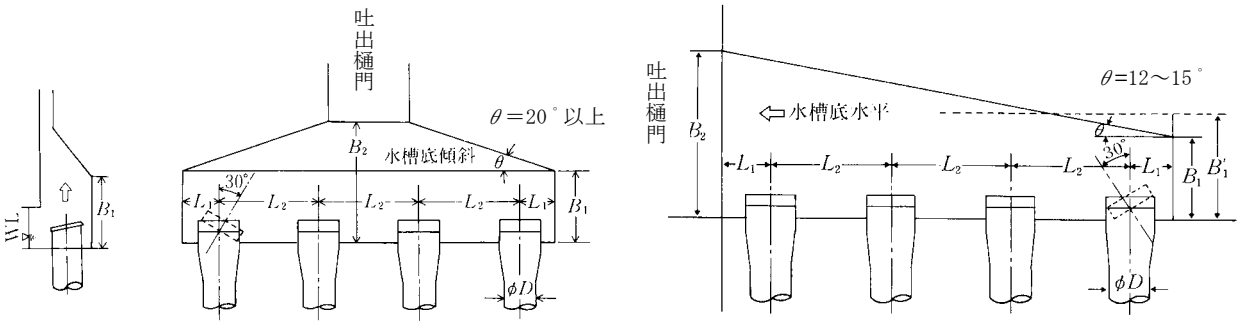
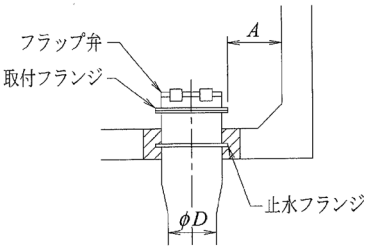



**表-12.12**　吐出し水槽の平面寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 主　要　寸　法（mm） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $L_1$ | $L_2$ | $B_1$ | $B_1'$ |
| 12 超～ 23 以下 | 800 以上 | 1,000 以上 | 1,000 以上 | 1,200 以上 |
| 23 超～ 36 以下 | 900 以上 | 1,250 以上 | 1,250 以上 | 1,500 以上 |
| 36 超～ 50 以下 | 1,000 以上 | 1,500 以上 | 1,500 以上 | 1,800 以上 |
| 50 超～ 70 以下 | 1,050 以上 | 1,750 以上 | 1,750 以上 | 2,100 以上 |
| 70 超～ 90 以下 | 1,200 以上 | 2,000 以上 | 2,000 以上 | 2,400 以上 |
| 90 超～115 以下 | 1,300 以上 | 2,250 以上 | 2,250 以上 | 2,700 以上 |
| 115 超～150 以下 | 1,400 以上 | 2,500 以上 | 2,500 以上 | 3,000 以上 |
| 150 超～200 以下 | 1,500 以上 | 3,000 以上 | 3,000 以上 | 3,600 以上 |
| 200 超～255 以下 | 1,700 以上 | 3,375 以上 | 3,375 以上 | 4,050 以上 |
| 255 超～325 以下 | 1,900 以上 | 3,750 以上 | 3,750 以上 | 4,500 以上 |
| 325 超～400 以下 | 2,100 以上 | 4,125 以上 | 4,125 以上 | 4,950 以上 |
| 400 超～480 以下 | 2,250 以上 | 4,500 以上 | 4,500 以上 | 5,400 以上 |
| 480 超～600 以下 | 2,500 以上 | 5,000 以上 | 5,000 以上 | 6,000 以上 |




注 1）$B_1$ 寸法が、やむを得ず小さな寸法になる場合には、吐出し管端を中央部の吐出し水路に向けて約 30°程度曲げて流出させるようにする。

2）$L_1$ 寸法は、土木施工及びフラップ弁の取付け、取外し寸法 $A$ を考慮した値である。

3）$L_2$ 寸法は、吐出し水槽内で許容される最小間隔を示しているが、主ポンプの据付け間隔から決められる場合が多い。

4）傾斜角 $\theta$ は、反射波が隣の吐出し管端に直接向かわない角度としている。吐出し水槽内の水深との関連で流速が速くなる場合には、傾斜角度 $\theta$ を更に大きくとる。

5）$B_2$ 寸法は、壁から傾斜角度 $\theta$ と水路の交点で求められる。

6）主ポンプ台数が少ない場合（2 台程度）は、上記の条件で吐出し水槽の関係寸法を設計すると表面積が小さくなり過ぎる場合がある。一般に、吐出し水槽内の流速は十分に減速してから方向変換するのが望ましく、最大流量に対して約 0.3～0.5m/s 以下（最高吐出し水位において）に流速を抑えると吐出し水槽内で極端な偏流や渦の発生が少ない。

7）$B_1'$ は、反対側の側壁が傾斜しないで平行な側壁となる場合を示す（2 台程度）。

8）全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参　考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上適用する。

④ 吐出し水槽の天端高さは、主ポンプ急始動時及び急停止時によるサージングに対して十分安全な高さであることを確認することが必要である。「8.7.3 ⑶ コンベンショナルサージタンクの簡易計算」等を参照のこと。

⑤ 吐出し管端と吐出し水槽の取付け寸法については、主ポンプの始動時の吐出し管への充水とフラップ弁の取付け作業スペースにより定める。

⑵ 用水ポンプ場の吐出し水槽

吐出し水槽は、需要水量と主ポンプ吐出し量との間の水量変動を吸収調整する上で有効である。

吐出し水槽を設ける場合は、現地の地形、地盤及び最大需要水量、需要水量の時間的変動等を考慮し、地区内において必要とする水圧、水量が供給できる位置に設けなければならない。吐出し水槽の容量は、主ポンプ特性、弁制御、送水管路特性、電動機の許容始動頻度等関連機器の特性と運転制御方式等を考慮して決定する。詳細は、設計基準「パイプライン」を参照する。

### 12.3.2 送水路（吐出し水槽以降）

⑴ パイプライン

① パイプラインの路線は、水平、鉛直とも急激な屈曲をできるだけ避ける。路線の急激な屈曲は損失水頭を大きくし、水理的に不利となるだけでなく、内圧と動水圧によって管路の外方向に向かう力が作用し、構造上の弱点となるので、できるだけ緩やかな曲がりを与えることが望ましい。

② 管径の決定に当たっては、計画最大流量を流し得るように断面を決めることが必要である。また、管内流速は材質にもよるが、小口径管では 1～2m/s、大口径では 2～3m/s 程度にするのが望ましい。

③ パイプラインの損失水頭には、次に示すような各種の損失水頭が考えられるから、設計条件に応じて検討する必要がある。

i） 摩擦損失水頭
ii） 流入による損失水頭
iii） 流出による損失水頭
iv） 断面変化による損失水頭
v） 湾曲及び屈折による損失水頭
vi） 分流及び合流による損失水頭
vii） 弁類による損失水頭

設計値の細部は、「**5.3 全揚程の決定方法**」を参照のこと。

④ パイプラインでは、停電により主ポンプへの動力が急断された時等の場合に、水撃作用現象を発生することがある。

この水撃作用現象については、「**8.7 水撃作用の軽減方法**」を参照し、十分な対策をたてる必要がある。

なお、パイプラインの詳細については、設計基準「パイプライン」を参照のこと。

⑵ 開水路

① 吐出し水槽からの送水路を開水路形式で計画する場合には、計画最大流量以外の時に不安定な流れとなることがある（たとえば、部分的な低下背水、複雑な移行形状による波の発生等）。このため、計画最大流量以外の最多使用頻度の流量に対しても検討する必要がある。

② 吐出し水槽から開水路に接続する移行部に設置するゲートの幅員が狭小であると、流出の際の流速が大きくなり、開水路内に不都合な波を発生させる場合があることから、移行部の形状を十分検討する必要がある。

③　開水路内損失水頭としては、次の諸損失水頭を考慮する必要がある。

i）　摩擦損失水頭
ii）　流入による損失水頭
iii）　断面変化による損失水頭
iv）　湾曲及び屈折による損失水頭
v）　分流及び合流による損失水頭

設計値の細部は、「12.2.3　**吸込水槽までの水理設計**」を参照のこと。

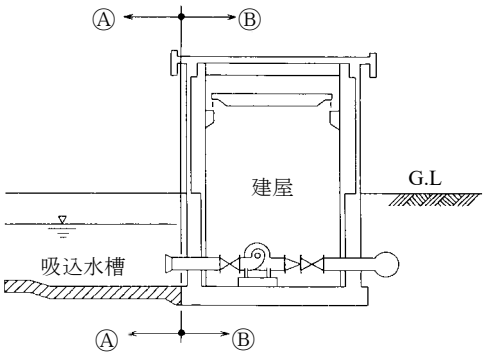
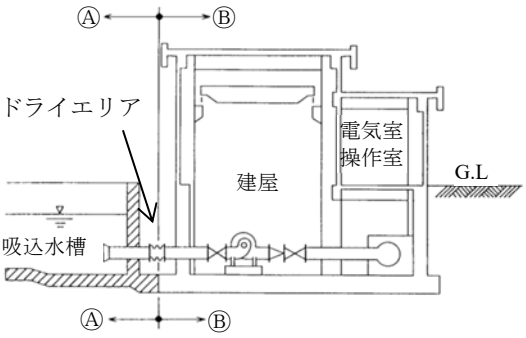
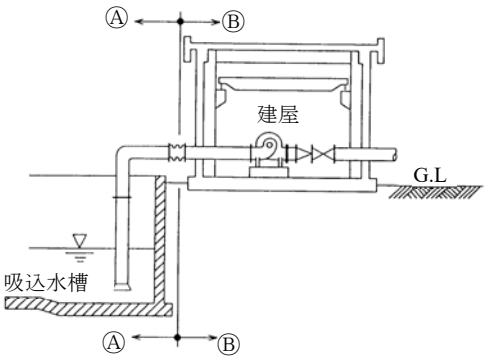
# 第 13 章　ポンプ場の構造設計の基本

## 13.1　一般

ポンプ場の構造物は、建築構造物（建屋）と土木構造物（吸込水槽、吐出し水槽、取付水路等）から成り、ポンプ形式等によっては吸込水槽を建屋内に入れることも多い。このようなポンプ場では建屋と吸込水槽が一体構造物となるため、吸込水槽についても建築基準の適用を受けることがある。（例えば二床式の吸込水槽の場合で、一床目のポンプ据付床面への通行が容易な構造の場合、ポンプ据付床面についても建築基準法の適用を受ける）この場合は、吸込水槽についても建築の各種関連法規、構造計算基準値等を満足するように設計を行う必要がある。

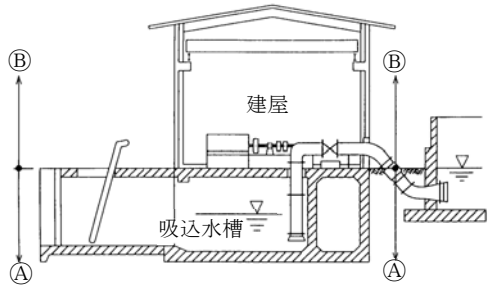
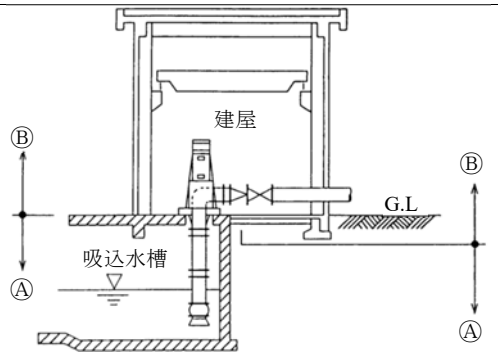
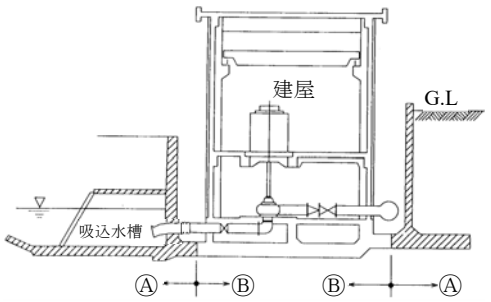
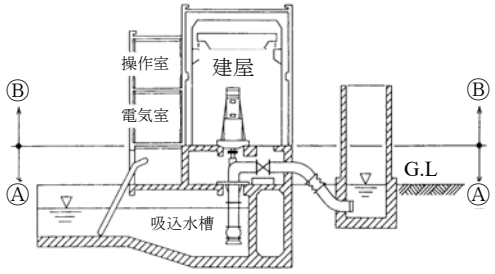
建築構造物と土木構造物の区分は、**表-13.1**に示すポンプ場の標準的な型式と特徴に準拠する。

**表-13.1**　ポンプ場の標準的な型式と特徴（1/3）

| 型式 | 概略図 | 採用例 | 特徴 |
|---|---|---|---|
| 一床式 | （押込み式：ドライエリアを設けない場合）<br>  | 横軸渦巻ポンプで、以下の場合に採用される。<br>① キャビテーションに対して、インペラを吸込水面下に設置する必要がある場合。<br>② 敷地がそれほど広くない場合。<br>③ 満水操作が不要なため、高度な自動化が要求される場合。<br>④ 中小規模の高揚程ポンプの場合に多い。<br>⑤ チューブラポンプ等の場合に採用される。 | ① ポンプ室が地下室であるので、吸上げ式に比べ点検はやや複雑である。<br>② 場内排水ポンプが必要。<br>③ 真空ポンプ等満水系統設備が不要である。<br>④ キャビテーションにとって有利である。<br>⑤ 防湿を十分考慮した換気設備が必要である。<br>⑥ 吸込水槽と建屋の間にドライエリアがないため、漏水対策が必要である。 |
| | （押込み式：ドライエリアを設ける場合）<br>  | 横軸渦巻ポンプで、以下の場合に採用される。<br>① キャビテーションに対して、インペラを吸込水面下に設置する必要がある場合。<br>② 敷地が比較的広い場合。<br>③ 満水操作が不要なため、高度な自動化が要求される場合。<br>④ 中～大規模な高揚程ポンプの場合に多い。<br>⑤ ポンプ室が比較的深く、地下水位の高い場所に採用される。 | ① ポンプ室が地下室であるので、吸上げ式に比べ点検はやや複雑である。<br>② 場内排水ポンプが必要。<br>③ 真空ポンプ等満水系統設備が不要である。<br>④ キャビテーションにとって有利である。<br>⑤ 防湿を考慮した換気設備が必要である。<br>⑥ 漏水のおそれがないので、機器に対する安全性が高い。 |
| | （吸上げ式）<br>  | 横軸渦巻ポンプで、以下の場合に採用される。<br>① キャビテーションに対して、インペラを吸込水面上に設置して差し支えない場合。<br>② 敷地が比較的広い場合。<br>③ 小規模で揚程が比較的低い場合に多い。 | ① 機器の保守点検が容易である。<br>② 建屋高さが低くとれる。<br>③ 真空ポンプ等の補機設備が必要である。 |

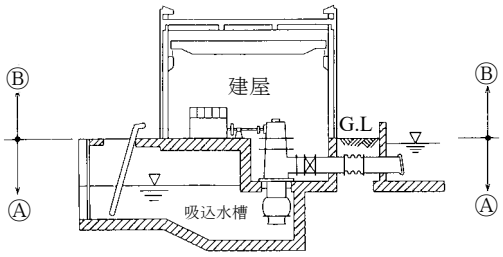
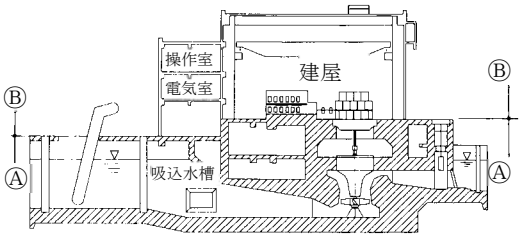
表中の概略図において、Ⓐ部は土木構造物、Ⓑ部は建築構造物とする。

**表-13.1**　ポンプ場の標準的な型式と特徴（2/3）

| 型式 | 概略図 | 採用例 | 特徴 |
|---|---|---|---|
| 一床式 |  | 低揚程の軸流・斜流ポンプで以下の場合に採用される。<br>①　機場敷地が洪水位より高くとれる場合。<br>②　横軸形ポンプが採用可能な場合で、敷地面積が十分とれる場合。<br>③　立軸一床式ポンプ採用の場合で、主ポンプ吐出し口径$\phi$1,500mm 以下のポンプに多い。また、原動機が立形ガスタービンや減速機搭載形ポンプを採用する場合で、主ポンプ吐出し口径$\phi$2,000mm まで採用される。 | ①　土木構造が簡単である。<br>②　横軸ポンプは建屋は低くてすむが、面積が広くなる。<br>③　横軸ポンプは真空ポンプ等の補機設備が必要である。<br>④　横軸ポンプは機器の据付、保守点検が容易である。<br>⑤　立軸ポンプでは建屋は高くなるが、面積が小さくてすむ。<br>⑥　立軸ポンプでは、減速機、主原動機の据付高さが高くなるため、振動等に対する十分な事前検討が必要である。 |
| |  | 立軸ポンプで、以下の場合に採用される。<br>①　機場の敷地を狭くしたい場合。<br>②　小規模で揚程が比較的低い場合に多い。<br>③　主ポンプ吐出し口径$\phi$1,500 mm 以下の場合で、原動機が電動機などで、冷却水の貯留槽が不要な場合。<br>④　高揚程立軸斜流の場合に多く採用される。 | ①　土木工事が安価である。<br>②　建屋の基礎が吸込水槽とそうでない部分があるため、建屋の基礎設計に留意する必要がある。<br>③　立軸ポンプでは、減速機、主原動機の据付高さが高くなるため、振動等に対する十分な事前検討が必要である。 |
| 二床式 |  | 渦巻ポンプで、以下の場合に採用される。<br>①　敷地面積が狭い場合。<br>②　地盤より吸込水槽が低く、ポンプ据付レベルを下げるため主原動機を浸水から保護する場合に採用する。 | ①　建屋構造が複雑である。<br>②　吸込水槽と建屋の間にドライエリアを設けない場合は漏水対策を検討する必要がある。<br>③　主原動機が独立した床面上のため、振動防止の面で有利である。 |
| |  | 低揚程の軸流、斜流ポンプで以下の場合に採用される。<br>①　キャビテーションの関係から立軸ポンプを採用する場合。<br>②　主ポンプ吐出し口径$\phi$1,500 mm 超の場合に多い。<br>③　敷地面積が狭い場合に多い。<br>④　洪水位が高く、主原動機を浸水から保護する場合。<br>⑤　吸込水位が地盤よりかなり低い場合。 | ①　据付面積が少なくて済むが、建屋高さが高くなる。<br>②　分解が困難である。<br>③　土木構造は複雑である。 |

表中の概略図において、Ⓐ部は土木構造物、Ⓑ部は建築構造物とする。

**表-13.1** ポンプ場の標準的な型式と特徴（3/3）

| 型式 | 概略図 | 採用例 | 特徴 |
|---|---|---|---|
| 半二床式 |  | 低揚程の軸流、斜流ポンプで以下の場合に採用される。<br>① キャビテーションの関係から立軸ポンプを採用する場合。<br>② 主ポンプ吐出し口径$\phi$1,500 mm以下の場合に多い。<br>③ 敷地面積が狭い場合に多い。<br>④ 主原動機を浸水から保護する場合。<br>⑤ 吸込水位が地盤よりかなり低い場合。 | ① 二床式に比べ土木構造が簡単である。<br>② 二床式に比べ建屋が低くて済む。<br>③ 減速機の据付高さが高くなり振動の原因になりやすいため、十分な事前検討が必要である。 |
| コンクリートケーシング |  | 低揚程の大容量立軸ポンプの場合に採用される。 | ① 土木構造が極めて複雑で規模も大きい。<br>② 二床式が一般的でスラストが相殺されず床版荷重が大きい。<br>③ 主ポンプと土木構造物が一体のため、振動伝播の防止が困難である。 |

表中の概略図において、Ⓐ部は土木構造物、Ⓑ部は建築構造物とする。

## 13.2 荷重の種類

一般的なポンプ場の設計において考慮する荷重の種類には、次のものがある。

⑴ 吸込水槽と建屋が分離構造の場合

① 吸込水槽

鉛直荷重：自重、管及び弁類荷重、載荷重、内水重、浮力又は揚圧力

水平荷重：土圧荷重、水圧荷重、地震荷重（慣性力、動水圧）

② 建屋

鉛直荷重：自重（固定荷重）、主ポンプ荷重、主原動機荷重、管及び弁類荷重、載荷重（床面積載、積雪、特殊荷重等）、浮力又は揚圧力

水平荷重：土圧荷重、水圧荷重、風荷重、地震荷重（慣性力、動水圧）

⑵ 吸込水槽と建屋が一体の場合

① 吸込水槽

鉛直荷重：自重、建屋荷重、主ポンプ荷重、主原動機荷重、管及び弁類荷重、載荷重、内水重、浮力又は揚圧力

水平荷重：土圧荷重、水圧荷重、地震荷重（慣性力、動水圧）

② 建屋

鉛直荷重：自重（固定荷重）、管及び弁類荷重、載荷重（床面積載、積雪、特殊荷重等）

水平荷重：風荷重、地震荷重（慣性力）

## 13.3　荷重の組合せ

ポンプ場の形式は、吸込水槽と建屋の分離・一体構造などのほか現場条件により、以下の 4 つのタイプ（**表-13.2** 参照）に区分できる。このため、安定計算及び構造計算は、それぞれのタイプが持つ特徴を考慮し、ポンプ場が最も安全となる方向で検討を行う必要がある。

また、安定計算と構造計算では検討する方向や考慮する荷重が異なることから、各ポンプ場タイプごとにそれぞれ適切な荷重の組合せにより設計を行う必要がある。

⑴　ポンプ場タイプⅠ：吸込水槽と建屋が分離。

吸上げ式の横軸渦巻ポンプの場合に比較的多い構造タイプである。

⑵　ポンプ場タイプⅡ：吸込水槽と建屋が分離。吸込水槽壁を建屋の壁と共有する場合と、しない場合がある。

高揚程ポンプでは、押込み式の横軸渦巻ポンプや二床式の立軸渦巻ポンプ、また低揚程ではチューブラポンプの場合に比較的多い構造タイプである。

⑶　ポンプ場タイプⅢ：吸込水槽と建屋が上下一体で、1 方向のみ開放部あり。

高揚程ポンプでは立軸斜流ポンプや横軸渦巻ポンプ、また低揚程では一床式、二床式、半二床式、コンクリートケーシングなどのポンプ場に比較的多い構造タイプである。

⑷　ポンプ場タイプⅣ：吸込水槽と建屋が上下一体で、2 方向に開放部あり。

自然排水兼用の排水ポンプ場で、ポンプ場に隣接して排水路を設置する場合や排水ポンプ場の周りに遊水池を設置する場合に比較的多い構造タイプである。

**表-13.2** ポンプ場タイプと地震時の安定性検討方向 (1/2)

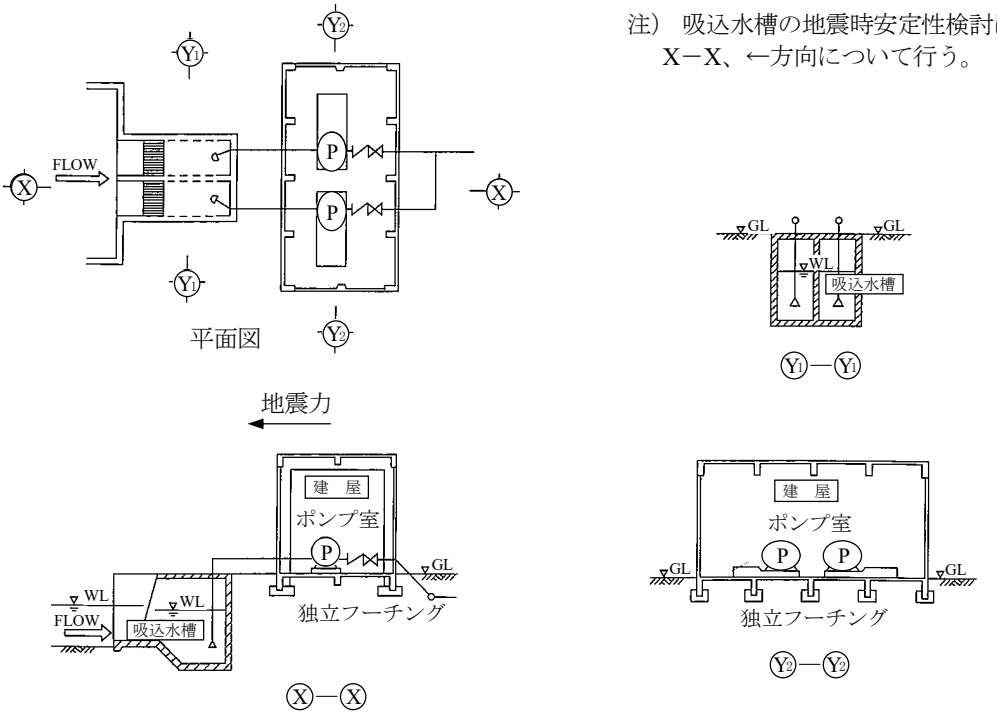
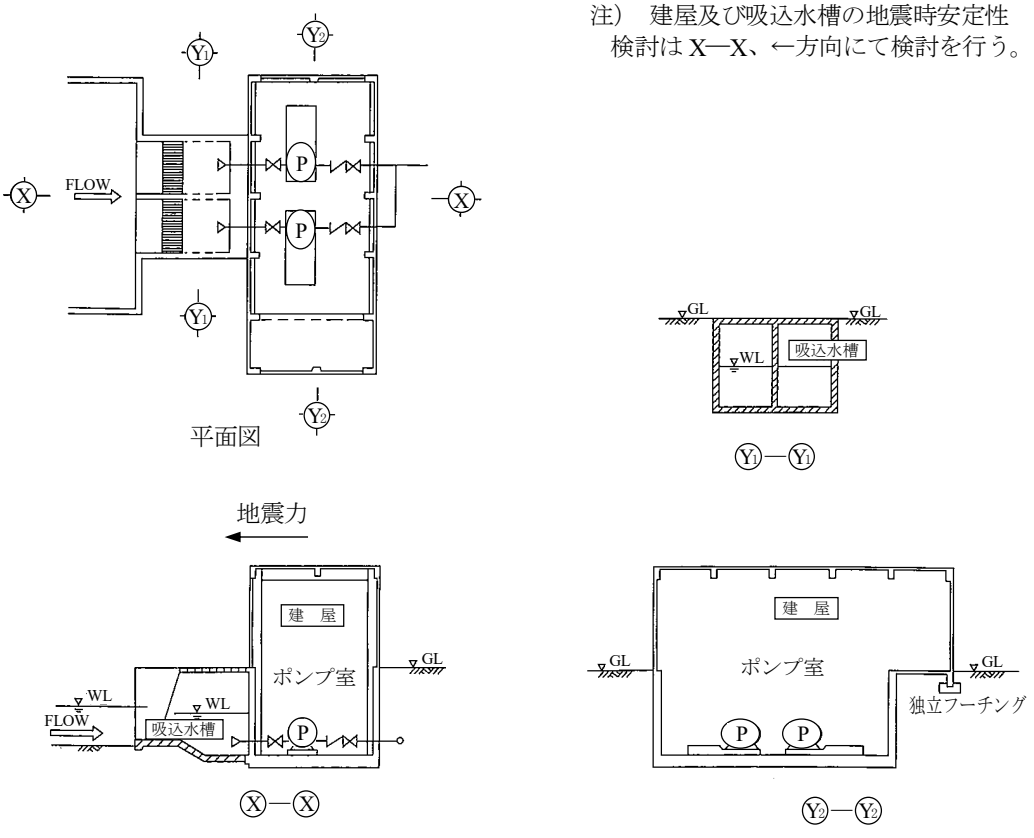
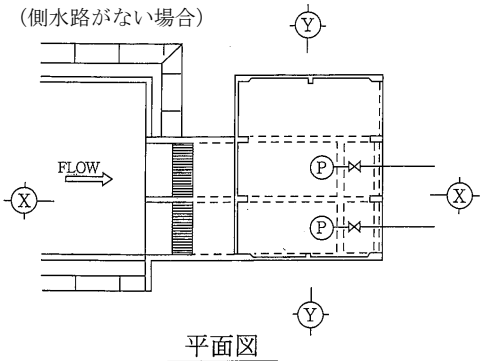
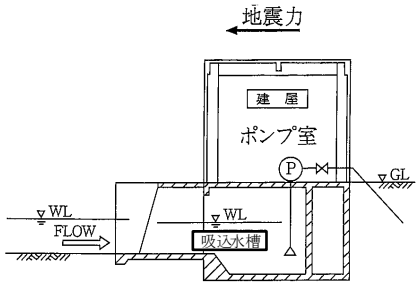
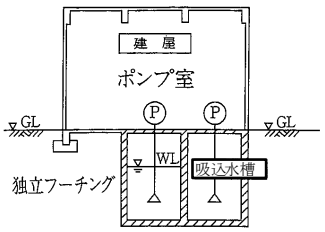
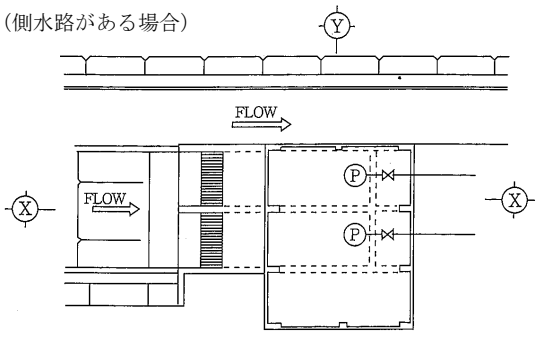
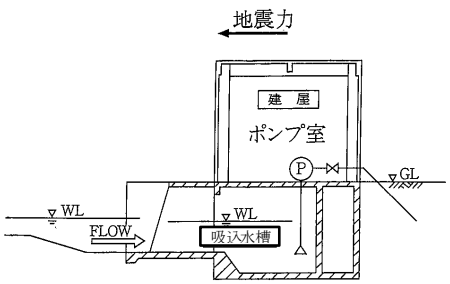
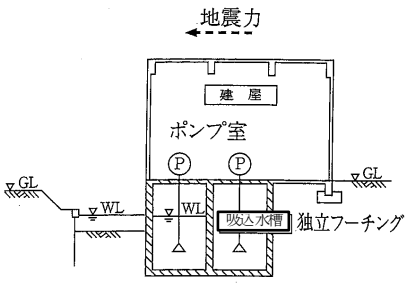
| | ポ ン プ 場 概 略 図 |
|---|---|
| (1) ポンプ場タイプ Ⅰ |  |
| (2) ポンプ場タイプ Ⅱ |  |

**表　13.2**　ポンプ場タイプと地震時の安定性検討方向（2/2）

| | 機　場　概　略　図 |
|---|---|
| (3) ポンプ場タイプⅢ | （側水路がない場合）<br>  <br><br>平面図<br>  <br><br>Ⓧ - Ⓧ<br>  <br><br>Ⓨ - Ⓨ<br>注）吸込水槽の地震時安定性検討は<br>Ｘ－Ｘ、←方向について行う。 |
| (4) ポンプ場タイプⅣ | （側水路がある場合）<br>  <br><br>平面図<br>  <br><br>Ⓧ - Ⓧ<br>  <br><br>Ⓨ - Ⓨ<br>注）吸込水槽の地震時安定性検討は、Ｘ－Ｘ、←方向、又はＹ－Ｙの↑方向について行う。 |

### 13.3.1 安定計算における荷重の組合せ

吸込水槽の安定計算は、原則として流水方向と流水直角方向の 2 方向について検討を行う必要がある。ただし、地震時の場合は、一般に流水方向のみの検討としてよいが、ポンプ場タイプⅣの場合は流水直角方向の検討も併せて行う。

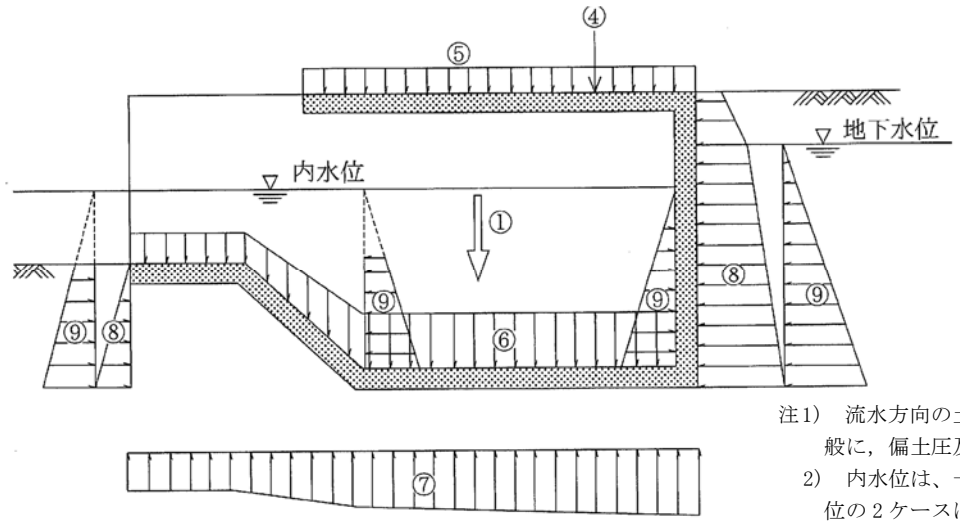
⑴ 常時

常時の安定計算における荷重の組合せは、**表-13.3** を標準とする。

**表-13.3** 常時の安定計算における荷重の組合せ

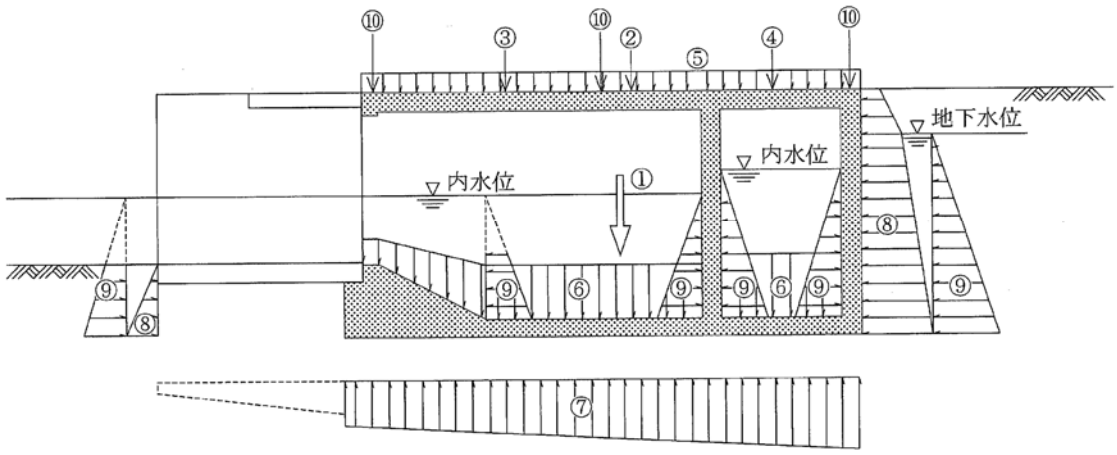
| ポンプ場タイプ | 吸込水槽に作用する荷重 | 建屋に作用する荷重 | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| タイプⅠ、Ⅱ | ①＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑦＋⑧＋⑨ | **図-13.1**参照 |
| タイプⅢ、Ⅳ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑩ | ①＋④＋⑤ | **図-13.2**参照 |

①自重　②主ポンプ荷重　③主原動機荷重　④管及び弁類荷重　⑤載荷重（群集荷重等）　⑥内水重　⑦浮力　⑧土圧荷重（主働土圧）⑨水圧荷重　⑩建屋荷重（建屋荷重の組合せ詳細は、別途「**13.5.3　建屋**」〔**参考**〕参照）




注1)　流水方向の土圧及び外部水圧は、一般に，偏土圧及び偏水圧となる。
2)　内水位は、一般に最低水位と最高水位の 2 ケースについて行う。

**図-13.1**　常時の安定計算における荷重（ポンプ場タイプⅠ、Ⅱ）




注1)　流水方向及びタイプⅣの流水直角方向の土圧及び外部水圧は，一般に，偏土圧及び偏水圧となる。
2)　内水位は，一般に最低水位と最高水位の 2 ケースについて行う。

**図-13.2**　常時の安定計算における荷重（ポンプ場タイプⅢ、Ⅳ）

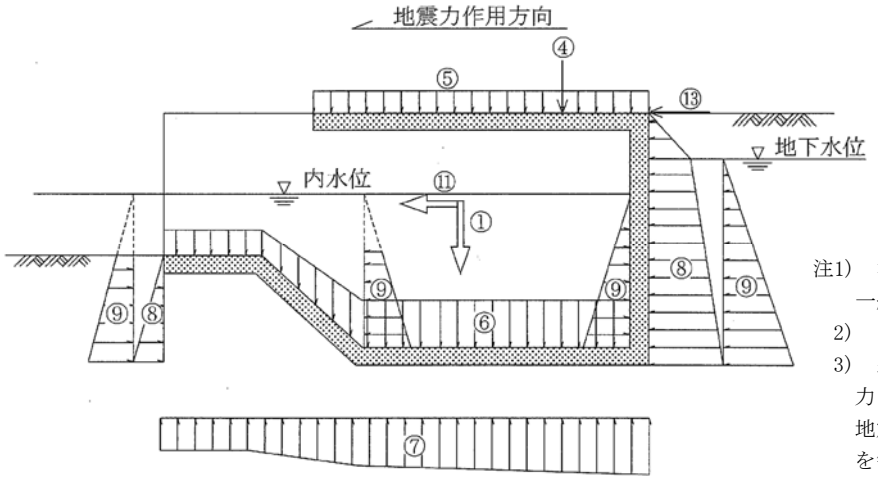
⑵　地震時

地震時の安定計算における荷重の組合せは、**表-13.4** を標準とする。

**表-13.4**　地震時の安定計算における荷重の組合せ

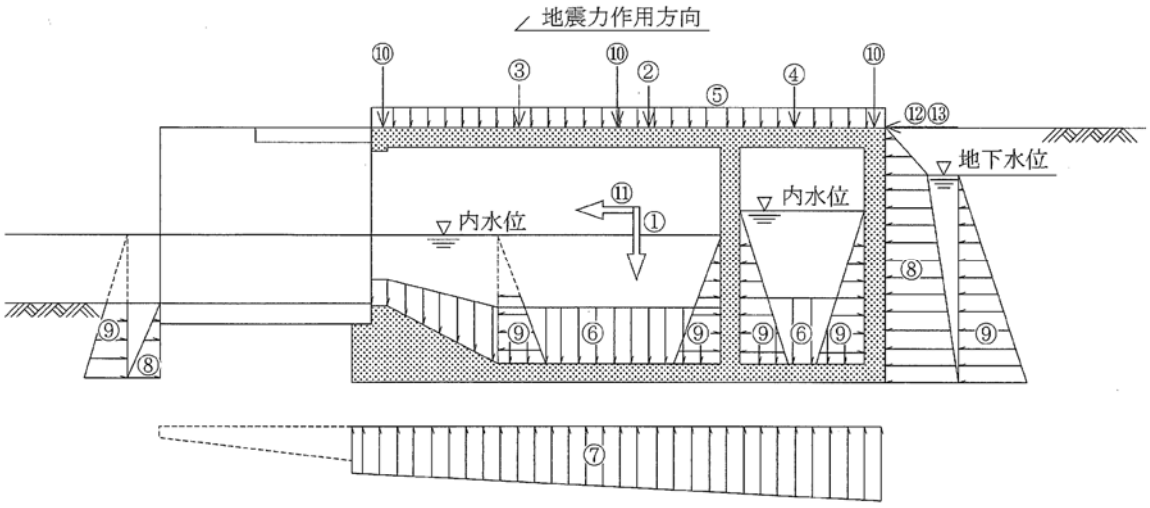
| ポンプ場タイプ | 吸込水槽に作用する荷重 | 建屋に作用する荷重 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| タイプⅠ、Ⅱ | ①＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪＋⑬ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪＋⑬ | **図-13.3**参照 |
| タイプⅢ、Ⅳ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑩＋⑪＋⑫＋⑬ | ①＋④＋⑤＋⑪＋⑬ | **図-13.4**参照 |

①自重　②主ポンプ荷重　③主原動機荷重　④管及び弁類荷重　⑤載荷重（機器荷重等）　⑥内水重　⑦浮力　⑧土圧荷重（地震時主働土圧）　⑨水圧荷重（内水は静水圧±動水圧、地下水は静水圧）　⑩建屋荷重　⑪自重による慣性力　⑫建屋荷重による慣性力　⑬機器、載荷重による慣性力（建屋荷重の組合せ詳細は、別途「13.5.3　**建屋**」〔**参考**〕参照）




注1)　流水方向の土圧及び外部水圧は、一般に、偏土圧及び偏水圧となる。
2)　内水位は、一般に平常水位とする。
3)　基礎形式が杭基礎の場合は、地震力に抵抗する側の根入れ部外壁に、地震時慣性力に起因する土圧の増分を等分布で作用させる。

**図-13.3**　地震時の安定計算における荷重（ポンプ場タイプ Ⅰ 、Ⅱ）




注1)　流水方向及びタイプⅣの流水直角方向の土圧及び外部水圧は、一般に、偏土圧及び偏水圧となる。
2)　内水位は、一般に平常水位とする。
3)　基礎形式が杭基礎の場合は、地震力に抵抗する側の根入れ部外壁に、地震時慣性力に起因する土圧の増分を等分布で作用させる。

**図-13.4**　地震時の安定計算における荷重（ポンプ場タイプⅢ、Ⅳ）

⑶ 根入れ効果による土圧の増分

地震時慣性力に起因する土圧の増分は、杭の水平変位に伴う受働抵抗に相当するもので、基礎形式が杭基礎の場合のみ適用するものとする。一方、直接基礎の場合においても水平力の合力が摩擦抵抗力を上回る場合は、受働抵抗が発生してくるため、受働土圧の範囲内で土圧が増大する。このため、滑動に対する安定計算を行う際には、受働土圧の範囲内で土圧の増分を見込んでよいが、この場合の滑動に対する安全率は、常時で 1.5、地震時で 1.2 以上を確保する必要がある。

基礎形式が杭基礎の場合、地震時における根入れ効果による土圧の増分は、地震時慣性力（土圧、水圧は含まない）に水平力分担率$\alpha$を乗じた値とし、根入れ部分に等分布で作用させる。杭には、（1－$\alpha$）を乗じた値を作用させる。

水平力分担率$\alpha$は、**式（13.1）**により算定する。

$$\alpha = 1 - 0.2\frac{\sqrt{h}}{\sqrt[4]{D_f}} \quad \cdots\cdots\cdots\

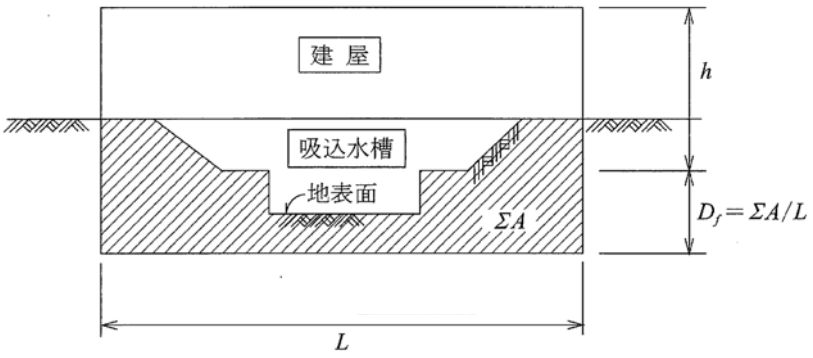



**図-13.6**　周辺地盤高が異なる場合

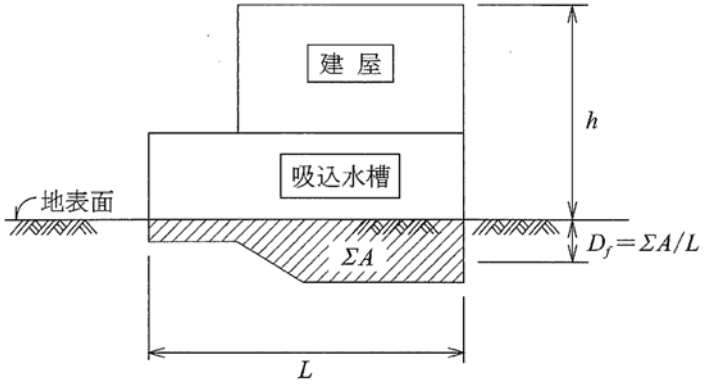



**図-13.7**　地盤面一定で構造物が変化する場合

### 13.3.2　構造計算における荷重の組合せ

吸込水槽の構造計算は、一般に流水直角方向で検討を行ってよいが、構造部材の拘束状態が変化する場合は、必要に応じ流水方向についても検討を行う。

なお、建屋の構造計算は、流水方向及び流水直角方向で検討を行う。

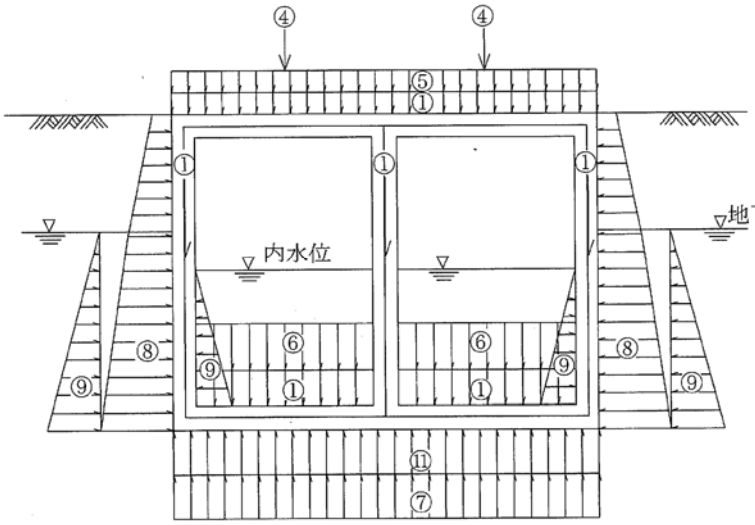
⑴　常時

常時の構造計算における荷重の組合せは、**表-13.5** を標準とする。

**表-13.5**　常時の構造計算における荷重の組合せ

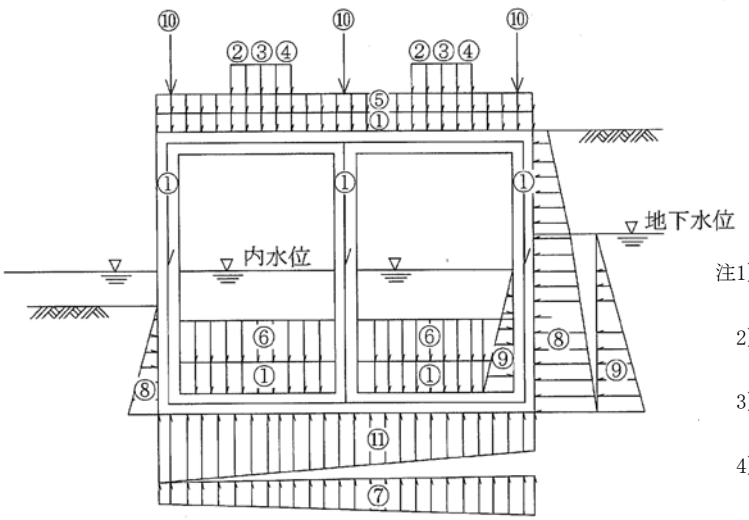
| ポンプ場タイプ | 吸込水槽に作用する荷重 | 建屋に作用する荷重 | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| タイプⅠ、Ⅱ | ①＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪ | **図-13.8**参照 |
| タイプⅢ、Ⅳ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑩＋⑪ | ①＋④＋⑤ | **図-13.9**参照 |

①自重　②主ポンプ荷重　③主原動機荷重　④管及び弁類荷重　⑤載荷重（群集荷重等）　⑥内水重　⑦揚圧力　⑧土圧荷重（静止土圧）　⑨水圧荷重　⑩建屋荷重　⑪地盤反力又は杭反力（建屋荷重の組合せ詳細は、別途「13.5.3　**建屋**」**〔参考〕**参照）




注1) 両面が内水に接する壁に作用する静水圧は、相殺されるため図示していない。
2) 内水位は、一般に最低水位と最高水位の2ケースについて行う。
3) 基礎形式が杭基礎の場合は、⑪は杭反力を作用させるものとする。

**図-13.8** 常時の構造計算における荷重（ポンプ場タイプ Ⅰ、Ⅱ）




注1) タイプIVは偏土圧が生じるが、この場合も静止土圧で計算する。
2) 両面が内水に接する壁に作用する静水圧は、相殺されるため図示していない。
3) 内水位は、一般に最低水位と最高水位の2ケースについて行う。
4) 基礎形式が杭基礎の場合は、⑪は杭反力を作用させるものとする。

**図-13.9** 常時の構造計算における荷重（ポンプ場タイプⅢ、Ⅳ）

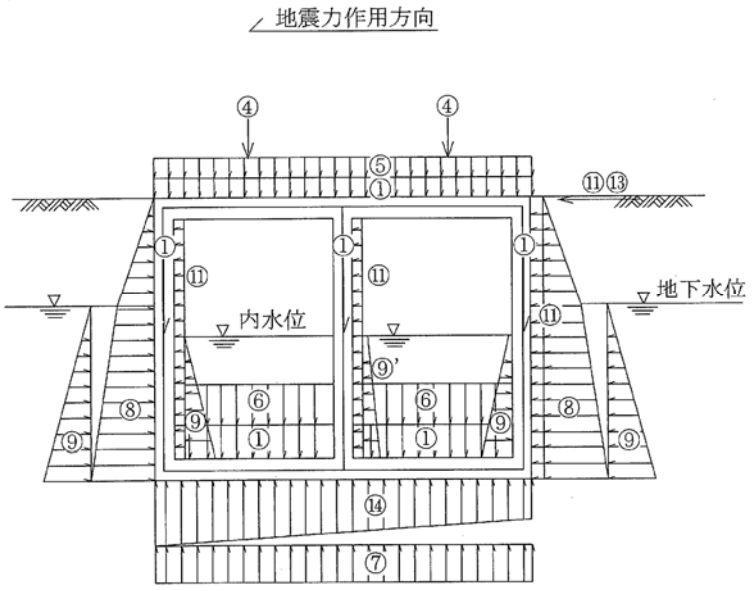
⑵ 地震時

地震時の構造計算における荷重の組合せは、**表-13.6** を標準とする。

**表-13.6** 地震時の構造計算における荷重の組合せ

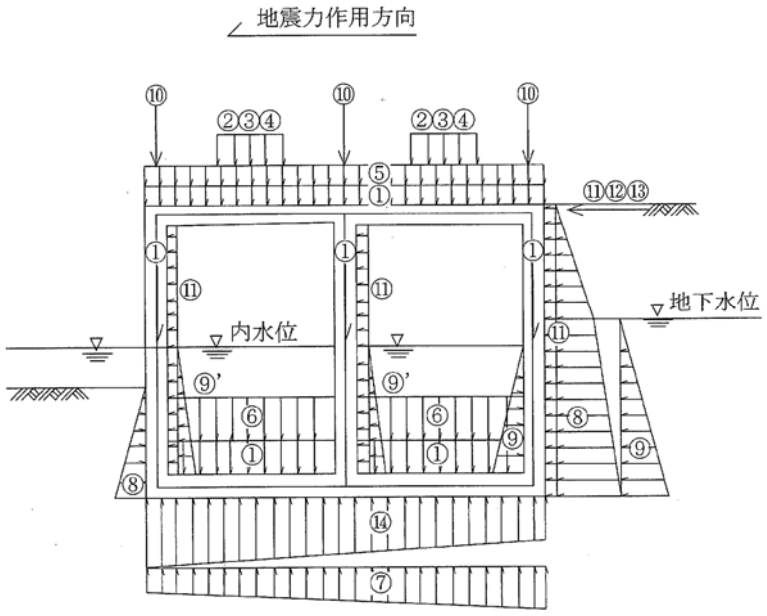
| ポンプ場タイプ | 吸込水槽に作用する荷重 | 建屋に作用する荷重 | 備 考 |
|---|---|---|---|
| タイプⅠ、Ⅱ | ①＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪＋⑬＋⑭ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑦＋⑧＋⑨＋⑪＋⑬＋⑭ | **図-13.10**参照 |
| タイプⅢ、Ⅳ | ①＋②＋③＋④＋⑤＋⑥＋⑦＋⑧＋⑨＋⑩＋⑪＋⑫＋⑬＋⑭ | ①＋④＋⑤＋⑪＋⑬ | **図-13.11**参照 |

①自重 ②主ポンプ荷重 ③主原動機荷重 ④管及び弁類荷重 ⑤載荷重（機器荷重等） ⑥内水重 ⑦揚圧力 ⑧土圧荷重（地震時主働土圧、0.5を下回らないものとする） ⑨水圧荷重（内水は静水圧±動水圧、地下水は静水圧） ⑩建屋荷重 ⑪自重による慣性力 ⑫建屋荷重による慣性力 ⑬機器、載荷重による慣性力 ⑭地盤反力又は杭反力（建屋荷重の組合せ詳細は、別途「**13.5.3 建屋**」〔**参考**〕参照）




注1)　内水位は、一般に平常水位とする。
2)　壁の両面が内水に接する場合の水圧荷重は、静水圧が相殺されるため地震時動水圧（⑨'）分のみを示す。
3)　基礎形式が杭基礎の場合は、地震力に抵抗する側の根入れ部外壁には、地震時慣性力に起因する土圧の増分を等分布で作用させる。また、⑭は杭反力を作用させるものとする。

**図-13.10**　地震時の構造計算における荷重（ポンプ場タイプ Ⅰ、Ⅱ）




注1)　タイプⅣの土圧及び外部水圧は、一般に、偏土圧及び偏水圧となる。
2)　内水位は、一般に平常水位とする。
3)　壁の両面が内水に接する場合の水圧荷重は、静水圧が相殺されるため地震時動水圧（⑨'）分のみを示す。
4)　基礎形式が杭基礎の場合は、地震力に抵抗する側の根入れ部外壁には、地震時慣性力に起因する土圧の増分を等分布で作用させる。また、⑭は杭反力を作用させ

**図-13.11**　地震時の構造計算における荷重（ポンプ場タイプⅢ、Ⅳ）

## 13.4 荷重の算定

⑴ ポンプ場の安定・構造設計に用いる荷重は、自重及び載荷重のほかに、①主ポンプ荷重、②土圧、③静水圧、④浮力又は揚圧力、⑤地震力などがある。これらの荷重は、以下に示す方法により算定する。なお、地震力の算定方法については、「**13.5 耐震設計**」によるものとする。

⑵ 基礎の設計には支持力（強度）に対する安全性と、沈下（変形）に対する制限についての検討が必要であるが、両者に関係する荷重はやや性質を異にする。すなわち、地盤や杭の支持力の計算には予想される荷重の最大値を採るのに対し、圧密沈下の計算には常時実際に加わっている荷重を採ればよい。

⑶ 機器を搬入あるいは搬出する場合、ポンプ室内に一旦仮置きの上、搬入・搬出するが、その時の仮置き部には搬入車両の荷重も見込み、機器の最大荷重のものを考慮する必要がある。

### 13.4.1 ポンプ荷重

ポンプ室に設置される機器の荷重には、自重による荷重と運転時の荷重（大きさと作用方向を考慮した荷重）とがある。前者を静荷重、後者を動荷重という。動荷重は自重と運転状態（水の流れによる力、機器回転運動による力、機器往復運動による力等）を考慮して算定される。一般に荷重といえばこの動荷重をいう。　なお、動荷重は床版荷重又は基礎荷重ともいう。

本項でいうポンプ荷重とは、設置された機器の動荷重を総称したものである。

ポンプ室の床版強度を決定するための床版荷重とその大きさの算定方法を以下に示す（荷重 $W$ は kN、機器の質量は kg 単位）。

⑴ 床版荷重

① 高揚程横軸両吸込渦巻ポンプの床版荷重

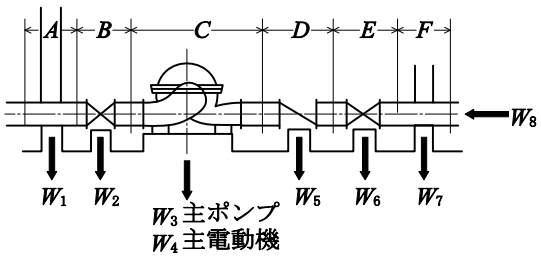



**図-13.12** 高揚程横軸両吸込渦巻ポンプの床版荷重（単段、多段とも）

$W_1$ ：図の $A$ の部分に相当する管の荷重（管の荷重は、**表-13.18**参照）

$W_2$ ：弁荷重＋図の $B$ に相当する管の荷重（弁の荷重は、**表-13.16**参照）

$W_3$ ：主ポンプの基礎荷重＋図の $C$ に相当する管の荷重
（主ポンプの基礎荷重は、**表-13.7**参照）

$W_4$ ：電動機質量×（9.8/1,000）×1.2（電動機の質量は、**図-13.21(b)**～**図-13.25(b)**参照）

$W_5$ ：弁荷重＋図の $D$ に相当する管の荷重

$W_6$ ：弁荷重＋図の $E$ に相当する管の荷重

$W_7$ ：図の $F$ の部分に相当する管の荷重

$W_8$ ：逆止め弁の衝撃荷重＝吐出し口断面積（$m^2$）×最大実揚程（m）×9.8（$kN/m^3$）×2

注）$W_8$は逆止め弁の衝撃圧であって、合流送水しているものは、実揚程の代わりに全揚程とする。また、逆止め弁が緩閉式の場合は、送水圧を2倍にする必要はないが、水撃による昇圧を考慮する必要がある。

② 高揚程立軸片吸込渦巻ポンプの床版荷重

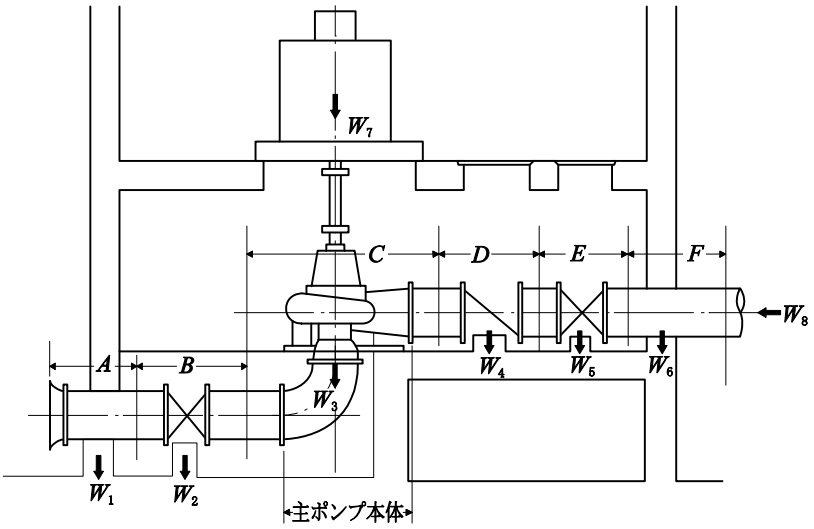



**図-13.13**　高揚程立軸片吸込渦巻ポンプの床版荷重

$W_1$　：図の $A$ の部分に相当する荷重（管の荷重は、**表-13.18**参照）

$W_2$　：弁荷重＋図の $B$ に相当する管の荷重（弁荷重は、**表-13.16**参照）

$W_3$　：主ポンプの基礎荷重＋図の $C$ の部分に相当する管の荷重
（主ポンプの基礎荷重は、**表-13.7** 参照）

$W_4$　：弁荷重＋図の $D$ の部分に相当する管の荷重

$W_5$　：弁荷重＋図の $E$ の部分に相当する管の荷重

$W_6$　：図の $F$ の部分に相当する管の荷重

$W_7$　：（主電動機の質量＋架台の質量）×（9.8/1,000）×1.2＋主ポンプのスラスト荷重
（主電動機の質量は**図-13.26(b)**～**13.30(b)**、架台の質量は**表-13.15**、スラスト荷重は**図-13.32** を参照のこと）

$W_8$　：高揚程横軸両吸込渦巻ポンプに同じ。

注 1)　主ポンプのスラスト荷重は、**図-13.31** でスラスト荷重を主ポンプで支持する範囲に入れば加算しない。主ポンプのスラスト荷重を主ポンプ本体で受持つ範囲を**図-13.31** に示す。本図を超える範囲は主電動機側にて支持する。

なお、このスラスト荷重は設計点の値を示したもので最高使用点が弁のしぼり運転によりこの設計点と異なる場合には $H_{max}/H_T$ 倍に修正して使用する。（$H_{max}$ は最高使用点(m)、$H_T$ は設計点(m)）また、主ポンプの始動時又は停止時に吐出し側の弁が閉鎖される場合には、**図-13.32** のスラスト荷重を 1.5 倍に修正して使用する。しかし、この時のスラスト荷重は主ポンプの始動時又は停止時にのみ発生するもので、床版荷重としては短期荷重となる。

2)　$W_8$ は**図-13.12** の注)を参照。

③ 低揚程ポンプの床版荷重

(i) 横軸ポンプの床版荷重

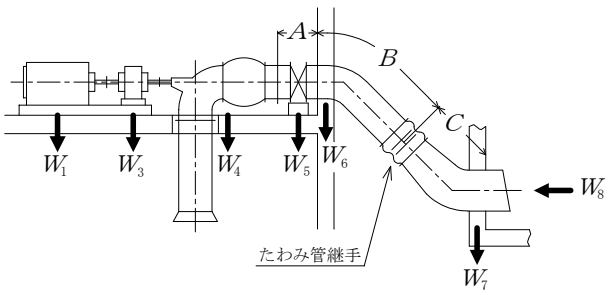



**図-13.14** 横軸ポンプ床版荷重

$W_1$ ：(ディーゼル機関の場合)

$W_1$＝ディーゼル機関ウェット質量(ベース及び潤滑油含む)×(9.8/1,000)×1.3

(ガスタービンの場合)

$W_1$＝ガスタービンのウェット質量(ベース及び潤滑油含む)×(9.8/1,000)×1.2

(電動機の場合)

$W_1$＝電動機の質量×(9.8/1,000)×1.2

$W_3$ ：歯車減速機のウェット質量(潤滑油含む)×(9.8/1,000)×1.2(歯車減速機の質量は、**表-7.4～表-7.13**参照)

$W_4$ ：主ポンプの基礎荷重＝(主ポンプ質量＋吸込管質量＋水質量)×(9.8/1,000)×1.2

(主ポンプの基礎荷重は、**表-13.9**参照)

$W_5$ ：弁荷重＋図の $A$ の部分に相当する管の荷重(弁荷重は、**表-13.16**参照)

$W_6$ ：図の $B$ の部分に相当する管の荷重(管の荷重は、**表-13.18**参照)

$W_7$ ：図の $C$ の部分に相当する管の荷重(フラップ弁が付く場合は加算する。フラップ弁の荷重は、**表-13.17** 参照)

$W_8$ ：プラップ弁の衝撃荷重＝吐出し端断面積($m^2$)×最大実揚程(m)×9.8($kN/m^3$)×2

注 1) $W_1$ にはコンクリート基礎の質量については含まれていないので別途考慮する。主ポンプと吐出し弁間に管内クーラが付く場合は、**表-10.3** の管内クーラ荷重を $W_5$ に加算する。

2) $W_8$ はフラップ弁の衝撃荷重である。

[例]吐出し量 150 超～200$m^3$/min 以下の横軸斜流ポンプ(Ⅰ型)、吸込管長 6m の場合

**表-13.9**から

床版荷重は、211kN

吸込管1m 当たり荷重22.6kN

したがって $W_4$ は

211＋{22.6×(6－4)}＝256

∴ 256kN となる。

(ii)　立軸ポンプ（一床式）の床版荷重

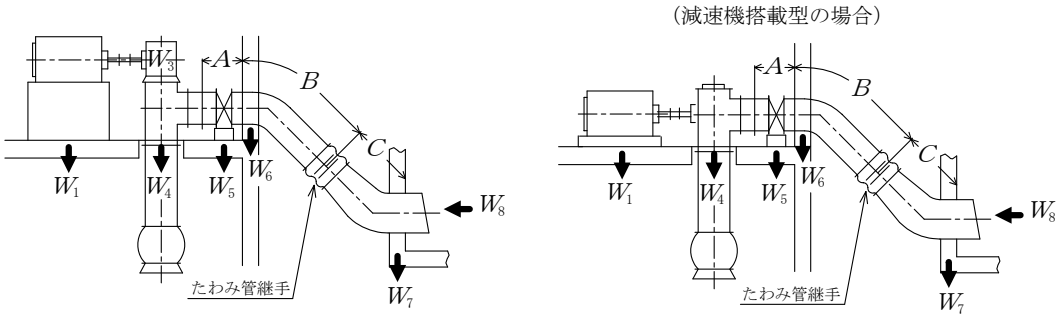



**図-13.15**　立軸ポンプ（一床式）床版荷重

$W_1$、$W_3$、$W_5$、$W_6$、$W_7$、$W_8$：横軸ポンプに同じ。

$W_4$　　：傘歯車減速機を採用する場合　$W_3+W_4'$

※減速機搭載型を採用する場合は、**表-13.11**参照

$W_3$　：歯車減速機のウェット質量（潤滑油含む）×（9.8/1,000）×1.2（歯車減速機の質量は、**表-7.4～表-7.13** 参照）

$W_4'$　：主ポンプ床版荷重（主ポンプの基礎荷重は、**表-13.10**参照）

注）　$W_1$にはコンクリート基礎の質量については含まれていないので別途考慮する。主ポンプと吐出し弁間に管内クーラが付く場合は**表-10.3** の管内クーラの床版荷重を$W_5$に加算する。

(iii)　立軸ポンプ（二床式）の床版荷重

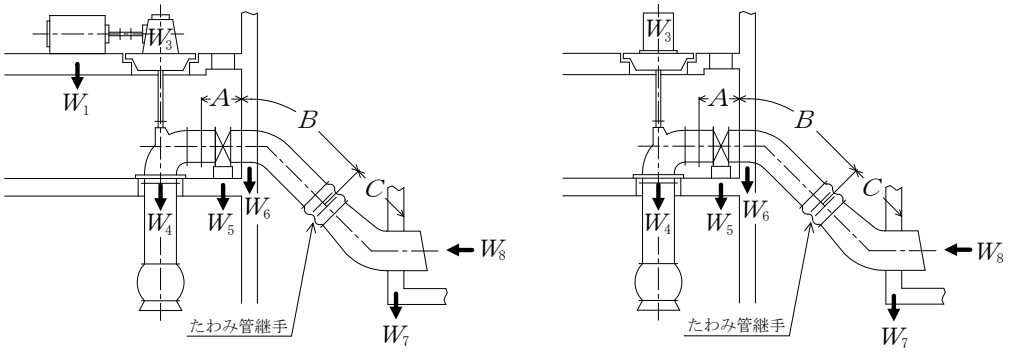



**図-13.16**　立軸ポンプ（二床式）床版荷重

$W_1$、$W_5$、$W_6$、$W_7$、$W_8$：横軸ポンプに同じ。

$W_3$　：（歯車減速機の質量＋歯車減速機の架台質量）×(9.8/1,000)×1.2＋スラスト荷重

歯車減速機の質量は**表-7.4～表-7.13**、歯車減速機の架台質量は**表-13.14** を参照のこと。スラスト荷重は主ポンプスラスト荷重選定図（**図-13.33**）から得た荷重に対し下記の係数を乗算すること。

なお、スラスト軸受を主ポンプに設ける場合は、$W_3$にスラスト荷重は見込まなくてよい。また、立形電動機の場合は、立形電動機の質量に**表-13.15** 電動機架台質量を加算して求める。

〔 斜流ポンプの場合の係数　1.2
　軸流ポンプの場合の係数　1.1 〕

注）　この係数は計画点より高い揚程（最大全揚程）で運転されることを考慮したものである。

$W_4$ ：主ポンプ床版荷重（主ポンプ基礎荷重は、**表-13.10**参照）

注）立軸斜流ポンプで始動時又は停止時に吐出し弁が閉鎖される場合には**図-13.33**のスラスト荷重を 1.5 倍に修正して使用する。しかし、この時のスラスト荷重は始動時又は停止時のみ発生するので短期荷重となる。主ポンプと吐出し弁間に管内クーラが付く場合は、**表-10.3**の管内クーラの床荷重を $W_5$ に加算する。

**[例]** 吐出し量 90超 115m³/min 以下の基礎荷重の立軸一床式斜流ポンプ（Ⅰ型）で、コラム長 5m の場合の基礎荷重は、**表-13.10**から、

142＋15.8×(5－4)＝157.8 kN となる。

④チューブラポンプの床版荷重

(i) 軸流形チューブラポンプ

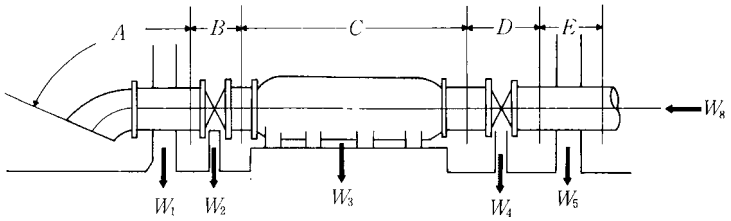



**図-13.17** 軸流形チューブラポンプ床版荷重

$W_1$ ：図の $A$ の部分に相当する管の荷重（管の荷重は、**表-13.18**参照）

$W_2$ ：弁荷重＋図の $B$ の部分に相当する管の荷重（弁の荷重は**表-13.16**、管の荷重は**表-13.18** 参照）

$W_3$ ：主ポンプ基礎荷重＋図の $C$ の部分に相当する管の荷重
（主ポンプの基礎荷重は**表-13.12**、管の荷重は**表-13.18** 参照）

$W_4$ ：弁荷重＋図の $D$ の部分に相当する管の荷重（弁の荷重は**表-13.16**、管の荷重は**表-13.18** 参照）

$W_5$ ：図の $E$ の部分に相当する管の荷重（管の荷重は、**表-13.18**参照）

$W_8$ ：横軸ポンプに同じ

(ii) 斜流形チューブラポンプ

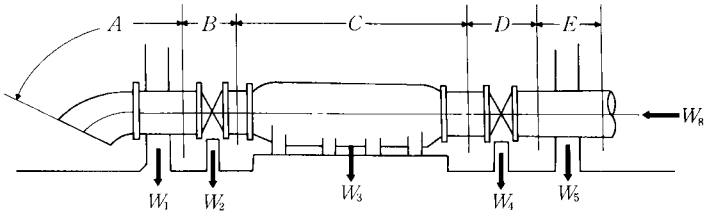



**図-13.18** 斜流形チューブラポンプ床版荷重

$W_1$、$W_2$、$W_4$、$W_5$：軸流形チューブラポンプの場合と同じ。

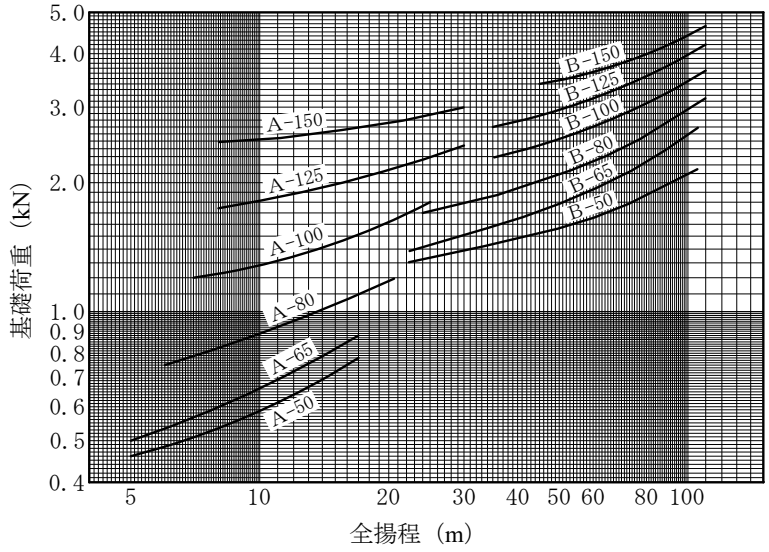
$W_3$ ：主ポンプ基礎荷重＋図の $C$ 部に相当する管の荷重
（主ポンプの基礎荷重は**表-13.13**、管の荷重は**表-13.18**参照）

$W_8$ ：横軸ポンプに同じ

⑵　基礎荷重及び機器質量

①　高揚程ポンプの基礎荷重

(i)　横軸片吸込単段及び多段ポンプの基礎荷重




注1)　基礎荷重は、(主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量＋共通ベッド質量)×1.2×9.8/1,000 として算出したものである。

2)　全体基礎荷重は、これに主電動機荷重（主電動機質量×1.2×9.8/1,000）を加えればよい。（主電動機の質量は、**図-13.21(b)～図-13.25(b)**参照）

3)　A－○○○、B－○○○の数字は主ポンプの吸込口径（mm）を示す。

A：高揚程渦巻ポンプ適用線図の A ゾーンの横軸片吸込単段渦巻ポンプを示す。

B：高揚程渦巻ポンプ適用線図の B ゾーンの横軸片吸込多段渦巻ポンプを示す。

**図-13.19**　横軸片吸込単段及び多段ポンプ基礎荷重

(ii)　横軸両吸込渦巻、立軸片吸込渦巻及び横軸片吸込渦巻ポンプの基礎荷重

**表-13.7**　横軸両吸込、立軸片吸込、横軸片吸込渦巻ポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 両吸込単段渦巻ポンプ (Cゾーン) | | 立軸片吸込渦巻ポンプ (Cゾーン) | | 両吸込多段渦巻ポンプ (Dゾーン) | | 片吸込多段渦巻ポンプ (Eゾーン) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 全揚程 50m | | 全揚程 50m | | 全揚程 100m | | 全揚程 100m | |
| | 極数 | 基礎荷重 (kN) | 極数 | 基礎荷重 (kN) | 極数 | 基礎荷重 (kN) | 極数 | 基礎荷重 (kN) |
| 3 超～ 5 以下 | 4 | 15 | | | | | 4 | 28 |
| 5 超～ 8 以下 | 4 | 17 | | | | | 4 | 37 |
| 8 超～ 12 以下 | 4 | 21 | 4 | 30 | 4 | 55 | | |
| 12 超～ 18 以下 | 6 | 32 | 6 | 34 | 6 | 74 | | |
| 18 超～ 23 以下 | 6 | 41 | 6 | 42 | 6 | 94 | | |
| 23 超～ 28 以下 | 6 | 51 | 6 | 52 | 6 | 117 | | |
| 28 超～ 36 以下 | 6 | 61 | 8 | 71 | 6 | 141 | | |
| 36 超～ 50 以下 | 6 | 80 | 8 | 100 | 6 | 186 | | |
| 50 超～ 70 以下 | 8 | 133 | 10 | 130 | 8 | 310 | | |
| 70 超～ 90 以下 | 10 | 195 | 10 | 171 | | | | |
| 90 超～115 以下 | 12 | 266 | 12 | 226 | | | | |
| 115 超～150 以下 | 14 | 330 | 14 | 301 | | | | |
| 150 超～200 以下 | 16 | 450 | 16 | 485 | | | | |

注1)　基礎荷重表は、主ポンプ吐出し量、極数及び基準揚程に対するものである。

基準揚程は、両吸込単段渦巻ポンプCゾーンを 50m、両吸込多段渦巻ポンプDゾーン及び片吸込多段ポンプEゾーンを 100mとしてあるので、その場合以外のポンプについては、**図-13.20**により基礎荷重を補正する。

2)　基礎荷重は、(主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量＋共通ベッド質量)×1.2×9.8/1,000 として算出したものである。

3)　共通ベッドなしの場合は20%減とする。

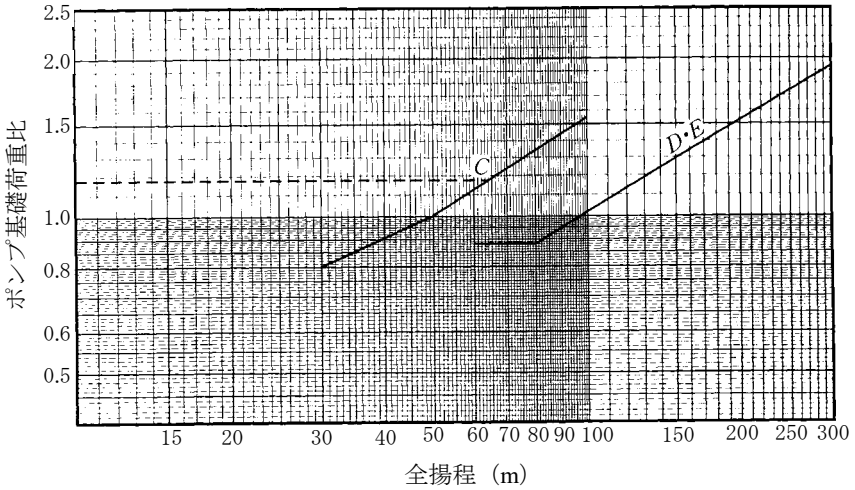



**図-13.20** 基礎荷重比線図

注1) 全体基礎荷重は、これに電動機荷重（電動機質量×1.2×9.8/1,000）を加える。（電動機質量は、**図-13.21(b)**～**図-13.30(b)**参照）

2) 吸込条件等により、電動機の極数が変わる場合は極数変更による補正係数（次表）を乗じて求める。

極数変更による補正係数

| 変更極数 | 補正係数 | 変更極数 | 補正係数 |
|---|---|---|---|
| 4P → 6P | 1.3 | 6P → 4P | 0.83 |
| 6 → 8 | 1.2 | 8 → 6 | 0.865 |
| 8 →10 | 1.15 | 10 → 8 | 0.88 |
| 10 →12 | 1.11 | 12 →10 | 0.90 |
| 12 →14 | 1.08 | 14 →12 | 0.915 |
| 14 →16 | 1.07 | 16 →14 | 0.92 |

3) 横軸両吸込単段渦巻ポンプの吐出し量28m³/minを超えるものは共通ベットを含まない。

**〔例〕** 両吸込単段渦巻ポンプの吐出し量50超～70m³/min以下、8極、全揚程65mの場合、基準基礎荷重は133 kN（**表-13.7**）、基礎荷重比は、全揚程65mの場合1.18（**図-13.20**）

133kN × 1.18 ＝ 157kN となる。

極数を10とした場合は、157× 1.15 ＝ 180.6kN となる。

極数を6とした場合は、157× 0.865 ＝ 135.8kN となる。

## (iii) 高揚程立軸斜流ポンプの基礎荷重

**表-13.8** 高揚程立軸斜流ポンプの基礎荷重表

| 吐 出 し 量 (m³/min) | 基礎荷重 (kN) | 揚水管荷重 (kN/m) | 吐 出 し 量 (m³/min) | 基礎荷重 (kN) | 揚水管荷重 (kN/m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 超～12 以下 | 40 | 5.2 | 36 超～ 50 以下 | 83 | 10.5 |
| 12 超～18 以下 | 46 | 6.1 | 50 超～ 70 以下 | 108 | 13.1 |
| 18 超～23 以下 | 53 | 6.8 | 70 超～ 90 以下 | 138 | 16.1 |
| 23 超～28 以下 | 60 | 7.9 | 90 超～115 以下 | 175 | 20.2 |
| 28 超～36 以下 | 69 | 8.6 | | | |

注1) 基礎荷重は、吸込ベル部から主ポンプ据付床面までの長さ4mとして算出したものである。

2) 基礎荷重は、(主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量)×1.2×9.8/1,000として算出したものである。

3) 揚水管荷重とは、水中のインペラケーシング部と床上の吐出しケーシング部をつなぐ揚水管部の荷重である。

4) 吸込ベル部から主ポンプ据付床面までの長さが4m以外の基礎荷重は、下記要領にて算出する。

**〔例〕** 吐出し量50超～70m³/min以下の高揚程立軸斜流ポンプで主ポンプ据付床面から吸込ベル部まで5mの場合の基礎荷重はいくらか。

(1) 吐出し量50超～70m³/min以下の基礎荷重 108kN（**表-13.8**）

(2) 吐出し量50超～70m³/min以下の1m当たり揚水管荷重13.1kN（**表-13.8**）

基礎荷重は、108＋(5－4)×13.1＝121.1kNとなる。

② 低揚程ポンプの基礎荷重

(i) 横軸ポンプの基礎荷重

**表-13.9** 横軸ポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) | | | | 吸込管荷重 (吸込管 1m 当たりkN) |
|---|---|---|---|---|---|
| | I 型 | | II 型 | | |
| | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | |
| 12 超～ 23 以下 | 21.5 | 22 | 21 | 21.5 | 3.1 |
| 23 超～ 36 以下 | 31.5 | 35 | 31 | 34.5 | 4.6 |
| 36 超～ 50 以下 | 44 | 50 | 43.5 | 49.5 | 6.6 |
| 50 超～ 70 以下 | 58 | 68 | 57 | 67 | 8.6 |
| 70 超～ 90 以下 | 76 | 89 | 75 | 88 | 10.9 |
| 90 超～115 以下 | 96 | 113 | 95 | 112 | 13.5 |
| 115 超～150 以下 | 118 | 143 | 117 | 142 | 16.2 |
| 150 超～200 以下 | 166 | 211 | 164 | 209 | 22.6 |
| 200 超～255 以下 | 211 | 278 | 209 | 275 | 28.3 |
| 255 超～325 以下 | 271 | 354 | 268 | 351 | 34.5 |
| 325 超～400 以下 | 337 | 445 | 334 | 441 | 41.9 |
| 400 超～480 以下 | 410 | 535 | 406 | 530 | 49.4 |
| 480 超～600 以下 | 515 | 670 | 510 | 663 | 60.3 |

注1) 基礎荷重は、ベルマウス入口から据付床面までの長さを 4m として、(主ポンプ質量＋吸込管部の質量＋水質量)×1.2×9.8/1,000 で算出したものである。
2) 吸込管荷重は、ベルマウス入口から据付床面までの寸法が4mを外れた時の加減用として、1m 当たりの（吸込管質量＋水質量）×1.2×9.8/1,000 で算出したものである。
3) 低揚程分（斜流：3.2ｍ以下、軸流：2.5ｍ以下）は、「**5.4.4.1〔参考〕**ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

(ii) 立軸ポンプの基礎荷重

**表-13.10** 立軸ポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) | | | | | | | | 揚水管荷重 (揚水管 1m 当たり kN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I 型 | | | | II 型 | | | | |
| | 一床式 | | 二床式 | | 一床式 | | 二床式 | | |
| | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | |
| 12 超～ 23 以下 | 33 | 35 | 32 | 34 | 29 | 30 | 28 | 29 | 3.8 |
| 23 超～ 36 以下 | 47 | 53 | 43 | 50 | 41 | 47 | 37 | 43 | 5.5 |
| 36 超～ 50 以下 | 65 | 70 | 60 | 66 | 57 | 62 | 53 | 58 | 7.7 |
| 50 超～ 70 以下 | 82 | 92 | 76 | 84 | 73 | 81 | 67 | 76 | 10.1 |
| 70 超～ 90 以下 | 104 | 114 | 96 | 104 | 92 | 101 | 85 | 95 | 12.6 |
| 90 超～115 以下 | 127 | 142 | 116 | 131 | 114 | 127 | 104 | 118 | 15.8 |
| 115 超～150 以下 | 152 | 173 | 138 | 158 | 134 | 154 | 122 | 140 | 19.3 |
| 150 超～200 以下 | 208 | 235 | 185 | 220 | 179 | 205 | 158 | 190 | 25.7 |
| 200 超～255 以下 | 252 | 287 | 227 | 271 | 222 | 256 | 200 | 242 | 31.9 |
| 255 超～325 以下 | 306 | 344 | 275 | 327 | 270 | 307 | 242 | 292 | 38.5 |
| 325 超～400 以下 | 410 | 460 | 327 | 389 | 360 | 410 | 292 | 347 | 45.9 |
| 400 超～480 以下 | 525 | 565 | 387 | 461 | 463 | 503 | 345 | 411 | 54.3 |
| 480 超～600 以下 | 650 | 720 | 467 | 560 | 572 | 641 | 416 | 504 | 64.8 |

注1) 基礎荷重は、吸込ベル部から主ポンプ据付床面までの長さを4mで算出したものである。
ただし、吐出し量400 超～480 $m^3$/min 以下はポンプ長さ4.1m、吐出し量480 超～600 以下$m^3$/min はポンプ長さ4.5m である。
2) 基礎荷重は（主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量）×1.2×9.8/1,000 として算出したものである。
3) 揚水管荷重とは、水中のインペラケーシング部と床上の吐出しケーシング部をつなぐ揚水管部の荷重であり、注1) を外れた場合の加減用として、1m当たりの（吸込管質量＋水質量）×1.2×9.8/1,000 で算出したものである。
4) 低揚程分（斜流：3.2ｍ以下、軸流：2.5ｍ以下）は、「**5.4.4.1〔参考〕**ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
5) Ⅲ型の場合は、Ⅰ型の 0.9 倍とする。

### (iii) 減速機搭載型立軸ポンプの基礎荷重

**表-13.11** 減速機搭載型立軸ポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) | | | | | | | | 揚水管荷重（揚水管1m当たり kN） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I 型 | | | | II 型 | | | | |
| | クラッチ無 | | クラッチ有 | | クラッチ無 | | クラッチ有 | | |
| | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | 軸流 | 斜流 | |
| 36超～ 50以下 | 82 | 87 | 83 | 88 | ― | ― | ― | ― | 7.7 |
| 50超～ 70以下 | 100 | 110 | 101 | 111 | 91 | 99 | 92 | 100 | 10.1 |
| 70超～ 90以下 | 124 | 134 | 125 | 135 | 112 | 121 | 113 | 122 | 12.6 |
| 90超～115以下 | 152 | 167 | 153 | 168 | 139 | 152 | 140 | 153 | 15.8 |
| 115超～150以下 | 193 | 214 | 194 | 215 | 175 | 195 | 176 | 196 | 19.3 |
| 150超～200以下 | 270 | 297 | 271 | 298 | 241 | 267 | 242 | 268 | 25.7 |
| 200超～255以下 | 320 | 355 | 322 | 357 | 290 | 324 | 292 | 326 | 31.9 |
| 255超～325以下 | 382 | 420 | 384 | 422 | 346 | 383 | 348 | 385 | 38.5 |
| 325超～400以下 | 506 | 556 | 508 | 558 | 456 | 506 | 458 | 508 | 45.9 |
| 400超～480以下 | 655 | 695 | 658 | 698 | 593 | 633 | 596 | 636 | 54.3 |
| 480超～600以下 | 808 | 878 | 811 | 881 | 730 | 799 | 733 | 802 | 64.8 |

注1) 基礎荷重は、吸込ベル部から主ポンプ据付床面までの長さを4mで算出したものである。
ただし、吐出し量400超～480$m^3$/min以下はポンプ長さ4.1m、吐出し量480超～600$m^3$/min以下はポンプ長さ4.5mである。
2) 基礎荷重は（主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量）×1.2×9.8/1,000として算出したものである。
3) 揚水管荷重とは、水中のインペラケーシング部と床上の吐出しケーシング部をつなぐ揚水管部の荷重であり、注1）を外れた場合の加減用として1m当たりの（吸込管質量＋水質量）×1.2×9.8/1,000で算出したものである。
4) クラッチ有の場合は、油圧クラッチ内蔵型を示す。
5) 低揚程分（斜流：3.2m以下、軸流：2.5m以下）は、「**5.4.4.1〔参考〕**ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。
6) Ⅲ型の場合は、Ⅰ型の0.9倍とする。

### ③ チューブラポンプの基礎荷重

**表-13.12** 軸流形チューブラポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) | 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) |
|---|---|---|---|
| 36超～ 50以下 | 72 | 200超～255以下 | 300 |
| 50超～ 70以下 | 86 | 255超～325以下 | 370 |
| 70超～ 90以下 | 102 | 325超～400以下 | 560 |
| 90超～115以下 | 136 | 400超～480以下 | 670 |
| 115超～150以下 | 169 | 480超～600以下 | 790 |
| 150超～200以下 | 220 | | |

注1) 基礎荷重は（主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量）×1.2×9.8/1,000として算出したものである。
2) Ⅰ型、Ⅱ型は同じとする。

**表-13.13** 斜流形チューブラポンプの基礎荷重表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) | 吐出し量 ($m^3$/min) | 基礎荷重 (kN) |
|---|---|---|---|
| 36超～ 50以下 | 95 | 200超～255以下 | 380 |
| 50超～ 70以下 | 119 | 255超～325以下 | 510 |
| 70超～ 90以下 | 153 | 325超～400以下 | 730 |
| 90超～115以下 | 192 | 400超～480以下 | 876 |
| 115超～150以下 | 230 | 480超～600以下 | 1,020 |
| 150超～200以下 | 300 | | |

注1) 基礎荷重は（主ポンプ質量＋主ポンプ内水質量）×1.2×9.8/1,000として算出したものである。
2) Ⅰ型、Ⅱ型は同じとする。

④　機器の質量及び荷重

主ポンプ以外の諸機器に関する質量及び荷重は、下記によるものとする。

(i)　歯車減速機の質量は、**7.2 減速機〔参考〕2.** に示す歯車減速機（**表-7.4～表-7.13**）による。

(ii)　歯車減速機及び電動機の架台

**表-13.14**　歯車減速機の架台質量表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 歯車減速機架台質量（kg） | | 吐出し量 ($m^3$/min) | 歯車減速機架台質量（kg） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 軸流ポンプ | 斜流ポンプ | | 軸流ポンプ | 斜流ポンプ |
| 12 超～ 23 以下 | 500 | 600 | 150 超～200 以下 | 2,600 | 3,300 |
| 23 超～ 36 以下 | 700 | 750 | 200 超～255 以下 | 3,200 | 4,100 |
| 36 超～ 50 以下 | 850 | 900 | 255 超～325 以下 | 3,850 | 4,900 |
| 50 超～ 70 以下 | 1,200 | 1,300 | 325 超～400 以下 | 4,550 | 5,700 |
| 70 超～ 90 以下 | 1,400 | 1,600 | 400 超～480 以下 | 5,600 | 6,900 |
| 90 超～115 以下 | 1,800 | 2,000 | 480 超～600 以下 | 7,000 | 8,700 |
| 115 超～150 以下 | 2,100 | 2,400 | | | |

注1)　本表は、スラスト荷重を主ポンプ支持とする場合の架台質量を示す（セラミックス軸受採用の場合は、原則としてスラスト荷重は主ポンプ支持とする）。

2)　セラミックス軸受以外の軸受を採用し、スラスト荷重を減速機支持とする場合の架台質量は上記の概略 1.3倍とする。

3)　複合減速機（流体継手内蔵形直交軸傘歯車減速機）の架台質量は、上記の概略 1.5倍とする。

4)　低揚程分（斜流：3.2m以下、軸流：2.5m以下）については、「**5.4.4.1〔参考〕**ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

**表-13.15**　電動機の架台質量表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 架台質量 (kg) | 吐出し量 ($m^3$/min) | 架台質量 (kg) | 吐出し量 ($m^3$/min) | 架台質量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 超～12 以下 | 900 | 36 超～ 50 以下 | 1,800 | 115 超～150 以下 | 2,800 |
| 12 超～18 以下 | 1,100 | 50 超～ 70 以下 | 2,000 | 150 超～200 以下 | 3,200 |
| 18 超～23 以下 | 1,300 | 70 超～ 90 以下 | 2,300 | 200 超～255 以下 | 4,000 |
| 23 超～36 以下 | 1,600 | 90 超～115 以下 | 2,500 | | |

注1)　スラスト荷重を電動機支持とする場合の架台質量を示す。

2)　低揚程分（斜流：3.2m以下、軸流：2.5m以下）については、「**5.4.4.1〔参考〕**ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

(iii) 電動機の寸法及び質量は、**図-13.21(a)**、(b)～13.30(a)、(b)による。

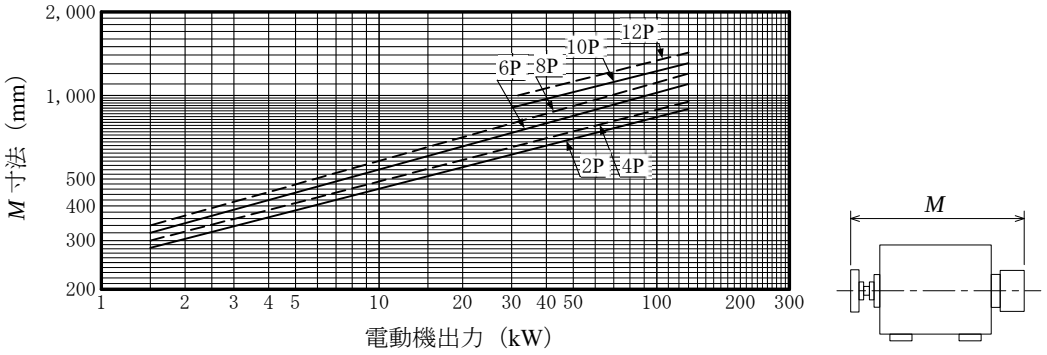



**図-13.21(a)** 横軸かご形電動機概略長さ寸法（200V、400V 級トップランナー電動機を含む）

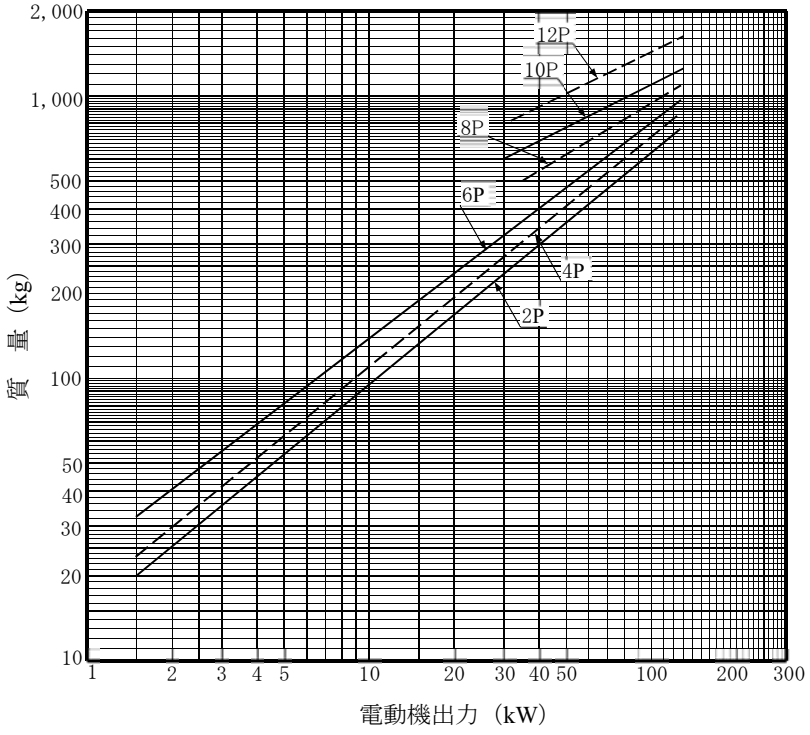



**図-13.21(b)** 横軸かご形電動機概略質量（200V、400V 級トップランナー電動機を含む）

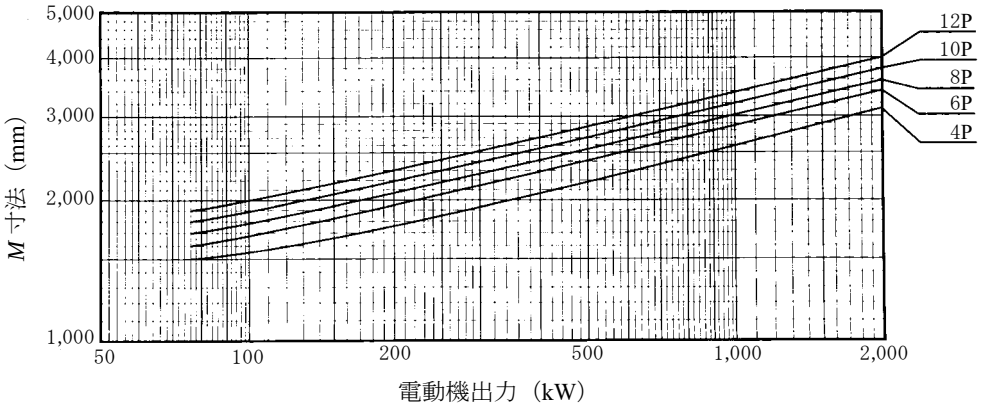



**図-13.22(a)**　横軸巻線形電動機概略長さ寸法（3kV 級）

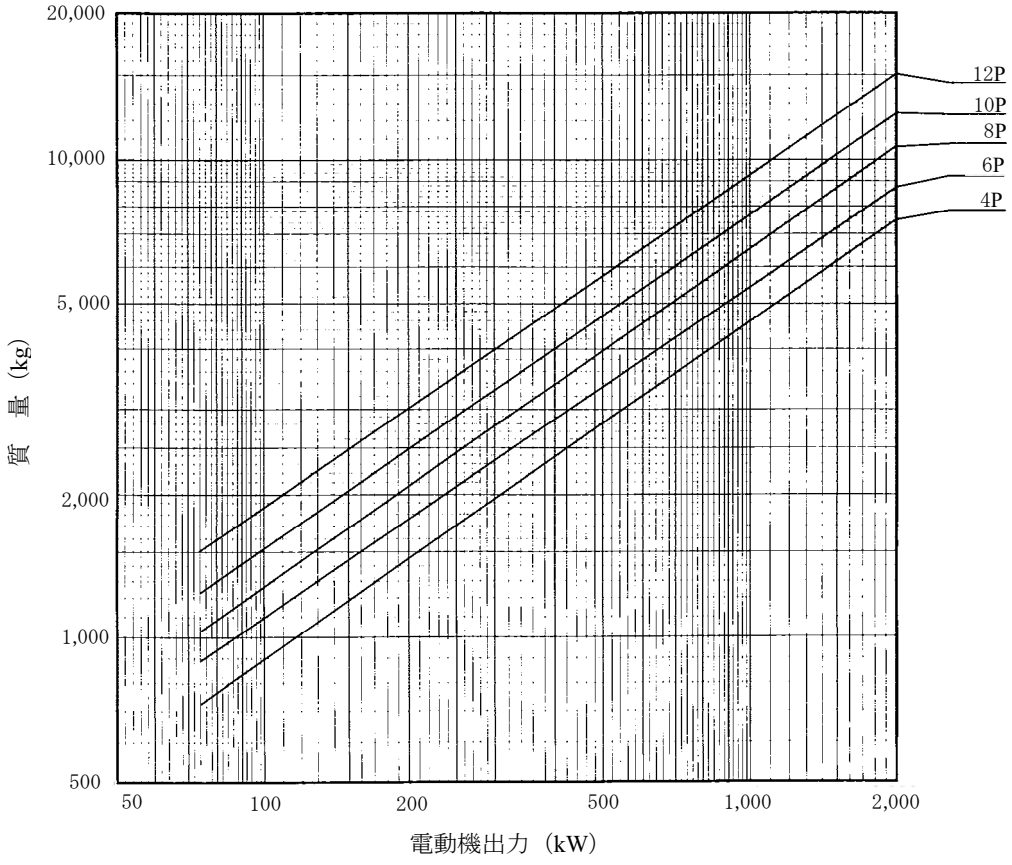



**図-13.22(b)**　横軸巻線形電動機概略質量（3kV 級）

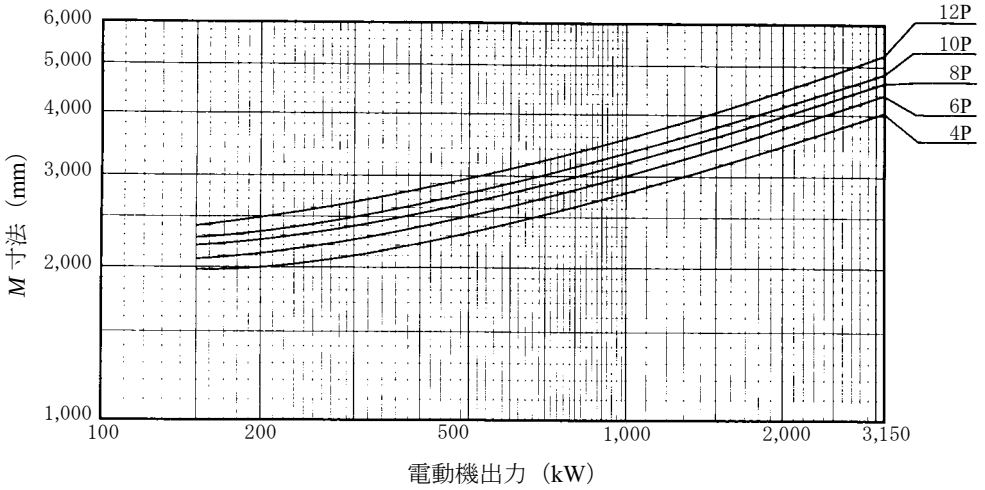



図-13.23(a)　横軸巻線形電動機概略長さ寸法（6kV 級）

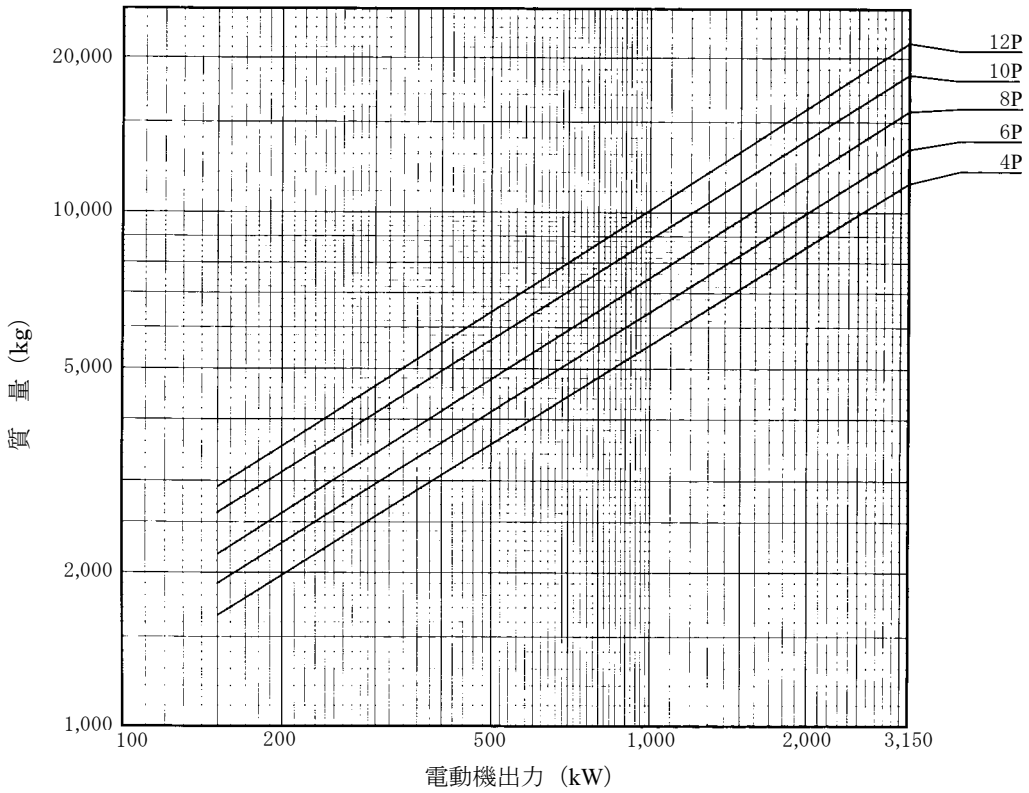



図-13.23(b)　横軸巻線形電動機概略質量（6kV 級）

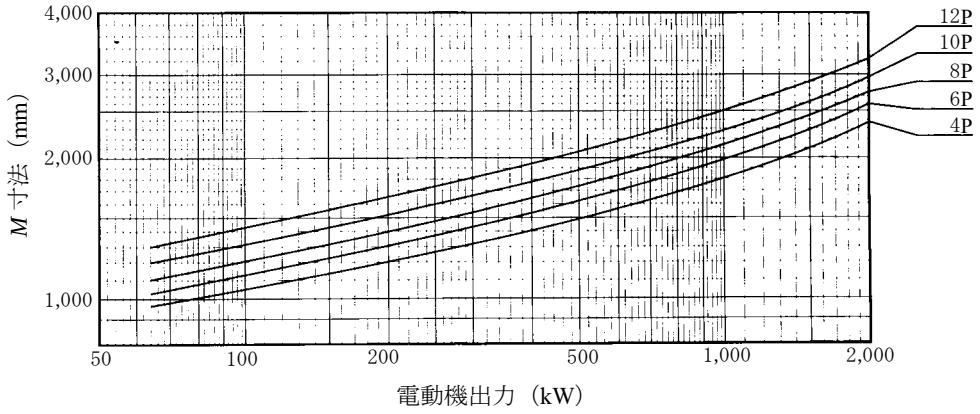



**図-13.24(a)**　横軸かご形電動機概略長さ寸法（3kV 級）

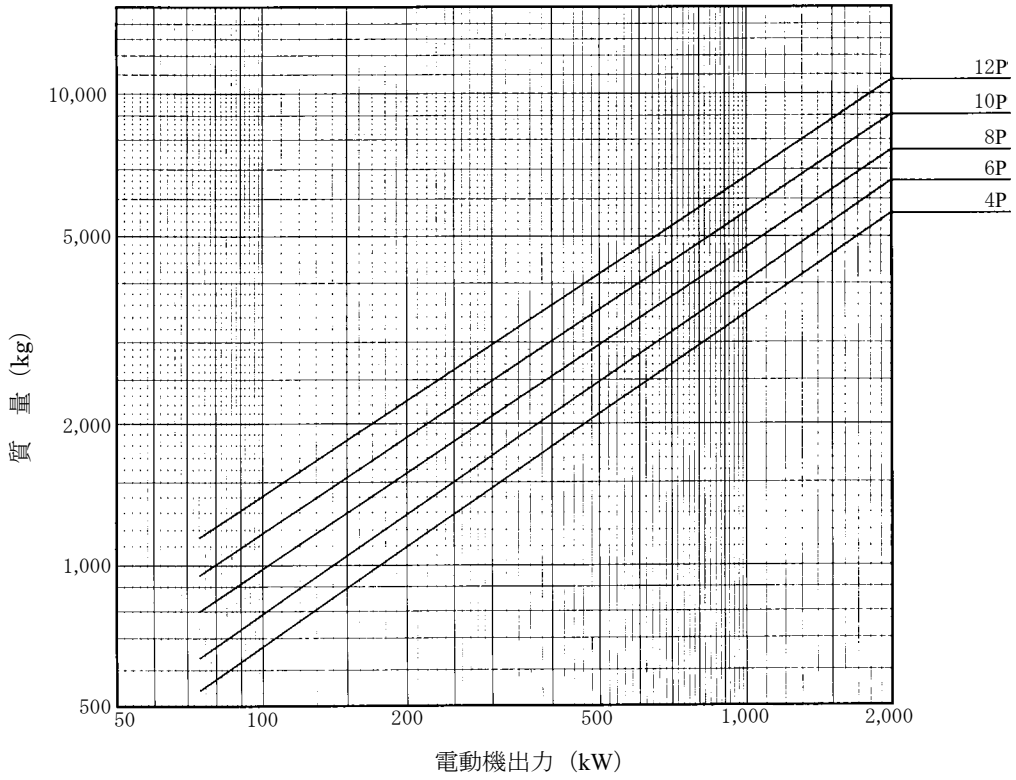



**図-13.24(b)**　横軸かご形電動機概略質量（3kV 級）

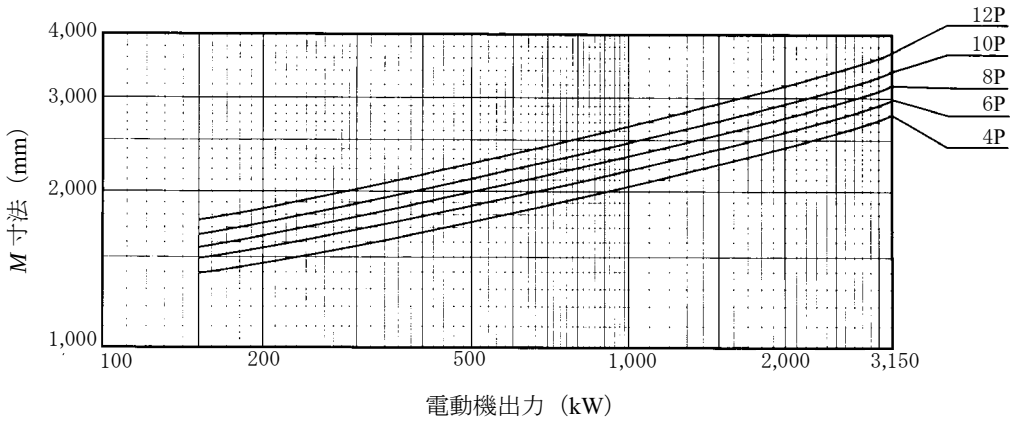



**図-13.25(a)　横軸かご形電動機概略長さ寸法（6kV 級）**

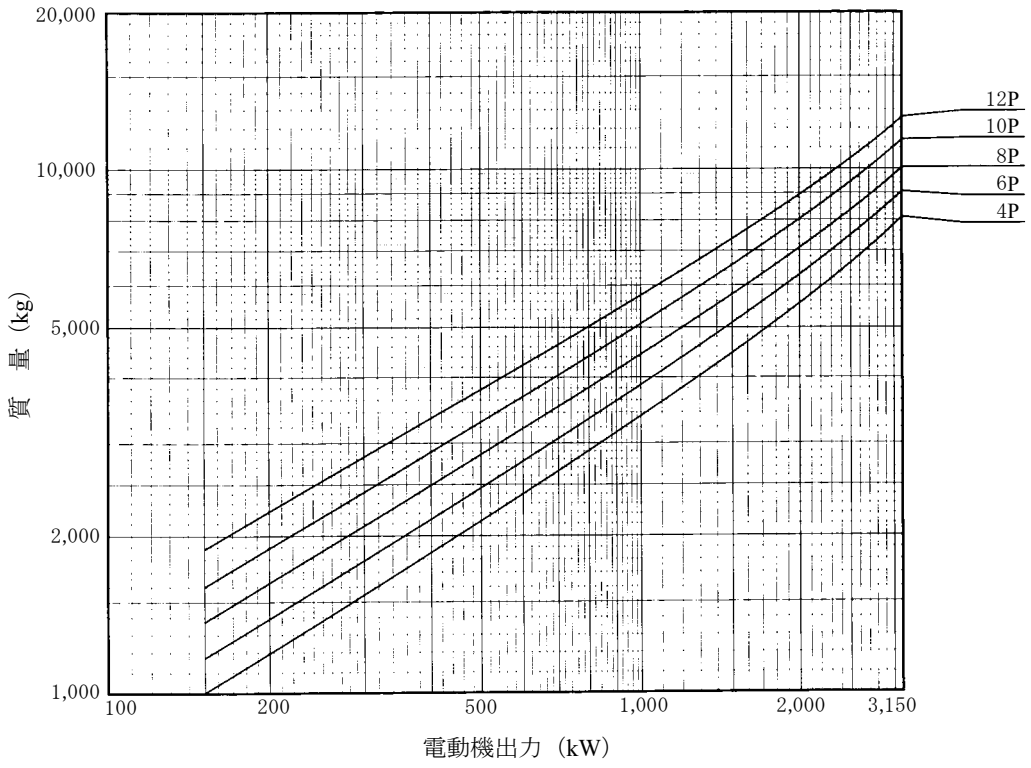



**図-13.25(b)　横軸かご形電動機概略質量（6kV 級）**

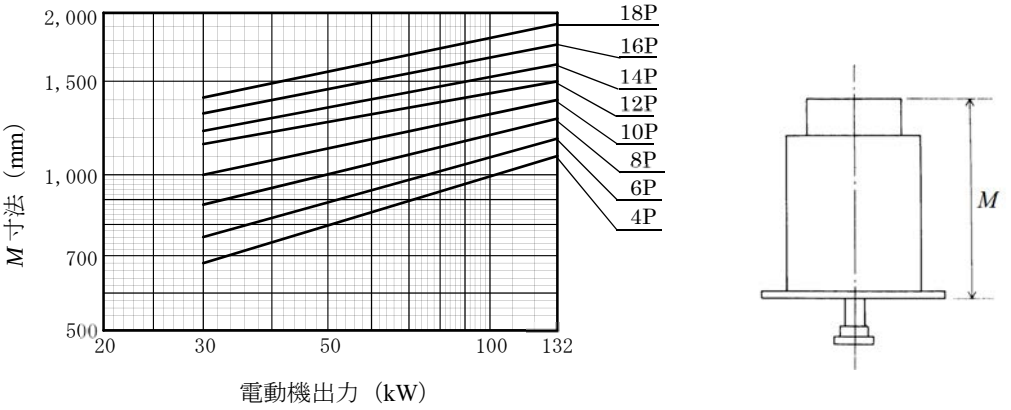



**図-13.26(a)**　立軸かご形電動機概略高さ寸法（200V、400V 級トップランナー電動機を含む）

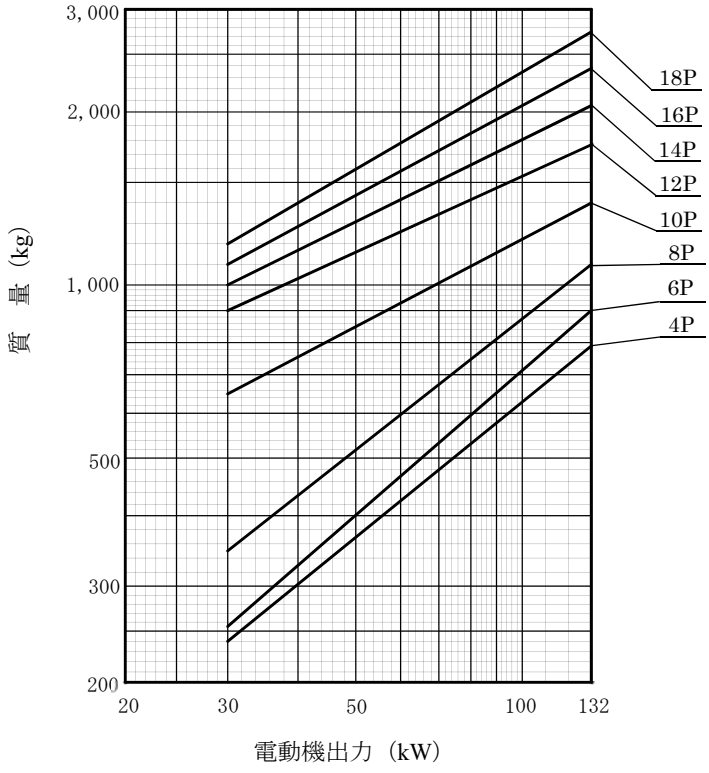



**図-13.26(b)**　立軸かご形電動機概略質量（200V、400V 級トップランナー電動機を含む）

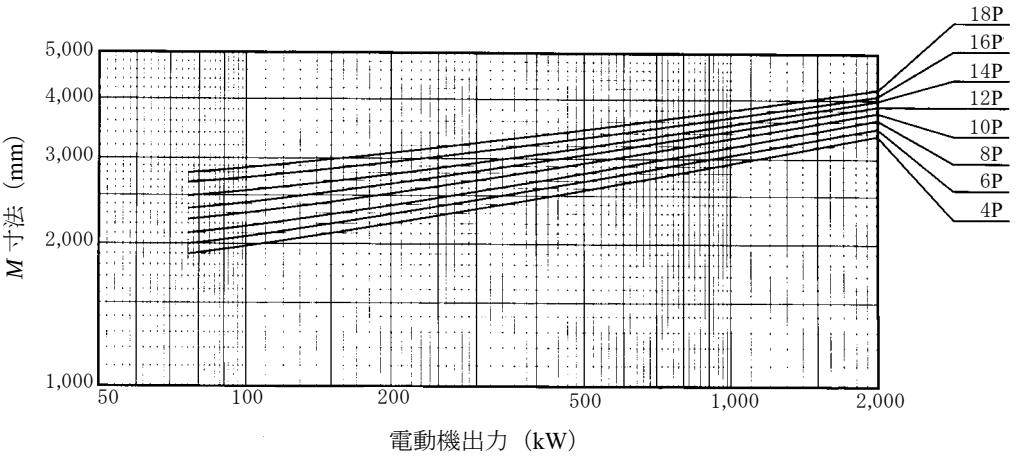



**図-13.27(a)**　立軸巻線形電動機概略高さ寸法（3kV 級）

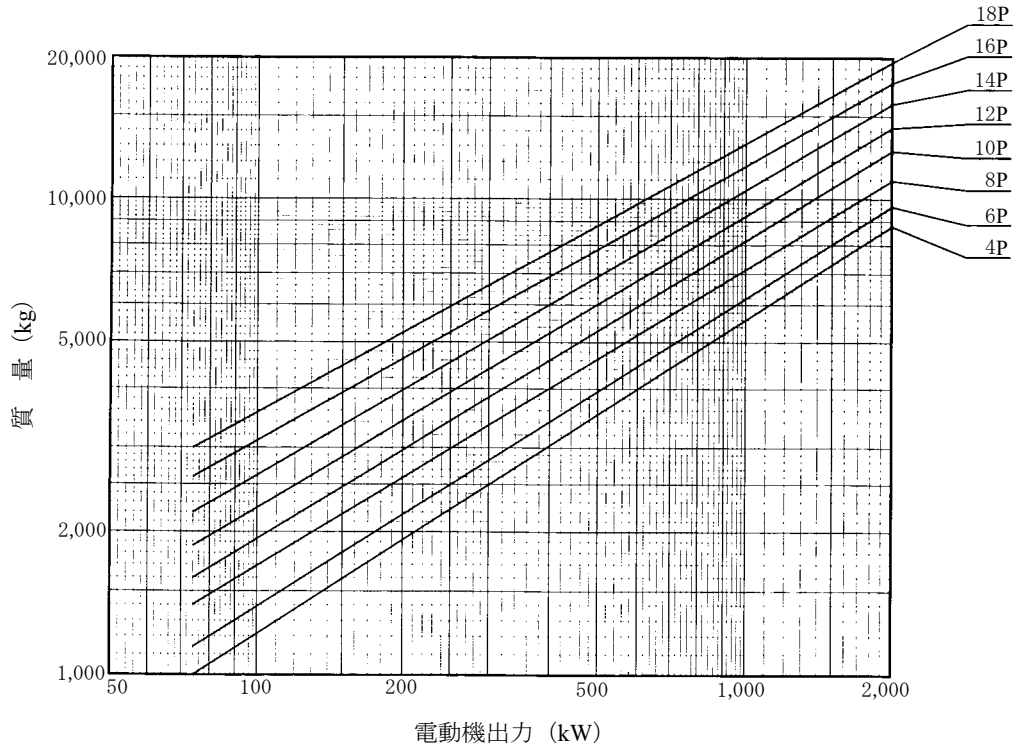



**図-13.27(b)**　立軸巻線形電動機概略質量（3kV 級）

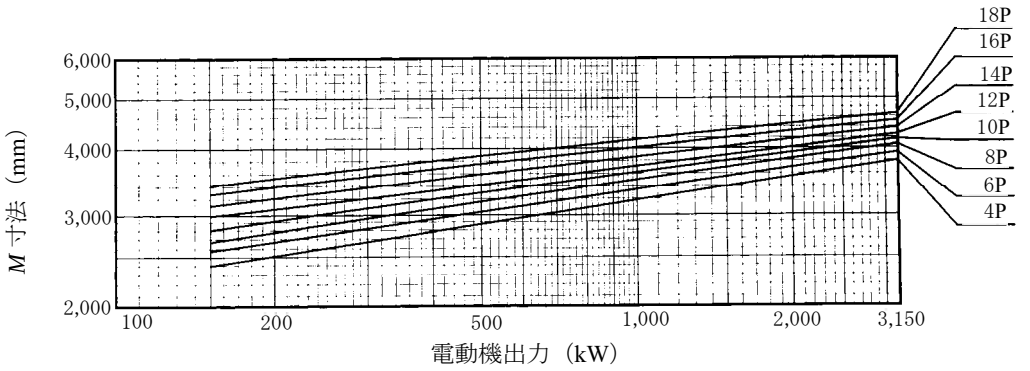



**図-13.28(a)**　立軸巻線形電動機概略高さ寸法（6kV 級）

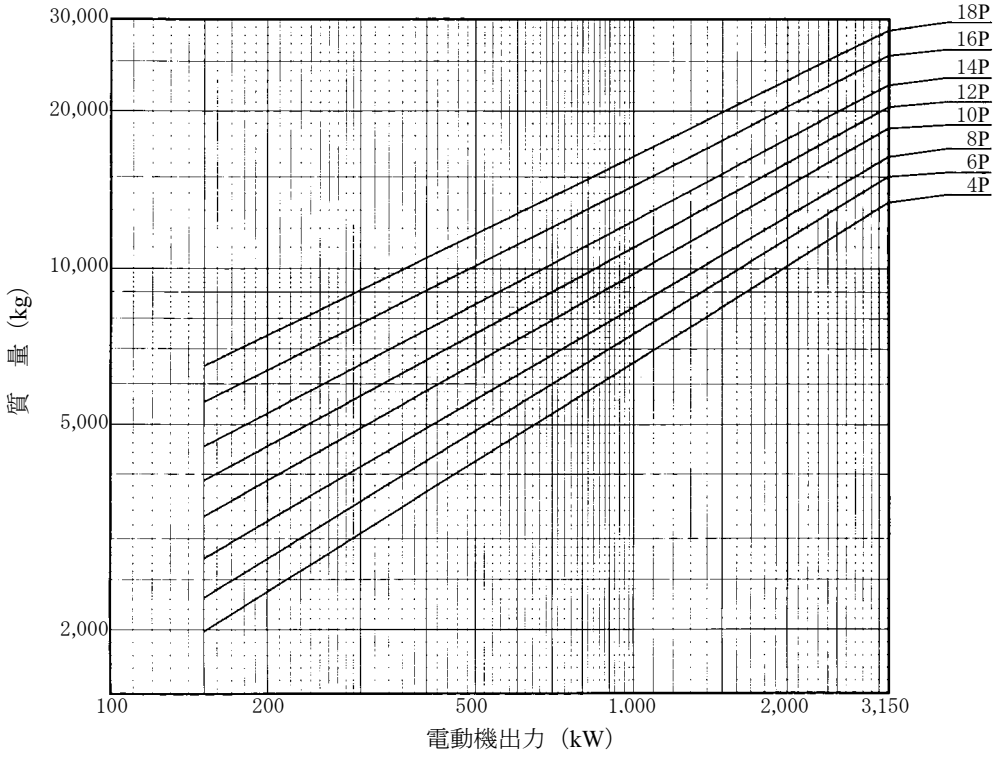



**図-13.28(b)**　立軸巻線形電動機概略質量（6kV 級）

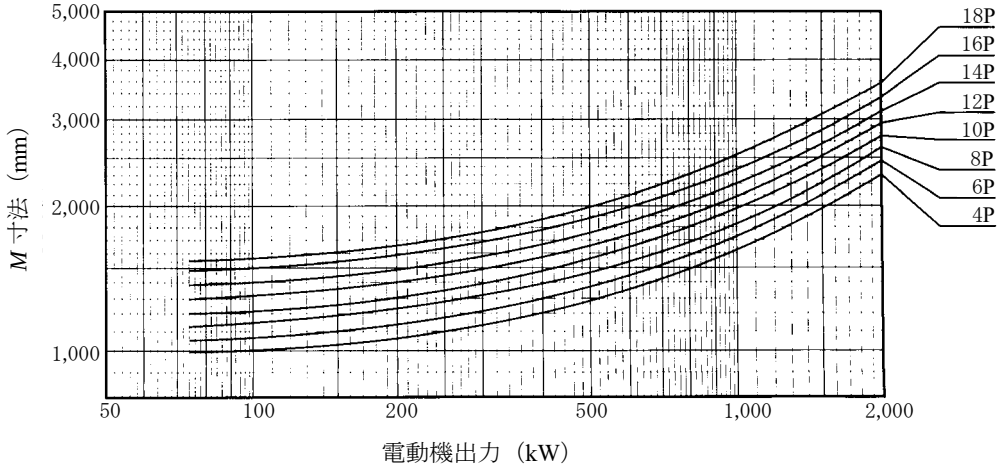



**図-13.29(a)** 立軸かご形電動機概略高さ寸法（3kV 級）

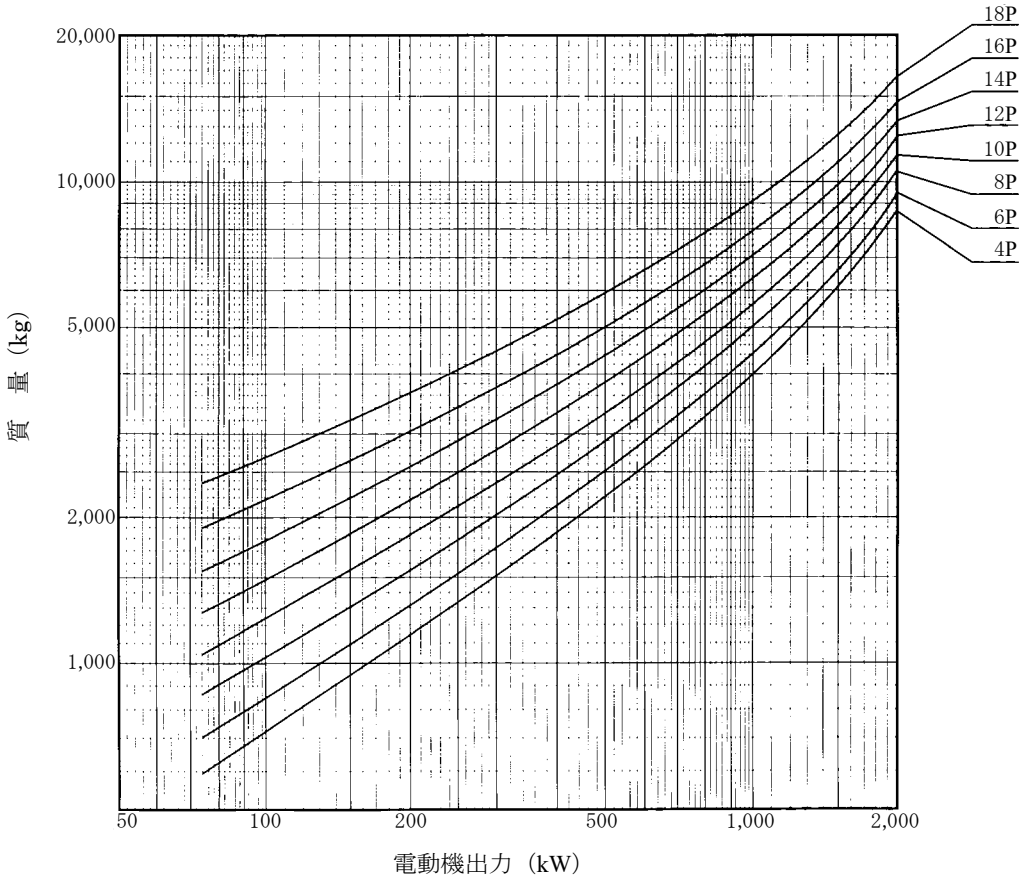



**図-13.29(b)** 立軸かご形電動機概略質量（3kV 級）

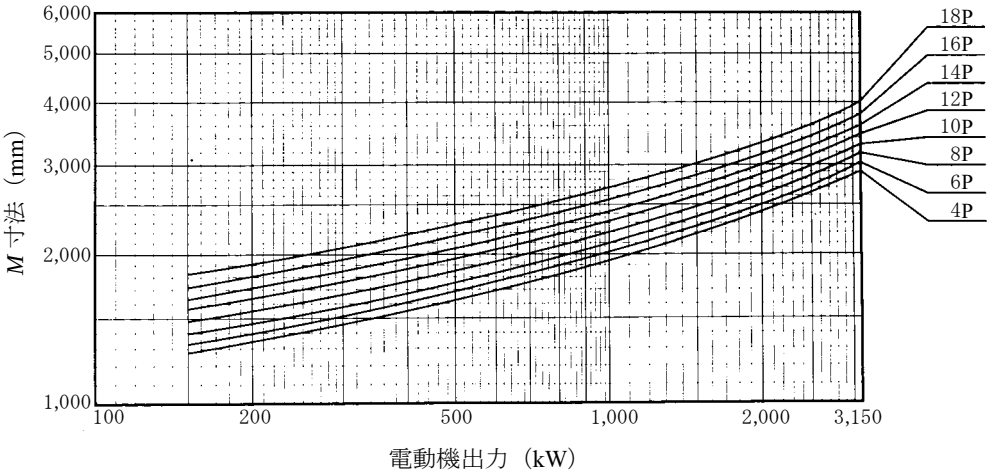



**図-13.30(a)**　立軸かご形電動機概略高さ寸法（6kV 級）

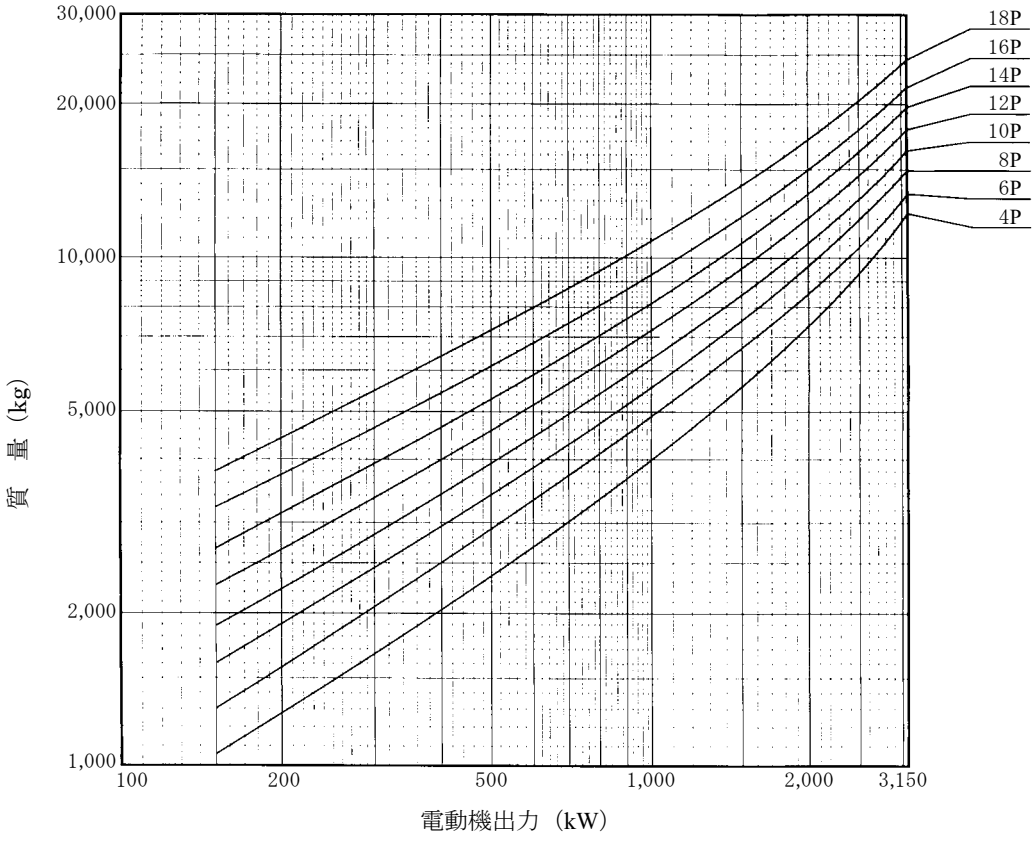



**図-13.30(b)**　立軸かご形電動機概略質量（6kV 級）

(iv) 弁類

a. 弁類の荷重は、**表-13.16** による。

**表-13.16** 弁類の荷重表 （単位：kN）

| 弁口径 (mm) | 外ねじ式電動仕切弁 | | 電動バタフライ弁 | | コーン弁 | | 逆 止 め 弁 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 全揚程 100m 以下 | 全揚程 300m 以下 | 全揚程 9m 以下 | 全揚程 60m 以下 | 全揚程 100m 以下 | 全揚程 300m 以下 | 全揚程 50m 以下 | 全揚程 100m 以下 | 全揚程 300m 以下 |
| 100 | 1.8 | 2.9 | | | | | | 1.9 | 3.2 |
| 125 | 2.4 | 4.0 | | | | | | 2.3 | 4.0 |
| 150 | 2.8 | 4.9 | | | 3.5 | 4.1 | | 2.7 | 4.6 |
| 200 | 4.0 | 6.3 | | | 4.5 | 6.3 | | 4.0 | 6.9 |
| 250 | 6.4 | 8.8 | | | 6.5 | 9.3 | | 5.5 | 9.2 |
| 300 | 7.8 | 11.2 | 3.7 | 3.7 | 11.0 | 14.8 | 4.5 | 7.4 | 12.0 |
| 350 | 10.0 | 15.1 | 4.5 | 4.5 | 14.0 | 18.5 | 9.1 | 9.6 | 15.0 |
| 400 | 13.0 | 20.5 | 4.9 | 6.0 | 16.0 | 21.4 | 12.0 | 12.4 | 20.0 |
| 450 | 16.0 | 26.4 | 5.8 | 7.4 | 19.0 | 25.5 | 16.2 | 17.0 | 26.0 |
| 500 | 18.6 | 31.8 | 6.8 | 8.5 | 31.0 | 38.8 | 21.0 | 21.5 | 33.0 |
| 600 | 29.0 | | 8.7 | 12.0 | 45.0 | 54.5 | 32.0 | | |
| 700 | 38.0 | | 10.9 | 16.5 | 60.0 | 73.2 | 45.0 | | |
| 800 | 50.0 | | 15.0 | 22.0 | 85.0 | 103.0 | 57.5 | | |
| 900 | 65.0 | | 17.9 | 29.0 | 105.0 | 125.0 | 76.0 | | |
| 1,000 | 89.0 | | 26.7 | 35.0 | 162.0 | | 96.0 | | |
| 1,200 | 130.0 | | 33.0 | 60.0 | 243.0 | | 144.0 | | |
| 1,350 | 190.3 | | 42.2 | 81.8 | | | | | |
| 1,500 | 249.4 | | 53.2 | 102.0 | | | | | |
| 1,650 | | | 65.3 | 122.0 | | | | | |
| 1,800 | | | 77.6 | 135.0 | | | | | |
| 2,000 | | | 96.5 | 178.0 | | | | | |
| 2,200 | | | 136.0 | | | | | | |
| 2,400 | | | 170.0 | | | | | | |
| 2,600 | | | 217.0 | | | | | | |
| 2,800 | | | 285.0 | | | | | | |

注1) 荷重＝(弁質量＋弁内水質量)×1.2 ×9.8/1,000 として算出したものである。

2) 内ねじ式電動仕切弁の荷重は、外ねじ式電動仕切弁に準ずる。

b. フラップ弁の荷重は、**表-13.17** による。

**表-13.17**　フラップ弁の荷重表

| 吐出し管口径 (mm) | フラップ弁口径 (mm) | 荷　重 (kN) | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 300 | 450 | 1.4 | |
| 350 | 500 | 1.7 | |
| 400 | 600 | 2.5 | |
| 450 | 700 | 3.2 | 丸 |
| 500 | 700 | 3.2 | |
| 600 | 800 | 4.0 | |
| 700 | 900 | 5.3 | |
| 800 | 1,000 | 6.5 | |
| 900 | 1,200 | 7.8 | |
| 1,000 | 1,350 | 10.2 | 形 |
| 1,200 | 1,500 | 14.4 | |
| 1,350 | 1,650 | 18.6 | |
| 1,500 | 1,800 | 24.0 | |
| 1,650 | 2,000 | 31.0 | |
| 1,800 | 1,800×2,600 | 38.0 | |
| 2,000 | 2,000×2,900 | 52.0 | 角 |
| 2,200 | 2,200×3,100 | 66.0 | |
| 2,400 | 2,400×3,400 | 77.0 | |
| 2,600 | 2,600×3,700 | 110.0 | 形 |
| 2,800 | 2,800×4,000 | 120.0 | |

注1)　荷重＝弁質量×1.2×9.8/1,000 として算出したものである。
2)　丸形は弁胴鋳鉄・弁体鋼板製、角形は弁胴・弁体とも鋼板製である。
3)　胴体長さ等はメーカーにより異なっており、本荷重は参考値として使用する。

(v) 管類の荷重は、**表-13.18** による。

**表-13.18** 管の荷重表 （管長さ 1m 当たり）

| 管　種 | ダクタイル鋳鉄管 | | 普 通 圧 鋼 管 | | 高 圧 鋼 管 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 呼び圧力 | 7.5 K | | 10 K | | 10～30 K | |
| 管 径 (mm) | 管荷重 (kN) | フランジ (1 枚) (kN) | 管荷重 (kN) | フランジ (1 枚) (kN) | 管荷重 (kN) | フランジ (1 枚) (kN) |
| 50 | － | 0.02 | 0.09 (3.8) | 0.02 | 0.09 (3.9) | 0.02 |
| 80(75) | 0.25 (8.5) | 0.05 | 0.17 (4.2) | 0.03 | 0.20 (5.5) | 0.05 |
| 100 | 0.35 (8.5) | 0.06 | 0.25 (4.5) | 0.04 | 0.30 (6.0) | 0.06 |
| 125 | － | － | 0.34 (4.5) | 0.06 | 0.40 (6.6) | 0.10 |
| 150 | 0.60 (9.0) | 0.07 | 0.46 (5.0) | 0.08 | 0.55 (7.1) | 0.12 |
| 200 | 1.0 (11.0) | 0.10 | 0.75 (5.8) | 0.09 | 0.90 (8.2) | 0.16 |
| 250 | 1.4 (12.0) | 0.14 | 1.1 (6.6) | 0.14 | 1.1 (9.3) | 0.28 |
| 300 | 1.9 (12.5) | 0.17 | 1.5 (6.9) | 0.15 | 1.8 (10.3) | 0.33 |
| 350 | 2.4 (13.0) | 0.23 | 1.7 (6.0) | 0.20 | 2.2 (11.1) | 0.46 |
| 400 | 3.0 (14.0) | 0.26 | 2.2 (6.0) | 0.28 | 2.8 (12.7) | 0.65 |
| 450 | 3.7 (14.5) | 0.34 | 2.7 (6.0) | 0.35 | 3.6 (14.3) | 0.85 |
| 500 | 4.4 (15.0) | 0.38 | 3.2 (6.0) | 0.40 | 4.4 (15.1) | 1.02 |
| 600 | 6.0 (16.0) | 0.47 | 4.4 (6.0) | 0.55 | | |
| 700 | 7.9 (17.0) | 0.60 | 5.9 (6.0) | 0.75 | | |
| 800 | 10 (18.0) | 0.80 | 7.7 (7.0) | 1.01 | | |
| 900 | 12 (19.0) | 1.02 | 9.5 (7.0) | 1.32 | | |
| 1,000 | 15 (20.0) | 1.21 | 12 (8.0) | 1.60 | | |
| 1,200 | 21 (22.0) | 1.68 | 17 (9.0) | | | |
| 1,350 | 26 (24.0) | 2.17 | 21 (10.0) | | | |
| 1,500 | 32 (26.0) | 2.59 | 26 (11.0) | | | |
| 1,650 | 38 (28.0) | 3.43 | 32 (12.0) | | | |
| 1,800 | 45 (30.0) | 3.81 | 38 (13.0) | | | |
| 2,000 | 55 (32.0) | 4.32 | 47 (15.0) | | | |
| 2,200 | 67 (34.0) | 5.09 | 56 (16.0) | | | |
| 2,400 | 77 (36.0) | 6.46 | 67 (18.0) | | | |
| 2,600 | 91 (37.5) | 6.59 | 79 (19.0) | | | |
| 2,800 | | | 92 (21.0) | | | |

注1) 管荷重は、管質量に水質量を加えて1.2倍 ×9.8/1,000 して算出したものである。

2) 管の規格は下記に示すが、設計条件により適応の規格は異なるため参考値とする。
( ) 内は管の肉厚を mm 単位で示している。

a. ダクタイル鋳鉄管 JIS G 5526 フランジ JIS G 5527 7.5K

b. 普通圧鋼管 JIS G 3443 STW フランジ JIS B 2220 10K

c. 高圧鋼管 JIS G 3454 STPG (Sch40) フランジ JIS B 2220 30K

3) フランジが多く入る場合には、フランジ荷重も考慮する。

4) 片落ち管は JIS G 3451, 5526, 5527 を参照すること。

(vi)　ポンプスラスト荷重は、**図-13.31～図-13.33**による。

一床式あるいはスラストを主ポンプで持つ場合、本荷重は不要とする。

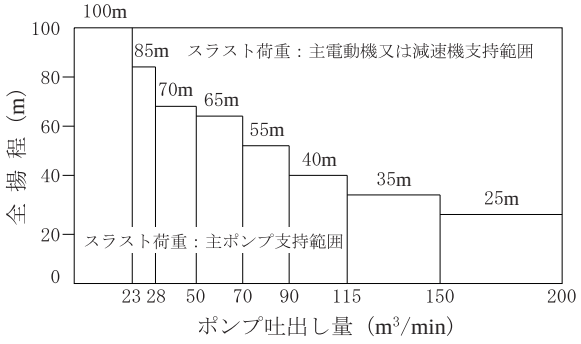
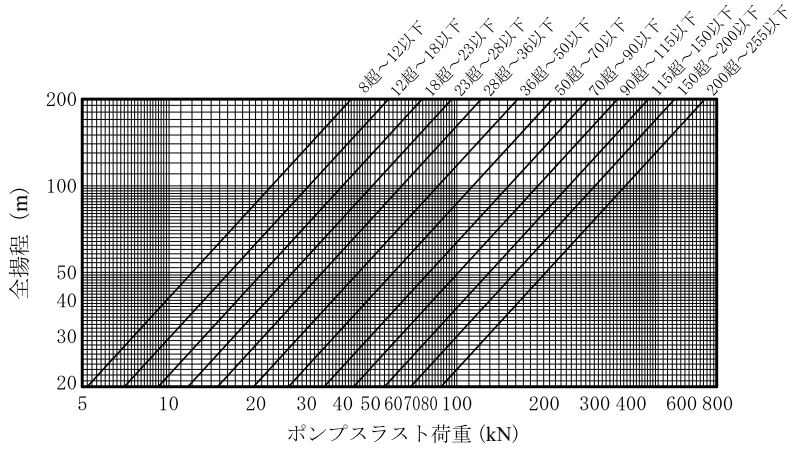
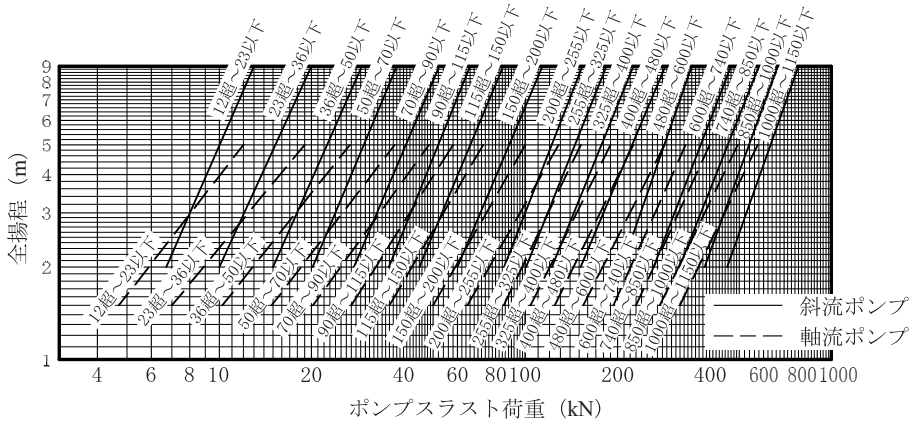



**図-13.31**　立軸片吸込渦巻ポンプスラスト荷重支持範囲




注）　図中の数字は吐出し量（m³/min）を示す。

**図-13.32**　立軸片吸込渦巻ポンプスラスト荷重




注1）　図中の数字は吐出し量（m³/min）を示す。
2）　多床式で、主ポンプスラストを減速機又は電動機で持つ場合。
3）　上表はⅠ型・Ⅲ型の場合を示す。
4）　Ⅱ型の場合、上表の 0.95倍とする。ただし、吐出し量 600m³/min を超えるものについては、高 Ns・高流速ポンプ設備計画設計技術指針（改訂版）を参照。
5）　低揚程分（斜流：3.2m以下、軸流：2.5m以下）は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上、適用する。

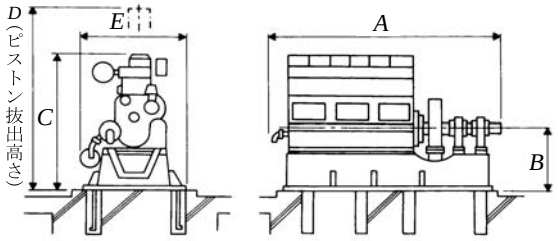
**図-13.33**　立軸軸流・斜流ポンプスラスト荷重選定図

(vii) ディーゼル機関の寸法及び質量は、**表-13.19～表-13.22**による。

機関出力は下記条件による。(詳細は「**6.2　主原動機の回転速度及び出力**」参照)

大気圧：100 kPa　　大気温度：25℃　　相対湿度：30%

a. 循環水冷式




注 1) 高弾性軸継手付の機関全長寸法とする。

ディーゼル機関回転速度は、750、900、1,000、1,200、1,500、1,800$min^{-1}$の 6 段階に取りまとめた。

**表-13.19**　ディーゼル機関（循環水冷式）寸法及び質量表（1/2）

| 機関出力 (kW) | 機関回転速度 ($min^{-1}$) | シリンダ数 | 主要寸法 (mm) | | | | | 質量（ウエット） (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | |
| 50 | 1,000 | 6 | 2,300 | 530 | 1,410 | 1,430 | 1,200 | 2,000 |
| | 1,200 | 6 | 2,300 | 530 | 1,410 | 1,430 | 1,200 | 2,000 |
| | 1,500 | 6 | 2,010 | 520 | 1,290 | 1,430 | 1,200 | 2,000 |
| | 1,800 | 6 | 2,010 | 520 | 1,290 | 1,430 | 1,200 | 2,000 |
| 100 | 1,000 | 6 | 2,300 | 530 | 1,410 | 1,430 | 1,200 | 2,300 |
| | 1,200 | 6 | 2,300 | 530 | 1,410 | 1,430 | 1,200 | 2,300 |
| | 1,500 | 6 | 2,300 | 530 | 1,410 | 1,430 | 1,200 | 2,200 |
| | 1,800 | 6 | 2,010 | 520 | 1,330 | 1,430 | 1,200 | 2,300 |
| 150 | 900 | 6 | 3,000 | 620 | 1,640 | 1,750 | 1,240 | 3,700 |
| | 1,000 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,200 | 6 | 2,380 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,500 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,800 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| 200 | 900 | 6 | 3,000 | 620 | 1,640 | 1,750 | 1,240 | 3,700 |
| | 1,000 | 6 | 3,000 | 620 | 1,640 | 1,750 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,200 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,500 | 6 | 2,380 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,800 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| 250 | 1,000 | 6 | 3,000 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,200 | 6 | 3,000 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,500 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| | 1,800 | 6 | 2,180 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,400 | 4,500 |
| 300 | 900 | 6 | 3,000 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| 350 | 750 | 6 | 3,320 | 950 | 2,360 | 3,100 | 1,710 | 9,000 |
| | 1,000 | 6 | 3,000 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,200 | 6 | 3,000 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,500 | 6 | 2,690 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,800 | 6 | 2,690 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| 400 | 750 | 6 | 3,320 | 950 | 2,360 | 3,100 | 1,710 | 9,000 |
| | 1,000 | 6 | 3,320 | 950 | 2,360 | 3,100 | 1,710 | 9,000 |
| | 1,200 | 6 | 3,290 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,500 | 6 | 2,690 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| | 1,800 | 6 | 2,690 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,320 | 6,000 |
| 450 | 1,500 | 6、12 | 3,380 | 800 | 2,200 | 2,030 | 1,500 | 11,000 |
| 500 | 750 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,200 | 6 | 3,150 | 740 | 1,910 | 1,990 | 1,400 | 5,480 |
| | 1,500 | 12 | 3,380 | 800 | 2,200 | 2,030 | 1,500 | 11,000 |
| | 1,800 | 12 | 3,380 | 800 | 2,200 | 2,030 | 1,500 | 11,000 |
| 550 | 750 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,880 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,500 | 12 | 3,380 | 830 | 2,200 | 2,030 | 1,640 | 11,000 |
| | 1,800 | 12 | 3,380 | 830 | 2,200 | 2,030 | 1,640 | 11,000 |

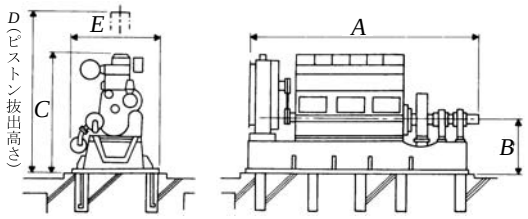
注）本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
（遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照）

**表-13.19** ディーゼル機関（循環水冷式）寸法及び質量表（2/2）

| 機関出力 (kW) | 機関回転速度 ($min^{-1}$) | シリンダ数 | 主要寸法 (mm) | | | | | 質量（ウエット） (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | |
| 650 | 750 | 8 | 5,300 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 17,000 |
| | 900 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| 700 | 750 | 8 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 2,890 | 17,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,590 | 1,970 | 15,000 |
| 800 | 750 | 8 | 5,300 | 1,000 | 2,890 | 2,830 | 2,050 | 17,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,680 | 1,000 | 2,890 | 2,580 | 1,970 | 15,000 |
| | 1,200 | 6 | 4,180 | 850 | 2,090 | 2,590 | 1,700 | 9,800 |
| 850 | 750 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| 950 | 750 | 6 | 5,740 | 1,200 | 3,310 | 3,170 | 2,290 | 23,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| 1,000 | 750 | 6 | 5,740 | 1,200 | 3,310 | 3,170 | 2,290 | 23,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| 1,100 | 750 | 6 | 5,740 | 1,200 | 3,310 | 3,170 | 2,290 | 23,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| 1,200 | 750 | 6 | 5,740 | 1,200 | 3,310 | 3,170 | 2,290 | 23,000 |
| | 1,000 | 6 | 4,980 | 1,150 | 2,840 | 2,820 | 2,090 | 19,000 |
| 1,300 | 750 | 6 | 5,810 | 1,300 | 3,560 | 3,370 | 2,300 | 30,000 |
| | 900 | 6 | 4,650 | 900 | 2,600 | 2,820 | 1,800 | 13,470 |
| | 1,000 | 6 | 4,650 | 900 | 2,600 | 2,820 | 1,800 | 13,470 |
| 1,400 | 750 | 6 | 5,540 | 1,150 | 3,420 | 3,610 | 2,090 | 29,000 |
| 1,500 | 750 | 8 | 6,680 | 1,150 | 3,570 | 3,610 | 2,090 | 32,000 |
| | 1,000 | 6 | 5,250 | 1,000 | 2,950 | 2,950 | 1,750 | 15,300 |
| 1,600 | 750 | 8 | 6,680 | 1,150 | 3,570 | 3,610 | 2,090 | 32,000 |
| | 1,200 | 6 | 5,250 | 1,000 | 2,950 | 2,950 | 1,750 | 15,300 |
| 1,700 | 750 | 8 | 6,710 | 1,300 | 3,740 | 3,610 | 2,300 | 32,000 |
| 1,800 | 750 | 6、8 | 6,710 | 1,300 | 3,740 | 3,610 | 2,850 | 32,000 |
| 1,900 | 750 | 8 | 6,710 | 1,300 | 3,740 | 3,610 | 2,300 | 32,000 |
| 2,000 | 750 | 8 | 6,710 | 1,300 | 3,740 | 3,610 | 2,300 | 32,000 |
| | 1,000 | 8 | 6,100 | 1,000 | 3,050 | 2,950 | 2,000 | 22,800 |

注） 本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
（遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照）

b. ラジエータ冷却方式




機関回転速度は、1,000、1,200、1,500、1,800min$^{-1}$の4段階に取りまとめた。

**表-13.20**　ディーゼル機関（ラジエータ冷却方式）寸法及び質量表

| 機関出力 (kW) | 機関回転速度 (min$^{-1}$) | シリンダ数 | 主要寸法 (mm) | | | | | 質量（ウエット） (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | |
| 50 | 1,200 | 6 | 2,700 | 530 | 1,520 | 1,430 | 1,400 | 3,500 |
| | 1,500 | 6 | 2,700 | 520 | 1,330 | 1,430 | 1,400 | 3,500 |
| | 1,800 | 6 | 2,700 | 520 | 1,330 | 1,430 | 1,400 | 3,500 |
| 100 | 1,200 | 6 | 3,300 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,300 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,500 | 3,800 |
| | 1,800 | 6 | 2,700 | 530 | 1,520 | 1,430 | 1,400 | 3,800 |
| 150 | 1,200 | 6 | 3,300 | 560 | 1,600 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,300 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| | 1,800 | 6 | 2,700 | 530 | 1,520 | 1,430 | 1,400 | 3,800 |
| 200 | 1,000 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,200 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,300 | 560 | 1,600 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| | 1,800 | 6 | 3,300 | 560 | 1,600 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| 250 | 1,000 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,200 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,800 | 6 | 3,300 | 560 | 1,550 | 1,670 | 1,500 | 4,800 |
| 300 | 1,200 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,800 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| 350 | 1,200 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 5,800 |
| | 1,500 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 12,000 |
| | 1,800 | 6 | 3,890 | 750 | 1,800 | 2,450 | 1,780 | 12,000 |
| 400 | 1,200 | 6 | 3,450 | 620 | 1,640 | 1,750 | 1,350 | 5,000 |
| 500 | 1,500 | 6 | 3,280 | 830 | 1,650 | 1,780 | 1,690 | 5,400 |
| 550 | 1,800 | 6 | 3,280 | 830 | 1,650 | 1,780 | 1,690 | 5,400 |

注）本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
（遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照）

c. 空冷方式

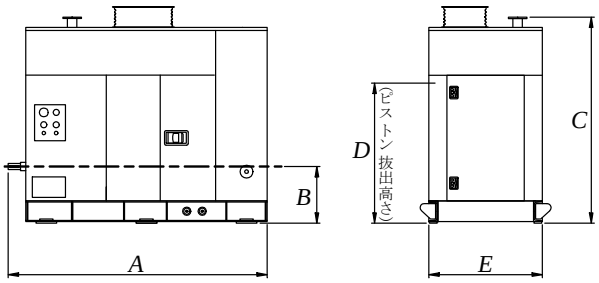



**表-13.21** パッケージ型ディーゼル機関（空冷方式）寸法及び質量表

| 機関出力 (kW) | 機関回転速度 ($min^{-1}$) | シリンダ数 | 過給方式 | 主要寸法 (mm) | | | | | 質量（ウエット） (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | |
| 24 | 1,500 | 3 | 無過給 | 2,170 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,100 | 1,550 |
| 28 | 1,800 | | | | | | | | |
| 32 | 1,500 | 4 | 無過給 | 2,270 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,100 | 1,600 |
| 38 | 1,800 | | | | | | | | |
| 40 | 1,500 | 5 | 無過給 | 2,470 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,100 | 1,700 |
| 48 | 1,800 | | | | | | | | |
| 48 | 1,500 | 6 | 無過給 | 2,570 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,100 | 1,800 |
| 57 | 1,800 | | | | | | | | |
| 51 | 1,500 | 4 | 過給 | 2,270 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,100 | 1,650 |
| 59 | 1,800 | | | | | | | | |
| 77 | 1,500 | 6 | 過給 | 2,770 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,300 | 2,100 |
| 88 | 1,800 | | | | | | | | |
| 99 | 1,500 | 6 | 高過給 | 2,770 | 550 | 2,000 | 1,300 | 1,300 | 2,150 |
| 118 | 1,800 | | | | | | | | |
| 137 | 1,500 | 8 | 過給 | 2,570 | 550 | 2,000 | 1,350 | 1,800 | 2,900 |
| 165 | 1,800 | | | | | | | | |
| 230 | 1,500 | 12 | 高過給 | 2,970 | 550 | 2,000 | 1,350 | 1,800 | 3,500 |
| 272 | 1,800 | | | | | | | | |

注 1) 始動方式は電気又は空気始動式である。
2) 過給方式のうち高過給は、空気冷却器（インタークーラ）付過給器のことをいう。
3) 本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
(遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照)

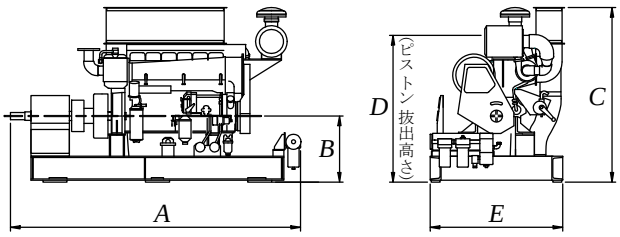



**表-13.22**　オープン型ディーゼル機関（空冷方式）寸法及び質量表

| 機関出力 (kW) | 機関回転速度 ($min^{-1}$) | シリンダ数 | 過給方式 | 主要寸法 (mm) | | | | | 質量（ウエット） (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | |
| 24 | 1,500 | 3 | 無過給 | 1,990 | 550 | 1,410 | 1,300 | 1,100 | 1,000 |
| 28 | 1,800 | | | | | | | | |
| 32 | 1,500 | 4 | 無過給 | 2,090 | 550 | 1,410 | 1,300 | 1,100 | 1,050 |
| 38 | 1,800 | | | | | | | | |
| 40 | 1,500 | 5 | 無過給 | 2,290 | 550 | 1,410 | 1,300 | 1,100 | 1,150 |
| 48 | 1,800 | | | | | | | | |
| 48 | 1,500 | 6 | 無過給 | 2,390 | 550 | 1,410 | 1,300 | 1,100 | 1,250 |
| 57 | 1,800 | | | | | | | | |
| 51 | 1,500 | 4 | 過給 | 2,090 | 550 | 1,450 | 1,300 | 1,109 | 1,100 |
| 59 | 1,800 | | | | | | | | |
| 77 | 1,500 | 6 | 過給 | 2,390 | 550 | 1,452 | 1,300 | 1,123 | 1,350 |
| 88 | 1,800 | | | | | | | | |
| 99 | 1,500 | 6 | 高過給 | 2,390 | 550 | 1,527 | 1,300 | 1,132 | 1,400 |
| 118 | 1,800 | | | | | | | | |
| 137 | 1,500 | 8 | 過給 | 2,690 | 550 | 1,280 | 1,350 | 1,660 | 2,000 |
| 165 | 1,800 | | | | | | | | |
| 230 | 1,500 | 12 | 高過給 | 3,090 | 550 | 1,550 | 1,350 | 1,660 | 2,550 |
| 272 | 1,800 | | | | | | | | |

注 1)　始動方式は電気又は空気始動式である。

2)　過給方式のうち高過給は、空気冷却器（インタークーラ）付過給器のことをいう。

3)　本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
（遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照）

(viii) 横軸ガスタービンの寸法及び質量は、**表-13.23** による。

機関出力は下記条件による。(詳細は「**6.2 主原動機の回転速度及び出力**」参照)

大気圧：100kPa　　大気温度：25℃　　相対湿度：30%

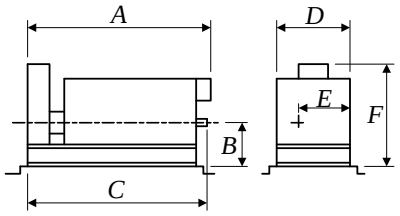



**表-13.23** 横軸ガスタービン寸法及び質量表 (1/2)

| 型番 | 機関出力 範囲 (kW) | 出力軸 回転速度 ($min^{-1}$) | 軸形式 | 主要寸法 (mm) | | | | | | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | |
| B- 1 | 533 | 1,000 | 2 軸式 | 2,800 | 700 | 2,630 | 1,500 | 750 | 3,430 | 4,150 |
| B- 2 | 680 | 1,000 | 2 軸式 | 2,800 | 700 | 2,630 | 1,500 | 750 | 3,430 | 4,250 |
| B- 3 | 1,066 | 750/1,000/1,800 | 2 軸式 | 3,100 | 900 | 2,620 | 2,300 | 1,150 | 4,270 | 7,900 |
| B- 4 | 1,360 | 750/1,000 | 2 軸式 | 3,100 | 900 | 2,620 | 2,300 | 1,150 | 4,270 | 8,200 |
| B- 5 | 1,545 | 750/1,000 | 2 軸式 | 5,350 | 1,050 | 5,120 | 2,000 | 1,000 | 3,500 | 12,000 |
| C- 1 | 750 | 900～1,200 | 2 軸式 | 4,000 | 1,250 | 4,062 | 1,650 | 900 | 5,000 | 11,200 |
| C- 2 | 900 | 900～1,200 | 2 軸式 | 4,000 | 1,250 | 4,062 | 1,650 | 900 | 5,000 | 11,200 |
| C- 3 | 1,000 | 900～1,200 | 2 軸式 | 4,000 | 1,250 | 4,062 | 1,650 | 900 | 5,000 | 11,200 |
| C- 4 | 1,500 | 750～1,500 | 2 軸式 | 4,050 | 1,350 | 4,100 | 2,600 | 1,300 | 5,750 | 19,200 |
| C- 5 | 1,800 | 750～1,500 | 2 軸式 | 4,050 | 1,350 | 4,100 | 2,600 | 1,300 | 5,750 | 19,200 |
| C- 6 | 2,000 | 750～1,500 | 2 軸式 | 4,050 | 1,350 | 4,100 | 2,600 | 1,300 | 5,750 | 19,200 |
| C- 7 | 11,000 | 5,000 | 2 軸式 | 7,860 | 1,600 | 7,466 | 3,200 | 1,600 | 3,040 | 33,000 |
| C- 8 | 200 | 1,500 | 1 軸式 | 1,850 | 530 | 1,550 | 1,200 | 700 | 3,000 | 2,350 |
| C- 9 | 260 | 1,500 | 1 軸式 | 2,205 | 700 | 1,745 | 1,350 | 650 | 3,250 | 3,350 |
| C-10 | 375 | 1,500 | 1 軸式 | 2,205 | 700 | 1,745 | 1,350 | 650 | 3,250 | 3,350 |
| C-11 | 450 | 1,500 | 1 軸式 | 3,090 | 700 | 2,510 | 1,500 | 500 | 3,600 | 4,900 |
| C-12 | 580 | 1,500 | 1 軸式 | 3,090 | 700 | 2,510 | 1,500 | 500 | 3,600 | 4,900 |
| C-13 | 750 | 1,500 | 1 軸式 | 3,705 | 820 | 3,212 | 1,650 | 750 | 4,550 | 8,550 |
| C-14 | 1,000 | 1,500 | 1 軸式 | 3,705 | 820 | 3,212 | 1,650 | 750 | 4,550 | 8,550 |
| C-15 | 1,300 | 1,500 | 1 軸式 | 3,705 | 820 | 3,212 | 1,650 | 750 | 4,550 | 8,550 |
| C-16 | 1,500 | 1,500 | 1 軸式 | 4,105 | 1,000 | 3,788 | 1,650 | 750 | 4,550 | 9,650 |
| C-17 | 1,700 | 1,500 | 1 軸式 | 4,105 | 1,000 | 3,788 | 1,650 | 750 | 4,550 | 9,650 |
| C-18 | 2,000 | 1,500 | 1 軸式 | 3,855 | 1,000 | 3,508 | 2,400 | 1,200 | 4,650 | 13,800 |
| C-19 | 2,300 | 1,500 | 1 軸式 | 3,855 | 1,000 | 3,508 | 2,400 | 1,200 | 4,650 | 13,800 |
| C-20 | 2,600 | 1,500 | 1 軸式 | 3,855 | 1,000 | 3,508 | 2,400 | 1,200 | 4,650 | 13,800 |
| C-21 | 2,900 | 1,500 | 1 軸式 | 4,005 | 1,000 | 3,705 | 2,400 | 1,200 | 4,650 | 14,950 |
| C-22 | 3,200 | 1,500 | 1 軸式 | 4,255 | 1,000 | 3,918 | 2,600 | 1,300 | 4,650 | 17,050 |

注 1) 表中の B、C は、一般的に使われている型番を表す。

2) 本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
(遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照)

**表-13.23**　横軸ガスタービン寸法及び質量表（2/2）

| 型番 | 機関出力 範囲 (kW) | 出力軸 回転速度 ($min^{-1}$) | 軸形式 | 主要寸法 (mm) | | | | | | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | |
| D- 1 | 189～ 386 | 800～1,200 | 2 軸式 | 3,100 | 775 | 2,500 | 2,800 | 700 | 2,250 | 3,700 |
| D- 2 | 387～ 580 | 650～1,000 | 2 軸式 | 4,000 | 910 | 3,000 | 3,300 | 800 | 2,745 | 5,400 |
| D- 3 | 581～ 965 | 650～1,000 | 2 軸式 | 4,900 | 1,235 | 3,800 | 3,600 | 1,000 | 3,800 | 9,300 |
| D- 4 | 189～ 386 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 4,250 | 620 | 3,550 | 1,550 | 803 | 3,250 | 3,000 |
| D- 5 | 387～ 580 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 5,500 | 742 | 4,500 | 1,800 | 1,055 | 3,600 | 4,500 |
| D- 6 | 581～ 773 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 5,500 | 767 | 4,500 | 2,300 | 1,150 | 3,600 | 6,300 |
| D- 7 | 774～ 965 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 6,300 | 945 | 5,300 | 2,100 | 1,324 | 3,900 | 8,200 |
| D- 8 | 966～1,158 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 5,700 | 737 | 4,700 | 2,300 | 1,150 | 3,900 | 7,200 |
| D- 9 | 1,159～1,931 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 6,800 | 1,070 | 5,800 | 2,800 | 1,400 | 4,200 | 15,000 |
| E- 1 | 917 | 1,000 | 2 軸式 | 4,250 | 1,000 | 4,500 | 2,250 | 1,125 | 4,350 | 13,500 |
| E- 2 | 1,471 | 1,000 | 2 軸式 | 4,250 | 1,000 | 4,500 | 2,250 | 1,125 | 4,350 | 13,500 |
| E- 3 | 2,342 | 1,000 | 2 軸式 | 5,000 | 1,100 | 5,400 | 3,200 | 1,600 | 4,450 | 22,000 |
| E- 4 | 2,941 | 1,000 | 2 軸式 | 5,000 | 1,100 | 5,400 | 3,200 | 1,600 | 4,450 | 22,000 |
| E-10 | 298 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 2,300 | 755 | 2,550 | 1,300 | 650 | 2,800 | 3,800 |
| E-11 | 496 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 2,140 | 740 | 2,390 | 1,300 | 650 | 3,000 | 3,800 |
| E-12 | 794 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 2,800 | 920 | 3,050 | 1,570 | 785 | 3,500 | 7,500 |
| E-13 | 993 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 3,000 | 910 | 3,250 | 1,630 | 815 | 3,800 | 8,000 |
| E-14 | 1,192 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 3,000 | 910 | 3,250 | 1,630 | 815 | 3,800 | 8,000 |
| E-15 | 1,589 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 3,400 | 950 | 3,800 | 1,700 | 850 | 3,900 | 9,500 |
| E-16 | 1,986 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 4,000 | 1,030 | 4,400 | 2,140 | 1,070 | 4,300 | 13,000 |
| E-17 | 2,383 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 4,000 | 1,030 | 4,400 | 2,140 | 1,070 | 4,300 | 14,000 |
| E-18 | 3,177 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 4,000 | 1,150 | 4,400 | 2,730 | 1,365 | 5,200 | 19,000 |
| E-19 | 3,575 | 1,500/1,800 | 1 軸式 | 4,500 | 1,160 | 4,900 | 3,000 | 1,500 | 5,600 | 25,000 |
| F- 1 | 368 | 780～1,200 | 2 軸式 | 2,900 | 930 | 3,100 | 2,550 | 900 | 2,760 | 4,680 |
| F- 2 | 608 | 650～1,000 | 2 軸式 | 3,200 | 855 | 3,300 | 2,900 | 1,100 | 3,260 | 6,580 |
| F- 3 | 206～ 243 | 1,500 | 1 軸式 | 3,250 | 632 | 2,950 | 1,230 | 685 | 2,275 | 3,670 |
| F- 4 | 320～ 405 | 1,500 | 1 軸式 | 4,200 | 762 | 3,900 | 1,400 | 645 | 2,355 | 4,620 |
| F- 5 | 533～ 633 | 1,500 | 1 軸式 | 4,850 | 816 | 4,550 | 1,560 | 912 | 2,760 | 5,710 |
| F- 6 | 700～ 802 | 1,500 | 1 軸式 | 5,220 | 816 | 4,920 | 1,560 | 912 | 2,935 | 6,420 |
| F- 7 | 1,066～1,269 | 1,500 | 1 軸式 | 5,700 | 867 | 5,300 | 2,000 | 980 | 3,310 | 9,900 |
| F- 8 | 1,400～1,603 | 1,500 | 1 軸式 | 6,300 | 867 | 5,900 | 2,000 | 980 | 3,510 | 11,800 |
| F- 9 | 1,802～1,938 | 1,500 | 1 軸式 | 6,300 | 1,180 | 5,900 | 2,600 | 1,433 | 4,160 | 16,820 |
| F-10 | 2,402 | 1,500 | 1 軸式 | 6,900 | 1,180 | 6,500 | 2,700 | 1,533 | 4,360 | 18,500 |

注 1)　表中の D、E、F は、一般的に使われている型番を表す。

2)　本表の寸法及び質量にはクラッチが含まれていないため、クラッチを設ける場合は別途追加のこと。
（遠心クラッチ参考寸法については**表-16.6** 参照）

(ix) 立軸ガスタービンの寸法及び質量は、**表-13.24** による。

機関出力は下記条件による。(詳細は「**6.2 主原動機の回転速度及び出力**」参照)

大気圧：100kPa　　大気温度：25℃　　相対湿度：30%

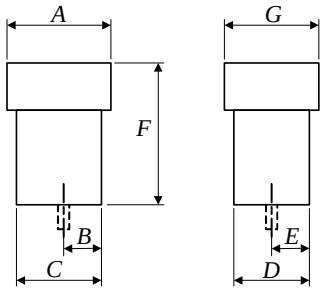



**表-13.24** 立軸ガスタービン寸法及び質量表

| 型番 | 機関出力 範囲 (kW) | 出力軸 回転速度 ($min^{-1}$) | 軸形式 | 主要寸法 (mm) | | | | | | | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *G* | |
| A- 1 | 393 | 100～1,000 | 2軸式 | 2,700 | 1,000 | 2,000 | 1,900 | 1,050 | 4,360 | 2,500 | 10,500 |
| A- 2 | 518 | 100～1,000 | 2軸式 | 2,700 | 1,000 | 2,000 | 1,900 | 1,050 | 4,360 | 2,500 | 10,500 |
| A- 3 | 661 | 100～1,000 | 2軸式 | 2,700 | 1,000 | 2,000 | 1,900 | 1,050 | 4,360 | 2,500 | 10,500 |
| A- 4 | 1,036 | 100～ 500 | 2軸式 | 3,500 | 1,400 | 2,800 | 2,500 | 1,400 | 4,830 | 3,100 | 21,500 |
| A- 5 | 1,322 | 100～ 500 | 2軸式 | 3,500 | 1,400 | 2,800 | 2,500 | 1,400 | 4,830 | 3,100 | 21,500 |
| A- 6 | 1,520 | 100～ 500 | 2軸式 | 3,200 | 1,250 | 2,500 | 2,900 | 1,255 | 4,450 | 3,340 | 28,000 |
| B- 1 | 11,000 | 5,000 | 2軸式 | 7,800 | 6,449 | 7,800 | 2,800 | 1,400 | 3,700 | 2,800 | 33,000 |
| C- 1 | 189～386 | 200～300 | 2軸式 | 2,250 | 1,125 | 2,250 | 1,750 | 875 | 2,955 | 1,750 | 4,300 |
| C- 2 | 387～580 | 200～300 | 2軸式 | 2,800 | 1,300 | 2,800 | 2,300 | 1,200 | 4,300 | 2,300 | 11,000 |
| C- 3 | 581～965 | 200～300 | 2軸式 | 3,500 | 1,700 | 3,600 | 2,800 | 1,450 | 5,400 | 2,800 | 15,500 |
| D- 1 | 780～1,185 | 108～240/ 240～500 | 2軸式 | 2,500/ 2,500 | 970/ 970 | 2,500/ 2,500 | 2,400/ 2,400 | 1,200/ 1,200 | 5,815/ 5,435 | 2,400/ 2,400 | 26,000/ 26,000 |
| D- 2 | 1,185～1,581 | 108～240/ 240～500 | 2軸式 | 2,500/ 2,500 | 970/ 970 | 2,500/ 2,500 | 2,400/ 2,400 | 1,200/ 1,200 | 5,815/ 5,435 | 2,400/ 2,400 | 26,500/ 26,500 |
| D- 3 | 1,581～2,213 | 108～240/ 240～500 | 2軸式 | 2,500/ 2,500 | 970/ 970 | 2,500/ 2,500 | 2,400/ 2,400 | 1,200/ 1,200 | 5,815/ 5,435 | 2,400/ 2,400 | 27,000/ 27,000 |
| D- 4 | 2,213～2,499 | 108～240/ 240～500 | 2軸式 | 2,600/ 2,500 | 970/ 970 | 2,600/ 2,500 | 2,600/ 2,400 | 1,300/ 1,200 | 5,930/ 5,520 | 2,600/ 2,400 | 29,000/ 29,000 |

注 1) 同一形式内最大出力時の寸法である。

2) 同一形式内の最大出力時のパッケージの最大質量である。

3) 表中の A、B…は、一般的に使われている型番を表す。

(x)　自家用発電機の寸法及び質量は、**表-13.25～表-13.26** による。

機関出力は下記条件による。(詳細は「**6.2　主原動機の回転速度及び出力**」参照)

大気圧：100kPa　　大気温度：25℃　　相対湿度：30%

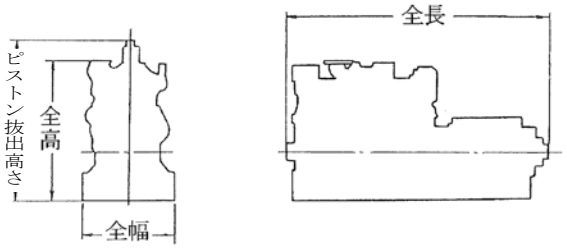



**表-13.25**　ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表　(a)　循環水冷式　　(1/3)

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 発電機 周波数 (Hz) | 発電機 電圧 (V) | ディーゼル機関 出力 (kW) | ディーゼル機関 回転速度 ($min^{-1}$) | 主要寸法 (mm) 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A- 1 | 62.5 | 50 | 200～400 | 58 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,500 |
| | | 60 | 220～440 | 58 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,500 |
| A- 2 | 75 | 50 | 200～400 | 69 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,500 |
| | | 60 | 220～440 | 69 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,500 |
| A- 3 | 100 | 50 | 200～400 | 91 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| | | 60 | 220～440 | 91 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,500 |
| A- 4 | 125 | 50 | 200～400 | 114 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| | | 60 | 220～440 | 114 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| A- 5 | 150 | 50 | 200～400 | 136 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,900 |
| | | 60 | 220～440 | 136 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| A- 6 | 200 | 50 | 200～6,000 | 179 | 1,500 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,900 |
| | | 60 | 220～6,600 | 179 | 1,800 | 2,830 | 900 | 1,370 | 1,510 | 電・空気 | 2,900 |
| A- 7 | 250 | 50 | 200～6,000 | 222 | 1,500 | 3,150 | 1,380 | 1,695 | 1,570 | 電・空気 | 4,600 |
| | | 60 | 220～6,600 | 222 | 1,800 | 3,150 | 1,380 | 1,695 | 1,570 | 電・空気 | 4,600 |
| A- 8 | 300 | 50 | 200～6,000 | 264 | 1,500 | 3,150 | 1,380 | 1,695 | 1,570 | 電・空気 | 4,600 |
| | | 60 | 220～6,600 | 264 | 1,800 | 3,150 | 1,380 | 1,695 | 1,570 | 電・空気 | 4,600 |
| A- 9 | 375 | 50 | 200～6,000 | 327 | 1,500 | 3,680 | 1,600 | 2,100 | 2,550 | 電・空気 | 7,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 327 | 1,800 | 3,270 | 1,350 | 1,700 | 1,570 | 電・空気 | 4,800 |
| A-10 | 400 | 50 | 200～6,000 | 344 | 1,500 | 3,680 | 1,600 | 2,100 | 2,550 | 電・空気 | 7,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 344 | 1,800 | 3,270 | 1,350 | 1,700 | 1,570 | 電・空気 | 4,800 |
| A-11 | 500 | 50 | 200～6,000 | 431 | 1,500 | 3,680 | 1,600 | 2,100 | 2,550 | 電・空気 | 7,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 431 | 1,800 | 3,680 | 1,600 | 2,100 | 2,550 | 電・空気 | 7,000 |
| A-12 | 625 | 50 | 400～6,000 | 539 | 1,000 | 4,700 | 1,920 | 2,330 | 3,150 | 空気 | 11,000 |
| | | 60 | 440～6,600 | 539 | 900 | 4,700 | 1,920 | 2,330 | 3,150 | 空気 | 11,000 |

注 1)　電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。
2)　表中の A は、一般的に使われている型番を表す。

**表-13.25** ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表 (a) 循環水冷式 (2/3)

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 発電機 | | ディーゼル機関 | | 主要寸法 (mm) | | | | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 周波数 (Hz) | 電圧 (V) | 出力 (kW) | 回転速度 ($min^{-1}$) | 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | | |
| A-13 | 750 | 50 | 400～6,000 | 645 | 1,500 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| | | 60 | 440～6,600 | 645 | 1,800 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| A-14 | 875 | 50 | 400～6,000 | 752 | 1,500 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| | | 60 | 440～6,600 | 752 | 1,800 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| A-15 | 1,000 | 50 | 400～6,000 | 856 | 1,500 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| | | 60 | 440～6,600 | 856 | 1,800 | 4,450 | 1,950 | 2,300 | 2,130 | 電・空気 | 11,500 |
| B-12 | 125 | 50 | 200～440 | 128 | 1,500 | 3,000 | 1,050 | 1,400 | 1,450 | 電気 | 2,900 |
| | | 60 | | 145 | 1,800 | | | | | | |
| B-14 | 150 | 50 | 200～440 | 180 | 1,500 | 3,100 | 1,050 | 1,500 | 1,450 | 電気 | 3,000 |
| | | 60 | | 145 | 1,800 | 3,000 | | 1,400 | | | 2,900 |
| B-16 | 200 | 50 | 200～6,600 | 180 | 1,500 | 3,100 | 1,050 | 1,500 | 1,450 | 電気 | 3,000 |
| | | 60 | | 224 | 1,800 | | | | | | |
| B-18 | 250 | 50 | 200～6,600 | 224 | 1,500 | 3,200 | 1,050 | 1,500 | 1,450 | 電気 | 3,200 |
| | | 60 | | | 1,800 | 3,100 | | | | | 3,000 |
| B-20 | 300 | 50 | 200～6,600 | 278 | 1,500 | 3,350 | 1,050 | 1,500 | 1,450 | 電気 | 3,300 |
| | | 60 | | | 1,800 | 3,200 | | | | | 3,200 |
| B-22 | 375 | 50 | 200～6,600 | 562 | 1,500 | 3,600 | 1,500 | 1,670 | 1,661 | 電気 | 5,350 |
| | | 60 | | 595 | 1,800 | | | | | | |
| B-27 | 500 | 50 | 200～6,600 | 562 | 1,500 | 3,600 | 1,500 | 1,670 | 1,661 | 電気 | 5,350 |
| | | 60 | | 595 | 1,800 | | | | | | |
| B-28 | 625 | 50 | 200～6,600 | 562 | 1,500 | 3,600 | 1,500 | 1,670 | 1,661 | 電気 | 5,350 |
| | | 60 | | 595 | 1,800 | | | | | | |
| B-29 | 750 | 50 | 200～6,600 | 668 | 1,500 | 3,800 | 1,900 | 2,600 | 1,600 | 電気 | 8,800 |
| | | 60 | | 679 | 1,800 | | | | | | |
| B-30 | 875 | 50 | 200～6,600 | 880 | 1,500 | 3,950 | 1,900 | 2,600 | 1,600 | 電気 | 9,300 |
| | | 60 | | 891 | 1,800 | | | | | | |
| B-31 | 1,000 | 50 | 200～6,600 | 880 | 1,500 | 3,950 | 1,900 | 2,600 | 1,600 | 電気 | 9,300 |
| | | 60 | | 891 | 1,800 | | | | | | |

注 1) 電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。
2) 表中の A、B は、一般的に使われている型番を表す。

**表-13.25**　ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表　(a)　循環水冷式　　(3/3)

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 発電機 | | ディーゼル機関 | | 主要寸法 (mm) | | | | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 周波数 (Hz) | 電圧 (V) | 出力 (kW) | 回転速度 ($min^{-1}$) | 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | | |
| B-32 | 1,250 | 50 | 200～ | 1,106 | 1,500 | 4,000 | 1,900 | 2,600 | 1,600 | 電気 | 9,350 |
| | | 60 | 6,600 | 1,127 | 1,800 | | | | | | |
| B-33 | 1,500 | 50 | 200～ | 1,530 | 1,500 | 4,670 | 1,675 | 2,395 | 2,030 | 電気 | 14,000 |
| | | 60 | 6,600 | 1,618 | 1,800 | | | | | | |
| B-34 | 2,000 | 50 | 200～ | 2,354 | 750 | 9,100 | 2,650 | 4,100 | 4,100 | 空気 | 71,000 |
| | | 60 | 6,600 | | 720 | | | | | | |
| B-35 | 2,500 | 50 | 200～ | 2,354 | 750 | 9,100 | 2,650 | 4,100 | 4,100 | 空気 | 71,000 |
| | | 60 | 6,600 | | 720 | | | | | | |
| B-36 | 3,125 | 50 | 200～ | 2,648 | 750 | 9,100 | 2,650 | 4,100 | 4,100 | 空気 | 71,000 |
| | | 60 | 6,600 | | 720 | | | | | | |
| B-37 | 3,750 | 50 | 200～ | 3,457 | 750 | 9,700 | 2,650 | 4,100 | 4,100 | 空気 | 79,000 |
| | | 60 | 6,600 | | 720 | | | | | | |
| B-38 | 4,000 | 50 | 200～ | 3,475 | 750 | 9,700 | 2,650 | 4,100 | 4,100 | 空気 | 79,000 |
| | | 60 | 6,600 | | 720 | | | | | | |
| C- 1 | 200 | 50 | 220～ | 573 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | － | 1,800 | | | | | | |
| C- 2 | 250 | 50 | 220～ | 184 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | 221 | 1,800 | | | | | | |
| C- 3 | 300 | 50 | 220～ | 184 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | 221 | 1,800 | | | | | | |
| C- 4 | 375 | 50 | 220～ | 441 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | 221 | 1,800 | | | | | | |
| C- 5 | 400 | 50 | 220～ | 441 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | | 1,800 | | | | | | |
| C- 6 | 500 | 50 | 220～ | 441 | 1,500 | 3,630 | 1,090 | 2,010 | 2,010 | 電・空気 | 6,900 |
| | | 60 | 6,600 | | 1,800 | | | | | | |
| C- 7 | 625 | 50 | 220～ | 735 | 1,500 | 4,880 | 1,800 | 2,450 | 2,950 | 空気 | 14,000 |
| | | 60 | 6,600 | 588 | 1,200 | | | | | | |
| C- 8 | 750 | 50 | 220～ | 735 | 1,000 | 4,880 | 1,800 | 2,450 | 2,950 | 空気 | 14,000 |
| | | 60 | 6,600 | 809 | 1,200 | | | | | | |
| C- 9 | 875 | 50 | 220～ | 1,103 | 1,000 | 5,500 | 2,000 | 2,790 | 2,900 | 空気 | 16,000 |
| | | 60 | 6,600 | 809 | 1,200 | 4,880 | 1,800 | 2,450 | 2,950 | 空気 | 14,000 |
| C-10 | 1,000 | 50 | 220～ | 1,103 | 1,000 | 5,500 | 2,000 | 2,790 | 2,900 | 空気 | 16,000 |
| | | 60 | 6,600 | 956 | 900 | | | | | | |
| C-11 | 1,250 | 50 | 220～ | 1,500 | 1,000 | 6,470 | 2,600 | 3,050 | 3,050 | 空気 | 25,100 |
| | | 60 | 6,600 | 1,650 | 1,200 | | | | | | |
| C-12 | 1,500 | 50 | 220～ | 1,500 | 1,000 | 6,470 | 2,600 | 3,050 | 3,050 | 空気 | 25,100 |
| | | 60 | 6,600 | 1,650 | 1,200 | | | | | | |
| C-13 | 1,750 | 50 | 220～ | 1,500 | 1,000 | 6,470 | 2,600 | 3,050 | 3,050 | 空気 | 25,100 |
| | | 60 | 6,600 | 1,650 | 1,200 | | | | | | |
| C-14 | 2,750 | 50 | 220～ | 3,000 | 1,000 | 7,260 | 1,900 | 3,200 | 3,200 | 空気 | 36,000 |
| | | 60 | 6,600 | 3,300 | 1,200 | | | | | | |
| C-15 | 3,500 | 50 | 220～ | 3,000 | 1,000 | 7,260 | 1,900 | 3,200 | 3,200 | 空気 | 36,000 |
| | | 60 | 6,600 | 3,300 | 1,200 | | | | | | |

注 1)　電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。
　2)　表中の B、C は、一般的に使われている型番を表す。

**表-13.25** ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表 (b) ラジエータ冷却方式 (1/2)

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 発電機 | | ディーゼル機関 | | 主要寸法 (mm) | | | | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 周波数 (Hz) | 電圧 (V) | 出力 (kW) | 回転速度 ($min^{-1}$) | 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | | |
| A- 1 | 62.5 | 50 | 200～400 | 58 | 1,500 | 2,880 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,200 |
| | | 60 | 220～440 | 58 | 1,800 | 2,880 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,200 |
| A- 2 | 75 | 50 | 200～400 | 69 | 1,500 | 2,880 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,200 |
| | | 60 | 220～440 | 69 | 1,800 | 2,880 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,200 |
| A- 3 | 100 | 50 | 200～400 | 91 | 1,500 | 2,960 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,300 |
| | | 60 | 220～440 | 91 | 1,800 | 2,880 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,200 |
| A- 4 | 125 | 50 | 200～400 | 114 | 1,500 | 3,150 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| | | 60 | 220～440 | 114 | 1,800 | 2,960 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,300 |
| A- 5 | 150 | 50 | 200～400 | 136 | 1,500 | 3,150 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| | | 60 | 220～440 | 136 | 1,800 | 3,150 | 1,400 | 1,510 | 1,510 | 電・空気 | 2,700 |
| A- 6 | 200 | 50 | 200～400 | 179 | 1,500 | 3,150 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 4,800 |
| | | 60 | 220～440 | 179 | 1,800 | 4,100 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 4,500 |
| A- 7 | 250 | 50 | 200～400 | 222 | 1,500 | 4,100 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 4,800 |
| | | 60 | 220～440 | 222 | 1,800 | 4,100 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 5,000 |
| A- 8 | 300 | 50 | 200～400 | 264 | 1,500 | 4,100 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 5,000 |
| | | 60 | 220～440 | 264 | 1,800 | 4,100 | 1,500 | 1,950 | 1,570 | 電・空気 | 5,000 |
| A- 9 | 375 | 50 | 200～6,000 | 370 | 1,500 | 5,300 | 1,780 | 2,325 | 2,440 | 電・空気 | 10,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 370 | 1,800 | 5,300 | 1,780 | 2,325 | 2,440 | 電・空気 | 10,000 |
| A-10 | 400 | 50 | 200～6,000 | 385 | 1,500 | 5,300 | 1,780 | 2,325 | 2,440 | 電・空気 | 10,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 385 | 1,800 | 5,300 | 1,780 | 2,325 | 2,440 | 電・空気 | 10,000 |
| A-11 | 500 | 50 | 200～6,000 | 478 | 1,500 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| | | 60 | 220～6,600 | 478 | 1,800 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| A-12 | 625 | 50 | 400～6,000 | 595 | 1,500 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| | | 60 | 440～6,600 | 595 | 1,800 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| A-13 | 750 | 50 | 400～6,000 | 725 | 1,500 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| | | 60 | 440～6,600 | 725 | 1,800 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| A-14 | 875 | 50 | 400～6,000 | 820 | 1,500 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |
| | | 60 | 440～6,600 | 820 | 1,800 | 6,830 | 2,100 | 2,980 | 2,150 | 電・空気 | 17,000 |

注 1) 電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。
2) 表中の A は、一般的に使われている型番を表す。

**表-13.25**　ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表　(b)　ラジエータ冷却方式　(2/2)

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 発電機 | | ディーゼル機関 | | 主要寸法 (mm) | | | | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 周波数 (Hz) | 電圧 (V) | 出力 (kW) | 回転速度 ($min^{-1}$) | 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | | |
| B-12 | 125 | 50 | 200～440 | 119 | 1,500 | 2,923 | 1,071 | 1,634 | 1,450 | 電気 | 2,800 |
| | | 60 | | 137 | 1,800 | | | | | | |
| B-14 | 150 | 50 | 200～440 | 180 | 1,500 | 2,912 | 1,071 | 1,732 | 1,450 | 電気 | 2,800 |
| | | 60 | | 137 | 1,800 | 2,923 | | 1,634 | | | |
| B-16 | 200 | 50 | 200～6,600 | 180 | 1,500 | 2,912 | 1,071 | 1,732 | 1,450 | 電気 | 2,800 |
| | | 60 | | 224 | 1,800 | | | | | | |
| B-18 | 250 | 50 | 200～6,600 | 224 | 1,500 | 3,062 | 1,166 | 1,732 | 1,450 | 電気 | 2,950 |
| | | 60 | | | 1,800 | 2,912 | 1,071 | | | | 2,800 |
| B-20 | 300 | 50 | 200～6,600 | 267 | 1,500 | 2,946 | 1,166 | 1,787 | 1,450 | 電気 | 2,950 |
| | | 60 | | | 1,800 | 3,062 | | 1,732 | | | |
| B-22 | 375 | 50 | 200～6,600 | 351 | 1,500 | 3,660 | 1,329 | 1,965 | 1,661 | 電気 | 6,200 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-27 | 500 | 50 | 200～6,600 | 441 | 1,500 | 3,660 | 1,329 | 1,965 | 1,661 | 電気 | 6,200 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-28 | 625 | 50 | 200～6,600 | 544 | 1,500 | 3,911 | 1,360 | 2,052 | 1,661 | 電気 | 6,200 |
| | | 60 | | 565 | 1,800 | | | | | | |
| B-29 | 750 | 50 | 200～6,600 | 622 | 1,500 | 4,400 | 1,837 | 2,370 | 1,600 | 電気 | 9,860 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-30 | 875 | 50 | 200～6,600 | 868 | 1,500 | 4,500 | 2,010 | 2,470 | 1,600 | 電気 | 10,260 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-31 | 1,000 | 50 | 200～6,600 | 868 | 1,500 | 4,500 | 2,010 | 2,470 | 1,600 | 電気 | 10,260 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-32 | 1,250 | 50 | 200～6,600 | 1,076 | 1,500 | 4,600 | 2,010 | 2,470 | 1,600 | 電気 | 10,610 |
| | | 60 | | | 1,800 | | | | | | |
| B-33 | 1,500 | 50 | 200～6,600 | 1,449 | 1,500 | 5,076 | 1,994 | 2,780 | 2,030 | 電気 | 14,500 |
| | | 60 | | 1,508 | 1,800 | | | | | | |
| C- 1 | 200 | 50 | 220～6,600 | 177 | 1,500 | 3,630 | 1,180 | 1,390 | 1,540 | 電・空気 | 2,950 |
| | | 60 | | | 1,800 | 3,630 | 1,180 | 1,390 | 1,540 | 電・空気 | 2,870 |
| C- 2 | 250 | 50 | 220～6,600 | 221 | 1,500 | 4,010 | 1,300 | 1,760 | 1,760 | 電・空気 | 5,280 |
| | | 60 | | | 1,800 | 3,630 | 1,180 | 1,390 | 1,540 | 電・空気 | 3,000 |
| C- 3 | 300 | 50 | 220～6,600 | 265 | 1,500 | 4,010 | 1,300 | 1,760 | 1,760 | 電・空気 | 5,280 |
| | | 60 | | | 1,800 | 4,010 | 1,300 | 1,760 | 1,760 | 電・空気 | 5,280 |
| C- 4 | 375 | 50 | 220～6,600 | 331 | 1,500 | 4,240 | 1,350 | 2,510 | 2,090 | 電・空気 | 6,520 |
| | | 60 | | | 1,200 | 4,240 | 1,350 | 2,510 | 2,090 | 電・空気 | 6,900 |
| C- 5 | 400 | 50 | 220～6,600 | 353 | 1,500 | 4,243 | 1,350 | 2,510 | 2,090 | 電・空気 | 6,520 |
| | | 60 | | | 1,200 | 4,243 | 1,350 | 2,510 | 2,090 | 電・空気 | 6,900 |
| C- 6 | 500 | 50 | 220～6,600 | 442 | 1,500 | 4,240 | 1,350 | 2,510 | 2,180 | 電・空気 | 6,820 |
| | | 60 | | | 1,200 | 4,300 | 1,350 | 2,510 | 2,180 | 電・空気 | 7,200 |

注 1)　電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。

2)　表中の B、C は、一般的に使われている型番を表す。

**表-13.25** ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表 (c) 空冷方式（パッケージ式）

| 発電機容量 (kVA) | 発電機 周波数 (Hz) | 発電機 電圧 (V) | ディーゼル機関 出力 (kW) | ディーゼル機関 回転速度 ($min^{-1}$) | 主要寸法 (mm) 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 62.5 | 50 | 200～400 | 88 | 1,500 | 3,240 | 1,150 | 2,000 | | 電・空気 | 2,350 |
| | 60 | 220～440 | 63 | 1,800 | 2,780 | 1,050 | 1,850 | | 電・空気 | 1,850 |
| 75 | 50 | 200～400 | 88 | 1,500 | 3,240 | 1,150 | 2,000 | | 電・空気 | 2,350 |
| | 60 | 220～440 | 105.5 | 1,800 | 3,240 | 1,150 | 2,000 | | 電・空気 | 2,350 |
| 100 | 50 | 200～400 | 114 | 1,500 | 3,600 | 1,350 | 2,250 | | 電・空気 | 2,650 |
| | 60 | 220～440 | 105.5 | 1,800 | 3,240 | 1,150 | 2,000 | | 電・空気 | 2,350 |
| 125 | 50 | 200～400 | 154 | 1,500 | 3,805 | 1,850 | 2,540 | | 電・空気 | 4,550 |
| | 60 | 220～440 | 137 | 1,800 | 3,600 | 1,350 | 2,250 | | 電・空気 | 2,650 |
| 150 | 50 | 200～400 | 154 | 1,500 | 3,805 | 1,850 | 2,540 | | 電・空気 | 4,550 |
| | 60 | 220～440 | 186 | 1,800 | 3,805 | 1,850 | 2,540 | | 電・空気 | 4,550 |
| 200 | 50 | 200～400 | 263 | 1,500 | 4,500 | 2,050 | 2,740 | | 電・空気 | 5,400 |
| | 60 | 220～440 | 186 | 1,800 | 3,805 | 1,850 | 2,540 | | 電・空気 | 4,550 |
| 250 | 50 | 200～400 | 263 | 1,500 | 4,500 | 2,050 | 2,740 | | 電・空気 | 5,400 |
| | 60 | 220～440 | 311 | 1,800 | 4,500 | 2,050 | 2,740 | | 電・空気 | 5,400 |
| 300 | 50 | 200～400 | － | 1,500 | － | － | － | | 電・空気 | － |
| | 60 | 220～440 | 311 | 1,800 | 4,500 | 2,050 | 2,740 | | 電・空気 | 5,400 |

パッケージ内で可能

注） 電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。

**表-13.25** ディーゼル機関駆動発電機寸法及び質量表 (d) 空冷方式（オープン式）

| 発電機容量 (kVA) | 発電機 周波数 (Hz) | 発電機 電圧 (V) | ディーゼル機関 出力 (kW) | ディーゼル機関 回転速度 ($min^{-1}$) | 主要寸法 (mm) 全長 | 全幅 | 全高 | ピストン抜出高さ | 始動方式 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 62.5 | 50 | 200～400 | 88 | 1,500 | 2,786 | 1,040 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,030 |
| | 60 | 220～440 | 63 | 1,800 | 2,580 | 905 | 1,480 | 1,230 | 電・空気 | 1,550 |
| 75 | 50 | 200～400 | 88 | 1,500 | 2,786 | 1,040 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,040 |
| | 60 | 220～440 | 105.5 | 1,800 | 2,786 | 1,040 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,040 |
| 100 | 50 | 200～400 | 114 | 1,500 | 2,786 | 1,057 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,350 |
| | 60 | 220～440 | 105.5 | 1,800 | 2,786 | 1,040 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,050 |
| 125 | 50 | 200～400 | 154 | 1,500 | 3,070 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 2,580 |
| | 60 | 220～440 | 137 | 1,800 | 2,786 | 1,057 | 1,640 | 1,435 | 電・空気 | 2,350 |
| 150 | 50 | 200～400 | 154 | 1,500 | 3,070 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 2,600 |
| | 60 | 220～440 | 186 | 1,800 | 3,070 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 2,600 |
| 200 | 50 | 200～400 | 263 | 1,500 | 3,270 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 3,300 |
| | 60 | 220～440 | 186 | 1,800 | 3,070 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 2,650 |
| 250 | 50 | 200～400 | 263 | 1,500 | 3,270 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 3,350 |
| | 60 | 220～440 | 311 | 1,800 | 3,270 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 3,350 |
| 300 | 50 | 200～400 | － | 1,500 | － | － | － | － | 電・空気 | － |
| | 60 | 220～440 | 311 | 1,800 | 3,270 | 1,660 | 1,825 | 1,420 | 電・空気 | 3,400 |

注） 電気とは電気始動、空気とは空気始動を表す。

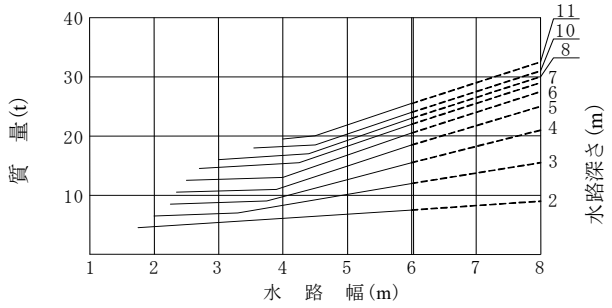
**表-13.26**　ガスタービン駆動発電機寸法及び質量表

| 型番 | 発電機容量 (kVA) | 外形寸法 (mm) 全長 | 全幅 | 全高 | 質量 (ウエット) (kg) | 型番 | 発電機容量 (kVA) | 外形寸法 (mm) 全長 | 全幅 | 全高 | 質量 (ウエット) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A- 1 | 187.5 | 3,100 | 1,400 | 2,100 | 4,250 | A-11 | 1,250 | 5,100 | 2,050 | 2,420 | 9,960 |
| A- 2 | 200 | 3,100 | 1,400 | 2,100 | 4,250 | A-12 | 1,500 | 5,200 | 2,050 | 3,150 | 11,170 |
| A- 3 | 250 | 3,100 | 1,400 | 2,100 | 4,250 | A-13 | 1,750 | 5,200 | 2,050 | 3,150 | 11,690 |
| A- 4 | 300 | 3,200 | 1,400 | 2,100 | 4,330 | A-14 | 2,000 | 5,550 | 1,750 | 3,300 | 16,890 |
| A- 5 | 375 | 3,200 | 1,400 | 2,100 | 4,540 | A-15 | 2,500 | 5,700 | 1,750 | 3,300 | 17,580 |
| A- 6 | 400 | 3,200 | 1,400 | 2,100 | 4,540 | A-16 | 3,000 | 5,800 | 2,800 | 3,400 | 20,460 |
| A- 7 | 500 | 3,300 | 1,400 | 2,100 | 4,640 | A-17 | 3,500 | 5,800 | 2,800 | 3,400 | 22,530 |
| A- 8 | 625 | 3,800 | 1,500 | 2,470 | 6,890 | A-18 | 4,000 | 6,850 | 2,600 | 3,700 | 30,240 |
| A- 9 | 750 | 3,850 | 1,500 | 2,470 | 7,050 | A-19 | 4,500 | 6,950 | 2,600 | 3,700 | 32,240 |
| A-10 | 1,000 | 4,250 | 2,050 | 2,420 | 8,940 | A-20 | 5,000 | 7,200 | 2,600 | 3,700 | 34,240 |
| B- 1 | 250 | 3,470 | 1,230 | 2,550 | 4,740 | B- 9 | 1,250 | 5,800 | 2,000 | 3,650 | 14,700 |
| B- 2 | 300 | 3,470 | 1,230 | 2,550 | 5,040 | B-10 | 1,500 | 5,800 | 2,000 | 3,650 | 15,100 |
| B- 3 | 400 | 4,500 | 1,400 | 2,800 | 6,430 | B-11 | 2,000 | 6,500 | 2,600 | 4,650 | 21,400 |
| B- 4 | 500 | 4,500 | 1,400 | 2,800 | 6,630 | B-12 | 2,250 | 6,500 | 2,600 | 4,650 | 21,600 |
| B- 5 | 625 | 4,850 | 1,560 | 3,230 | 8,215 | B-13 | 2,500 | 6,700 | 2,600 | 4,650 | 24,000 |
| B- 6 | 750 | 4,850 | 1,560 | 3,230 | 8,415 | | | | | | |
| B- 7 | 875 | 5,050 | 1,620 | 4,000 | 10,725 | | | | | | |
| B- 8 | 1,000 | 5,050 | 1,620 | 4,000 | 10,925 | | | | | | |
| C- 1 | 200 | 3,880 | 1,300 | 2,650 | 5,560 | C- 6 | 625 | 4,460 | 1,400 | 2,950 | 8,630 |
| C- 2 | 250 | 3,880 | 1,300 | 2,650 | 5,560 | C- 7 | 750 | 5,540 | 1,570 | 3,200 | 10,230 |
| C- 3 | 300 | 3,880 | 1,300 | 2,650 | 5,760 | C- 8 | 875 | 5,540 | 1,570 | 3,200 | 10,230 |
| C- 4 | 375 | 3,880 | 1,300 | 2,650 | 5,860 | C- 9 | 1,000 | 5,540 | 1,570 | 3,200 | 10,230 |
| C- 5 | 500 | 4,460 | 1,400 | 2,950 | 8,430 | | | | | | |
| D- 1 | 187.5 | 2,883 | 1,080 | 2,280 | 2,960 | D-11 | 1,000 | 5,858 | 1,650 | 3,330 | 11,510 |
| D- 2 | 225 | 2,883 | 1,080 | 2,280 | 3,160 | D-12 | 1,250 | 5,858 | 1,650 | 3,330 | 12,010 |
| D- 3 | 250 | 2,883 | 1,080 | 2,280 | 3,360 | D-13 | 1,500 | 5,858 | 1,650 | 3,350 | 13,010 |
| D- 4 | 300 | 3,203 | 1,150 | 2,330 | 3,950 | D-14 | 1,750 | 5,858 | 1,650 | 3,350 | 13,510 |
| D- 5 | 375 | 3,608 | 1,300 | 2,600 | 4,960 | D-15 | 2,000 | 6,308 | 1,750 | 3,355 | 16,080 |
| D- 6 | 437.5 | 3,608 | 1,300 | 2,600 | 5,160 | D-16 | 2,500 | 6,958 | 2,500 | 3,700 | 22,000 |
| D- 7 | 500 | 3,608 | 1,300 | 2,600 | 5,460 | D-17 | 3,000 | 7,058 | 2,500 | 3,700 | 25,060 |
| D- 8 | 625 | 4,743 | 1,590 | 2,850 | 7,500 | D-18 | 3,500 | 7,058 | 2,500 | 3,700 | 25,860 |
| D- 9 | 750 | 4,743 | 1,590 | 2,850 | 8,000 | D-19 | 4,000 | 7,458 | 2,500 | 3,700 | 27,660 |
| | | | | | | D-20 | 4,500 | 7,208 | 2,600 | 3,850 | 30,600 |
| | | | | | | D-21 | 5,000 | 8,150 | 2,800 | 4,700 | 34,750 |
| | | | | | | D-22 | 6,000 | 9,200 | 3,000 | 4,800 | 48,180 |

注）　表中の A、B…は、一般的に使われている型番を表す。

(xi) 置式自動除じん機

(a) 定位置自動除じん機の概略質量 $M$ は、下図より求める。




注）除じん機の詳細荷重は「鋼構造物計画設計技術指針（除塵設備編）：農林水産省農村振興局整備部設計課」により算出のこと。

(b) 総荷重 $W_0$ の算出

概略質量 $M$ に対し、塵芥の質量等を考慮した総荷重 $W_0$ を算出する。

$W_0 = 1.5 \cdot M \cdot g$

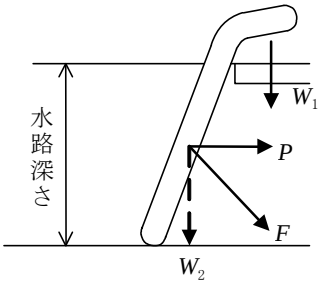
$g$：重力の加速度（9.8m/s$^2$）

(c) 除じん機据付床面と水路側壁への荷重の分割

総荷重 $W_0$ は、40%が除じん機据付床面に、60%が水路側壁に作用するものとする。

除じん機据付床面荷重　$W_1 = 0.4 \cdot W_0$

水路側壁荷重　$W_2 = 0.6 \cdot W_0$




(d) 水路側壁にかかる荷重

1）水位差による荷重　$P$（kN）

$P = p \cdot \ell_1 \cdot \ell_2$

ここに、 $p$ ：設計水位差による単位面積当たりの荷重（kN/m$^2$）

$\ell_1$ ：水路幅（m）

$\ell_2$ ：水路深さ（m）

2）水路片側にかかる荷重 $F$ は、$W_2$ と $P$ との合力として算出する。

$$F = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{W_2^2 + P^2}$$

(e) 除じん機据付床面の支持部荷重は、除じん機据付床面荷重 $W_1$ を梁長さ比で分担するとして算出する。

(xii) ベルトコンベヤ

ベルトコンベヤの荷重は、次式により算出し、等分布荷重として各支柱の荷重を求める。

荷重　$= g(G+P)$

$$\text{等分布荷重} = \frac{g(G+P)}{L}$$

ここに、$G$：固定部質量（本体及び部品、kg）

$P$：積載質量　$P = A \cdot L \cdot \rho$（kg）

$A$：積載断面積（m$^2$）

$L$：機長（コンベヤ長さ m）

$\rho$：塵芥の密度（200kg/m$^3$）

(xiii) 配電盤、その他（補機類、油圧作動等で考慮するもの）…「**第 11 章　監視操作制御設備及び電源設備の設計**」、「**第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計**」参照。

(xiv) 水撃による荷重…「**8.7　水撃作用の軽減方法**」参照。

### 13.4.2　土　圧

土圧の算定方法は、土地改良事業計画設計基準･設計「水路工」によるものとする。

### 13.4.3　静水圧

静水圧は、**式（13.2）**により算出するものとする。

$$P_h = w_0 \cdot h \quad \cdots\cdots (13.2)$$

ここに、$P_h$ ：水面より深さ $h$ のところの静水圧（$kN/m^2$）

$w_0$ ：水の単位重量（$kN/m^3$）

$h$ ：水面よりの深さ（m）

ただし、地中の水圧が、上記の理論水圧の値まで作用しないことが明らかな場合は、その値まで低減することができる。

### 13.4.4　浮力又は揚圧力

浮力又は揚圧力は鉛直方向に作用するものとし、構造物に最も不利になるよう設計する。

## 13.5 耐震設計

ポンプ場は、排水や用水ポンプ場など農村地域の防災や営農上比較的重要度が高いと判断されることから、設計に当たっては、ある一定規模以上の施設は原則として耐震設計を行う。

なお、耐震設計の内容については、道路橋示方書等の内容を参考としているが、ポンプ場では平成 14 年度版の内容をもとにした耐震設計法を示している。

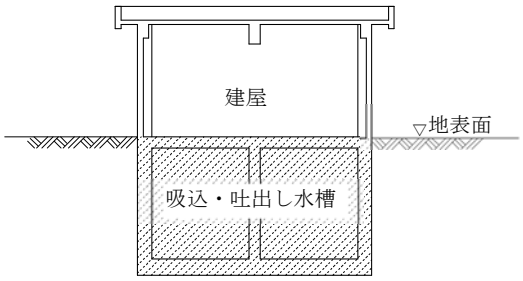
### 13.5.1 吸込・吐出し水槽

吸込・吐出し水槽は、建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が 5m を超える場合においては耐震設計を行う。

また、耐震設計に用いる地震動は、構造物の耐用期間中に数回発生する確率を有するレベル 1 地震動、及び発生確率は低いが大きな影響をもたらすレベル 2 地震動を必要に応じて考慮する。レベル 2 地震動にはタイプⅠ（プレート境界型）とタイプⅡ（内陸直下型）があるが、耐震設計においては、タイプⅠ（プレート境界型）を考慮することを標準とする。なお、建設地近傍において活断層の存在が明らかな場合は、タイプⅡ（内陸直下型）についても考慮する必要がある。注)

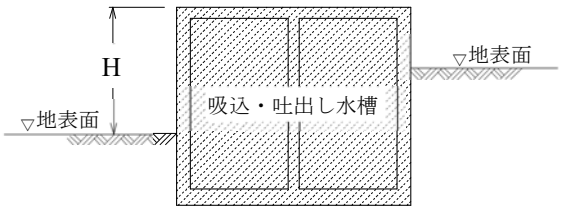
なお、吸込・吐出し水槽に要求される耐震性能は、**表-13.27** を標準とする。

注） ポンプ場は従来の耐震設計（レベル 1 地震動）のみでも、兵庫県南部地震のような大地震においても道路橋のように大きな被害を受けた事例は報告されていない。このため、重要度に応じてレベル 2 地震動における耐震設計を行う場合にあっては、液状化の検討を含め地震力のやや小さいタイプⅠ（プレート境界型）を考慮することで十分安全であると判断した。なお、近傍における活断層の有無の判断は困難な場合が多いことから、活断層の存在が明らかな場合についてのみタイプⅡ（内陸直下型）について検討を行うこととした。




注）建屋と上下一体構造の吸込・吐出し水槽は，耐震設計を行う。

(a) 建屋と一体構造の場合




注）地表面からの突出部分が $H$>5m の吸込・吐出し水槽は，耐震設計を行う。

(b) 建屋と分離構造の場合

**図-13.34** 吸込・吐出し水槽の耐震設計

(1) 耐震設計の手法

耐震設計の手法は、震度法、応答変位法及び地震時保有水平耐力法が一般的に用いられており、構造物の特性や地震力の規模等によって使い分けられている。また、これらの手法より詳細な検討を行う場合には動的解析法が用いられる。

ポンプ場の吸込・吐出し水槽等土木構造物の耐震設計は、施設の重要度、経済性を考慮し、その必要性を判断し、震度法によることを標準とする（**表-13.27** 参照）。

ここでは、土木構造物に対する地震の影響として、次の荷重を考慮する。

① 建造物の自重及び上載荷重に起因する慣性力
② 地震時土圧
③ 地震時動水圧

**表-13.27**　ポンプ場（吸込・吐出し水槽）[注6)] の重要度区分との耐震性能の適用区分

| 重要度 | 適　　用 | レベル 1 [注1)] 地震動 | | レベル 2 [注2)] 地震動 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 耐震性能 | 耐震設計[注5)] | 耐震性能 | 耐震設計[注5)] |
| A 種<br>（高い） | B 種に該当し、かつ次の①、②のいずれかに該当するもの。<br>①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。<br>②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。 | 健全性を損なわない。[注3)] | 震度法により地震力を算出し、許容応力度設計法により照査することを標準とする。 | 致命的な損傷を防止する。[注4)] | 震度法により地震力を算出し、限界状態設計法により照査することを標準とする。 |
| B 種<br>（標準） | 建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が 5m を超える場合。 | | | 対象としない。 | 耐震設計を行わない。 |
| C 種<br>（標準未満） | A 種及び B 種に該当しないもの。 | 対象としない。 | 耐震設計を行わない。 | | |

注 1)　レベル 1：構造物の供用期間内に 1～2 度発生する確率を有する地震動

2)　レベル 2：発生の確率は極めて低いが、大きな地震動強度を持ち、一度発生すれば大災害になり得る地震動

3)　「健全性を損なわない。」に対応する損傷度は、降伏状態を超えるような損傷を生じないこと（補修不要）とする。

4)　「致命的な損傷を防止する。」に対応する損傷度は、主要構造部材が破壊する手前の状態にあること（構造物全体の崩壊も防止する）（補修必要）とする。

5)　ポンプ場土木構造物の耐震設計は震度法を標準とする。なお、構造物の特性によっては応答変位法や地震時保有水平耐力法を、また、詳細検討が必要な場合は動的解析法を用いるものとする。

ポンプ場の耐震設計は、吸込・吐出し水槽で建屋と一体構造、又は地表面からの突出部分が 5m を超える施設を対象としている。このような施設では、基本的に地震時慣性力の影響が大きいため震度法によることを標準とした。一方で、地盤変位の影響が支配的な場合においては応答変位法を用いてよい。

応答変位法は、地中への根入れが相当量に深く地盤変位の影響を強く受ける場合に有効な手法であり、パイプライン、暗きょ及び立坑ケーソン等の地中構造物の耐震設計に用いられる。

地震時保有水平耐力法は、構造物の非線形域の変形性能や動的耐力を考慮して、地震による荷重を静的に作用させて設計する手法であり、橋脚や杭基礎の耐震設計に用いられる。

動的解析法は、震度法、応答変位法及び地震時保有水平耐力法等の静的解法よりも詳細な検討を行う場合に有効な手法である。構造物の挙動が複雑な場合、重要度が高く複雑な構造物の場合及び地盤条件が特殊な場合に用いられ、応答スペクトル法、時刻歴応答解析法、周波数応答解析法等がある。

6)　吸込水槽及び吐出し水槽は、適用によってはそれぞれ異なる重要度となる場合がある。その場合は、それぞれの構造物で必要なレベルの耐震設計を行う。

⑵　耐震設計上の地盤種別

震度法による場合の耐震設計上の地盤種別は、原則として、**式（13.3）**で算出される地盤の固有周期　$T_G$　をもとに、**表-13.28** により区別するものとする。地表面が基盤面と一致する場合はⅠ種地盤とする。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^{n} \frac{H_i}{V_{si}} \quad \cdots\cdots\cdots\

粘性土層の場合
$V_{si}=100N_i^{1/3}$ （$1 \leqq N_i \leqq 25$）
砂質土層の場合
$V_{si}=80N_i^{1/3}$ （$1 \leqq N_i \leqq 50$）
……（13.4）

ここに、$N_i$：標準貫入試験による $i$ 番目の地層の平均 $N$ 値

**表-13.28** 耐震設計上の地盤種別

| 地盤種別 | 地盤の特性値 $T_G$（s） |
|---|---|
| Ⅰ 種 | $T_G < 0.2$ |
| Ⅱ 種 | $0.2 \leqq T_G < 0.6$ |
| Ⅲ 種 | $0.6 \leqq T_G$ |

概略の目安として、Ⅰ種地盤は良好な洪積地盤及び岩盤、Ⅲ種地盤は沖積地盤のうち軟弱地盤、Ⅱ種地盤はⅠ種地盤及びⅢ種地盤のいずれにも属さない洪積地盤及び沖積地盤と考えてよい。ここでいう沖積層には、がけ崩れなどによる新しい堆積層、表土、埋立土並びに軟弱層を含み、沖積層のうち締まった砂層、砂礫層、玉石層については洪積層として取扱ってよい。

⑶ 設計水平震度

震度法に用いる設計水平震度は、次の各式により算出する。

① レベル 1 地震動

$K_{hg} = C_Z \cdot K_{hg0}$ ……（13.5）

ここに、 $K_{hg}$：レベル 1 地震動の設計水平震度（小数点以下 2 けたに丸める）

$C_Z$：地域別補正係数（**表-13.29** 参照）

$K_{hg0}$：レベル 1 地震動の地盤面における設計水平震度の標準値

（Ⅰ種地盤 0.16 Ⅱ種地盤 0.20 Ⅲ種地盤 0.24）

（地盤種別は**表-13.28** 参照）

② レベル 2 地震動

$K_{hc2} = C_z \cdot C_{S2} \cdot K_{hc20}$ ……（13.6）

ここに、 $K_{hc2}$：レベル 2 地震動の設計水平震度（小数点以下 2 けたに丸める。
ただし、この値が 0.30 を下回る場合は 0.30 とする）

$C_z$：地域別補正係数（**表-13.29** 参照）

$C_{S2}$：構造物特性係数（0.45）[注1)]

$K_{hc20}$：レベル 2 地震動のタイプⅠ（プレート境界型）の地盤面における
設計水平震度の標準値

（Ⅰ種地盤 0.70 Ⅱ種地盤 0.70 Ⅲ種地盤 0.70）[注2)]

（地盤種別は**表-13.28** 参照）

注1） 構造物特性係数は、吸込・吐出し水槽の耐震設計において部材の塑性域まで考慮して設計することや設計水平震度の標準値を弾性加速度応答スペクトルから算出したことを考慮して導入した。構造物特性係数の値については、「**〔参考〕**構造物特性係数の考え方」を参照のこと。

2） タイプⅡ（内陸直下型）を考慮する場合は、Ⅰ種地盤の値を 0.80 とする。

〔参　考〕構造物特性係数の考え方

設計水平震度 $K_{hc2}$ は、設計水平震度の標準値 $K_{hc20}$ に構造物特性係数 $C_{S2}$ を乗じて求められる。通常、構造物の減衰定数を 5%として求められた加速度応答スペクトル値であるため、構造物の減衰定数がこれと異なる場合の修正に用いられるのが $D_h$ である。また、$D_\eta$ は、構造物の塑性変形能力を考慮した値であり、道路橋示方書での設計水平震度を算出する際に用いられる係数に相当するものである。

すなわち、

$$C_{S2}=D_h \cdot D_\eta \quad \cdots\cdots (13.7)$$

$$D_h=\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{h}} \quad \cdots\cdots (13.8)$$

$$D_\eta=\frac{1}{\sqrt{1+4\eta}} \quad \cdots\cdots (13.9)$$

ここに、　$C_{S2}$　：構造物特性係数　　$D_h$　：構造物の減衰特性値

$D_\eta$　：塑性変形特性値　　$h$　：減衰定数(%)

$\eta$　：じん性率

また、構造物特性係数 $C_{S2}$ はレベル 2 地震動に対してのみ用いられるものであり、レベル 1 地震動に対する耐震設計には用いない。

なお、レベル 2 地震動において、構造物特性係数 $C_{S2}$ を考慮すると、レベル 1 地震動の設計水平震度よりレベル 2 地震動の設計水平震度の方が小さくなる場合があるので、$K_{hc2}$ は 0.3 を下回らないものとする。

構造物特性係数 $C_{S2}$ は、減衰定数 $h$ を 5%、じん性率 $\eta$ を 1 とすると、$D_h$ は 1.0、$D_\eta$ は 0.447 となって、約 0.45 の値となる。

⑷ 地域別補正係数 $C_Z$

地域別補正係数は、地域区分に応じて**表-13.29** の値とする。ただし、設置地点が地域区分の境界線上にある場合は、係数の大きい方をとる。

**表-13.29** 地域別補正係数 $C_Z$

| 地域区分 | 補正係数 $C_Z$ | 対象地域 | |
|---|---|---|---|
| A | 1.0 | (一) | (二)、(三) に掲げる地方以外の地方 |
| B | 0.85 | (二) | 北海道のうち札幌市、函館市、小樽市、室蘭市、北見市、夕張市、岩見沢市、網走市、苫小牧市、美唄市、芦別市、江別市、赤平市、三笠市、千歳市、滝川市、砂川市、歌志内市、深川市、富良野市、登別市、恵庭市、伊達市、北広島市、石狩市、北斗市、石狩郡、松前郡、上磯郡、亀田郡、茅部郡、二海郡、山越郡、檜山郡、爾志郡、久遠郡、奥尻郡、瀬棚郡、島牧郡、寿都郡、磯谷郡、虻田郡、岩内郡、古宇郡、積丹郡、古平郡、余市郡、空知郡、夕張郡、樺戸郡、雨竜郡、上川郡（上川総合振興局）のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町、勇払郡、網走郡、斜里郡、常呂郡、有珠郡、白老郡<br>青森県のうち青森市、弘前市、黒石市、五所川原市、むつ市、つがる市、平川市、東津軽郡、西津軽郡、中津軽郡、南津軽郡、北津軽郡、下北郡<br>秋田県、山形県<br>福島県のうち会津若松市、郡山市、白河市、須賀川市、喜多方市、岩瀬郡、南会津郡、耶麻郡、河沼郡、大沼郡、西白河郡<br>新潟県<br>富山県のうち魚津市、滑川市、黒部市、下新川郡<br>石川県のうち輪島市、珠洲市、鳳珠郡<br>鳥取県のうち米子市、倉吉市、境港市、東伯郡、西伯郡、日野郡<br>島根県、岡山県、広島県<br>徳島県のうち美馬市、三好市、美馬郡、三好郡<br>香川県のうち高松市（旧木田郡のうち牟礼町、庵治町を除く）、丸亀市、坂出市、善通寺市、観音寺市、三豊市、小豆郡、香川郡、綾歌郡、仲多度郡<br>愛媛県、高知県<br>熊本県のうち（(三) に掲げる市及び郡を除く）<br>大分県のうち（(三) に掲げる市及び郡を除く）<br>宮崎県 |
| C | 0.7 | (三) | 北海道のうち旭川市、留萌市、稚内市、紋別市、士別市、名寄市、上川郡（上川総合振興局）のうち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町及び下川町、中川郡（上川総合振興局）、増毛郡、留萌郡、苫前郡、天塩郡、宗谷郡、枝幸郡、礼文郡、利尻郡、紋別郡<br>山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、<br>熊本県のうち熊本市（旧飽託郡（北部町、河内町、飽田町、天明町）及び旧鹿本郡植木町の区域）、八代市（旧八代郡のうち坂本村、千丁町、鏡町、東陽村、泉村を除く）、荒尾市、水俣市、玉名市、山鹿市、上天草市、天草市、宇土市、宇城市（旧宇土郡（三角町、不知火町）の区域）、玉名郡、葦北郡、天草郡<br>大分県のうち中津市、日田市（旧日田郡（前津江村、中津江村、上津江村、大山町、天瀬町）を除く）、豊後高田市、杵築市、宇佐市、国東市、東国東郡、速見郡<br>鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く）<br>沖縄県 |

1) 本表は、「道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編」（平成 14 年 3 月）によるが、本技術書では市町村合併による名称変更を反映している。

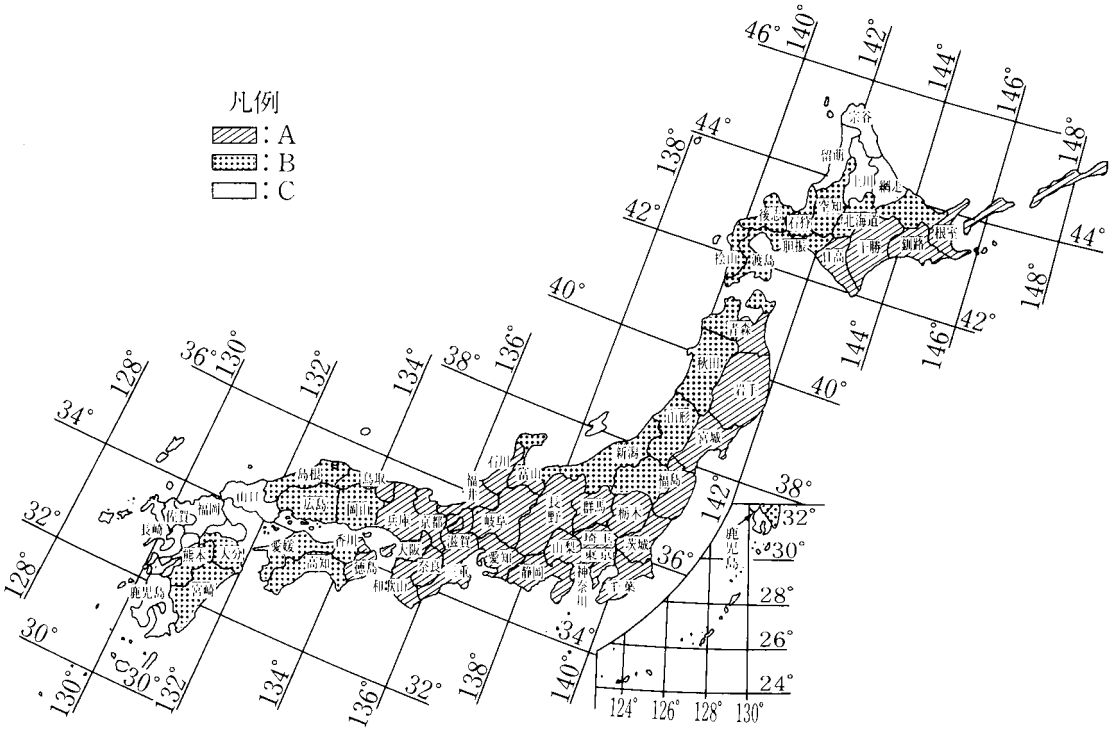



**図-13.35**　地域別補正係数の地域区分

〔参　考〕応答変位法による地中構造物の耐震設計

応答変位法による耐震設計手法として、「水道施設耐震工法指針・解説」（日本水道協会）では、次のように示している。

1．耐震設計上の地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、応答変位法による場合、原則として**式（13.10）**で算出される地盤の固有周期 $T_G$ を基に区別することとする。地表面が基盤面と一致する場合は、Ⅰ種地盤とする。

$$T_G = 4\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{V_{si}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.10)$$

ここに、 $T_G$：地盤の固有周期（s）

$H_i$：$i$ 番目の地層の厚さ（m）

$V_{si}$：$i$ 番目の地層の平均せん断弾性波速度（m/s）

$V_{si}$ は弾性波探査や PS 検層によって測定することが望ましいが、実測値がない場合は**表-13.30** によって $N$ 値から推定してもよい。

**表-13.30**　地盤のせん断弾性波速度（せん断ひずみとの関係）

| 堆積時代別土質 | | せん断弾性波速度 $V_{si}$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-6}$ |
| 洪積世 | 粘性土層 | $129\,N_i^{0.183}$ | $156\,N_i^{0.183}$ | $172\,N_i^{0.183}$ |
| | 砂質土層 | $123\,N_i^{0.125}$ | $200\,N_i^{0.125}$ | $205\,N_i^{0.125}$ |
| 沖積世 | 粘性土層 | $122\,N_i^{0.0777}$ | $142\,N_i^{0.777}$ | $143\,N_i^{0.0777}$ |
| | 砂質土層 | $61.8\,N_i^{0.211}$ | $90\,N_i^{0.211}$ | $103\,N_i^{0.211}$ |

注）・砂、粘土の組成分の百分率により区分した。

・表層地盤ではせん断ひずみが $10^{-3}$ レベルの値を用い、基盤においては $10^{-6}$ レベルの値を用いる。

2．設計地震動

①　レベル 1 地震動

・地表面における設計水平震度

$$K_{h1} = C_Z \cdot K_{h10} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.11)$$

・基盤面における設計水平震度

$$K'_{h1} = C_Z \cdot K'_{h10} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.12)$$

ここに、$K_{h1}$　：レベル 1 地震動の地表面における設計水平震度

$C_Z$　：地域別補正係数（**表-13.29** 参照）

$K_{h10}$　：レベル 1 地震動の地表面における設計水平震度の標準値

（Ⅰ種地盤 0.16　Ⅱ種地盤 0.20　Ⅲ種地盤 0.24）

$K'_{h1}$　：レベル 1 地震動の基盤面における設計水平震度

$K'_{h10}$　：レベル 1 地震動の基盤面における設計水平震度の標準値

・地盤の変位振幅

$$U_h(x) = \frac{2}{\pi^2}\cdot S_V \cdot T_G \cdot K'_{h1} \cdot \cos\frac{\pi x}{2H} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.13)$$

ここに、$U_h(x)$　：地表面からの深さ $x$（m）における地盤の水平変位振幅（cm）

$x$　：地表面からの深さ（m）

$S_V$　：基盤地震動の単位震度当たりの速度応答スペクトル（cm/s）

（**図-13.36** a. 参照）

$T_G$ ：表層地盤の固有周期（s）

$K'_{h1}$ ：耐震設計上の基盤面における設計水平震度

$H$ ：表層地盤の厚さ（m）

② レベル 2 地震動

基盤面 $K'_{h2}$ と地表面 $K_{h2}$ の設計水平震度は、下記のとおり。

・地表面における設計水平震度

$K_{h2}$：地表面における設計水平震度（下限値～上限値）

（Ⅰ種地盤 0.60～0.70　Ⅱ種地盤 0.70～0.80　Ⅲ種地盤 0.40～0.60）

・基盤面における設計水平震度

$K'_{h2}$：基盤面における設計水平震度（地盤種別によらず 0.40～0.50）

・地盤の変位振幅

$$U_h(x) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_V' \cdot T_G \cdot \cos\frac{\pi x}{2H} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.14)$$

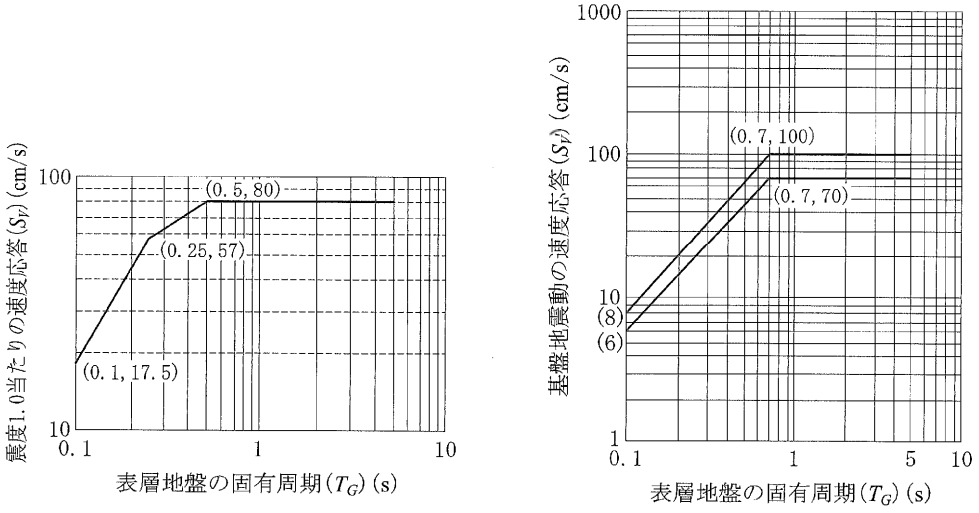
ここに、$U_h(x)$：地表面からの深さ $x$（m）における地盤の水平変位振幅（cm）

$x$：地表面からの深さ（m）

$S_V'$：基盤地震動の速度応答スペクトル（cm/s）（**図-13.36** b. 参照）

$T_G$：表層地盤の固有周期（s）

$H$ ：表層地盤の厚さ（m）




a. レベル 1 地震動　　b. レベル 2 地震動

注） レベル 2 地震動の応答速度の最大値として 100cm/s（上限）と 70cm/s（下限）の 2 種類を示してあるが、これらはそれぞれ非超過確率 90%及び 70%に該当するものである。設計値は施設の重要度に応じ上限値と下限値の範囲内において、増減させるものとする。

**図-13.36**　設計用速度応答スペクトル

⑸ 地震時土圧

地震時土圧は、構造物の種類、土質条件、設計地震動のレベル、地盤の動的挙動等を考慮して、適切に設定するものとする。

a. 背面土が良質な材料で密に締固められた条件においては、レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のいずれに対しても適用可能な修正物部・岡部法を原則として用いるものとする。

b. 上記 a. 以外の条件の場合、レベル 1 地震動に対しては物部・岡部法を適用してもよい。

a. 修正物部・岡部法

(a) 修正物部・岡部法を以下に示す。

下記(b)で説明するように、地震時土圧としてより合理的に適用できる式である。地震時土圧を算定する場合は、原則としてレベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のいずれにも適用できる **式(13.15)**を用いるものとする。すなわち、地震時土圧は分布荷重とし、その主働状態における土圧強度を算出するものとする。

$$P_{ea} = \gamma_t h K_{EA} + q' K_{EA} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.15)$$

ここに、 $P_{ea}$：深さ $h$（m）における地震時主働土圧強度（kN/m$^2$）

$K_{EA}$：地震時主働土圧係数で、**式（13.16）**により算出してよい。

① 背面が土とコンクリートの場合

砂及び砂礫　$K_{EA}=0.21+0.90\,K_h$

砂質土　$K_{EA}=0.24+1.08\,K_h$

② 背面が土と土の場合

砂及び砂礫　$K_{EA}=0.22+0.81\,K_h$

砂質土　$K_{EA}=0.26+0.97\,K_h$

$\cdots\cdots\cdots$ (13.16)

$K_h$：地震時土圧の算出に用いる設計水平震度

$\gamma_t$：土の単位体積重量（kN/m$^3$）

$q'$：地震時の地表載荷荷重（kN/m$^2$）

また、$q'$ は地震時に確実に作用するもののみとし、活荷重は含まないものとする。

なお、背面土が良質な材料で密に締固められた条件以外の場合、下記 b. の物部・岡部法を適用する。

(b) 従来、レベル 1 地震動に対する耐震性能の照査に用いる地震時主働土圧係数は**式(13.19)**の物部・岡部の方法により算出していた。物部・岡部の方法は、クーロン土圧に地震の影響を考慮したもので、ある震度が作用した時にすべり面が生じ、そのすべり面上で同一のせん断強度が発揮されている状態の土圧を算出するものである。

しかし、レベル 2 地震動において地盤に作用すると考えられる震度、例えば耐震設計上の地盤面における水平震度に対して式を適用すると、想定されるすべり土塊領域が非常に大きくなり、実際の現象と異なるといった問題点が生じる。これに対し、物部・岡部法をレベル 2 地震動で想定している震度まで適用する手法として、近年、修正物部・岡部法が提案されている。

修正物部・岡部法は、物部・岡部法に比べて、レベル 2 地震動を想定した模型実験結果を説明できることが明らかになっており、また兵庫県南部地震における土圧に抗する構造物の被災

事例についても、構造物背後に生じたすべり面の角度を合理的に説明できるものである。そこで、レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動のいずれに対しても適用可能な修正物部・岡部法に基づいて地震時主働土圧を算出することとした。**式(13.15)**は、一般的な橋台背面土の材料、施工状況、橋台の形状、設計への適用性等を考慮し、修正物部・岡部法に基づいて算出される地震時主働土圧係数を簡易な近似値により与えられたものである。**式(13.15)**を算出した条件を(c)に示す。

(c) 背面土は、良質な材料で密に締固めるため、地盤のせん断抵抗は、ピーク強度を発現した後、残留強度へと低下する。したがって、ここでは橋台の背面土は、**表-13.31** に示す程度の単位体積重量が確保できる砂、砂礫、砂質土で入念に施工されることを前提に、土質に応じた背面土のせん断抵抗角のピーク角度 $\phi_{peak}$ と残留強度 $\phi_{res}$ を**表-13.32** のように仮定した。表-13.32 に示すせん断抵抗角の値は、密な砂質材料に対して、すべり破壊が生じる際の状態に近いと考えられる平面ひずみ状態でのせん断抵抗角に粘着力の影響も反映させて想定したものである。

**表-13.31**　土の単位体積重量（$kN/m^3$）

| 地　盤 | 土　質 | ゆるいもの | 密なもの |
|---|---|---|---|
| 自然地盤 | 砂及び砂礫 | 18 | 20 |
| | 砂　質　土 | 17 | 19 |
| | 粘　性　土 | 14 | 18 |
| 盛　　土 | 砂及び砂礫 | 20 | |
| | 砂　質　土 | 19 | |
| | 粘　性　土 | 18 | |

注 1)　地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から 9 を差し引いた値としてよい。
2)　砕石は砂利と同じ値とする。また、ずり、岩塊等の場合は種類、形状、大きさ及び間隙等を考慮して定める必要がある。
3)　砂利混じり砂質土又は砂利混じり粘性土にあっては、混合割合及び状態に応じて適当な値を定める。
4)　地下水位は施工後における平均値を考える。

**表-13.32**　地震時土圧算定のための土質定数

| | $\phi_{peak}$ | $\phi_{res}$ |
|---|---|---|
| 砂及び砂礫 | 50° | 35° |
| 砂　質　土 | 45° | 30° |

b. 物部・岡部法

前記 a.（c)の条件以外のレベル 1 地震動の場合、地震時水平土圧は物部・岡部法を適用するとともに、粘着力の有無を考慮して算定する。土圧の計算に用いる土の分類と土質諸数値は、一般に**表-13.33** を参考にする。

**表-13.33** 土圧の計算に用いる土の種類と土質諸数値（kN/m³）

| 土の種類 | | 飽和単位体積重量 | 湿潤単位体積重量 | 内部摩擦角（°） |
|---|---|---|---|---|
| ① | 細粒子をほとんど含まない砂利、粗砂等<br>(GP、GW、SP、SW 等細粒分 5%未満を目安) | 20 | 18 | 30 |
| ② | 細粒子を含んだ砂利、砂等<br>(G－F、S－F 等細粒分 5～15%を目安) | 20 | 18 | 25 |
| ③ | シルト質細砂、粘土を含む砂利等<br>(GF、SF 等細粒分 15～50%を目安) | 20 | 18 | 20 |

注 1） 土質定数は、土質、排水条件、施工法等によって異なるので、土質試験等の調査を実施して、その適正値を定めるのが望ましい。しかし、これらの調査や試験には多くの労力と時間を要する上に、適切な土質定数の決定には豊富な経験と高度な技術力を必要とするため通常の設計作業においては**表-13.33** の値を参考とする。

2） 飽和単位体積重量は、水中土 10kN/m³、水 9.8kN/m³ とする。

3） 特に重要な構造物、大規模な土工事及び玉石等を含む礫質土や非常に軟弱な粘性土等の特殊な土質には適用できない。

(a) 地震時主働土圧

ｱ. 粘着力を無視する場合

(ｱ) 非飽和土の場合

$$p_{ea} = (1 - K_V)\left\{\gamma_t h K_{EA} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{EA}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.17)$$

$$P_{EA} = (1 - K_V)\left\{\frac{1}{2}\gamma_t h^2 K_{EA} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{EA}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.18)$$

ここに、 $p_{ea}$ ：地震時主働土圧強度（kN/m²）

$P_{EA}$ ：地震時主働土圧（kN/m）

$K_{EA}$ ：地震時主働土圧係数

$\gamma_t$ ：土（背面土)の単位体積重量（kN/m³）

$h$ ：地表面から土圧強度（又は土圧)を求めようとする位置までの深さ（m）

$q$ ：単位斜面面積当たりの等分布荷重（kN/m²）

$\alpha$ ：構造物背面又は仮想背面が鉛直面となす角(°）（反時計回りを正とする）

$\beta$ ：構造物背面の地表面が水平面となす角(°）（反時計回りを正とする）

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos\theta\cos^2\alpha\cos(\alpha + \delta + \theta)\left\{1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \delta + \theta)\cos(\alpha - \beta)}}\right\}^2} \quad \cdots\cdots \quad (13.19)$$

$\phi$　　：背面土の内部摩擦角(°)

$\delta$　　：構造物背面と土との摩擦角又は仮想背面における摩擦角(°)

（反時計回りを正とする）

ただし、90°≦$\alpha+\delta+\theta$ となる場合には適用できない。

また、$\phi-\beta-\theta<0$ となる場合には、$\phi-\beta-\theta=0$ として計算する。

$$\theta = \tan^{-1}\frac{K_h}{1-K_V} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.20)$$

ここに、　$K_h$　　：地震時土圧の算出に用いる設計水平震度

$K_V$　　：地震時土圧の算出に用いる設計鉛直震度

（鉛直方向を考慮しない場合、$K_V=0$）

$K_h$、$K_V$ の変化による $\theta$ の値を、**表-13.34** に示す。

**表-13.34**　$K_h$、$K_V$ をパラメータとした $\theta$ の値

| $K_h$ ＼ $K_V$ | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 5° 40’ | 6° 00’ | 6° 20’ | 6° 50’ | 7° 10’ |
| 0.2 | 11° 20’ | 11° 50’ | 12° 30’ | 13° 20’ | 14° 00’ |
| 0.3 | 16° 40’ | 17° 30’ | 18° 30’ | 19° 30’ | 20° 30’ |
| 0.4 | 21° 50’ | 22° 50’ | 24° 00’ | 25° 10’ | 26° 30’ |

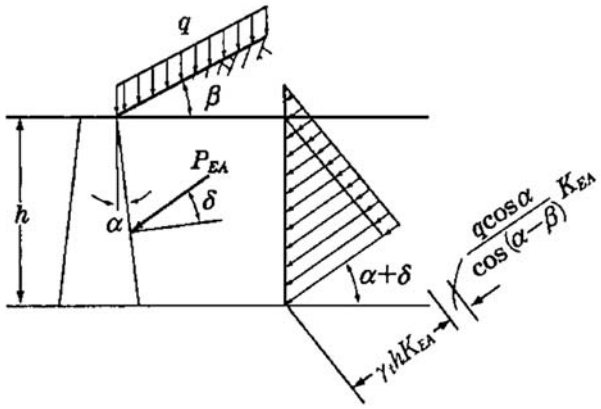



**図-13.37**　地震時主働土圧

(ｲ) 飽和土の場合

この場合には、次式により得られる土圧強度及び土圧のほか、水圧を考慮する。

$$p'_{ea} = (1 - K_V)\left\{\gamma' h K'_{EA} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)} K'_{EA}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.21)$$

$$P'_{EA} = (1 - K_V)\left\{\frac{1}{2}\gamma' h^2 K'_{EA} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)} h K'_{EA}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.22)$$

ここに、　$p'_{ea}$　　：地震時主働土圧強度（kN/m$^2$）

$P'_{EA}$　　：地震時主働土圧（kN/m）

$K'_{EA}$　　：地震時主働土圧係数

$$K'_{EA}=\frac{\cos^2(\phi-\alpha-\theta')}{\cos\theta'\cos^2\alpha\cos(\alpha+\delta+\theta')\left\{1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta-\theta')}{\cos(\alpha+\delta+\theta')\cos(\alpha-\beta)}}\right\}^2} \quad \cdots\cdots \quad (13.23)$$

$$\theta=\tan^{-1}\left(\frac{K_h}{1-K_V}\cdot\frac{\gamma_t}{\gamma'}\right) \quad \cdots\cdots \quad (13.24)$$

ここに、 $\gamma'$：土の水中単位体積重量（kN/m$^3$）

その他の記号は**式**(13.17)に同じ。

ｲ. 粘着力を考慮する場合

粘着力を考慮する場合には、粘性土の自立高さを考慮して土圧強度を**式**(13.25)、土圧を**式**(13.26)により算定する。

$$p_{ea}=\gamma_t(h-z_0)K_{EA}+\frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)}K_{EA} \quad \cdots\cdots \quad (13.25)$$

$$P_{EA}=\frac{1}{2}\gamma_t(h-z_0)^2K_{EA}+\frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)}hK_{EA} \quad \cdots\cdots \quad (13.26)$$

ここに、 $z_0$：粘性土の自立高さ（m）

$$z_0=\frac{2c}{\gamma_t}\tan\left(45°+\frac{\phi}{2}\right) \quad \cdots\cdots \quad (13.27)$$

ここに、 $c$：土の粘着力（kN/m$^2$）

その他の記号は**式**（13.17）に同じ。なお、**式**（13.25）、**式**（13.26）によることが適当でない場合には、原則としてクーロン、物部理論に基づいて算定するものとする。

(b) 地震時受働土圧

ｱ. 粘着力を無視する場合

(ｱ) 非飽和土の場合

$$p_{ep}=(1-K_V)\left\{\gamma_t hK_{EP}+\frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)}K_{EP}\right\} \quad \cdots\cdots \quad (13.28)$$

$$P_{EP}=(1-K_V)\left\{\frac{1}{2}\gamma_t h^2K_{EP}+\frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha-\beta)}hK_{EP}\right\} \quad \cdots\cdots \quad (13.29)$$

ここに、 $p_{ep}$ ：地震時受働土圧強度（kN/m$^2$）

$P_{EP}$ ：地震時受働土圧（kN/m）

$K_{EP}$ ：地震時受働土圧係数

$$K_{EP}=\frac{\cos^2(\phi-\alpha-\theta)}{\cos\theta\cos^2\alpha\cos(\alpha-\delta-\theta)\left\{1-\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi+\beta-\theta)}{\cos(\alpha-\delta-\theta)\cos(\alpha-\beta)}}\right\}^2} \quad \cdots\cdots \quad (13.30)$$

ただし、$\phi+\beta-\theta<0$ となる場合には適用できない。

その他の記号は**式**(13.17)に同じ。

(ｲ) 飽和土の場合

$$p'_{ep} = (1 - K_V)\left\{\gamma' h K_{EP} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K'_{EP}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.31)$$

$$P'_{EP} = (1 - K_V)\left\{\frac{1}{2}\gamma' h^2 K'_{EP} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K'_{EP}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.32)$$

ここに、　$p'_{ep}$　：地震時受働土圧強度（kN/m$^2$）

$P'_{EP}$　：地震時受働土圧（kN/m）

$K'_{EP}$　：地震時受働土圧係数

$$K'_{EP} = \frac{\cos^2(\phi + \alpha - \theta')}{\cos\theta'\cos^2\alpha\cos(\alpha - \delta - \theta')\left\{1 - \sqrt{\dfrac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi + \beta - \theta')}{\cos(\alpha - \delta - \theta')\cos(\alpha - \beta)}}\right\}^2} \quad \cdots\cdots \quad (13.33)$$

ただし、$\phi + \beta - \theta' < 0$ となる場合には適用できない。

その他の記号は**式**（13.17）、**式**（13.21）に同じ。

ｲ.　粘着力を考慮する場合

$$p_{ep} = \gamma_t(h + z'_0)K_{EP} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{EP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.34)$$

$$P_{EP} = \frac{1}{2}\gamma_t(h + 2z'_0)hK_{EP} + \frac{q\cos\alpha}{\cos(\alpha - \beta)} hK_{EP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.35)$$

ここに、　$z'_0$：地震時受働土圧における粘性土の自立高さ（m）

$$z'_0 = \frac{2c}{\gamma_t}\tan\left(45° - \frac{\phi}{2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.36)$$

その他の記号は**式**（13.17）に同じ。

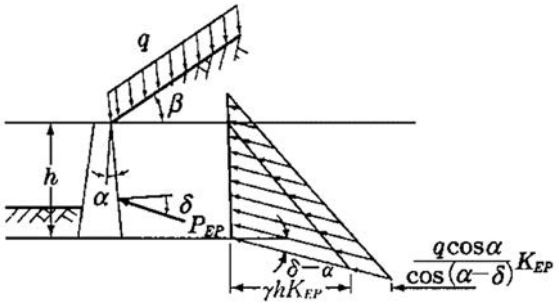



**図-13.38**　地震時受働土圧

⑹ 地震時動水圧

水路内に水面を考慮して耐震設計を行う構造物では、原則として地震時動水圧を考慮する。地震時動水圧の作用方向は、構造物に作用させる慣性力の作用方向と一致させるものとする。壁状構造物に作用する地震時動水圧とその作用点は次式により算出する。

$$P = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot W_0 \cdot b \cdot h^2 \quad \cdots\cdots (13.37)$$

$$h_g = \frac{2}{5} \cdot h \quad \cdots\cdots (13.38)$$

ここに、$P$ ：構造物に作用する全地震時動水圧（kN）

$k_h$ ：設計水平震度で、**式（13.5）**及び**式（13.6）**による

$W_0$ ：水の単位重量（kN/m$^3$）

$h$ ：水深（m）

$h_g$ ：水路底面から地震時動水圧の合力作用点までの距離（m）

$b$ ：地震時動水圧の作用方向に直角方向の躯体幅（m）

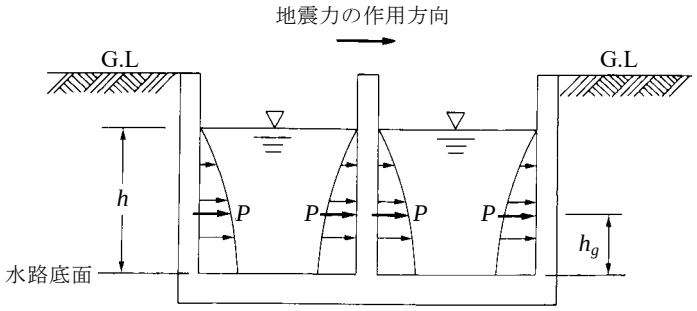



**図-13.39** 壁状構造物に作用する動水圧

地震時動水圧は、静水圧を増減するように働く。したがって、地震力の作用方向に面した壁には（静水圧＋動水圧）、反対側の壁には（動水圧－静水圧）が合水圧として作用することになる。

⑺ 地震時の許容応力

レベル 1 地震動において、許容応力度設計法により照査を行う場合は、地震時の許容応力は、常時許容応力の 1.5 倍を原則とする。なお、レベル 2 地震動は限界状態設計法により照査する。

⑻ 砂地盤の液状化

ゆるい砂地盤、特に沖積層の飽和砂質土層は、地震時に繰返し応力を受けると液状化を生じ、構造物に大きな被害を及ぼすことは近年よく知られている。建造地点の地盤が地震時において液状化を生ずる可能性がある場合は、この影響を考慮して耐震設計を行う必要がある。（詳細は、設計基準「水路工」による。）

液状化の判定を行う必要がある砂質土層は、以下の 3 つの条件すべてに該当する、原則として沖積層の飽和砂質土層とされている。

① 地下水位が現地盤面から 10m 以内にあり、かつ現地盤面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層

② 細粒分含有率 FC が 35%以下の土層､又は FC が 35%を超えても塑性指数 $I_p$ が 15 以下の土層。

③　平均粒径 $D_{50}$ が 10mm 以下で、かつ 10%粒径 $D_{10}$ が 1mm 以下である土層。

### 13.5.2　杭基礎

⑴　耐震設計の手法

杭基礎の耐震設計の手法は、震度法、地震時保有水平耐力法が一般的に用いられている。

ポンプ場の杭基礎の耐震設計は、施設の重要度、経済性を考慮し、上部構造の重要度区分に合わせて、震度法、地震時保有水平耐力法を適切に選択する。ここで、杭基礎の重要度区分と耐震設計手法は、土地改良事業設計指針「耐震設計」によるものとする。

**表-13.35**　ポンプ場の杭基礎の重要度区分

| 区　　分 | 内　　容 |
|---|---|
| 重要度区分　A種 | 上部構造の重要度がA種である施設 |
| 重要度区分　B種 | 上部構造の重要度がB種である施設 |
| 重要度区分　C種 | 上部構造の重要度がC種である施設 |

注）　上記内容は、土地改良事業設計指針「耐震設計」を基に、本技術書において設定した。

**表-13.36**　ポンプ場の杭基礎の重要度区分と耐震性能の適用区分

| 重要度 | レベル 1 地震動 | | レベル 2 地震動 | |
|---|---|---|---|---|
| | 耐震性能 | 耐震設計 | 耐震性能 | 耐震設計 |
| A 種 | 健全性を損なわない。 | 震度法により地震力を算出し、許容応力度設計法により照査することを標準とする。 | 限定された損傷に止める。 | 地震時保有水平耐力法により地震力を算出し、照査することを標準とする。 |
| B 種 | | | 対象としない。 | 耐震設計を行わない。 |
| C 種 | 対象としない。 | 耐震設計を行わない。 | | |

### 13.5.3　建屋

建屋の構造設計は、建築構造設計基準（平成 25 年 5 月 24 日国営整第 38 号）等に準拠して行う。

なお、建屋の構造計算で用いる耐震安全性の分類及び重要度係数（Ⅰ）は、原則として次のとおりとする。

| ［耐震安全性の分類］ | ［重要度係数（Ⅰ）］ |
|---|---|
| Ⅲ類 | 1.0 |

⑴　耐震計算

建屋の構造計算に関する法令上の規定は、「建築基準法」に整備されており、構造計算実務に沿って整理すると、次のようになる。

すなわち、法第 20 条において必要とされる構造計算は、高さ 60m 以下の建築物に要求される構造計算と高さ 60m を超える建築物に要求される構造計算に分けられる。このうち、高さ 60m 以下の建築物に要求される構造計算は、地震に対する安全性の確認に関する要求項目の違いによって 3 つの計算手順に沿って行うこととしている。（**図-13.40(a), (b), (c)**参照）

このうち、鉄骨構造では、規模が階数≦3、高さ≦13m、軒高≦9m、スパン≦6m、延べ面積≦500m$^2$

の場合は、筋かい端部・接合部の破断防止を行い、1 次設計（地震力を 5 割増しとする）のみの耐震設計とすることができる。なお、規模がこれを超える場合、又はこれ以下の規模であっても筋かい端部・接合部の破断防止が行われていない場合は、2 次設計によって耐震設計を行う必要がある。

また、鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造では、高さ 20m 以下で壁量・柱量が確保されている場合は、1 次設計（地震力の割増を行わない）で耐震設計を行う。

⑵ 地震力

建屋の構造計算に設計用外力として用いる地震力は､令第88条で以下のとおり規定されている。

1. 建築物の地上部分の地震力については、当該建築物の各部分の高さに応じ、当該高さの部分が支える部分に作用する全体の地震力として計算するものとし、その数値は、当該部分の固定荷重と積載荷重との和（第 86 条第 2 項ただし書の規定によって特定行政庁が指定する多雪区域においては、更に積雪荷重を加えるものとする。）に当該高さにおける地震層せん断係数を乗じて計算しなければならない。この場合において、地震層せん断係数は、次の式によって計算するものとする。

$$C_i = Z R_t A_i C_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.39)$$

ここに、$C_i$：建築物の地上部分の一定の高さにおける地震層せん断力係数

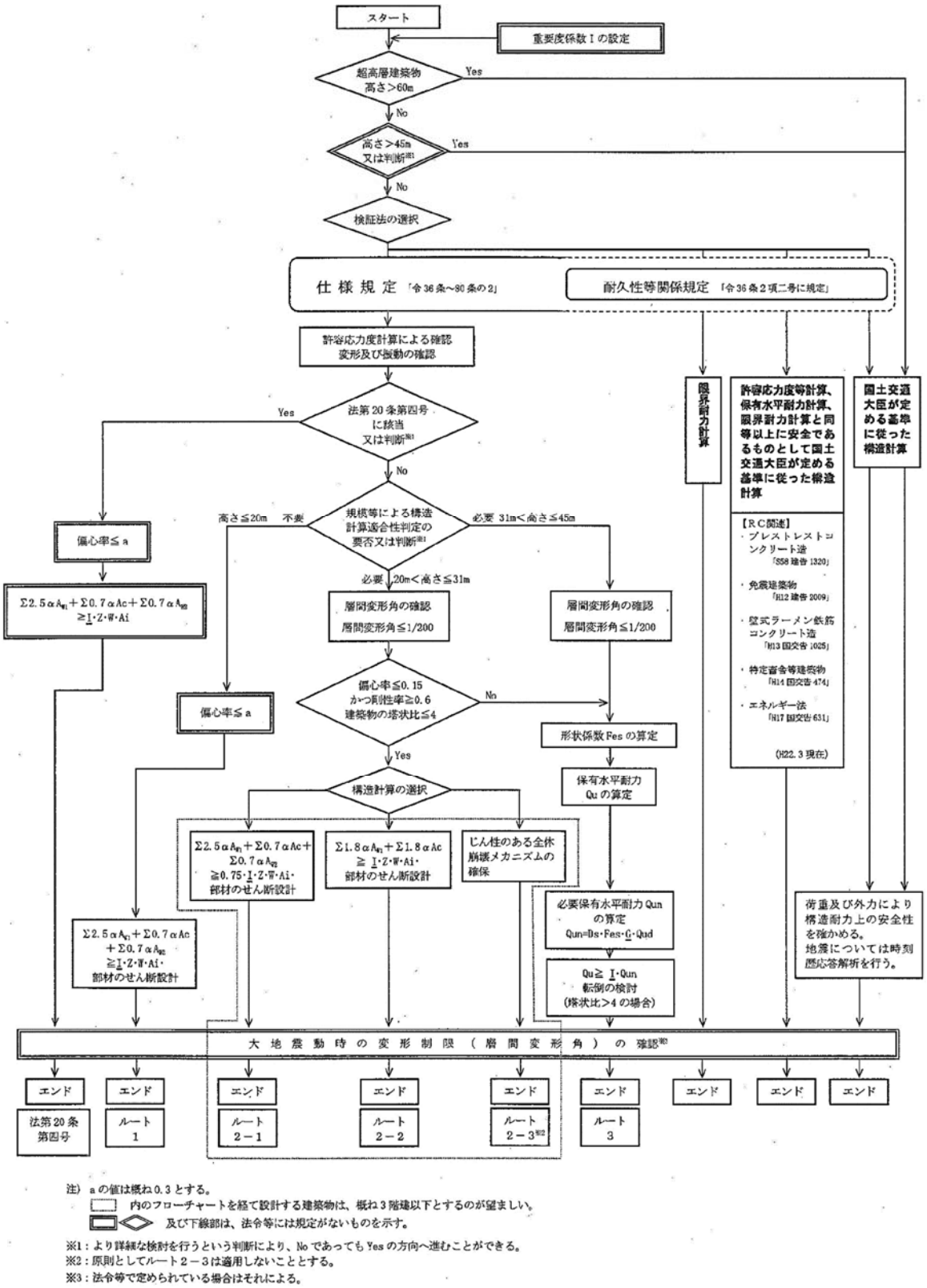
$Z$ ：**表-13.37** に掲げる、その地方における過去の地震の記録に基づく震害の程度及び地震活動の状況その他地震の性状に応じて 1.0 から 0.7 までの範囲内において国土交通大臣が定める数値

$R_t$：建築物の振動特性を表すものとして、建築物の弾性域における固有周期及び地盤の種類に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値

$A_i$：建築物の振動特性に応じて地震層せん断力係数の建築物の高さ方向の分布を表すものとして国土交通大臣が定める方法により算出した数値

$C_0$：標準せん断力係数

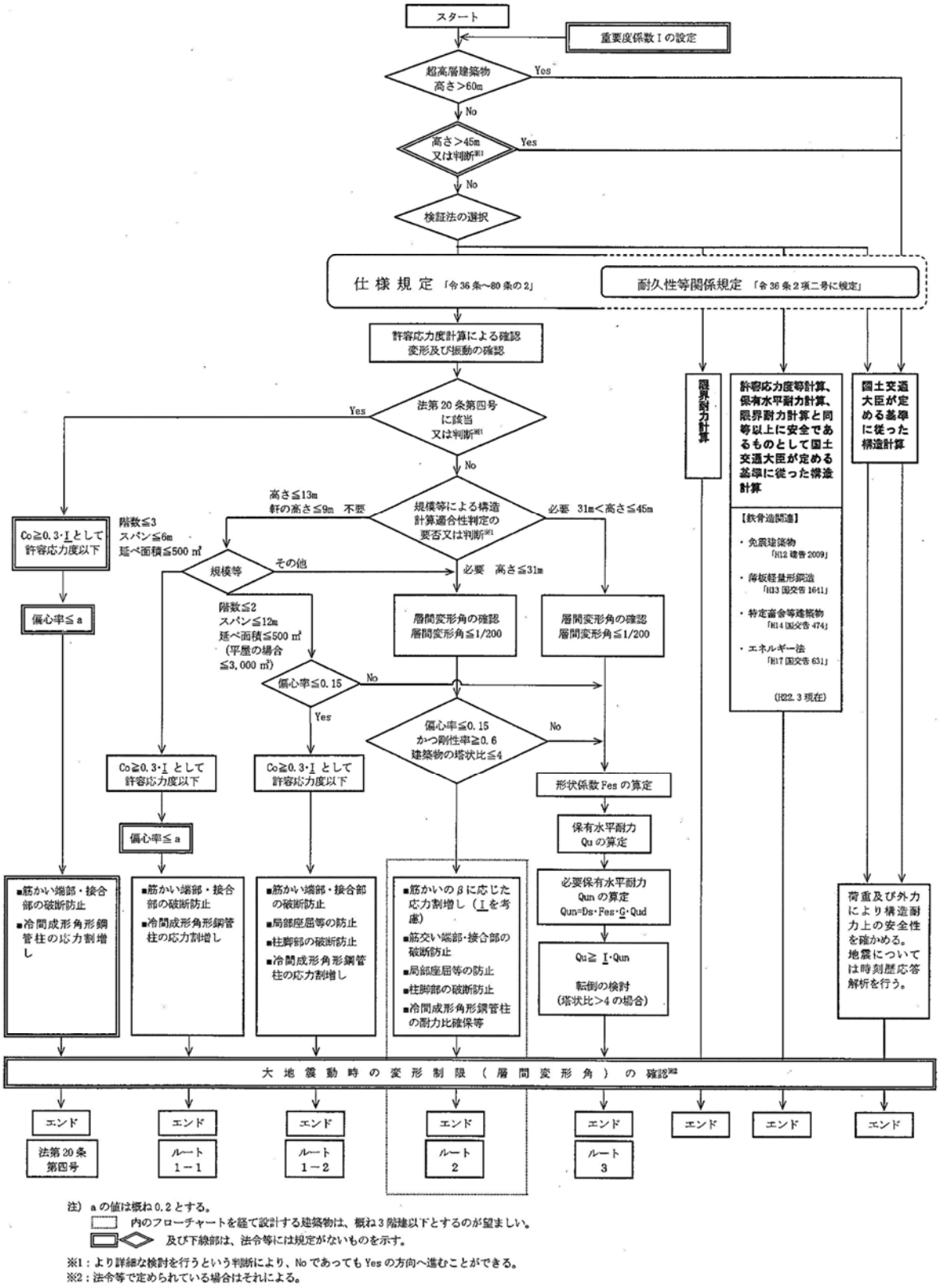
2. 標準せん断力係数は、0.2 以上としなければならない。ただし、地盤が著しく軟弱な区域として特定行政庁が国土交通大臣の定める基準に基づいて規則で指定する区域内における木造の建築物（第 46 条第 2 項第一号に掲げる基準に適合するものを除く）にあっては、0.3 以上としなければならない。




注）a の値は概ね 0.3 とする。
内のフローチャートを経て設計する建築物は、概ね 3 階建以下とするのが望ましい。
及び下線部は、法令等には規定がないものを示す。
※1：より詳細な検討を行うという判断により、No であっても Yes の方向へ進むことができる。
※2：原則としてルート 2－3 は適用しないこととする。
※3：法令等で定められている場合はそれによる。

**図-13.40(a)**　鉄筋コンクリート造の構造計算のフロー

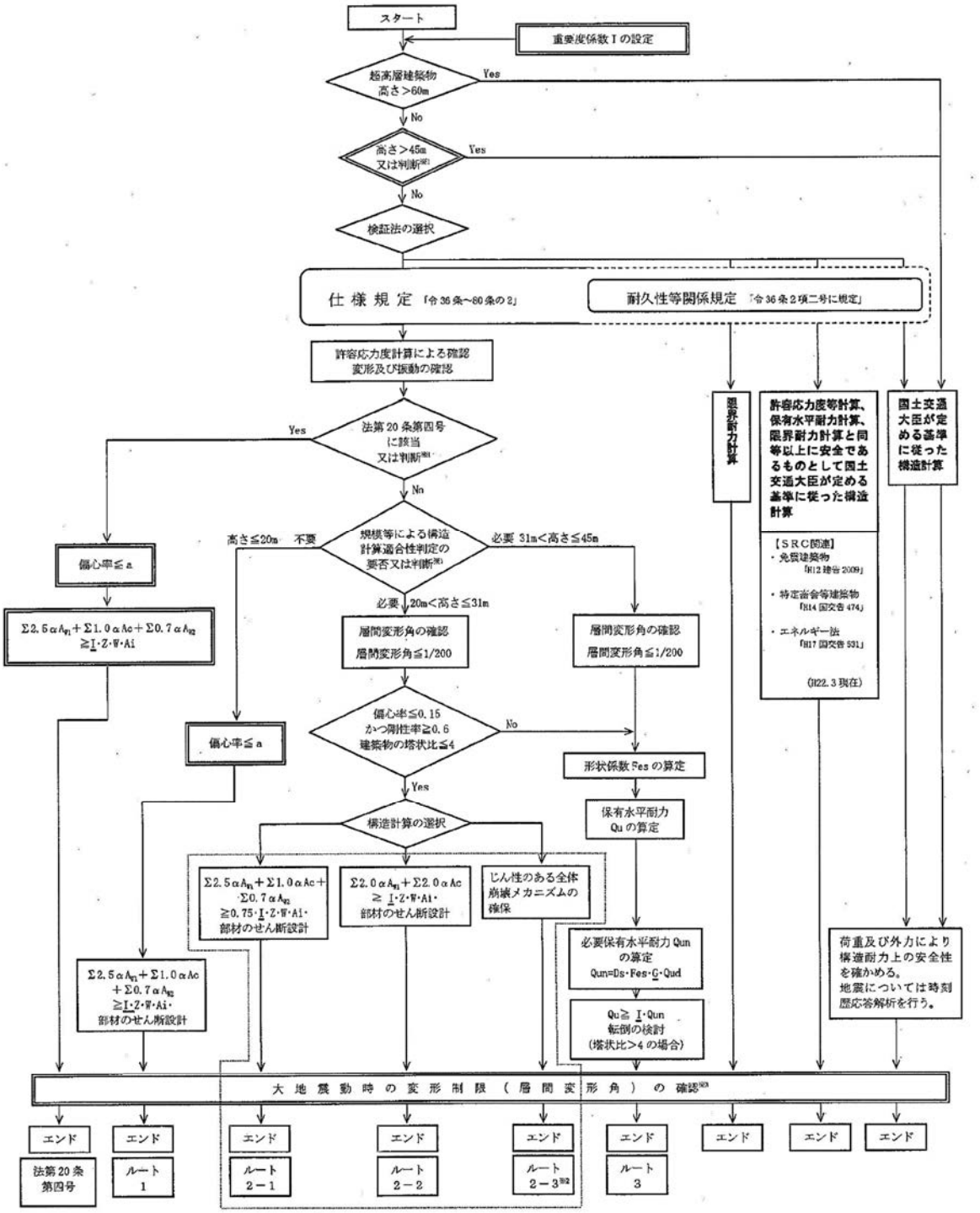
（出典：建築構造設計基準　平成 22 年度版　P. 44）




注）a の値は概ね 0.2 とする。
内のフローチャートを経て設計する建築物は、概ね 3 階建以下とするのが望ましい。
及び下線部は、法令等には規定がないものを示す。
※1：より詳細な検討を行うという判断により、No であっても Yes の方向へ進むことができる。
※2：法令等で定められている場合はそれによる。

**図-13.40(b)** 鉄骨造の構造計算のフロー

（出典：建築構造設計基準 平成 22 年度版 P. 66）




注）a の値は概ね 0.3 とする。
□ 内のフローチャートを経て設計する建築物は、概ね 3 階建以下とするのが望ましい。
□◇ 及び下線部は、法令等には規定がないものを示す。
※1：より詳細な検討を行うという判断により、No であっても Yes の方向へ進むことができる。
※2：原則としてルート 2－3 は適用しないこととする。
※3：法令等で定められている場合はそれによる。

**図-13.40(c)**　鉄骨鉄筋コンクリート造の構造計算のフロー

（出典：建築構造設計基準　平成 22 年度版　P. 56）

3. 第 82 条の 3 第二号の規定により必要保有水平耐力を計算する場合においては、前項の規定にかかわらず、標準せん断力係数は、1.0 以上としなければならない。

4. 建築物の地下部分の各部分に作用する地震力は、当該部分の固定荷重と積載荷重との和に次の式に適合する水平震度を乗じて計算しなければならない。ただし、地震時における建築物の振動の性状を適切に評価して計算することができる場合においては、当該計算によることができる。

$$k \geqq 0.1\left(1-\frac{H}{40}\right)Z \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13.40)$$

この式において、$k$、$H$ 及び $Z$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

ここに、

$k$ ：水平震度

$H$ ：建築物の地下部分の各部分の地盤面からの深さ（20 を超えるときは 20 とする。）（単位 m）

$Z$ ：第 1 項に規定する $Z$ の数値

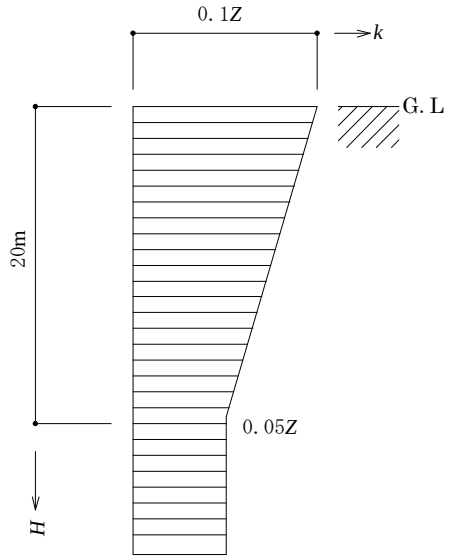



**図-13.41** 地下部分の水平震度分布

**表-13.37　Z の数値**

Z は、次表の地方欄に掲げる地方の区分に応じ、同表数値欄に掲げる数値とする。

| | 地　　方 | 数値 |
|---|---|---|
| ⑴ | ⑵から⑷までに掲げる地方以外の地方 | 1.0 |
| ⑵ | 北海道のうち<br>札幌市　函館市　小樽市　室蘭市　北見市　夕張市　岩見沢市　網走市　苫小牧市　美唄市<br>芦別市　江別市　赤平市　三笠市　千歳市　滝川市　砂川市　歌志内市　深川市　富良野市<br>登別市　恵庭市　伊達市　北広島市　石狩市　北斗市　石狩郡　松前郡　上磯郡　亀田郡<br>茅部郡　二海郡　山越郡　檜山郡　爾志郡　久遠郡　奥尻郡　瀬棚郡　島牧郡　寿都郡　磯谷郡<br>虻田郡　岩内郡　古宇郡　積丹郡　古平郡　余市郡　空知郡　夕張郡　樺戸郡　雨竜郡<br>上川郡（上川総合振興局）のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町　勇払郡　網走郡<br>斜里郡　常呂郡　有珠郡　白老郡<br>青森県のうち（青森市　弘前市　黒石市　五所川原市　むつ市　つがる市　平川市　東津軽郡<br>西津軽郡　中津軽郡　南津軽郡　北津軽郡　下北郡）<br>秋田県<br>山形県<br>福島県のうち（会津若松市　郡山市　白河市　須賀川市　喜多方市　岩瀬郡　南会津郡　耶麻郡<br>河沼郡　大沼郡　西白河郡）<br>新潟県<br>富山県のうち（魚津市　滑川市　黒部市　下新川郡）<br>石川県のうち（輪島市　珠洲市　鳳珠郡）<br>鳥取県のうち（米子市　倉吉市　境港市　東伯郡　西伯郡　日野郡）<br>島根県、岡山県、広島県<br>徳島県のうち（美馬市　三好市　美馬郡　三好郡）<br>香川県のうち（高松市　丸亀市　坂出市　善通寺市　観音寺市　三豊市　小豆郡　香川郡　綾歌郡<br>仲多度郡）<br>愛媛県<br>高知県<br>熊本県（⑶に掲げる市及び郡を除く。）<br>大分県（⑶に掲げる市及び郡を除く。）<br>宮崎県 | 0.9 |
| ⑶ | 北海道のうち（旭川市　留萌市　稚内市　紋別市　士別市　名寄市　上川郡（上川総合振興局）の<br>うち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町及び下川町<br>中川郡（上川総合振興局）　増毛郡　留萌郡　苫前郡　天塩郡　宗谷郡　枝幸郡<br>礼文郡　利尻郡　紋別郡）<br>山口県、福岡県、佐賀県、長崎県<br>熊本県のうち（熊本市のうち旧飽託郡（北部町、河内町、飽田町、天明町）及び旧鹿本郡植木町の<br>区域　八代市（旧八代郡のうち坂本村、千丁町、鏡町、東陽村、泉村を除く）<br>荒尾市　水俣市　玉名市　山鹿市　天草市　上天草市　宇土市<br>宇城市のうち旧宇土郡（三角町、不知火町）の区域　玉名郡　葦北郡　天草郡）<br>大分県のうち（中津市　日田市　豊後高田市　杵築市　宇佐市　国東市　東国東郡　速見郡）<br>鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く。） | 0.8 |
| ⑷ | 沖縄県 | 0.7 |

1）本表は、平成 19 年 5 月 18 日国土交通省告示 597 号によるが、本技術書では市町村合併による名称変更を反映している。

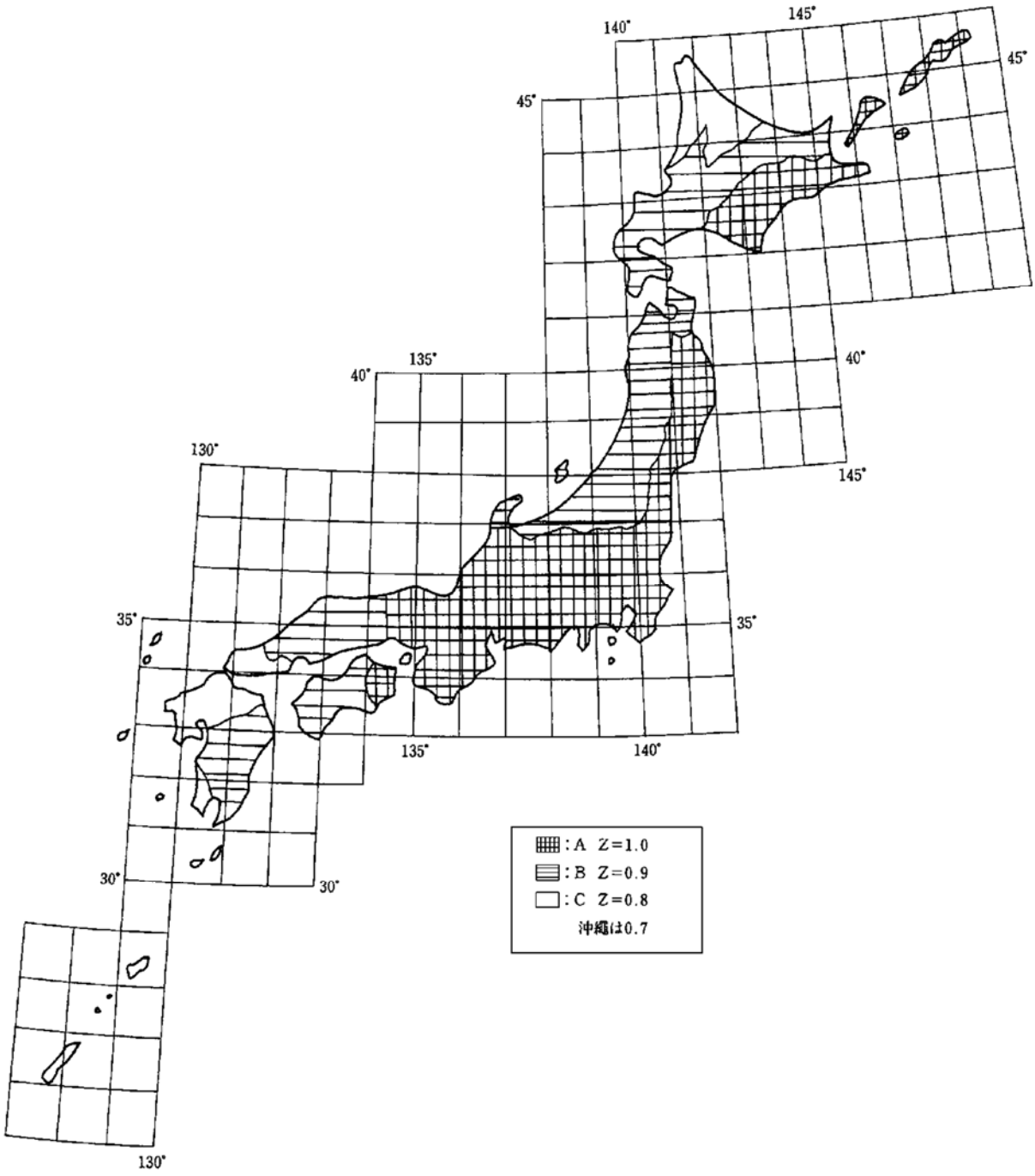



図-13.42　地震地域係数 Z

（$R_t$ を算出する方法）

$R_t$ は、次表の式によって算出するものとする。ただし、特別の調査又は研究の結果に基づき、地震時における基礎及び基礎ぐいの変形が生じないものとして構造耐力上主要な部分の初期剛性を用いて算出した建築物の振動特性を表す数値が次表の式によって算出した数値を下回ることが確かめられた場合においては、当該調査又は研究の結果に基づく数値（この数値が同表の式によって算出した数値に 4 分の 3 を乗じた数値に満たないときは、当該数値）まで減じたものとすることができる。

| | |
|---|---|
| $T < T_c$ の場合 | $R_t = 1$ |
| $T_c \leqq T < 2T_c$ の場合 | $R_t = 1 - 0.2\left(\dfrac{T}{T_c} - 1\right)^2$ |
| $2T_c \leqq T$ の場合 | $R_t = \dfrac{1.6T_c}{T}$ |

この表において、$T$ 及び $T_c$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$T$：次の式によって計算した建築物の設計用 1 次固有周期（単位：秒）

$T = h(0.02 + 0.01\alpha)$

この式において、$h$ 及び $\alpha$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$h$：当該建築物の高さ（単位：m）

$\alpha$：当該建築物のうち柱及びはりの大部分が木造又は鉄骨造である階（地階を除く。）の高さの合計の $h$ に対する比

$T_c$：建築物の基礎の底部（剛強な支持ぐいを使用する場合にあっては、当該支持ぐいの先端）の直下の地盤の種別に応じて、下表に掲げる数値（単位：秒）

| | | |
|---|---|---|
| 第 1 種地盤 | 岩盤、硬質砂れき層その他主として第三紀以前の地層によって構成されているもの又は地盤周期等についての調査又は研究の結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの | 0.4 |
| 第 2 種地盤 | 第一種地盤及び第三種地盤以外のもの | 0.6 |
| 第 3 種地盤 | 腐植土、泥土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層（盛土がある場合においてはこれを含む。）で、その深さがおおむね 30m 以上のもの、沼沢、泥海等を埋立てた地盤の深さがおおむね 3m 以上であり、かつ、これらで埋立てられてからおおむね 30 年経過していないもの又は地盤周期等についての調査又は研究の結果に基づき、これらと同程度の地盤を有すると認められるもの | 0.8 |

$R_t$ は、建築物の弾性域における固有周期及び地盤の種別に応じた当該建築物の振動特性により、地震力の値を変化させる係数である。

この $R_t$ の式をグラフに示すと、**図-13.43** のようになる。

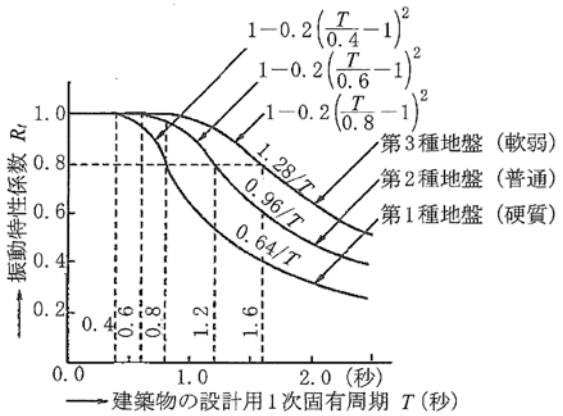



**図-13.43**　振動特性係数 $R_t$

（$A_i$を算出する方法）

$A_i$は、次の式によって算出するものとする。ただし、地震時における基礎及び基礎ぐいの変形が生じないものとして構造耐力上主要な部分の初期剛性を用いて算出した建築物の振動特性についての特別な調査又は研究の結果に基づいて算出する場合においては、当該算出によることができるものとする。

$$A_i=1+\left(\frac{1}{\sqrt{a_i}}-a_i\right)\frac{2T}{1+3T} \quad \cdots\cdots (13.41)$$

この式において$a_i$及び$T$は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$a_i$ ：建築物の$A_i$を算出しようとする高さの部分が支える部分の固定荷重と積載荷重との和（建築基準法施行令第86条第2項ただし書の規定によって特定行政庁が指定する多雪区域においては、更に積雪荷重を加えるものとする。以下同じ。）を当該建築物の地上部分の固定荷重と積載荷重との和で除した数値

$T$：（$R_t$を算出する方法）で定める$T$の数値

本規定の$A_i$は、地震層せん断力係数の分布を示す係数である。本告示で与えられる$A_i$を示したのが、**図-13.44**である。$A_i$の数値は建築物の上階になるほど大きくなり、かつ、建築物の一次固有周期$T$が長いほどその傾向が著しくなる。

建築物が非常に剛な場合、すなわち$T$が極めて小さい場合には、地震動により建築物は上から下まで剛体的に一体として運動し、この場合、建築物に作用する加速度は一様であり、また地震層せん断力係数も一様である（**図-13.44**の$T=0$の場合に相当）。一方、建築物が高層になると、地震動により建築物は大きくしなるように振動し、そのため、地震層せん断力係数は上階へ行くに従い大きくなる。この傾向は高層になればなるほど大きくなる（**図-13.44**の$T=0.1\sim\infty$の場合に相当）。$A_i$はこのように、建築物の固有周期や階の位置によって振動の大きさが異なることに対応して地震層せん断力係数の大きさを変化させる係数である。

$a_i$は、同じ高さを有する建築物であっても、建築物の高さ方向の重量分布によって地震力の分布が変化する現象を考慮するための無次元化した高さを意味するもので、当該建築物の地上部分の全重量で当該階以上の階の重量を除した値である。すなわち、1階においては、$a_i=a_1=1.0$である。

$a_i$ の値が小さくなるほど、その階は重量分布からみてより上層に位置することを示している。

$A_i$ を求めるためには、設計用一次固有周期 $T$ を算定することが必要になる。この場合の $T$ の求め方は、前項（$R_t$ を算出する方法）の解説に示したところによる。一つの計算方向について $R_t$ の算定と $A_i$ の算定に用いる $T$ は同じ値でなければならない。

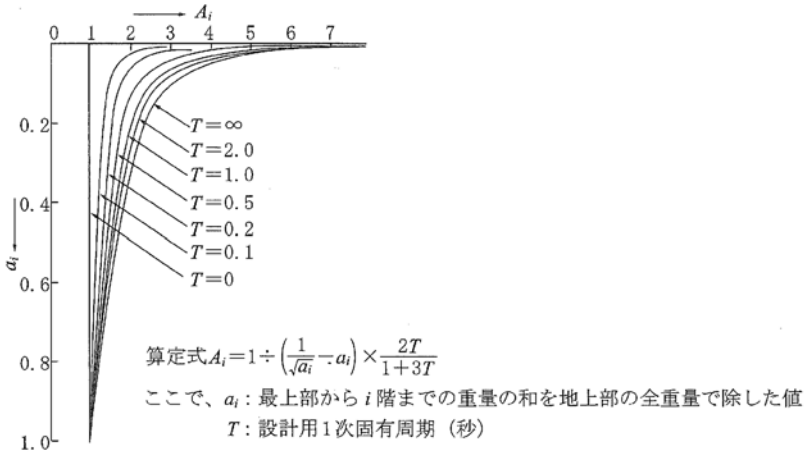



**図-13.44**　地震層せん断力係数の分布係数 $A_i$

〔参　考〕建屋の安定・構造計算における荷重の組合せ

建屋の安定・構造計算は、一般に流水方向と流水直角方向の 2 方向について検討を行う必要がある。これは、建屋等建築構造物の部材が主として柱、梁等による二方向の骨組みで構成されるためである。

1．常時

**表-13.38**　常時における安定・構造計算の荷重組合せ

| | 建屋に作用する荷重 | 備　　考 |
|---|---|---|
| 一般地域 | ①＋②＋③＋④＋⑤ | **図-13.46** a. 参照 |
| 多雪地域 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋0.70*S* | |

①自重（①B 梁の自重、①C 柱、壁の自重、①S スラブの自重、①F フーチングの自重）
②主ポンプ荷重　③主原動機荷重　④管及び弁類荷重
⑤載荷重（⑤床面積載荷重、⑤T 特殊荷重）
*S*：積雪荷重（多雪地域では設計積雪深の 70%を考慮）

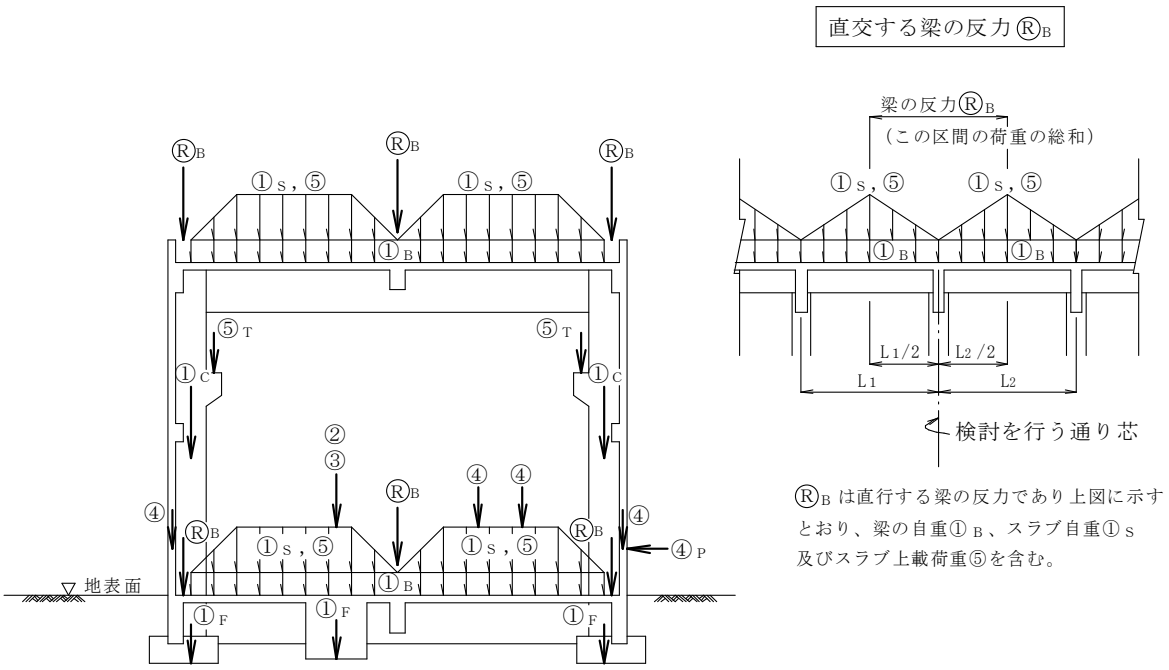
注1）ポンプ場タイプⅡの建屋の場合は、地下部分に、⑦揚圧力、⑧土圧荷重（安定計算時は主働、構造計算時は静止土圧）、⑨水圧荷重が追加される。
2）構造計算時には、フーチングなどの底版に⑭地盤反力又は杭反力が追加される。

2．短期

**表-13.39**　短期における安定・構造計算の荷重組合せ

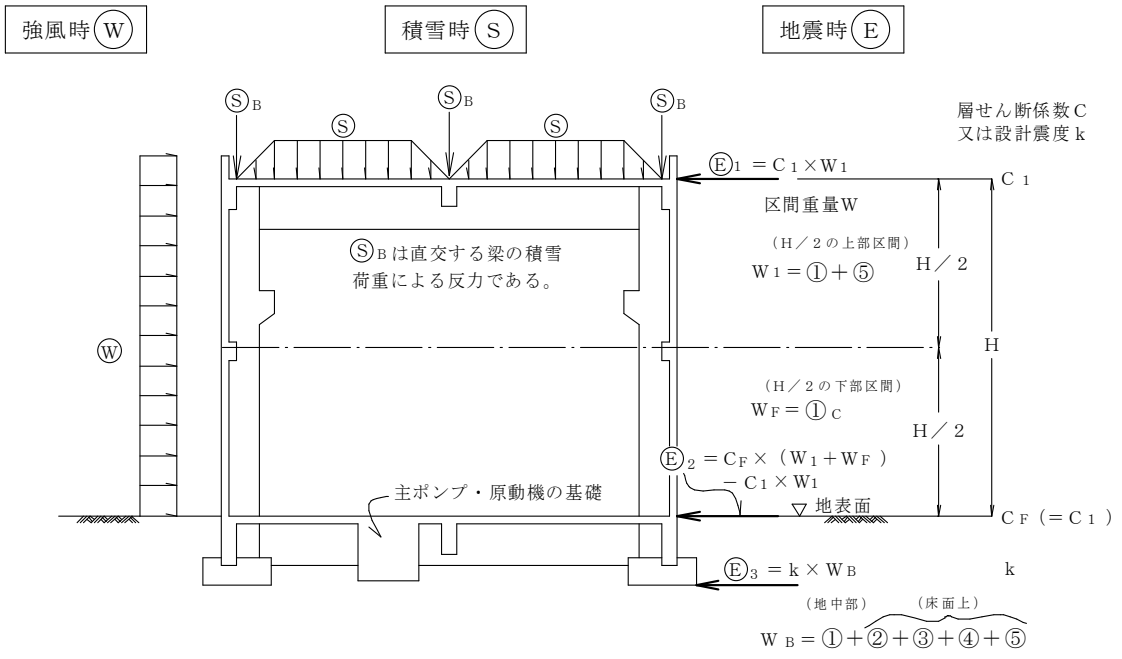
| | | 建屋に作用する荷重 | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 一般地域 | 地震時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋*E* | **図-13.46** a. に示す常時荷重に、**図-13.46** b. に示す短期荷重を組合せる。 |
| | 強風時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋*W* | |
| | 積雪時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋*S* | |
| 多雪地域 | 地震時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋0.35*S*＋*E* | |
| | 強風時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋0.35*S*＋*W* | |
| | 積雪時 | ①＋②＋③＋④＋⑤＋*S* | |

①自重（①B 梁の自重、①C 柱、壁の自重、①S スラブの自重、①F フーチングの自重）
②主ポンプ荷重　③主原動機荷重　④管及び弁類荷重
⑤載荷重（⑤床面積載荷重、⑤T 特殊荷重）
*E*：地震荷重（①、②、③、④、⑤、及び多雪地域では積雪を含む地震時慣性力）
*W*：風荷重、*S*：積雪荷重（多雪地域で他の短期荷重と組合せる場合は設計積雪深の 35%を考慮）
注 1）ポンプ場タイプⅡの建屋の場合は、地下部分に⑦揚圧力、⑧土圧荷重（地震時主働土圧、0.5 を下回らないものとする）、⑨水圧荷重（静水圧及び動水圧）が追加される。
2）ポンプ場タイプⅡの建屋の場合は、基礎工検討のための安定計算における地震力の作用方向は、**図-13.46** による。
3）構造計算時には、フーチングなどの底版に⑭地盤反力又は杭反力が追加される。




a. 常時荷重　L

注）　一般地域では積雪を考慮しないが、多雪地域では積載荷重に設計積雪深から一定の値を減じた積雪を考慮する。



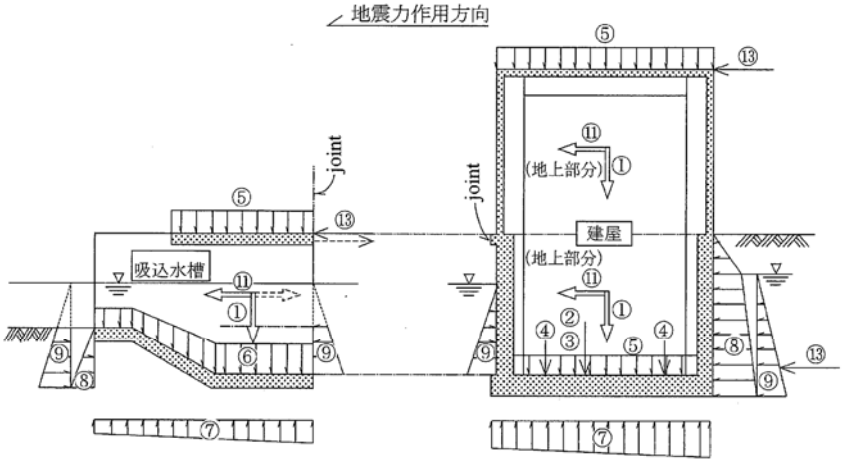

b. 短期荷重　E，S，W

注）　短期荷重は、一般地域では同時に発生しないが、多雪地域では地震時及び強風時に設計積雪深から一定の値を減じた積雪を考慮する。

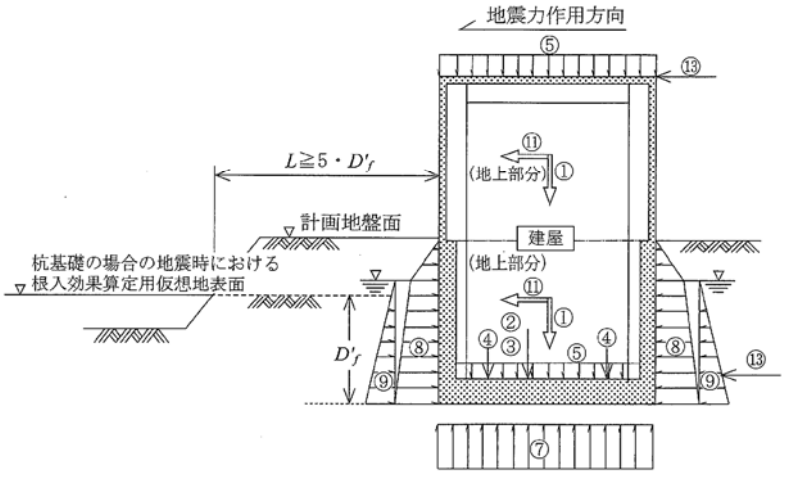
**図-13.45**　建屋の安定・構造計算の荷重組合せ

〔参　考〕ポンプ場タイプⅡの安定計算における留意点

1. ポンプ場タイプの吸込水槽については、他のポンプ場タイプの吸込水槽と同様、原則として単独で安定させるものとする。
2. 接する建屋の土圧作用状況及び構造規模から見て、吸込水槽の水平力を建屋で分担可能な場合は、吸込水槽に作用する水平力を建屋に分担させてよいものとする。
3. 地震力の作用方向は、基礎底面に作用する水平力が大となる方向について行う必要がある。本タイプのポンプ場では、建屋に作用する土圧の状況から見て、一般に吸込水槽の水平力は建屋で分担可能であるため、基礎工検討のための吸込水槽の安定計算は、**図-13.46** に示すとおりの地震力の作用方向で検討を行えばよい。
4. 本ポンプ場タイプの建屋についても建屋単独で安定させるものとし、吸込水槽に作用する土圧の状況及び構造規模から見て隣接する吸込水槽には建屋の水平力を分担させない。なお、地震力の作用方向によって吸込水槽の水平荷重を建屋に分担させる場合には、建屋の構造設計に当たってこの荷重を考慮して解析を行う必要がある。
5. 基礎形式が杭基礎の場合で近傍に法面などが存在する場合に、地震時における根入れ部分の水平力分担率（$\alpha$）算定に当たっては、**図-13.46** を参考に、$L \geqq 5D_f$（一般には、$3D_f \sim 5D_f$ を目安にする）の関係を満足するように仮想地表面を定め、$D_f$ を決定する。
6. 建屋の安定計算は、**図-13.46** に示す a. 開口部と、b. 地中埋設部を合わせて一体的に行う。




a. 吸込水槽及び開口部の荷重組合せ




b. 地中埋設部の建屋の荷重組合せ

**図-13.46**　ポンプ場タイプⅡの場合の安定計算

# 第 14 章　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計

関連条項〔基準 10、運用 10-3〕

## 14.1　一　　般

### 14.1.1　構造の基本

⑴　吸込水槽及び吐出し水槽の吸込及び吐出し性能を満足する形状については、「**第 12 章　吸込水槽及び吐出し水槽の水理設計**」の項による。

⑵　吸込及び吐出し水槽は、管・弁等の取付け、取替えあるいは点検に便利な構造とする。

### 14.1.2　荷重条件

⑴　荷重

吸込及び吐出し水槽の設計で考慮する鉛直荷重は、①自重、②建屋荷重、③主ポンプ荷重、④原動機荷重、⑤管及び弁類荷重、⑥載荷重、⑦内水重、⑧浮力・揚圧力等である。

水平荷重は、土圧、水圧荷重並びに地震荷重である。これらの荷重については、本項によるほか「**13.4　荷重の算定**」による。

主ポンプ基礎荷重には、自重と揚水圧に基づく軸スラスト荷重が含まれる。横軸ポンプ及び一床式立軸ポンプのスラスト荷重は、内部で支持相殺される構造のため、基礎には作用しない。

また、二床式立軸ポンプのスラスト荷重は、上床機器（電動機・歯車減速機）で支持する構造の場合は上床の基礎に作用するが、スラスト荷重をポンプ支持（ポンプ内部で支持相殺される構造）とする場合は基礎には作用しない。

⑵　自重

吸込及び吐出し水槽の荷重計算に用いるための単位重量は、実重量が明らかな場合を除いて、次の値を使用してよい。

①　コンクリート

**表-14.1**　コンクリートの単位重量

| 種　　類 | 単位重量(kN/m$^3$) |
|---|---|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 |
| 無筋コンクリート | 23.0 |
| 鉄筋軽量骨材コンクリート１種 | 20.0～22.0 |
| 鉄筋軽量骨材コンクリート２種 | 18.0 |
| 軽量骨材コンクリート | 16.5 |

注）　建屋についても上記の値を採用してよい。

②　土砂

**表-14.2**　土砂の単位重量

| 状　　態 | 単位重量(kN/m$^3$) |
|---|---|
| 乾燥土 | 16.0 |
| 湿潤土 | 18.0 |
| 飽和土 | 20.0 |
| 水中土 | 10.0 |

注）　飽和土の実重量が明らかな場合は、水重を 9.8kN/m$^3$ として水中土の単位重量を算定する。

③　水；9.8 kN/m$^3$

⑶ 土圧係数

この場合の土圧は、壁の構造計算に使用する値であり、壁面に直角に作用する土圧とする。なお、安定計算の場合の土圧は、「13.3.1 **安定計算における荷重の組合せ**」を参照のこと。

① ラーメン構造等の壁で移動変形の少ない剛性構造物の場合

常時は、静止土圧係数を考慮するものとし、0.5 とする。ただし、内部摩擦角が小さなもので主働土圧係数が 0.5 以上となる場合は主働土圧係数を採用する。

地震時は、地震時主働土圧係数（0.5 を下回らないものとする）を採用する。なお、杭基礎の場合は、「13.3.1⑵ 地震時」に示される、根入れ効果による土圧の増分を地震力に抵抗する側の壁に作用させる。

② フルーム等の壁で変形を考慮する構造物の場合

常時・地震時とも、土の内部摩擦角から求められる主働土圧係数を採用とする。ただし、杭基礎の場合の地震時土圧は①と同様とする。

主働土圧、受働土圧の算定は、「13.4.2 **土圧**」及び「13.5.1⑸ 地震時土圧」を参照する。

⑷ ポンプ場内の吸込水槽床面に作用する群集荷重

ポンプ場内の吸込水槽床面に載荷する荷重で、主要機器以外については、荷重が明らかな場合を除いて次の値を採用してよい。

常 時 用　　$q$ ＝ 5.0 kN/m$^2$

地震時用　　$q$ ＝ 1.5 kN/m$^2$

### 14.1.3 部材設計

⑴ 部材設計の照査方法

部材設計の照査方法には、許容応力度法と限界状態設計法がある。これらは、構造物に作用する荷重に対して、所要の性能を満足するか否かを照査する手法である。

適用区分は**表-13.27** に示すとおり、常時・レベル 1 地震動の検討においては許容応力度法を適用し、レベル 2 地震動の検討においては限界状態設計法を適用する。

⑵ 許容応力度法

許容応力度法は、材料を弾性体とみなし、材料強度に安全率を適用して許容応力を定め、荷重による作用応力が許容応力以下であることを検証して、安全性を確認する設計法である。この設計法は、部材設計に関する照査手法の一つであり、吸込水槽及び吐出し水槽における十分な実績を有している。

具体的方法は、「14.1.4 **許容応力度法による部材設計**」に示すほか、設計基準「水路工」によるものとする。

⑶ 限界状態設計法

限界状態設計法は、要求性能に応じて設定する限界状態に対して、安全係数、設計応答値及び設計限界値を用いて安全であることを照査する手法である。また、コンクリート標準示方書がこの方法の規範としてあり、部材の塑性化を考慮した断面破壊に対する照査手法、ひび割れに対する照査手法等の部材設計に関する照査手法のほか、転倒、滑動等の構造物の安定に関する照査手法などが示されている。

具体的方法は、「14.1.5 **限界状態設計法による部材設計**」に示す。

### 14.1.4　許容応力度法による部材設計

以下に、許容応力度法を適用する場合に必要な設計諸元を示す。

① コンクリートの許容応力度

**表-14.3**　鉄筋コンクリートの許容応力(N/mm²)

| 許容応力(N/mm²) ＼ 28 日設計基準強度 $\sigma_{ck}$ (N/mm²) | | | 18 | 21 | 24 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 曲げ圧縮（$\sigma_{ca}$） | | | 7 | 8 | 9 | |
| せん断 | 斜め引張り鉄筋の計算をしない場合（$\tau_{a1}$） | 梁の場合 | 0.4 | 0.42 | 0.45 | |
| | | スラブの場合[1)] | 0.8 | 0.85 | 0.9 | |
| | 斜め引張り鉄筋の計算をする場合（$\tau_{a2}$） | せん断力のみの場合[2)] | 1.8 | 1.9 | 2.0 | |
| 付着 | 丸鋼（$\tau_{oa1}$） | | 0.7 | 0.75 | 0.8 | |
| | 異形棒鋼（$\tau_{oa2}$） | | 1.4 | 1.5 | 1.6 | |
| 支圧[3)]（$\sigma'_{ca}$） | | | 5.4 | 6.3 | 7.2 | $\sigma'_{ca} \leqq 0.3\sigma_{ck}$ |

注1)　押抜きせん断に対する値である。
2)　ねじりの影響を考慮する場合には、この値を割増ししてよい。
3)　全面載荷の場合を示す。局部載荷の場合は、コンクリートの全面積を $A$、支圧を受ける面積を $Aa$ とした場合、$\sigma'_{ca} \leqq (0.25+0.05A/Aa)\cdot\sigma_{ck}$　ただし、$\sigma'_{ca} \leqq 0.5\sigma_{ck}$ となる。

**表-14.4**　無筋コンクリートの許容応力(N/mm²)

| 28 日設計基準強度 $\sigma_{ck}$ | 18 | 21 | 24 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 圧縮応力 $\sigma_{ca}$ | 4.5 | 5.0 | 5.4 | $\sigma_{ca} \leqq \sigma_{ck}/4$ |
| 曲げ引張応力 $\sigma_{ta}$ | 0.25 | 0.29 | 0.29 | $\sigma_{ta} \leqq \sigma_{tk}/7$ |
| 支圧応力 $\sigma'_{ca}$ | 5.4 | 5.9 | 5.9 | $\sigma'_{ca} \leqq 0.3\sigma_{ck}$ |

注 1）$\sigma_{tk}$ は、コンクリートの設計基準引張強度（JIS A 1113 によって定める）

なお、部材設計のうち、せん断応力の照査は以下のとおりとしてよい。

(i)　ボックスカルバートの場合

ボックスカルバート構造のせん断応力照査は、**図-14.1** に示すラーメン軸線からの距離に応じて、**式（14.1）**より許容せん断力度の割り増しを行ってよい。

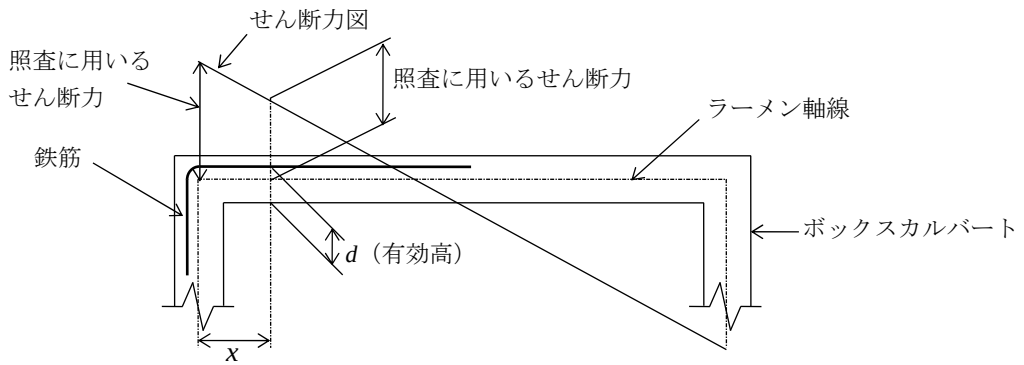



**図-14.1**　せん断力に対する照査位置

許容応力度の割増係数

$$\alpha=2-x/2d \quad (1\leqq\alpha\leqq2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (14.1)$$

ここに、 $\alpha$：割増し係数

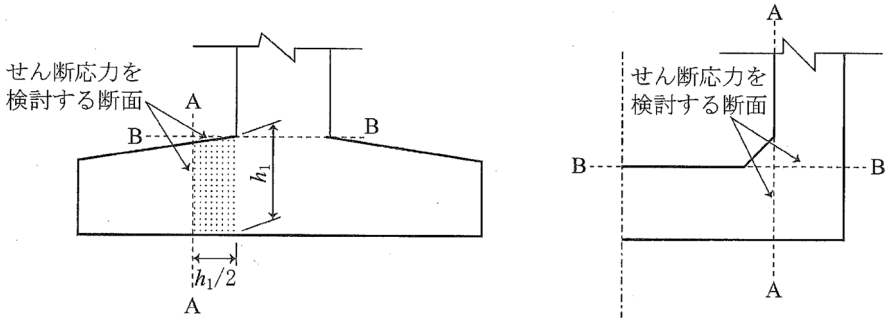
$x$ ：軸線から照査断面位置までの距離（mm）

$d$ ：照査断面の有効高（mm）

ただし、荷重が分布荷重の場合には、$x=0$、$x=2d$ の 2 点だけで照査を行ってよいものとする。この場合の $x=0$ における有効高は、$x=2d$ の位置の有効高を用いる。

(ii) 擁壁及びフルーム水路

擁壁底版においては、柱あるいは壁前から $h_1/2$ 離れた部材断面 A－A を検討断面とする。また、たて壁においては、つけ根部材断面 B－B で検討する（**図-14.2** 参照）。フルーム水路の場合には、それぞれつけ根部材断面 A－A、B－B で検討する。なお、一般にハンチは無視する。




a. 擁　壁　　b. フルーム水路

**図-14.2**　底版におけるせん断力を検討する断面

② 鉄筋の許容応力

**表-14.5**　鉄筋の許容応力 $\sigma_{sa}$ (N/mm$^2$)

| 応力、部材の種類 ＼ 鉄筋の種類 | | | SR235 | SD295A<br>SD295B | SD345 注1) | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 引張り応力 | 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合 | 一般の部材 | 137 | 176 | 196 注2) | |
| | | 水中あるいは地下水位以下に設ける部材 | 137 | 157 | 176 | |
| | 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力の基本値 | | 137 | 176 | 196 | 割増し係数は<br>**表-16.6** 参照 |
| | 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合 | | 137 | 176 | 196 | |
| | 床版など自動車の輪荷重の影響を強く受ける場合 | | 137 | 137 | 137 | |
| 圧　縮　応　力 | | | 137 | 176 | 196 | |

注1) SD345 が適用できる構造物は、次のような場合とする。

① 特に大規模で地震時が支配的となり、経済性で有利な場合

② 市場性により SD295A、B の入手が困難な場合

③ ひび割れ等に対する十分な検討を行う場合

④ 道路協議（河川協議）などによる場合

2) 次の場合、常時の SD345 の許容引張応力は SD295A、B と同一とする。

① 道路協議（河川協議）等による場合

② たわみ、ひび割れの検討を行わない場合

**表-14.6**　許容応力の割増し係数

| 種　　別 | 荷重、外力等の組合せ | 割増し係数 |
|---|---|---|
| 鉄筋コンクリート | 温度変化及び乾燥収縮を考えた場合 | 1.15 |
| | 地震の影響を考えた場合 | 1.50 |
| | 温度変化、乾燥収縮及び地震の影響を考えた場合 | 1.65 |

③　鉄筋の継手及び定着長

(i)　基本定着長

a. 引張鉄筋の基本定着長 $\ell_d$ は、**式 (14.2)** により求める。ただし、この値 $\ell_d$ は20 $\phi$以上とする。

$$\ell_d = \frac{\sigma_{sa}}{4\tau_{oa}}\phi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (14.2)$$

ここに、 $\ell_d$ ： 引張鉄筋の基本定着長（mm）

$\phi$ ： 主鉄筋の直径（mm）

$\sigma_{sa}$ ： 鉄筋の基本定着長を算出する場合の許容引張応力（N/mm$^2$）

（SD295A の場合、176 N/mm$^2$、SD345 の場合、196 N/mm$^2$）

$\tau_{oa}$ ： コンクリートの許容付着応力（N/mm$^2$）

b. 圧縮鉄筋の基本定着長は、aにより求まる $\ell_d$ の0.8倍としてよい。

(ii)　鉄筋の継手

a. 鉄筋の継手位置は相互にずらして、同一断面に集めてはならない。このため、継手位置を軸方向に相互にずらす距離は、継手の長さに鉄筋直径の25倍を加えた長さ以上を標準とする。また、応力の大きい部分では鉄筋の継手はできるだけ避けなければならない。

b. 軸方向鉄筋に重ね継手を用いる場合には、次の(a)～(e)の規定に従わなければならない。

(a)　配置する鉄筋量が、計算上必要な鉄筋量の 2 倍以上、かつ同一断面での継手の割合が 1/2 以下の場合には、重ね継手の重ね合わせ長さは基本定着長 $\ell_d$ 以上としなければならない。

(b)　(a)の条件のうち一方が満足されない場合には、重ね合わせ長さは基本定着長 $\ell_d$ の 1.3 倍以上とし、継手部を横方向鉄筋等で補強しなければならない。

(c)　(a)の条件の両方が満足されない場合には、重ね合わせ長さは基本定着長 $\ell_d$ の 1.7 倍以上とし、継手部を横方向鉄筋等で補強しなければならない。

(d)　重ね継手は、交番応力を受ける塑性ヒンジ領域で用いてはならない。

(e)　重ね継手の重ね合わせ長さは、鉄筋直径の 20 倍以上とする。

(iii)　鉄筋の定着

a. 鉄筋端部は、コンクリート中に十分埋込んで、鉄筋とコンクリートとの付着力によって定着するか、フックをつけて定着するか、又は機械的に定着するかしなければならない。

引張鉄筋に普通丸鋼を用いる場合には、その端部に必ず半円形フックをつけて定着しなければならない。圧縮鉄筋の定着にはフックの効果を考慮しない。

b. 鉄筋の定着長 $\ell_0$ は、基本定着長 $\ell_d$ 以上でなければならない。

この場合に、配置される鉄筋量 $A_s$ が計算上必要な鉄筋量 $A_{sc}$ よりも大きい場合、**式(14.3)**

によって定着長$\ell_0$を低減してよい。

$$\ell_0 \geqq \ell_d\,(A_{sc}/A_s) \cdots\cdots (14.3)$$

ただし、$\ell_0 \geqq \ell_d/3$、$\ell_0 \geqq 10\phi$

$\phi$　：鉄筋直径

$\ell_0$　：鉄筋定着長

引張鉄筋は、引張応力を受けないコンクリート内に定着長$\ell_0$以上延ばすのを原則とする（**図-14.3**）。やむを得ずコンクリートの引張部に引張筋を定着する場合には、鉄筋が計算上不要となる位置から、部材の有効高さ（$d$）＋定着長（$\ell_0$）以上延ばす。

c. 引張鉄筋の端部は、原則として引張応力を受けないコンクリートに定着しなければならない。やむを得ずコンクリートの引張部に引張鉄筋を定着する場合には、**図-14.3**に示すように、鉄筋は計算上曲げ応力を受ける必要がなくなった点から部材の有効高さに等しい距離だけ延長し、そこから必要な定着長（$\ell_0$）以上延ばす。

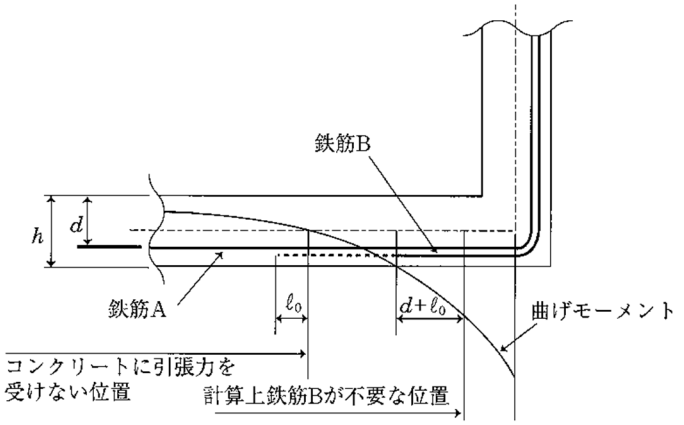



**図-14.3**　鉄筋の定着位置

d. スラブ又は梁の正鉄筋の少なくとも1/3は、これを曲げ上げないで支点を越えて定着しなければならない。

e. 固定梁、連続梁、又は片持梁の負鉄筋は計算上曲げ応力を受ける必要のなくなった点から部材の有効高さに等しい距離だけ曲げ下げるか、そのまま延ばすかして、圧縮部のコンクリートに定着することを原則とする。また、固定梁、又は連続梁の負鉄筋の少なくとも1/3は反曲点を越えてスパンの1/16以上で部材の有効高さ（$d$）以上延ばさなければならない。

f. スターラップは、正鉄筋又は負鉄筋を取囲み、その端部を圧縮部のコンクリートに定着する。圧縮鉄筋がある場合には、スターラップは圧縮鉄筋及び引張鉄筋を取囲まなければならない。

g. 固定梁又は片持ち梁の支承部の負鉄筋の端は、鉄筋の全強を受けるのに十分な長さを支承中に延ばさなければならない。

h. 折曲げ鉄筋は、その延長を正鉄筋又は負鉄筋として用いるか、又は折曲げ鉄筋端部を梁の上面又は下面に所要のかぶりを残してできるだけ接近させ、梁の上面又は下面に平行に折曲げて水平に延ばし、圧縮部のコンクリートに定着することが望ましい。

④　鉄筋のかぶり

鉄筋のかぶりは構造物の重要度、現場の状況等によって決めなければならないが、一般には、「コンクリート標準示方書」に示す数値以上でなければならない。

特に規定のない場合の「かぶり」は、鉄筋表面からコンクリート表面までの最短距離とする。

かぶりは鉄筋の直径以上とするが、一般には**表-14.7** の値以上とする。

**表-14.7**　鉄筋コンクリートの最少かぶり

（単位：mm）

| 環境条件＼部材 | スラブ | 梁 | 柱 |
|---|---|---|---|
| 一般の環境 | 25 | 30 | 35 |
| 腐食性環境 | 40 | 50 | 60 |
| 特に厳しい腐食性環境 | 50 | 60 | 70 |

地中に直接打設されるフーチング、フルーム、暗きょ、サイホン等の底版の外側のかぶりは、75㎜ 以上必要である。

⑤　主鉄筋の中心からコンクリート表面までの距離

かぶりを考慮した、主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は、特に厳しい腐食性環境以外における柱の場合を除き**表-14.8** を標準とする。

ただし、小規模の構造物で主鉄筋が 13mm 以下の場合、主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は 50mm とすることができる。

**表-14.8**　主鉄筋の中心からコンクリート表面までの距離の標準値(mm)

| 施工状態＼主鉄筋の径 | 19mm 以下 | 22mm 以上 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 型枠や均しコンクリート施工面 | 60 | 70 | 部材厚 $T$＜300mm |
| | 70 | 70 | 部材厚 $T$≧300mm |
| 地中に直接打設する場合の底版下面 | 90 | 100 | フーチング、フルーム、暗渠、サイホン等 |
| 杭頭上 | 50 | 50 | 底版内に杭頭が 50mm 以上貫入する場合 |

〔参　考〕建築構造物の許容応力等

1.　コンクリートの許容応力

**表-14.9**　建築構造物の鉄筋コンクリートの許容応力（N/mm²）

| 区分 | | 長期 | | | 短期 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 許容応力 (N/mm²) ＼ 設計基準強度 $\sigma_{ck}$ (N/mm²) | | 18 | 21 | 24 | 18 | 21 | 24 |
| 圧縮応力（$\sigma_{ca}$） | | 6 | 7 | 8 | 12 | 14 | 16 |
| せん断応力（$\tau_a$） | | 0.60 | 0.70 | 0.73 | 0.90 | 1.05 | 1.09 |
| 付着 | 異形鉄筋（$\tau_{oa}$） 上端鉄筋 | 1.20 | 1.40 | 1.54 | 1.80 | 2.10 | 2.31 |
| | 異形鉄筋（$\tau_{oa}$） その他 | 1.80 | 2.10 | 2.31 | 2.70 | 3.15 | 3.47 |

2.　鉄筋の許容応力

**表-14.10**　建築構造物の鉄筋の許容応力$\sigma_{sa}$(N/mm²)

| 材料種別 ＼ 応力種別 | | 長期 | | 短期 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 引張及び圧縮 | せん断補強 | 引張及び圧縮 | せん断補強 |
| SD295A、SD295B | | 195 | 195 | 295 | 295 |
| SD345 | D25 以下 | 215 | 195 | 345 | 345 |
| | D29 以上 | 195 | | | |
| SD390 | D25 以下 | 215 | 195 | 390 | 390 |
| | D29 以上 | 195 | | | |

3.　鉄筋の継手及び定着長

鉄筋の継手及び定着の長さは、**表-14.11** による。

なお、径が異なる鉄筋の重ね継手の長さは、細い鉄筋の径による。

**表-14.11**　建築構造物の鉄筋の継手及び定着の長さ

| 鉄筋の種類 | 設計基準強度 (N/mm²) | フックなし | | | | フックあり | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | | $L_{1h}$ | $L_{2h}$ | $L_{3h}$ | |
| | | | | 小梁 | 床版 | | | 小梁 | 床版 |
| SD295A SD295B | 18 | 45$d$ | 40$d$ | 20$d$ | 10$d$ かつ 150mm 以上 | 35$d$ | 30$d$ | 10$d$ | — |
| | 21 | 40$d$ | 35$d$ | | | 30$d$ | 25$d$ | | |
| | 24、27 | 35$d$ | 30$d$ | | | 25$d$ | 20$d$ | | |
| | 30、33、36 | 35$d$ | 30$d$ | | | 25$d$ | 20$d$ | | |
| SD345 | 18 | 50$d$ | 40$d$ | | | 35$d$ | 30$d$ | | |
| | 21 | 45$d$ | 35$d$ | | | 30$d$ | 25$d$ | | |
| | 24、27 | 40$d$ | 35$d$ | | | 30$d$ | 25$d$ | | |
| | 30、33、36 | 35$d$ | 30$d$ | | | 25$d$ | 20$d$ | | |
| SD390 | 21 | 50$d$ | 40$d$ | | | 35$d$ | 30$d$ | | |
| | 24、27 | 45$d$ | 40$d$ | | | 35$d$ | 30$d$ | | |
| | 30、33、36 | 40$d$ | 35$d$ | | | 30$d$ | 25$d$ | | |

注 1)　$L_1$, $L_{1h}$：2)以外の直線定着の長さ及びフックあり定着の長さ。重ね継手の長さ及びフックあり重ね継手の長さ。

2)　$L_2$, $L_{2h}$：割裂破壊のおそれのない箇所への直線定着の長さ及びフックあり定着の長さ。

3)　$L_3$：小梁及びスラブの下端筋の直線定着の長さ（基礎耐圧スラブ及びこれを受ける小梁は除く。）。
なお、片持小梁及び片持スラブの場合は、20$d$ 及び 10$d$ を 25$d$ 以上とする。

4)　$L_{3h}$：小梁の下端筋のフックあり定着の長さ

5)　フックありの場合は、フック部分 $l$ を含まない。また、中間部での折曲げは行わない。

6)　軽量コンクリートの場合は、表の値に 5$d$ を加えたものとする。

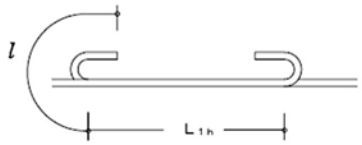



**図-14.4**　フックありの場合の重ね継手の長さ

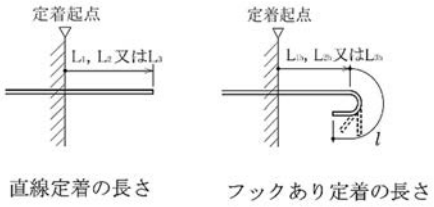



**図-14.5**　直線定着の長さ及びフックあり定着の長さ

### 14.1.5　限界状態設計法による部材設計

⑴　吸込水槽及び吐出し水槽における構造性能照査の原則

吸込水槽及び吐出し水槽の構造性能照査は、要求性能に応じた限界状態を施工中及び設計耐用期間中の構造物あるいは構成部材ごとに設定し、設計で仮定した形状・寸法・配筋等の構造詳細を有する構造物あるいは構造部材が限界状態に至らないことを確認することで行うことを原則とする。

吸込水槽及び吐出し水槽の要求性能に応じた限界状態の考え方及び限界状態を例示すると**表-14.12** 及び以下のとおりである。

**表-14.12**　吸込水槽及び吐出し水槽の要求性能に対する限界状態と照査項目（例）

| 検討ケース | 要求性能の水準 | 要求性能 | 限界状態 | 照査項目 |
|---|---|---|---|---|
| レベル 2 地震動 | 致命的な損傷を防止する。 | 耐震性 | 主要部材が破壊する手前の状態 | 応力 |

吸込水槽及び吐出し水槽における限界状態設計法の適用における基本事項を示す。なお、計算式等の詳細は、「コンクリート標準示方書[設計編]」等を参考されたい。

⑵　断面破壊に対する安全性の照査

a. 照査の流れ

断面破壊に対する安全性の照査は、吸込水槽及び吐出し水槽に作用する曲げモーメント、軸方向力、せん断力などの断面力に対して鉄筋コンクリート部材が断面破壊しないこと、すなわち、設計断面耐力が設計断面力よりも大きくなることを確認する。

設計断面耐力は、材料強度の特性値 $f_k$ を材料係数 $\gamma_m$ で除して設計強度 $f_d$ を定め、断面耐力 $R(f_d)$ を計算する。さらに、その断面耐力を部材係数 $\gamma_b$ で除して設計断面耐力 $R_d$ とする。

設計断面力は、各種荷重の特性値 $F_k$ に荷重係数 $\gamma_f$ を乗じて設計荷重 $F_d$ を定め、断面力 $S(F_d)$ を計算する。さらに、これに構造解析係数係数 $\gamma_a$ を乗じた値を合計し、設計断面力 $S_d$ とする。

安全性の照査は、設計断面力 $S_d$ を設計断面耐力 $R_d$ で除し、その値に構造物係数 $\gamma_i$ を乗じた値が

1.0 以下になることを確認する。

断面破壊に対する安全性の照査の流れと各種安全係数との関係は**図-14.6** のようになる。

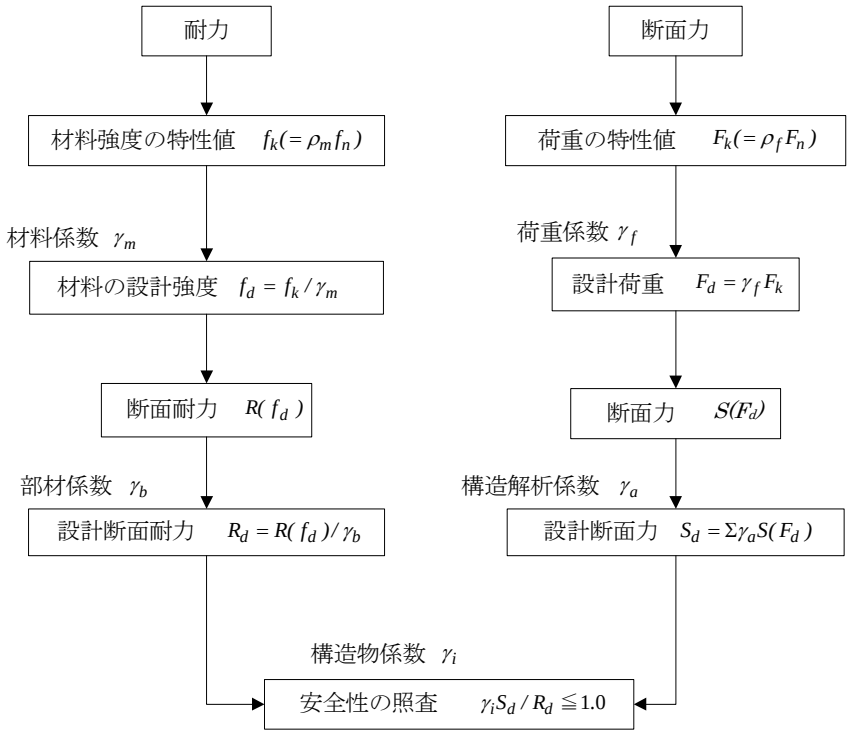



**図-14.6**　断面破壊に対する安全性の照査の流れと各種安全係数との関係

一般に鉄筋コンクリート部材では、設計曲げモーメント及び設計軸方向力が同時に作用したときに断面が曲げ破壊を起こさない性能、及び設計せん断力に対して断面がせん断破壊を起こさない性能が要求される。断面破壊による安全性の照査においては、鉄筋コンクリート断面がこれらの性能を満足していることを確認する。

b. 曲げモーメント及び軸方向力に対する安全性の照査

(a) 部材断面が曲げモーメントと軸方向圧縮力を同時に受ける場合、設計軸方向耐力 $N'_{ud}$ と設計曲げ耐力 $M_{ud}$ の関係は**図-14.7** に示すような $M_{ud} - N'_{ud}$ 曲線で表される。ここで、$N'_{oud}$ は軸方向圧縮耐力の上限値を表す。断面破壊に対する安全性の照査は、算定した設計曲げモーメント $M_d$、設計軸方向圧縮力 $N'_d$ に関する点（$\gamma_i M_d$、$\gamma_i N'_d$）が曲線内部にあることを確認する。安全性の照査は次式で表される。

$$\gamma_i \frac{N'_d}{N'_{ud}} \leqq 1.0 \quad \cdots\cdots (14.4)$$

$$\gamma_i \frac{M_d}{M_{ud}} \leqq 1.0 \quad \cdots\cdots (14.5)$$

(b) 偏心量 $e$（$= M_d / N'_d$）と断面高さ $h$ との比が $e/h \geqq 10$ の場合、断面耐力に及ぼす軸方向力の影響は、曲げモーメントに比べて小さく、曲げ部材として断面耐力を算定してよい。この場合、安全性の照査は次式で表される。

$$\gamma_i \frac{M_d}{M_{ud}} \leqq 1.0 \quad \cdots\cdots (14.6)$$

(c) 部材断面が曲げモーメントと軸方向力を同時に受ける場合、断面破壊時の状態は、$e=0$（中心軸圧縮の状態）、$e=e_c$（全断面圧縮の状態）、$e=e_b$（釣合偏心状態：圧縮縁ひずみがコンクリートの終局圧縮ひずみに達すると同時に、引張鉄筋が降伏する状態）、$e=\infty$（純曲げの状態）などのように、偏心量 $e$ の増加に伴って変化する。

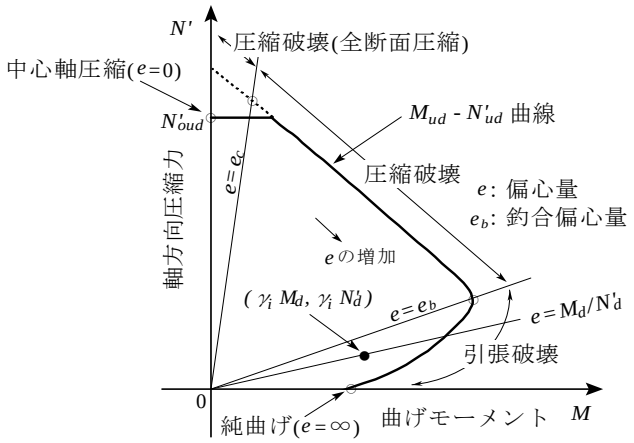



**図-14.7**　設計軸方向耐力と設計曲げ耐力の関係

c. せん断力に対する安全性の照査

(a) はりのような棒部材のせん断耐力は、せん断補強鉄筋を用いない棒部材のせん断耐力とスターラップあるいは折曲鉄筋により受け持たれるせん断耐力の和として次式で表される。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} \cdots\cdots (14.7)$$

ここに、$V_{yd}$ ：設計せん断耐力

$V_{cd}$ ：せん断補強鉄筋を用いない棒部材のせん断耐力

$V_{sd}$ ：せん断補強鉄筋により受け持たれる設計せん断耐力

せん断力に対する安全性の照査は、次式のように設計せん断力 $V_d$ を設計せん断耐力 $V_{yd}$ で除し、その値に構造物係数 $\gamma_i$ を乗じた値が 1.0 以下であることを確認する。

$$\gamma_i \frac{V_d}{V_{yd}} \leqq 1.0 \cdots\cdots (14.8)$$

(b) 鉄筋コンクリートはりの腹部幅が薄い場合や、せん断補強鉄筋が多量に配置されている場合などには、せん断補強鉄筋が降伏する前に、斜め圧縮力によってコンクリートが圧壊することがある。この種の破壊に対しては、設計斜め圧縮破壊耐力 $V_{wcd}$ を算定して斜め圧縮破壊に対する安全性を照査する。

⑶ 荷重の組み合わせ

荷重は持続性、変動の程度及び発生頻度によって、一般に永久荷重、変動荷重、偶発荷重に分類される。

永久荷重は、その変動がきわめてまれか、平均値に比して無視できるほどに小さく、持続的に生じる荷重であり、死荷重、土圧、水圧、プレストレス力、コンクリートの収縮及びクリープの影響等がある。

変動荷重は、連続あるいは頻繁に生じ、平均値に比してその変動が無視できない荷重であり、活荷重、温度変化の影響、風荷重、雪荷重等がある。

偶発荷重は、設計耐用期間中に生じる頻度がきわめて小さいが、生じるとその影響が非常に大きい荷重であり、地震の影響、衝突荷重、強風の影響等がある。

構造物の性能照査には、施工中及び設計耐用期間中に想定される荷重を、要求性能に対する限界状態に応じて、適切な組み合わせの下に考慮しなければならない。また、設計荷重は、荷重の特性値に荷重係数を乗じて定めるものとする。

設計荷重は、各限界状態に対し、一般に**表-14.13** に示すように組み合わせるものとする。

**表-14.13** 設計荷重の組み合わせ

| 要求性能 | 限界状態 | 考慮すべき組み合わせ |
|---|---|---|
| 耐震性 | すべての限界状態 | 永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重 |

注） 変動荷重には、「主たる変動荷重」と「従たる変動荷重」があり、荷重を組み合わせる場合は、ある1組の変動荷重を主たる変動荷重とし、その他の変動荷重は従たる変動荷重とする。

⑷ 安全係数

a. 標準値

鉄筋コンクリート部材の構造設計に用いる安全係数は、材料係数$\gamma_m$、荷重係数$\gamma_f$、構造解析係数$\gamma_a$、部材係数$\gamma_b$及び構造物係数$\gamma_i$とする。標準的な値は、**表-14.14** に示すとおりである。なお、吸込水槽及び吐出し水槽のレベル 2 地震動に対する照査に用いる安全係数の例は、検討事例の**表-14.21** に示すとおりである。

**表-14.14** 鉄筋コンクリート部材の設計に用いる標準的な安全係数の値

| 安全係数 / 要求性能（限界状態） | 材料係数 $\gamma_m$ | | 部材係数 | 構造解析係数 | 荷重係数 | 構造物係数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | コンクリート $\gamma_c$ | 鋼材（鉄筋） $\gamma_s$ | $\gamma_b$ | $\gamma_a$ | $\gamma_f$ | $\gamma_i$ |
| 安全性（断面破壊）注） | 1.3 | 1.0 | 1.1～1.3 | 1.0 | 1.0～1.2 | 1.0～1.2 |

注）線形解析の場合

b. その他

構造物の剛体安定に対する安全性の照査における安全係数は、現時点では明確になっていない。一方、「道路土工－擁壁工指針」によれば、近年の大規模地震において従来の常時・レベル 1 地震動に対して設計された構造物は、安定性を確保していることが示されている。よって、常時・レベル 1 地震動に対する検討において安定性を満たせば、レベル 2 地震動に対する安定性の照査を省略してもよいものとする。

### 14.1.6　構造解析の方法

構造計算において部材に作用する断面力（$M$、$S$、$N$）を算定する解析法として、ラーメン解法、版・擁壁解法がある。これらの解法は、構造フレームの構成具合によって選択し、外力及び構造物の挙動に合致する断面方向での解析に適用する。

ポンプ場における実際の構造物は、スラブ、梁、柱、壁等の組合せで構成され、複雑な三次元の形状を呈する場合が多い。

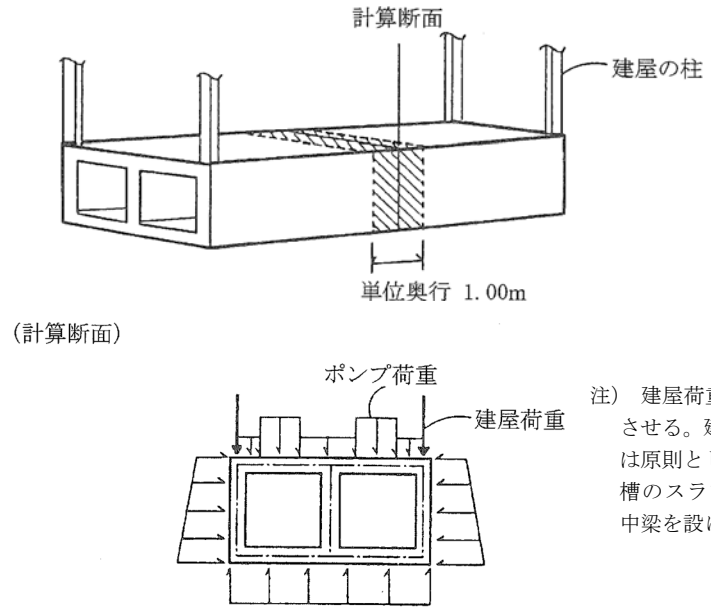
このように複雑な構造物を一括直接的に解析することは不可能に近いことから、解析に当たっては実際の構造物の特性を十分把握し、近似化したモデルを使用することとする。

ポンプ場でよく用いられる基本的な構造解析法について、**図-14.8～図-14.13** に示す。

⑴　吸込水槽本体（ボックスラーメン構造の場合）

吸込水槽本体がボックスラーメン構造の場合は、**図-14.8** に示すようなラーメンモデルを適用して解析すればよい。吸込水槽と建屋が上下に直結している場合、一体のラーメンとして計算すべきであるが、実用上、建屋荷重の柱からの軸力、水平力等を荷重として吸込水槽のみのラーメンモデルで解析して差し支えない。

なお、吸込水槽流入口付近の導水路（フルーム水路）部や最奥部たて壁等のようにボックスラーメンモデルが適用できない部分は、別途、構造特性に応じた断面モデル及び解法を用いて解析する必要がある。




注）　建屋荷重は壁の軸力、底版の反力に反映させる。建屋の柱に生ずるモーメント処理は原則として柱周辺の部材で行う（吸込水槽のスラブ厚が薄い場合は必要に応じ地中梁を設ける）。

**図-14.8**　吸込水槽本体の構造解析（ボックスラーメン構造の場合）

⑵ 導水路（フルーム構造の場合）

導水路等のフルーム構造の場合は、壁は底版に固定された片持梁、底版は壁の断面力が伝達する単純梁として解析する。

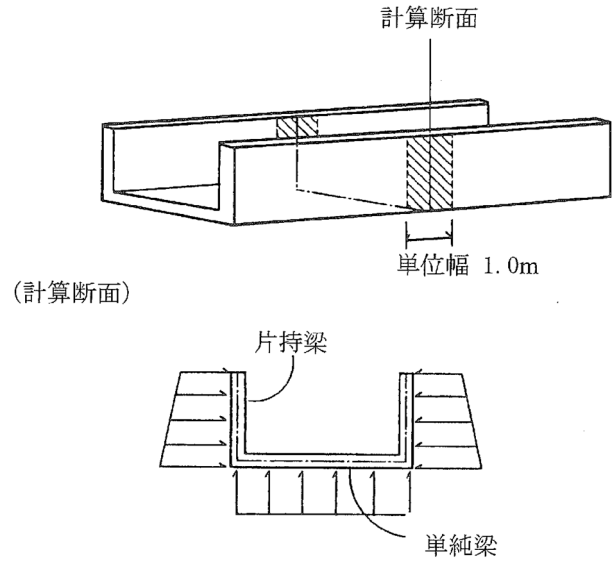



**図-14.9** 導水路の構造解析（フルーム構造の場合）

⑶ 吐出し水槽（深いピットの場合）

壁高($H$)が壁の長辺長($L$)のおおむね 2 倍以上となる深いピット形式の吐出し水槽の場合、壁は水平断面を平面ボックスラーメンとして、底版は壁に固定された四辺固定版として、それぞれ断面力を算出する（ただし、壁が地表より露出する場合は、壁の埋設深を $H$ として考える)。

$2 > H/L \geqq 1$ では、平面ボックスラーメンとして解析する方法と、四辺の壁及び底版を 1 枚 1 枚の版として解析する方法があり、構造物の規模が大きい場合には 1 枚 1 枚を版として解析した方が有利となる。これは、版の解析では断面力を二方向に分散させるため、一方向の解析よりも断面力が小さくできるためである。

なお、深いピット形式の吐出し水槽で、壁を平面ラーメンとして解析する場合、地震力の作用によって、ピット（壁全体）に水平方向せん断力と鉛直方向曲げモーメントが発生するため、規模によってはこれらの断面力の算定が必要になる。

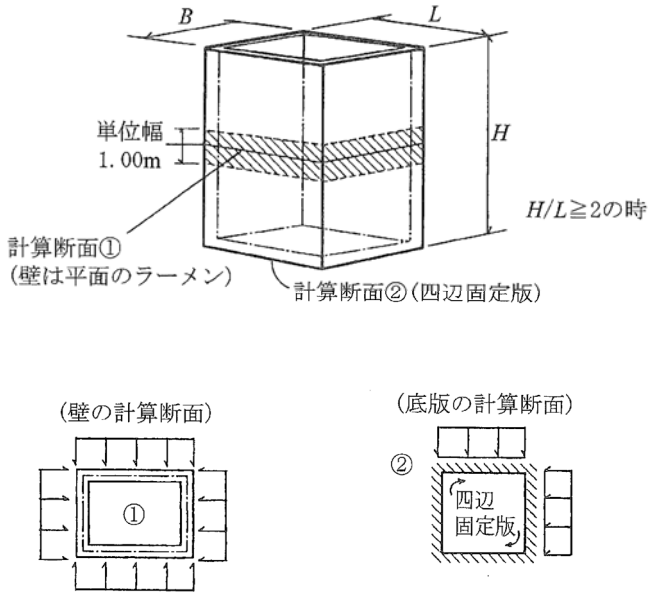
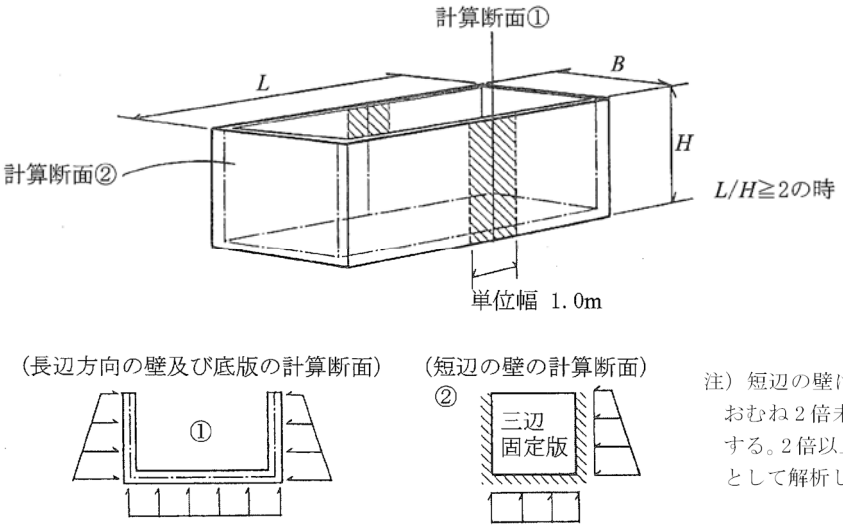



**図-14.10**　吐出し水槽（深いピットの場合）

⑷　吐出し水槽（浅いピットの場合）

壁の長辺長($L$)が壁高($H$)のおおむね 2 倍以上となる浅いピット形式の吐出し水槽の場合は、長辺方向の壁と底版をフルーム構造とし、短辺方向の壁を二方向版として解析する（ただし、壁が地表より露出する場合は、壁の埋設深を $H$ として考える)。

$2 > L/H \geqq 1$ では、フルーム構造として解析する方法と、1 枚 1 枚の版として解析する方法があり、構造物の規模が大きい場合には 1 枚 1 枚を版として解析した方が有利となる。




注）短辺の壁はその辺長が高さのおおむね 2 倍未満では三辺固定版とする。2 倍以上となる場合は片持梁として解析してよい。

**図-14.11**　吐出し水槽（浅いピットの場合）

⑸ 押込み式（一床式）のポンプ場

**図-14.12** に示すような押込み式のポンプ場では地上部と地下部を一体的に応力解析する必要がある。基本構造が、梁、柱、壁、スラブで構成されていることから、梁、柱、壁は、スラブ及び壁に作用する荷重を支持する骨組モデルとしてラーメン解析を行う。スラブは梁あるいは壁に固定された二方向版として、また、土圧地中壁は、柱（又は壁）と底版に固定された二方向版として解析するとよい。

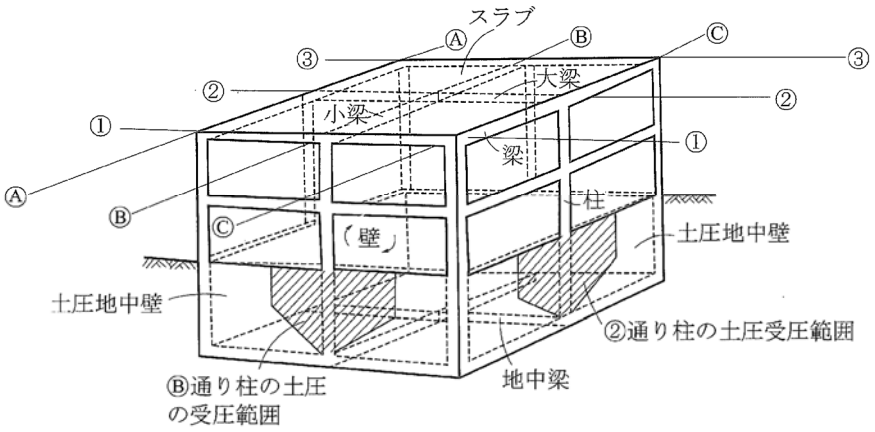



**図-14.12** 押込み式のポンプ場

地下室の柱脚部の底版内には、原則として地中梁を設けるものとするが、地中梁の解析は柱脚に生ずる曲げモーメントを処理するのみの場合と、地中梁によって底版を支持させる場合とがある。いずれによるかは、地中梁の高さ、底版の厚さを考慮し合理的な方法を選択する必要がある。

底版の解析は、地中梁の解析を前者による場合は壁に固定された両端固定梁とし、後者による場合は地中梁（又は壁）に固定された四辺固定版として行うとよい。

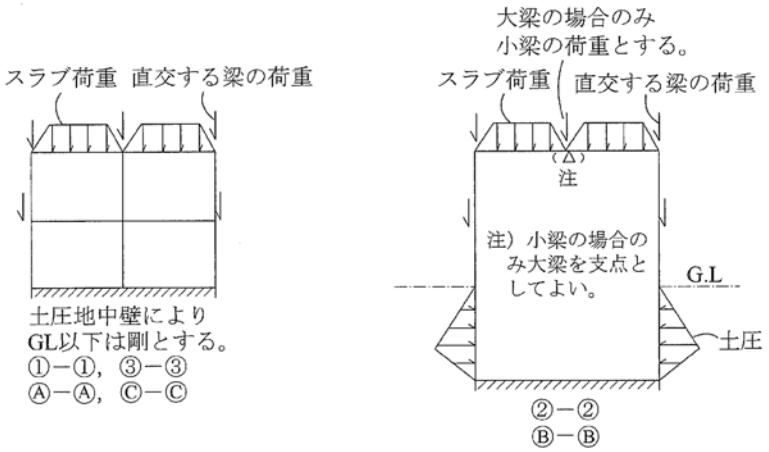



**図-14.13** 押込み式のポンプ場の構造フレームと荷重状態

### 14.1.7　ジョイントの構造

地下構造物のジョイント部、管との取付部、あるいはクラックによる漏水防止対策については、「コンクリート標準示方書」（土木学会）の諸規定に従うほか、次の点に留意する。

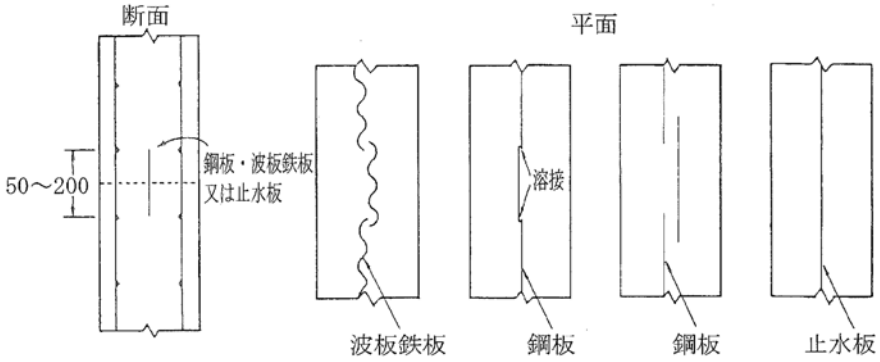



**図-14.14**　打継目の例（単位：mm）

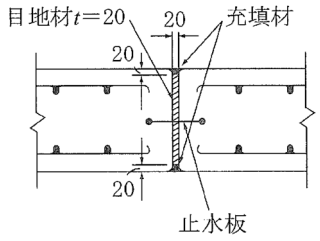



**図-14.15**　伸縮継手の例（単位：mm）

打継目は漏水の原因となりやすく、なるべく避けた方がよいが、やむを得ず設けるときは、漏水防止のための止水板、鋼板等を挿入する（**図-14.14** 参照）。主配管の壁貫通部等で水密を要するものは、一次開口部に鋼板等を挿入するか、管に 100mm 程度のつばをつける等配慮する。また、水密を要する伸縮継手には、ゴム製か塩化ビニル樹脂製の止水板を設ける（**図-14.15** 参照）。

## 14.2 吸込水槽の構造設計

⑴ 吸込水槽の形状

吸込水槽の形状は、「**12.2 吸込水槽の水理設計**」の水理的条件と主ポンプの形式及び台数から決定される。

オープン水槽型、ボックス型等の形式があり、また、主ポンプの設置台数によって 2 連・3 連あるいは数連の構造となる。また異口径ポンプを設置すると、非対称型の構造となる。これらを含めたポンプ場の設計例を**第 16 章**の末尾（**〔参考〕**ポンプ場設計例）に示す。

⑵ 保守管理上の配慮

① 吸込水槽入り口には、除じん機の点検・修繕あるいは取替え、吸込管の点検・取替えと吸込水槽内の点検・清掃等に必要な水替えを行えるように、角落し又はゲートを設ける。

② 導水路・吸込水槽部は点検路と水路底の落差（レベル差）が大きく、ポンプ運転時の水路内流速が速いため、管理者等の転落防止策から、手すり・転落防止用ネットを設ける。

③ 保守管理用のマンホール・タラップを連ごとに設ける。

④ 吸込水槽内の清掃が容易になるよう、水替え用の小規模な可搬式ポンプ用に溜ますを連ごとに設けることがある。溜ますは、吸込水槽内の最低標高となる部分の一隅に 0.6m×0.6m×0.6m 程度の大きさを与える。

⑶ 構造計算

① 吸込水槽の構造計算は、「**14.1.6 構造解析の方法**」に準じて構造各部の断面力を算出し、安全性の照査を行う。また、「**13.5 耐震設計**」についても、その適用を考慮する。

② 常時荷重の場合、吸込水槽内部の水圧は最低水位（一般に 0 として考えてよい）と最高水位の 2 ケースを考える。この場合の外圧との組合せは最も安全となる組合せとする。地震時は、内部水圧 0 の確率は小さく平常水位を考えて差支えない。

③ ポンプ床面の荷重は群集荷重と搬出入の自動車荷重のいずれか大きい方を見込む。

④ 基礎形式が杭基礎となる場合は、杭の影響を考慮する。（「**15.3.1 ⑵ 構造計算における杭反力**」参照。）

⑤ 床面がスラブ構造で、ポンプ孔が開いている場合は開口の影響を考慮する必要がある。このため、ポンプ荷重を四方向に分解し、片持梁として解く場合が多い。

⑥ 部材の厚さは、計算上薄い場合でも、主ポンプの振動、アンカーボルトあるいはダクト等も考慮し決定する。参考として、建屋と吸込水槽が上下に直結する場合の吸込水槽各部概略寸法（底版、床版、側壁の厚さ）を**図-14.16** に示す。

なお、ダクトは、軽量コンクリートを打設し、設置する場合がある。

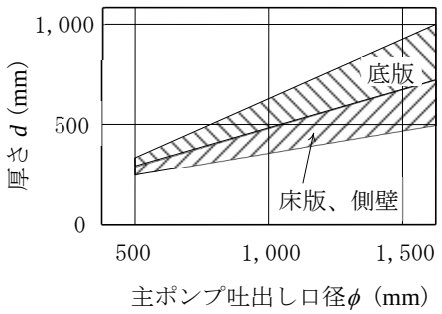



**図-14.16** 吸込水槽各部概略寸法(参考)

⑦　ポンプ場のように、建築構造物（建屋）と土木構造物（吸込水槽）が一体構造物となる場合には、土木構造物についても建築基準の適用を受けることがある。この場合は、土木構造物についても建築の各種関連法規、構造計算基準値等を満足するように設計を行う必要がある。ポンプ場における建築構造物と土木構造物の区分は**表-13.1** に示す。

⑧　吸込水槽などの土木構造物の上に建屋を設ける場合、建屋の柱脚に生ずる曲げモーメントを処理するため、吸込水槽スラブに地中梁を設けることがある。この地中梁は吸込水槽と一体に土木工事で施工されるが、建築部材の補剛材であるため建築基準の適用を受ける。この場合、地中梁鉄筋の定着長及び方法は建築基準に準ずることになる。

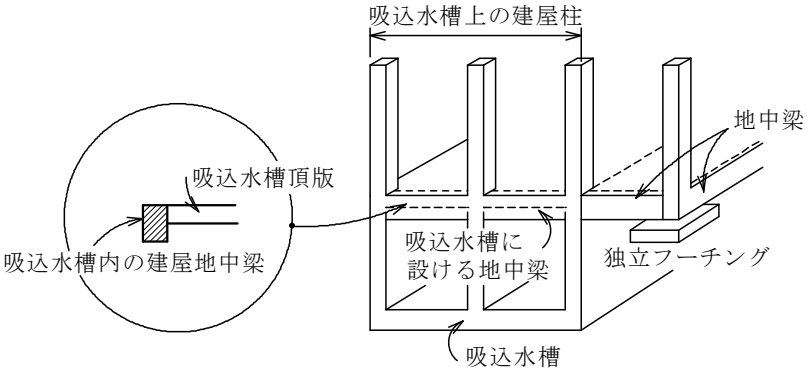



**図-14.17**　吸込水槽の上に建屋が設けられた例

## 14.3 吐出し水槽の構造設計

⑴ 吐出し水槽の形状

吐出し水槽の形状は、「**12.3 吐出し水槽の水理設計**」の水理的条件と、主ポンプの配置、台数及び吐出し側水路、あるいは河川堤防高等から決定される。

直接河川に吐出される場合の吐出し水槽の上端の高さは、吐出し水槽内に生じる可能性のある最高水位に対して安全な高さであり、かつ、河川管理施設等構造令に基づいて次に示す高さ以上とする必要がある。(**参考資料 1.2.2** 参照)

① 計画があるものは計画堤防高以上

② 計画堤防高が現堤防高より低い場合

(i) 支障がないと認められるものは計画堤防高

(ii) 支障があると認められるものは現況堤防高

また、吐出し水槽の基礎底面は、堤防規定断面に食込んではならない。

なお、河川堤防に設置される樋門については構造令に従い設計する。(**参考資料 1.1** 参照)

⑵ 保守管理上の配慮

吐出し水槽内に設置されるフラップ弁の搬入据付け作業の容易性、必要性により各フラップ弁に対する角落しや、点検用梯子を設置する必要がある。

⑶ 構造計算

① 吐出し水槽の構造計算は、「**14.1.6 構造解析の方法**」に準じて構造各部の断面力を算出し、安全性の照査を行う。また、「**13.5 耐震設計**」についてもその適用を考慮する。

② 常時荷重の内水圧は最低水位（一般に 0 としてよい）と最高水位の 2 ケースを考える。この場合の外圧との組合せは構造上最も安全となる組合せとする。地震荷重を考慮する必要がある場合は、水槽内水位は平常水位を考えて差し支えない。

③ 基礎形式が杭基礎の場合は吸込水槽と同様、杭の影響を考慮する。

## 14.4　吸込水槽の構造計算例

標準的な吸込水槽の構造計算事例として、排水ポンプ場における吸込水槽（横軸斜流ポンプ）の例を許容応力度法により示す。

### 14.4.1　設計条件

⑴　主ポンプ及び主原動機

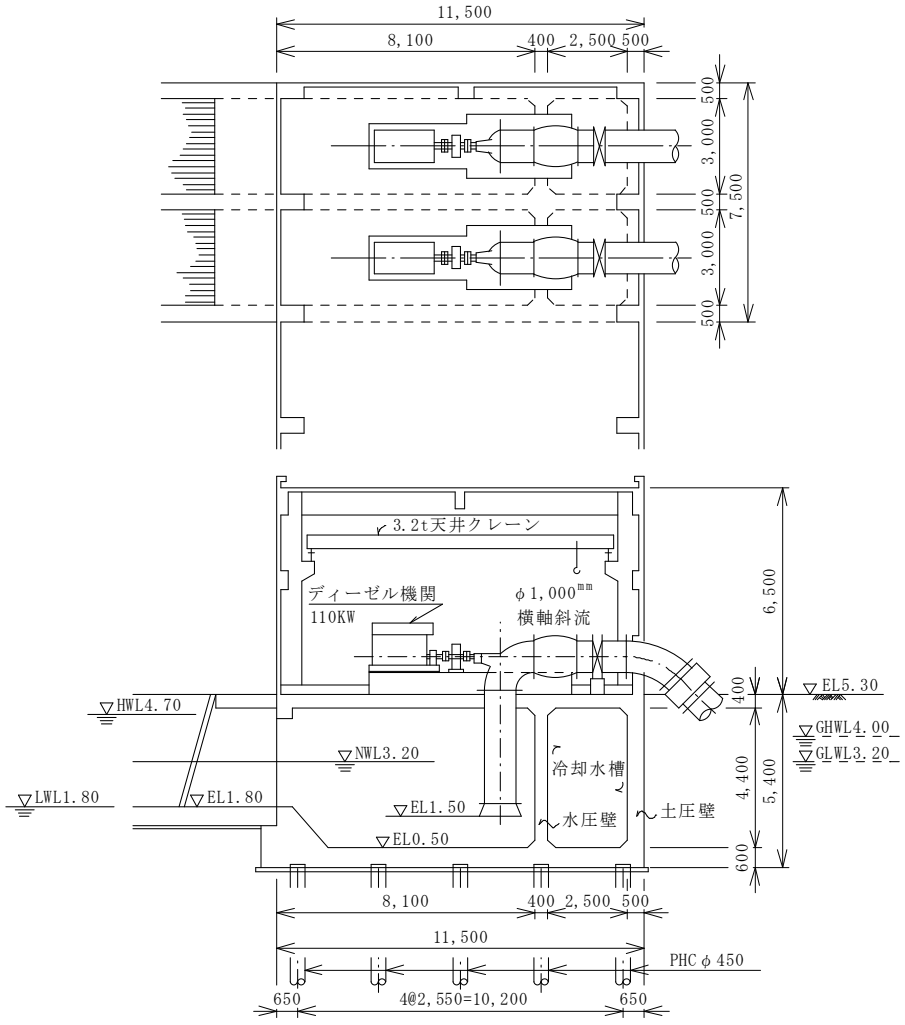



**図-14.18**　排水ポンプ場（横軸斜流ポンプ）の平面・縦断図（例）

機　　種 ：Ⅰ型横軸斜流ポンプ
吐出し量 ：130m$^3$/min×3.4m× 2 台（吸込口径：$\phi$1,000mm）
主原動機 ：ディーゼル機関 110kW (1,200min$^{-1}$)

⑵ ポンプ場の重要度区分と耐震性能

ポンプ場の重要度区分は B 種とする。したがって、**表-13.27** よりポンプ場の耐震性能の適用区分は、レベル 1 地震動とする。

⑶ 内水位及び地下水位

内 水 位：最低水位 L.W.L 1.80（管理を考慮し、吸込水槽内を空水とし、内水位は流入部の水路底高とする）

平常水位 N.W.L 3.20（一般に、用水ポンプ場では常時吸込水位、ポンプ排水専用の排水ポンプ場では常時初期吸込水位、自然排水兼用の排水ポンプ場では排水先河川の平水位を目安とする）

最高水位 H.W.L 4.70（最高吸込水位）

地下水位：最低水位 G.L.W.L 3.20

平常水位 G.N.W.L 4.00（地下水の平常水位は不明であるため、最高地下水位とした）

最高水位 G.H.W.L 4.00

注） 地下水位はボーリング孔内水位や現場状況を参考に定める。内水位との組合せでは構造物にとって最も不利となる組合せとする。一般的には、常時は内水位の最低と地下水位の最高、内水位の最高と地下水位の最低の組合せ、地震時は内水位、地下水位とも平常水位の組合せとする。

⑷ 単位重量

| | | | |
|---|---|---|---|
| 土 | 湿潤土 | $\gamma_t$ ＝ 18.0kN/m$^3$ | |
| | 水中土 | $\gamma_w$ ＝ 10.0kN/m$^3$ | |
| | 飽和土 | $\gamma_{ws}$ ＝ 20.0kN/m$^3$ | |
| 水 | | $w_0$ ＝ 9.8kN/m$^3$ | |
| 鉄筋コンクリート | | $\gamma_{RC}$ ＝ 24.5kN/m$^3$ | |
| シンダーコンクリート | | $\gamma_{SC}$ ＝ 23.0kN/m$^3$ | （無筋コンクリート使用の場合。軽量骨材コンクリート使用の場合は、16.5kN/m$^3$） |

⑸ 土の内部摩擦角

$\phi$ ＝ 25°とする。

⑹ 群集載荷重

| | | | |
|---|---|---|---|
| ポンプ場外 | 自動車荷重考慮 | $q$ ＝ 10.0kN/m$^2$ | （常時のみ） |
| | 〃 なし | $q$ ＝ 3.0kN/m$^2$ | （ 〃 ） |
| ポンプ場内 | 床面荷重（常時用） | $q$ ＝ 5.0kN/m$^2$ | |
| | 〃 （地震時用） | $q$ ＝ 1.5kN/m$^2$ | |

なお、ポンプ場内床面に輪荷重が直接載荷される場合は別途考慮する。

⑺ 設計水平震度

レベル 1 地震動とし、$k_h$ ＝ 0.2 とする。

⑻　鉄筋コンクリート材料の許容応力

コンクリート　28 日設計許容基準強度　　$\sigma ck$ ＝21N/mm$^2$

| | | |
|---|---|---|
| 許容曲げ圧縮応力 | （常時） | $\sigma_{ca}$ ＝ 8.0N/mm$^2$ |
| | （地震時） | $\sigma_{ca}'$ ＝ 8.0×1.5＝ 12.0N/mm$^2$ |
| 許容せん断応力 | （常時） | $\tau_a$ ＝ 0.42N/mm$^2$ |
| | （地震時） | $\tau_a'$ ＝ 0.42×1.5＝ 0.63N/mm$^2$ |
| 許容付着応力 | （常時） | $\tau_{oa}$ ＝ 1.5N/mm$^2$ |
| | （地震時） | $\tau_{oa}'$ ＝ 1.5×1.5＝ 2.25N/mm$^2$ |

鉄　　筋　鉄筋には SD295A、B を用いると想定するとその許容応力は　$\sigma sa$＝157 N/mm$^2$

| | | |
|---|---|---|
| 許容引張応力 | （常時） | $\sigma_{sa}$ ＝ 176N/mm$^2$（頂版のみ一般部材とする） |
| | | $\sigma_{sa}$ ＝ 157N/mm$^2$（上記以外は水中部材とする） |
| | （地震時） | $\sigma_{sa}'$ ＝ 176×1.5 ＝ 264N/mm$^2$ |

## 14.4.2　設計方針

⑴　吸込水槽本体の設計

吸込水槽本体の設計方針は、以下のとおりする。

①　構造フレーム

吸込水槽本体の構造フレームは、横断方向（流水直角方向）のボックスラーメンとする。

②　基礎形式

基礎形式は、杭基礎（$\phi$450PHC 杭）である。したがって、底版には安定計算結果から得られた杭反力を集中荷重として作用させる。

③　上載荷重

吸込水槽本体の上載荷重は、建屋荷重、機械荷重及び群集荷重であり、構造フレームへの作用荷重算定は、以下のとおり算定する。

（i）　建屋荷重（柱の軸力）は、吸込水槽の奥行全長に均等に分布する集中荷重とする。

(ii)　機械荷重は主ポンプの荷重を対象とし、ベース面積で除した等分布荷重とする。

(iii)　群集荷重は、主ポンプ荷重の載荷範囲外の部分に作用させる。

（i）　建屋荷重や主ポンプ等の機械荷重は、壁や床版の一部分に作用する荷重であるが底版付近ではかなり分散される。したがって、吸込水槽本体の部材設計に当たっては、吸込水槽上に作用する建屋荷重、主ポンプ等機械荷重及びこれらに起因する地震時慣性力は、原則として吸込水槽の全体、又は下記⑤のとおり一定の断面区間でこれらの荷重を分担するものと考えてよい。なお、ポンプ本体等を直接支持する床版の開口部は、吸込水槽本体の部材設計とは別に実際の荷重強度及び支承状態を考慮して設計する必要がある。

また、地震時等に建屋の柱脚に生じる曲げモーメントについては、吸込水槽の床版や側壁などの剛性が大きく柱脚を剛結合と見なせる場合にはこれを無視して差し支えないが、剛性が小さく建屋の柱脚が剛結合と見なせない場合は、地中梁による補剛を行うか、又は曲げモーメントを吸込水槽に荷重として適切に伝える必要がある。

ここで、計算に使用する建屋荷重（柱の軸力）は、常時は長期軸力を鉛直荷重とし、地震時は転倒モーメントによる鉛直力を長期軸力に増減した軸力を鉛直荷重とする。なお、吸込

水槽の設計に用いる建屋の地震時慣性力は、長期軸力×$k_h$（「**13.5.1　吸込・吐出し水槽**」に示す土木基準による設計水平震度）とする。

(ii)　主ポンプ等機械荷重の取扱いは、前述のとおり、主ポンプ、原動機及び管・弁類等の主荷重を吸込水槽の全体、又は一定の断面区間に分散させることを原則とするが、低揚程横軸ポンプのように主要機械の配置が平面的で吸込水槽の奥行き方向にほぼ一様に配置される場合は、ポンプ基礎ベース部分の荷重強度を機械荷重の平均荷重としても過大設計とならないため、計算の簡略化のため本計算例のように取り扱っても差し支えない。

一方、立軸ポンプのように床版の一部に荷重が集中する場合、吸込水槽本体の設計に当たっては、主要機器の荷重についても建屋荷重と同様、奥行方向の分散を考慮して荷重強度を求めないと下部構造が過大設計となるおそれがある。

なお、いずれの場合も主ポンプを直接支持する部材は、吸込水槽本体の構造フレームとは別の支持状態となるため、これを考慮した二次設計が必要である。

(iii)　群集荷重は、「**14.1.2　荷重条件**」に示す値を使用するが、これは主要機器以外の荷重であり、主ポンプ荷重の載荷範囲外の部分に作用させる。

④　水槽内水圧

吸込水槽内の水位は、常時は空水と最高水位の 2 ケース、地震時は平常水位とする。

⑤　検討位置

計算例での断面検討位置は、機械床版荷重最大位置としているが、吸込水槽本体を構成するボックスラーメン全体を対象とする

半二床式や流入部と一体となる吸込水槽では、吸込水槽の縦断方向に荷重状態や部材構成が異なるので、区間ごとに検討をする必要がある。

⑥　検討ケース

検討ケースは、常時（空水時及び満水時)、地震時（レベル 1）の 3 ケースとする。

⑵　ポンプ開口部の床版の設計（計算例は省略）

構造フレーム‥‥‥‥ ポンプ荷重を 4 方向に分解し、壁を固定端とする片持梁とする。

検討ケース‥‥‥‥‥ 常時

⑶　吸込水槽本体の中間部隔壁の設計（計算例は省略）

構造フレーム‥‥‥‥ 吸込水槽本体の頂版及び底版に固定された両端固定梁とする。

水槽内水圧‥‥‥‥‥ 保守管理を考慮し、片側平常時水圧として検討を行う。

検討ケース‥‥‥‥‥ 常時

⑷　土圧壁及び水圧壁の設計（計算例は省略）

構造フレーム‥‥‥‥ 吸込水槽本体の頂版、底版及び壁に固定された四辺固定版とする。

水槽内水圧‥‥‥‥‥ 土圧壁は水槽内空水とし、水圧壁は冷却水槽内満水として検討を行う。

検討ケース‥‥‥‥‥ 常時

### 14.4.3　吸込水槽本体の設計

⑴　仮定断面及び検討ケース

吸込水槽本体の仮定断面は、**図-14.19** に示すとおりである。また、吸込水槽本体の検討ケースと内水位及び地下水位の組合せを**表-14.15** に示す。

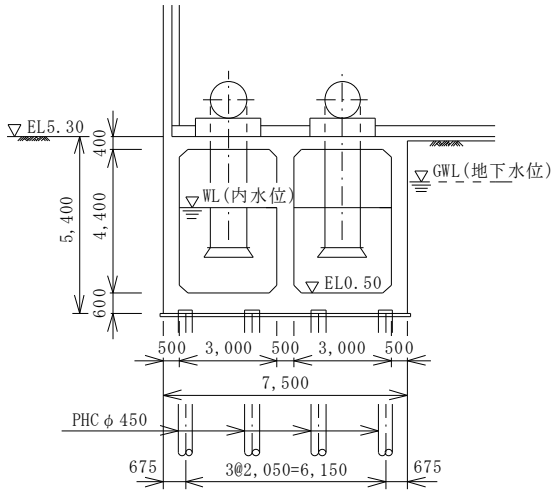



**図-14.19**　吸込水槽の計算断面

**表-14.15**　検討ケースと内外水位条件

| 検討ケース | 区　分 | 内水位 | 地下水位 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| ケース 1 | 常時・空水時 | 空水(L.W.L 1.80)注) | G.H.W.L 4.00 | |
| ケース 2 | 常時・満水時 | H.W.L 4.70 | G.L.W.L 3.20 | |
| ケース 3 | 地震時 | N.W.L 3.20 | G.N.W.L 4.00 | |

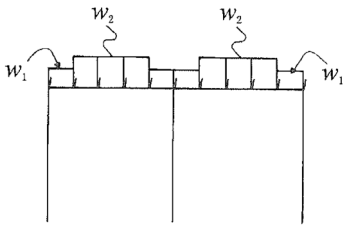
注)　空水時の内水位は、上流側流入部の水路底高とする。

⑵　安定計算結果

各検討ケースにおける安定計算の結果及び杭反力の算定結果を、**表-14.16** に示す。

⑶　部材設計荷重の算定

①　頂版に作用する荷重




$w_1$：自重及び群集荷重（kN/m$^2$）
$w_2$：自重及び機械荷重（kN/m$^2$）

**図-14.20**　頂版の作用荷重

$w_1$ ＝ 頂版自重＋シンダーコンクリート重量＋群集荷重（床面上載荷重）
＝ 0.40×24.5kN/m$^3$＋0.30×23.0kN/m$^3$＋5.0kN/m$^2$ ＝ 21.70 kN/m$^2$（常時）
＝ 0.40×24.5kN/m$^3$＋0.30×23.0kN/m$^3$＋1.5kN/m$^2$ ＝ 18.20 kN/m$^2$（地震時）

内水位; 空水(L.W.L 1.80)

**表-14.16(a)** 安定計算ケース 1（常時・空水時、流水直角方向） 地下水位; G.H.W.L 4.00

| 項目 | 鉛直力 | | | 水平力 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 荷重 | アーム長 | モーメント | 荷重 | アーム長 | モーメント |
| | $N$ (kN) | $y$ (m) | $N\cdot y$ (kN･m) | $H$ (kN) | $z$ (m) | $H\cdot z$ (kN･m) |
| 躯体コンクリート自重 | 4,874.0 | 3.755 | 18,301.9 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 内水重 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 主ポンプ等機械荷重 | 519.7 | 3.750 | 1,948.9 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| シンダー、機械ベース自重 | 791.2 | 3.750 | 2,967.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 群集荷重等 | 316.1 | 3.750 | 1,185.4 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 建屋荷重 | 2,719.6 | 4.103 | 11,158.5 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 土圧、静水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 揚圧力 | −2,930.9 | 3.750 | −10,990.9 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 合計 | 6,289.7 | 3.907 | 24,570.8 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 鉛直力、水平力、モーメント | ($B$= 7.50m) | 杭反力(kN/本) | |
| 偏心距離 | $e=(N\cdot y+H\cdot z)/\Sigma N-B/2$= 0.157(m) | $N_1$=285.58 | $H_1$=0.00 |
| 鉛直力の合計 | $\Sigma N$= 6,289.7(kN) | $N_2$=304.85 | $H_2$=0.00 |
| 水平力の合計 | $\Sigma H$= 0.0(kN) | $N_3$=324.12 | $H_3$=0.00 |
| モーメント（図心位置） | $M_0$= 987.5(kN･m) | $N_4$=343.39 | $H_4$=0.00 |

内水位 ; H.W.L 4.70

**表-14.16(b)** 安定計算ケース 2（常時・満水時、流水直角方向） 地下水位; G.L.W.L 3.20

| 項目 | 鉛直力 | | | 水平力 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 荷重 | アーム長 | モーメント | 荷重 | アーム長 | モーメント |
| | $N$ (kN) | $y$ (m) | $N\cdot y$ (kN･m) | $H$ (kN) | $z$ (m) | $H\cdot z$ (kN･m) |
| 躯体コンクリート自重 | 4,874.0 | 3.755 | 18,301.9 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 内水重 | 2,449.4 | 3.750 | 9,185.3 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 主ポンプ等機械荷重 | 519.7 | 3.750 | 1,949.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| シンダー、機械ベース自重 | 791.2 | 3.750 | 2,967.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 群集荷重等 | 316.1 | 3.750 | 1,185.4 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 建屋荷重 | 2,719.6 | 4.103 | 11,158.5 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 土圧、静水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 揚圧力 | −2,789.3 | 3.750 | −10,460.0 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 合計 | 8,880.7 | 3.861 | 34,287.1 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 鉛直力、水平力、モーメント | ($B$= 7.50m) | 杭反力(kN/本) | |
| 偏心距離 | $e=(N\cdot y+H\cdot z)/\Sigma N-B/2$= 0.111(m) | $N_1$=415.18 | $H_1$=0.00 |
| 鉛直力の合計 | $\Sigma N$= 8,880.7(kN) | $N_2$=434.42 | $H_2$=0.00 |
| 水平力の合計 | $\Sigma H$= 0.0(kN) | $N_3$=453.65 | $H_3$=0.00 |
| モーメント（図心位置） | $M_0$= 985.8(kN･m) | $N_4$=472.89 | $H_4$=0.00 |

内水位 ; N.W.L 3.20

**表-14.16(c)** 安定計算ケース 3（地震時→、流水直角方向） 地下水位; G.N.W.L 4.00

| 項目 | 鉛直力 | | | 水平力 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 荷重 | アーム長 | モーメント | 荷重 | アーム長 | モーメント |
| | $N$ (kN) | $y$ (m) | $N\cdot y$ (kN･m) | $H$ (kN) | $z$ (m) | $H\cdot z$ (kN･m) |
| 躯体コンクリート自重 | 4,874.0 | 3.755 | 18,301.9 | 974.8 | 2.445 | 2,383.4 |
| 内水重 | 1,740.6 | 3.750 | 6,527.3 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 主ポンプ等機械荷重 | 519.7 | 3.750 | 1,948.9 | 103.9 | 5.400 | 561.1 |
| シンダー、機械ベース自重 | 791.2 | 3.750 | 2,967.0 | 158.2 | 5.400 | 854.3 |
| 群集荷重等 | 94.8 | 3.750 | 355.5 | 19.0 | 5.400 | 102.6 |
| 建屋荷重 | 2,719.6 | 4.103 | 11,158.5 | 543.9 | 5.400 | 2,937.1 |
| 地震時建屋軸力増減 | −105.5 | −2.689 | 283.7 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 土圧、静水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | −1,198.7 | 2.700 | −3,236.5 |
| 地震時動水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | 413.4 | 1.914 | 791.3 |
| 揚圧力 | −3,271.1 | 3.750 | −12,266.6 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 合計 | 7,363.3 | 3.976 | 29,276.2 | 1,014.5 | 4.331 | 4,393.3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 鉛直力、水平力、モーメント | ($B$= 7.50m) | 杭反力(kN/本) | |
| 偏心距離 | $e=(N\cdot y+H\cdot z)/\Sigma N-B/2$= 0.823(m) | $N_1$=190.80 | $H_1$=50.73 |
| 鉛直力の合計 | $\Sigma N$= 7,363.3(kN) | $N_2$=309.05 | $H_2$=50.73 |
| 水平力の合計 | $\Sigma H$= 1,014.5(kN) | $N_3$=427.29 | $H_3$=50.73 |
| モーメント（図心位置） | $M_0$= 6,060.1(kN･m) | $N_4$=545.54 | $H_4$=50.73 |

$w_2$は、「**13.4　荷重の算定**」に示される床版荷重及びコンクリートベース重量から算定する。

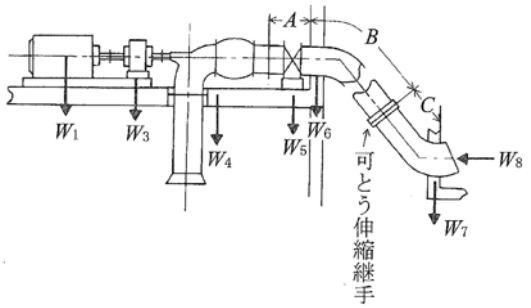



**図-14.21**　横軸ポンプ床版荷重

$W_1$：ディーゼル機関の基礎荷重

機関出力　110kW、回転速度　1,200min$^{-1}$

**表-13.19** より

機関重量　$F_1$＝1,950kg（質量）×(9.8/1,000)kN/kg＝19.111kN

∴$W_1$ ＝ 1.3×$F_1$ ＝ 1.3×19.111 ＝ 24.84kN

$W_3$：歯車減速機の基礎荷重

$$\text{伝達容量} = \text{原動機出力} \times \frac{\text{荷重係数}\ (\textbf{表-7.2})}{\text{寿命係数}\ (\textbf{表-7.3})}$$

$$= 110\text{kW} \times \frac{1.25}{1.00} = 137.5\text{kW}$$

原動機回転速度：1,200min$^{-1}$

ポンプ回転速度：約 220min$^{-1}$

減速比　　：約 1：5.5

空冷横軸遊星歯車減速機選定図（**図-7.9-参 13**　1,200min$^{-1}$）から形番B-3、C-6、D-1を選定。**表-7.11** より、減速機の質量は 680kg（D-1）とする。

∴$W_3$ ＝ 1.2×680kg×(9.8/1,000)kN/kg ＝ 8.00kN

$W_4$：主ポンプの基礎荷重

Ⅰ型横軸斜流ポンプ吐出し量 130m$^3$/min、吸込管長 4.10m（吸込口径；$\phi$1,000mm）

**表-13.9** より

$W_4$ ＝ 143kN＋(4.10－4.00)×16.2kN/m ＝ 144.62kN

$W_5$：弁荷重

**表-13.16**、**表-13.18** より

$W_5$ ＝ 26.7kN＋(1.50－0.30)×15kN/m ＝ 44.70kN

$W_6$：吐出し管荷重（可とう継手中心まで）

**表-13.18** より

$W_6$ ＝ 2.00×15kN/m ＝ 30kN

横軸ポンプであるため、便宜的に床版荷重が最大となるポンプ基礎荷重を用いて計算する。

∴$w_2$ ＝ $W_4$/ベース面積＋ベース自重＋スラブ自重

＝ 144.62kN/(2.00×3.30)＋0.70×24.5kN/m$^3$＋0.40×24.5kN/m$^3$

＝ 48.86kN/m$^2$（常時、地震時共）

② 側壁に作用する土圧、水圧

(i) 静止土圧係数

$K_c$ ＝ 0.5

(ii) 主働土圧係数

a. 常時主働土圧係数（$K_a$）

**13.4.2 土圧** より

$$K_a = \frac{\sin^2(\theta-\theta_0+\phi)}{\sin^2\theta\cdot\cos\theta_0\cdot\sin(\theta-\theta_0-\delta)\cdot\left\{1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\cdot\sin(\phi-i-\theta_0)}{\sin(\theta-\theta_0-\delta)\cdot\sin(\theta+i)}}\right\}^2}$$

$\phi$：土の内部摩擦角　25°
$i$：地表面と水平面のなす角度　0°
$\theta$：壁背面と水平面のなす角度　90°
$\delta$：壁面と土との間の壁面摩擦角　0°

∴ $K_a$＝ 0.406≦0.5（＝静止土圧係数）より常時の土圧係数は $K_c$＝0.5を採用する。

b. 地震時主働土圧係数（$K_{ea}$）

**式(13.16)** より

$K_{ea}$ ＝ 0.24＋1.08 $k_h$　（背面が土とコンクリートの場合、砂質土）

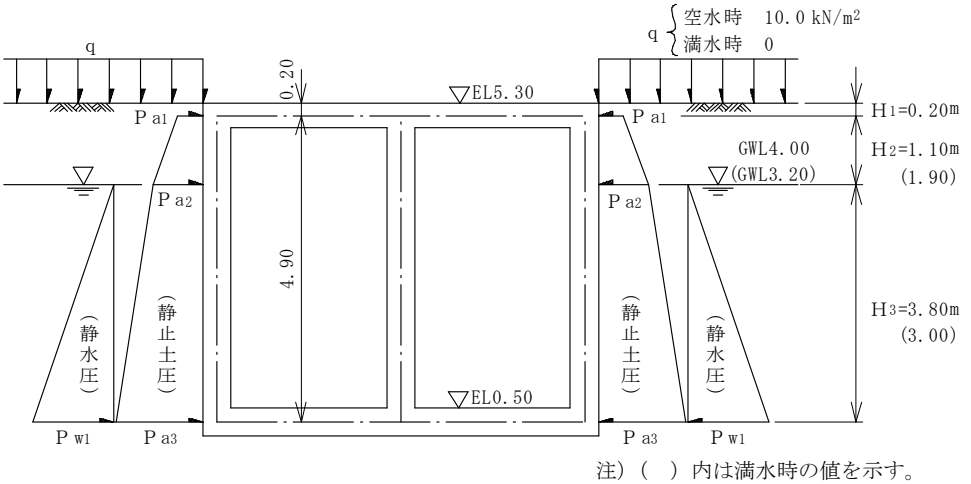
$k_h$：設計水平震度　0.2

$K_{ea}$ ＝ 0.456≦0.5（静止土圧係数）より、地震時の部材設計における主働土圧係数は $K_{ea}$＝0.5を採用する。

(iii) 土圧及び地下水圧強度

盛土面上の上載荷重は室内と室外で異なるが、ここでは便宜的に同一とし、室外の上載荷重により計算する。

a. 常時




注)（ ）内は満水時の値を示す。

**図-14.22** 常時の土圧及び地下水圧

（ア）空水時の土圧、地下水圧

$K_c$ ＝ 0.5、$q$＝10.0kN/m$^2$、$H_1$＝0.20m、$H_2$＝1.10m、$H_3$＝3.80m として

$P_{a1}$ ＝ $K_c$・（$q$ ＋ $\gamma_t$・$H_1$） ＝ 0.5×(10.0＋18×0.20) ＝ 6.80kN/m$^2$

$P_{a2}$ ＝ $K_c$・｛$q$ ＋ $\gamma_t$・($H_1$＋$H_2$)｝

＝ 0.5×｛10.0＋18×(0.20＋1.10)｝ ＝ 16.70kN/m$^2$

$P_{a3}$ ＝ $K_c$・｛$q$ ＋ $\gamma_t$・($H_1$＋$H_2$)＋$\gamma_w$・$H_3$｝

＝ 0.5×｛10.0＋18×(0.20＋1.10)＋10×3.80｝ ＝ 35.70kN/m$^2$

$P_{w1}$ ＝ $w_0$・$H_3$ ＝ 9.8×3.80 ＝ 37.24kN/m$^2$

（イ）満水時の土圧、地下水圧

$K_c$ ＝ 0.5、$q$＝0 kN/m$^2$、$H_1$＝0.20m、$H_2$＝1.90m、$H_3$＝3.00m として

$P_{a1}$ ＝ 0.5×(0＋18×0.20) ＝ 1.80kN/m$^2$

$P_{a2}$ ＝ 0.5×｛0＋18×(0.20＋1.90)｝ ＝ 18.90kN/m$^2$

$P_{a3}$ ＝ 0.5×｛0＋18×(0.20＋1.90)＋10.0×3.00｝ ＝ 33.90kN/m$^2$

$P_{w1}$ ＝ 9.8×3.00 ＝ 29.40kN/m$^2$

b. 地震時

吸込水槽の基礎形式は杭基礎であるため、地震力作用側の土圧は地震時主働土圧とし、地震力に抵抗する側の土圧は地震時主働土圧に根入れによる土圧の増分を加えたものとする。

（ア）地震時の主働土圧、地下水圧

$K_{ea}$ ＝ 0.5、$q$＝0kN/m$^2$、$H_1$＝0.20m、$H_2$＝1.10m、$H_3$＝3.80m として

$P_{a1}'$ ＝ 0.5×(0＋18×0.20) ＝ 1.80kN/m$^2$

$P_{a2}'$ ＝ 0.5×｛0＋18×(0.20＋1.10)｝ ＝ 11.70kN/m$^2$

$P_{a3}'$ ＝ 0.5×｛0＋18×(0.20＋1.10)＋10×3.80｝ ＝ 30.70kN/m$^2$

$P_{w1}$ ＝ 9.8×3.80 ＝ 37.24kN/m$^2$

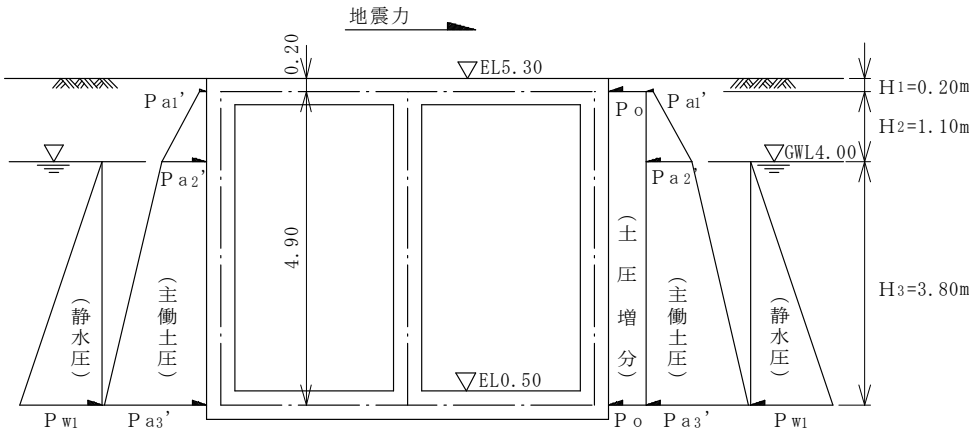



**図-14.23**　地震時の土圧及び地下水圧

根入れ効果による土圧の増分は、地震時主働土圧及び慣性力をもとに、次のとおり算定する。(**図-13.5** 及び**表-14.16(c)**) を参照。

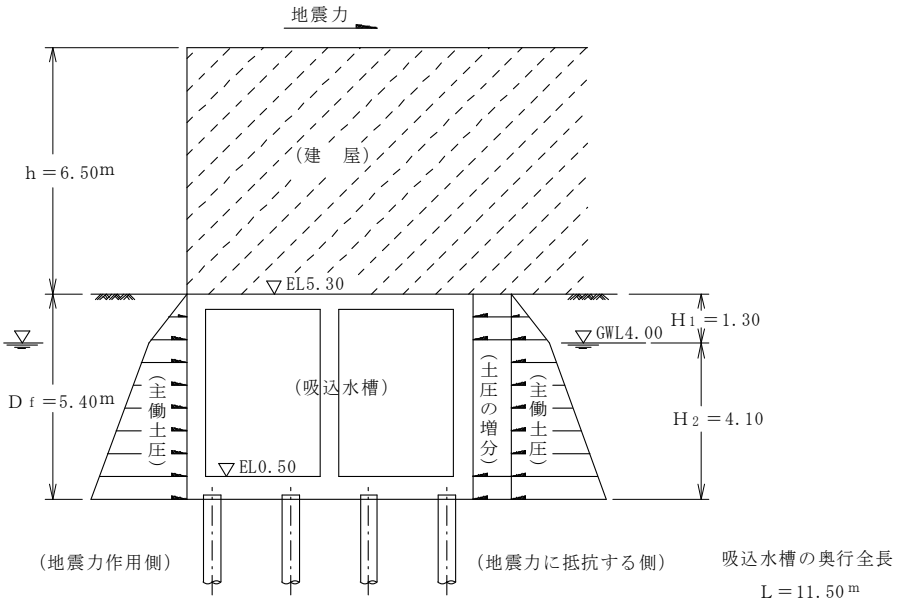



**図-14.24** 杭基礎における地震時土圧

(a) 地震時主働土圧係数　$K_{ea}$ ＝ 0.456（安定計算に用いる主働土圧係数とする）

(b) 地震時受働土圧係数　$K_{ep}$ ＝ 2.120

$$K_{ep} = \frac{\sin^2(\theta+\theta_0-\phi)}{\sin^2\theta\cdot\cos\theta_0\cdot\sin(\theta+\theta_0+\delta)\cdot\left\{1-\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\cdot\sin(\phi+i-\theta_0)}{\sin(\theta+\theta_0+\delta)\cdot\sin(\theta+i)}}\right\}^2}$$

＝2.120（$\because \phi=25^\circ$ 、$\theta=90^\circ$ 、$\delta=0^\circ$ 、$\theta_0=\tan^{-1}k_h=\tan^{-1}0.2=11.3^\circ$ ）

(c) 根入れ部の水平力分担率$\alpha$

$$\alpha=1-0.2\frac{\sqrt{h}}{\sqrt[4]{D_f}}=1-0.2\times\frac{\sqrt{6.50}}{\sqrt[4]{5.40}}=0.666\leqq 0.7$$

(d) 地震時慣性力　$\Sigma H_K$（**表-14.16(c)**参照）

(吸込水槽自重)(主ポンプ等)(シンダー等)(群集荷重等)(建屋荷重)

$\Sigma H_K$ ＝ 974.8＋ 103.9＋ 158.2＋ 19.0＋ 543.9 ＝1,799.8kN

(e) 慣性力と根入れ深さから求まる土圧の増分　$H_o$

$H_o=\alpha\cdot\Sigma H_K=0.666\times1,799.8$ ＝1,198.7kN

(f) 土圧増分の上限値　$H_{o\,max}$

地震時主働土圧＋土圧の増分≦地震時受働土圧より、土圧の増分の上限値 $H_{o\,max}$ は

$H_{o\,max}$＝地震時受働土圧－地震時主働土圧

$=(K_{ep}-K_{ea})\cdot(1/2\cdot\gamma_1\cdot H_1^2+\gamma_1\cdot H_1\cdot H_2+1/2\cdot\gamma_w\cdot H_2^2)\cdot L$

$=(2.120-0.456)\times(1/2\times18\times1.30^2+18\times1.30\times4.10+1/2\times10\times4.10^2)$

$\times11.50$m ＝3,7353 kN

(g)　土圧の増分

$H_o \leqq H_{o\ max}$ より、地震時における根入れ効果による土圧の増分は、$H_o$＝1,198.7kN とし、部材計算ではこれを地下壁に等分布荷重として作用させる。したがって、土圧増分の強度 $P_o$ は次のとおりである。

$$P_o = H_o / (D_f \cdot L) = 1,198.7 / (5.40 \times 11.50) = 19.30 \text{kN/m}^2$$

(iv)　水槽内水圧強度

壁に作用する内水圧は下記のとおりである。なお、中間隔壁に作用する内水圧は相殺されるため考慮しない。

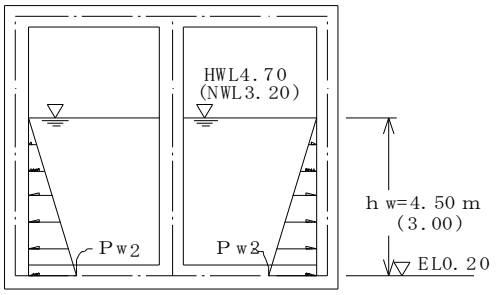



図-14.25　水槽内水圧

a. 常時・空水時

$P_{w2} = w_o \cdot h_w = 9.8\text{kN/m}^3 \times 0\text{m} = 0\text{kN/m}^2$

b. 常時・満水時(H. W. L4.70)

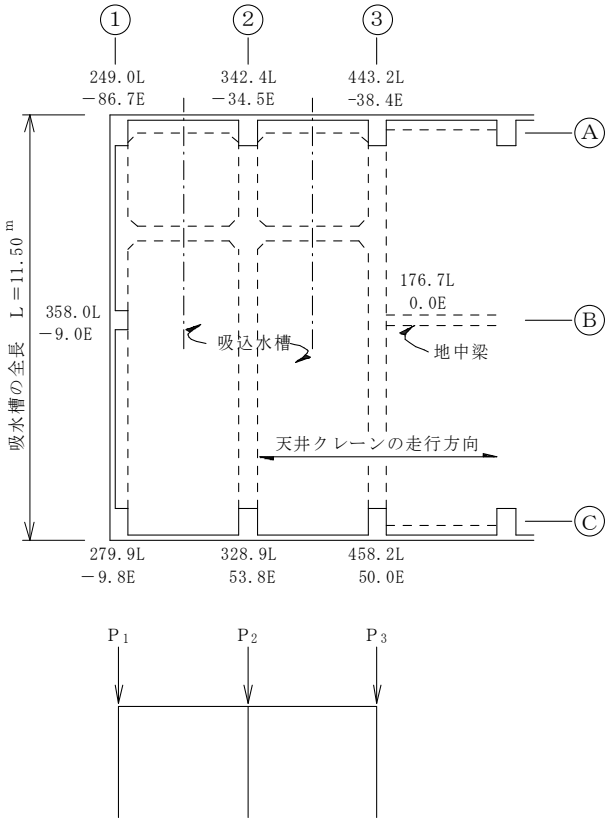
$P_{w2} = 9.8\ \text{kN/m}^3 \times 4.50\text{m} = 44.10\ \text{kN/m}^2$

c. 地震時(N. W. L3.20)

$P_{w2} = 9.8\ \text{kN/m}^3 \times 3.00\text{m} = 29.40\ \text{kN/m}^2$

③　建屋荷重

建屋荷重は、建屋の構造計算により求められた柱の軸力より算出する。




注 1)　$L$ は柱の長期軸力(kN)
2)　$E$ は地震時転倒モーメントによる鉛直力の増減値（地震力→方向）(kN)
3)　柱の軸力は移動荷重である天井クレーンの荷重は含まないものとする。
4)　天井クレーンは吸込水槽が最も偏心する位置で検討する。

図-14.26　建屋の柱の軸力

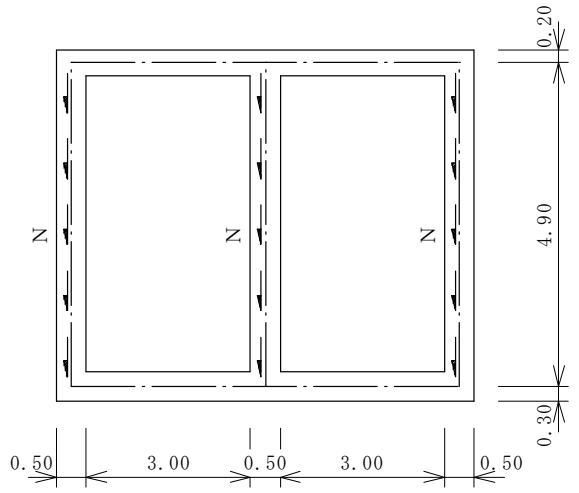
(i)　常時の建屋鉛直荷重

| | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| $\Sigma L$ | 886.9kN | 671.3kN | 1,078.1kN | (長期軸力の計) |
| クレーン荷重 | | | 83.3kN | (自重及び吊荷重量) |
| 合　計 | 886.9kN | 671.3kN | 1,161.4kN | |
| 設計荷重($P_n$) | 77.12kN/m | 58.37 kN/m | 100.99 kN/m | (吸込水槽の全長 $L$=11.50m で平均) |

(ii)　地震時の建屋鉛直荷重

| | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| $\Sigma(L\cdot E)$ | 781.4kN | 583.0kN | 1,166.5kN | (長期軸力及び鉛直力増減値の計) |
| クレーン荷重 | | | 83.3kN | (自重及び吊荷重量) |
| 合　計 | 781.4kN | 583.0kN | 1,249.8kN | |
| 設計荷重($P_n$) | 67.95kN/m | 50.70kN/m | 108.68kN/m | (吸込水槽の全長 $L$=11.50m で平均) |

④　側壁の軸力




$N$=0.50m×24.5kN/m$^3$
=12.25kN/m/m

**図-14.27**　側壁の軸力

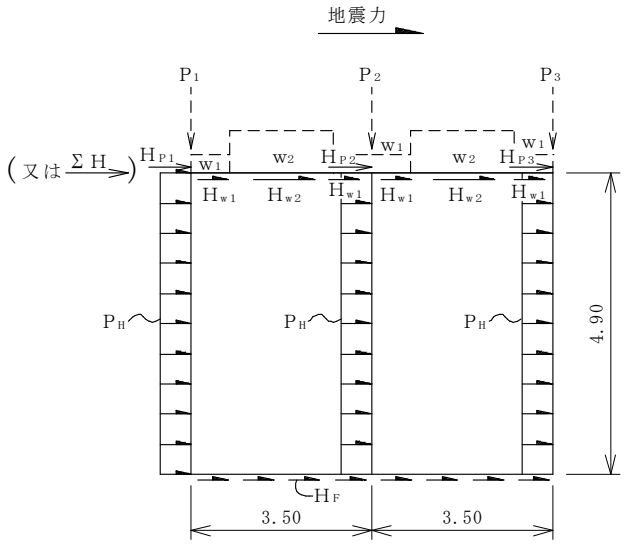
⑤　地震時慣性力

地震時慣性力は、厳密には個々の部材や上載諸荷重の重量分布に応じた強度分布で作用することとなるが、一般的な規模の吸込水槽では次のように取扱ってよいものとする。

鉛直部材に作用する慣性力は、それぞれの重量強度に応じた分布荷重とする。水平部材に作用する慣性力は、原則として重量分布に応じた作用力とするが、計算が煩雑なこと及び部材に生じる曲げモーメントやせん断力への影響が小さいことから、便宜的に**図-14.28** に示すとおり、地震力作用側の端部節点に一括して集中荷重としてラーメン軸線に作用させてよいものとする[注)]。

なお、底版に作用する地震時慣性力の取扱いは、「⑦　底版に作用する荷重」に詳述する。

注)　一括作用させる側の頂版端部曲げモーメントは、反対側の頂版端部曲げモーメントよりも小さく、部材計算に与える影響は小さい。しかしながら、大規模な吸込水槽の場合ではその影響も大となるため、重量分布に応じた地震時慣性力を作用させるのが望ましい。




$H_P$ ：建屋荷重による慣性力(kN/m)
$H_w$ ：鉛直等分布荷重による慣性力(kN/m/m)
$\Sigma H$ ：頂版に作用する全慣性力(kN/m)
（$=\Sigma H_P+\Sigma H_w$）
$P_H$ ：鉛直部材（壁）に作用する慣性力(kN/m$^2$)
$H_F$ ：底版に作用する慣性力(kN/m/m)

**図-14.28**　地震時慣性力

(i)　頂版に作用する慣性力 $\Sigma H$

頂版に作用する慣性力は、吸込水槽頂版自重及び吸込水槽上載荷重による慣性力である。

「**14.4.2　設計方針**」で述べられているとおり、吸込水槽上の建屋荷重及び機械荷重等の慣性力は吸込水槽全体で荷重を分担させることから、上載荷重による慣性力は「**表-14.16(c)**　安定計算ケース 3」に示される水平力を吸込水槽の全長で平均する。

$\Sigma H$ [注)] ＝ $k_h$×吸込水槽自重＋（主ポンプ等機械荷重の慣性力＋シンダー、機械ベースの慣性力＋群集荷重等の慣性力＋建屋荷重の慣性力）／吸込水槽全長

＝0.2×0.4m×24.5kN/m$^3$×7.00m＋{(103.9＋158.2＋19.0＋543.9)kN／11.5m}

＝85.46kN/m

注）鉛直重量強度に応じた慣性力とする場合は、上記 $\Sigma H$ を荷重図に示される鉛直荷重の重量比で按分するとよい。

(ii)　壁に作用する慣性力 $P_H$

$P_H$ ＝ $k_h$・$\gamma_{RC}$・$h$ ＝0.2×24.5kN/m$^3$×0.5m＝2.45kN/m$^2$（$h$ は部材厚）

⑥ 地震時動水圧

地震時動水圧は、**式（13.37）、（13.38）**により、次のとおりとなる。

$$P_{ew} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot w_0 \cdot b \cdot h^2$$

$$h_g = \frac{2}{5} \cdot h$$

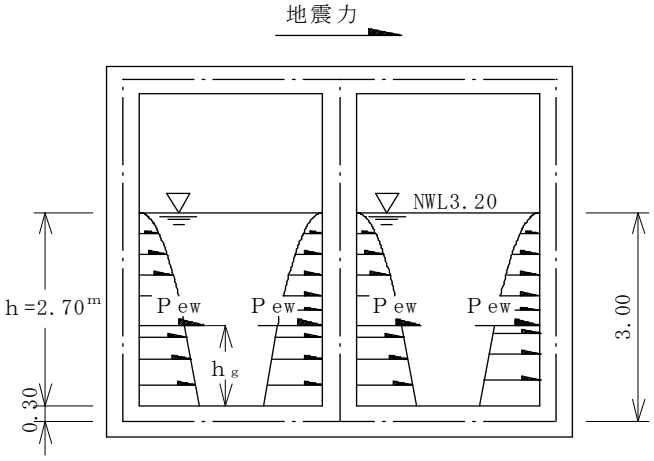



**図-14.29** 地震時動水圧

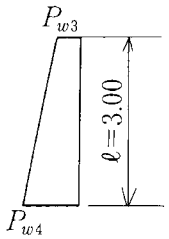
$P_{ew}$ ＝7/12×0.2×9.8kN/m$^3$×1.00×2.70$^2$＝8.33kN

$h_g$ ＝2/5×2.70＝1.08m

ここで、動水圧強度の分布は放物線状であるため、便宜上台形等分布荷重に換算する。換算方法は動水圧による底版側節点でのモーメント及びせん断力が等しくなるようにする。

$S = P_{ew}$＝8.33kN

$M = P_{ew} \times (h_g + 0.30)$＝8.33×(1.08＋0.30)＝11.50kN･m




$$S = \frac{\ell}{2} \cdot (P_{w3} + P_{w4}) = 8.33\text{kN}$$

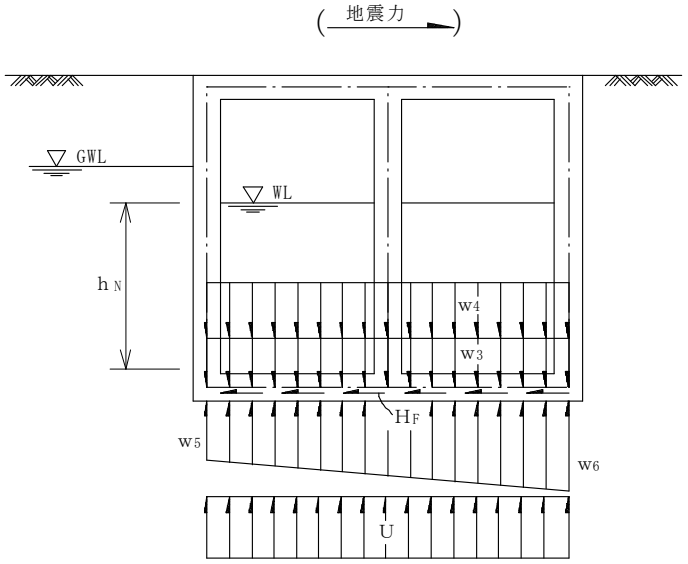
$$M = \frac{\ell^2}{6} \cdot (2P_{w3} + P_{w4}) = 11.50\text{kN･m}$$

$\therefore P_{w3}$＝2.11kN/m$^2$、$P_{w4}$＝3.44kN･m$^2$

**図-14.30** 部材設計用地震時動水圧

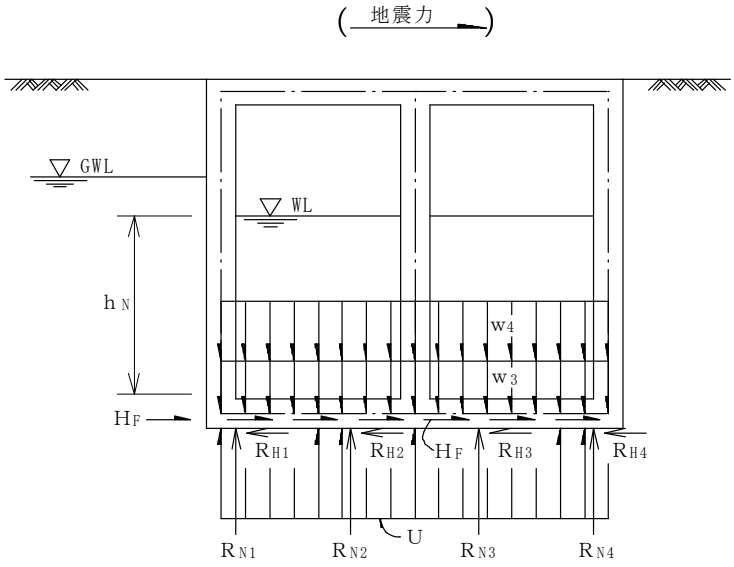
⑦　底版に作用する荷重

部材設計における一般的な底版作用荷重は、**図-14.31、図-14.32** に示すとおりである。




$w_3$　：底版自重(kN/m$^2$)
$w_4$　：内水重(kN/m$^2$)
$w_5$、$w_6$：地盤反力(kN/m$^2$)
$U$　：揚圧力(kN/m$^2$)
$H_F$　：底版に作用する摩擦力
　　－底版に作用する地震時慣性力
　　(kN/m/m)
$h_N$　：水槽内水深(m)

**図-14.31**　底版作用荷重(直接基礎の場合)




$w_3$　：底版自重(kN/m$^2$)
$w_4$　：内水重(kN/m$^2$)
$R_N$　：杭鉛直反力(kN/m)
$R_H$　：杭水平反力(kN/m)
$H_F$　：底版に作用する地震時慣性力
　　(kN/m/m)
$h_N$　：水槽内水深(m)

**図-14.32**　底版作用荷重(杭基礎の場合)

底版に作用する荷重のうち水平方向力は、部材に生ずる曲げモーメント及びせん断力には直接影響しないが、応力照査時における底版部材の軸力として反映させる。

底版に作用する水平方向力としては、直接基礎の場合では底版自重に起因する地震時慣性力及び底版に作用する摩擦力、杭基礎の場合では地震時慣性力と杭水平反力が考えられる。このうち、底版に作用する地震時慣性力には、部材設計時の⑤で計算した水平荷重に反映されていない慣性力（**図-14.18** に示される吸込水槽の水圧壁、土圧壁等の慣性力[注)]）も含まれるものとする。

**図-14.31、図-14.32** に示す水平力 $H_F$ の算定方法には、i. 部材設計で作用させた水平方向の全荷重（底版に作用する摩擦力及び底版自重に起因する地震時慣性力は除く）の釣り合いから不平衡力として算定する方法と、ii. 安定計算の水平力をもとに部材設計に用いた頂版及び壁の自重による慣性力を差し引いて算定する方法がある。このうち ii. による算定方法を次に示す。

なお、底版の軸力算定に当たって、水平力 $H_F$ は底版の全スパンに均等に作用しているものとして取扱うものとする。

底版に作用する水平力 $H_F$ の算定（ii. の方法）

・直接基礎の場合の水平力 $H_F$（作用方向は底版摩擦力の作用方向）の算定方法

$H_F$＝{(吸込水槽躯体自重による全慣性力－水平力の合力)／吸込水槽全長
－⑤で計算した頂版及び壁自重の慣性力}／底版の全スパン長（kN/m/m）

・杭基礎の場合の水平力 $H_F$（作用方向は地震力作用方向に同じ）の算定方法

$H_F$＝{(吸込水槽躯体自重による全慣性力／吸込水槽全長
－⑤で計算した頂版及び壁自重の慣性力}／底版の全スパン長（kN/m/m）

なお、常時における水平力 $H_F$ は、地震時慣性力が 0 であるため次のとおりである。

・直接基礎の場合、$H_F$＝－水平力の合力／吸込水槽全長／底版の全スパン長

・杭基礎の場合、　$H_F$＝0

注） 吸込水槽本体の部材設計時には本体部材に直交する水圧壁、土圧壁の剛性は一般に無視して計算される。したがって、これら直交する部材の慣性力は、本体の部材設計時における曲げモーメント及びせん断力を求める際には無視し、底版に作用する軸力としてのみ考慮する。

（i） 底版自重及び内水重

a. 常時

（ア）空水時（内水位：空水）

$w_3=\gamma_{RC}\cdot h$　＝24.5kN/m$^3$×0.6m ＝14.70kN/m$^2$（$h$ は底版部材厚）

$w_4=w_0\cdot h_N$　＝9.8 kN/m$^3$×0 m　＝0 kN/m$^2$

（イ）満水時（内水位：H.W.L 4.70）

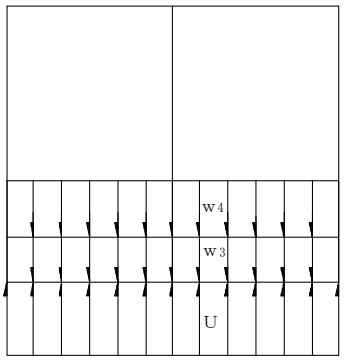
$w_3$＝24.5kN/m$^3$×0.6m＝14.70kN/m$^2$

$w_4$＝9.8kN/m$^3$×4.20m＝41.16kN/m$^2$

b. 地震時（内水位：N.W.L 3.20）

$w_3$＝24.5kN/m$^3$×0.6m＝14.70kN/m$^2$

$w_4$＝9.8kN/m$^3$×2.70m＝26.46kN/m$^2$

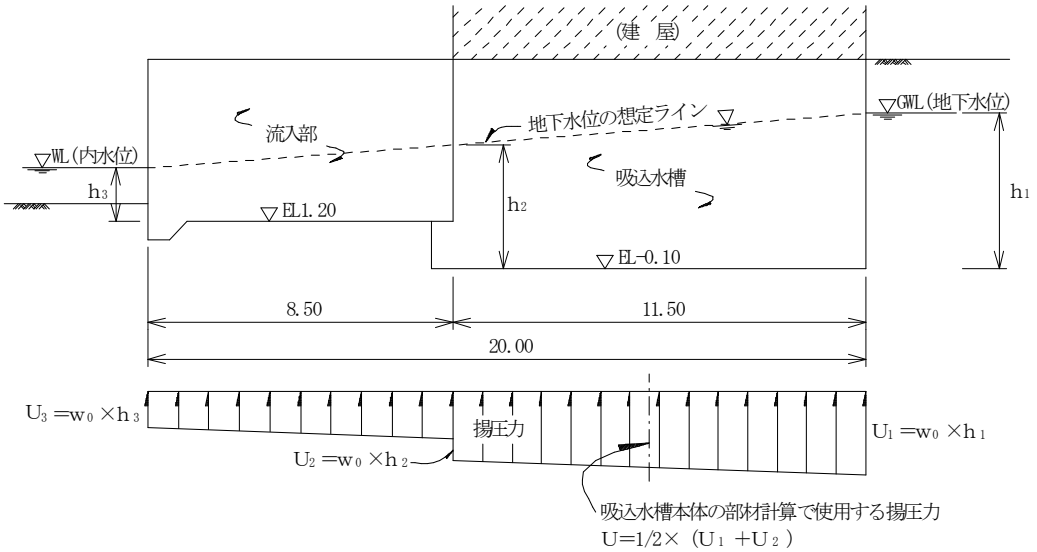



$w_3$：底版自重（kN/m$^2$）
$w_4$：内水重　（kN/m$^2$）
$U$ ：揚圧力　（kN/m$^2$）

**図-14.33**　底版自重、内水重及び揚圧力

(ii)　揚圧力

部材設計において底版に作用させる揚圧力は、安定計算時の揚圧力と同じとし、吸込水槽に作用する縦断方向の平均強度を用いる。




注）本ポンプ場の流入部上流側の揚圧力は内水位と直接関連するため、揚圧力の算定に当たっては図に示すとおりの地下水ラインを想定する。

なお、水位条件の組合せが、内水位＞地下水位の場合は、地下水位の想定ラインは吸込水槽背面の設定地下水位で一定（水平）とする。

**図-14.34**　安定計算における縦断方向の揚圧力分布

a. 常時

（ア）空水時（内水位：L.W.L 1.80、地下水位：G.H.W.L 4.00）

$U_1$＝9.8×4.10＝40.18kN/m$^2$、$U_2$＝9.8×2.835＝27.78 kN/m$^2$

$U$ ＝1/2（$U_1$＋$U_2$）＝33.98kN/m$^2$

（イ）満水時（内水位：H.W.L 4.70、地下水位：G.L.W.L 3.20）

$U_1$ ＝$U_2$＝$U$＝9.8×3.30＝32.34 kN/m$^2$（内水位＞地下水位より）

b. 地震時（内水位：N.W.L 3.20、地下水位：G.N.W.L 4.00）

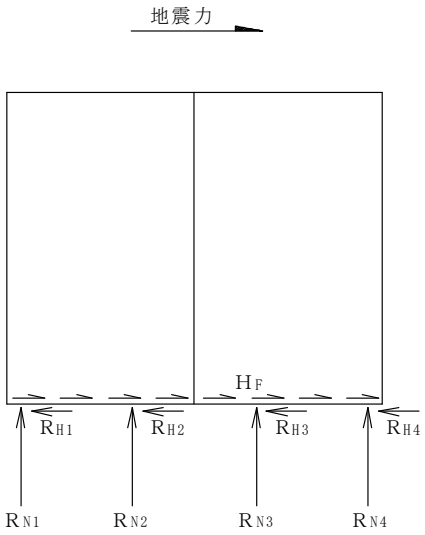
$U_1$＝9.8×4.10＝40.18 kN/m$^2$、$U_2$＝9.8×3.64＝35.67 kN/m$^2$

$U$ ＝1/2（$U_1$＋$U_2$）＝37.93kN/m$^2$

(iii)　杭反力

吸込水槽の基礎形式は杭基礎であるため、杭反力を底版に作用する集中荷重として考える。部材設計用の杭反力は、安定計算をもとに算定された杭の作用荷重から「**15.3.1 設計の基本** (2)、①」に示される方法で算定する。

なお、直接基礎の場合についても安定計算から求められる地盤反力を作用させることを原則とする。横軸ポンプの吸込水槽のように、縦断方向に上載荷重及び断面が一様な場合は、近似的に部材設計用の荷重による安定条件から、底版作用荷重の合成値（底版自重、内水重及び揚圧力の合成荷重強度）として算定してもよい。ただし、この合成荷重の合力がミドルサードを外れる場合は、個々の荷重として算定する必要がある。




$R_N$：杭の鉛直反力(kN/m)
$R_H$：杭の水平反力(kN/m)
$H_F$：地震時の底版慣性力に相当する水平力
(kN/m/m)

注） 直接基礎の場合、$H_F$は上記に底版の摩擦力に相当する水平力が加味され、作用方向が杭基礎の場合と逆になる。

**図-14.35** 杭の反力及び $H_F$

a. 常時

**表-14.16** に示される 1 本当たりの杭反力をもとに、部材計算用の反力を算定する。なお、本ポンプ場の吸込水槽は縦断方向に断面及び荷重状態とも一様と見なせるため、杭反力の縦断方向の補正は行わない。

| （ア）空水時の鉛直方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 本当たりの杭反力 $N_n$(kN/本) | | 285.58 | 304.85 | 324.12 | 343.39 | **表-14.16**(a)参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 124.17 | 132.54 | 140.92 | 149.30 | $n$=5 本、$L$=11.50m |

注）水平方向の杭反力は $R_{Hn}=0$ である。

| （イ）満水時の鉛直方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 本当たりの杭反力 $N_n$(kN/本) | | 415.18 | 434.42 | 453.65 | 472.89 | **表-14.16**(b)参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 180.51 | 188.88 | 197.24 | 205.60 | $n$=5 本、$L$=11.50m |

注）水平方向の杭反力は $R_{Hn}=0$ である。

b. 地震時

| （ア）鉛直方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 本当たりの杭反力 $N_n$(kN/本) | | 190.80 | 309.05 | 427.29 | 545.54 | **表-14.16**(c)参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 82.95 | 134.37 | 185.78 | 237.19 | $n$=5 本、$L$=11.50m |

| （イ）水平方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 本当たりの杭反力 $H_n$(kN/本) | | 50.73 | 50.73 | 50.73 | 50.73 | **表-14.16**(c)参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 22.06 | 22.06 | 22.06 | 22.06 | $n$=5 本、$L$=11.50m |

(iv) 水平力 $H_F$

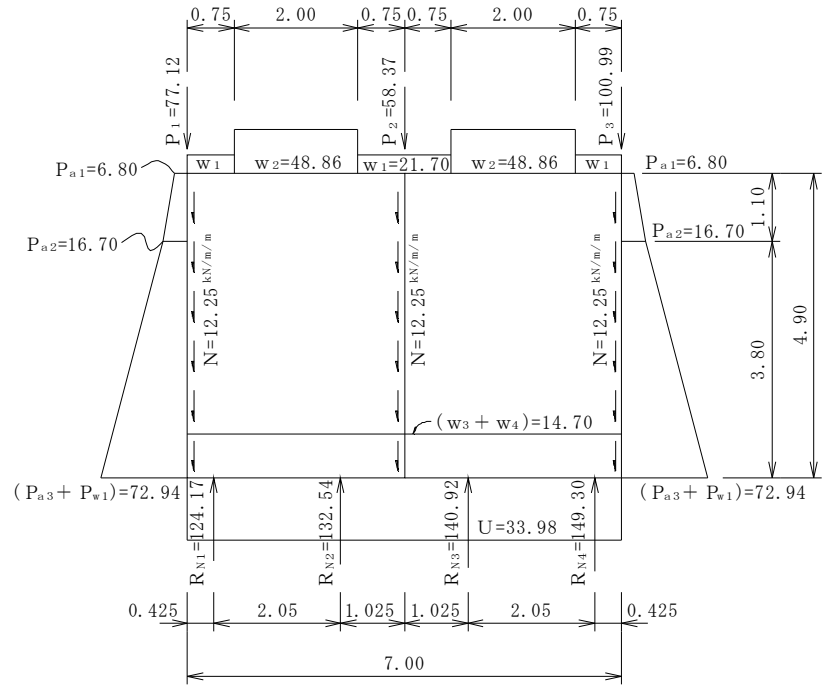
底版に作用する水平力 $H_F$ は、基礎形式が杭基礎であることから、次式によって算定する。

$H_F$＝(吸込水槽躯体自重による全慣性力／吸込水槽全長
－部材設計に用いた頂版及び壁の慣性力)／底版の全スパン長
＝(974.8kN/11.50m－0.2×0.40m×24.5kN/m$^3$×7.00m
－2.45kN/m$^2$×4.90m×3)／7.00m＝5.00kN/m

⑧　荷重の組合せ

以上、①から⑦までに算出した各部材に作用する設計荷重を、常時（空水時及び満水時）、地震時別に組合せる。

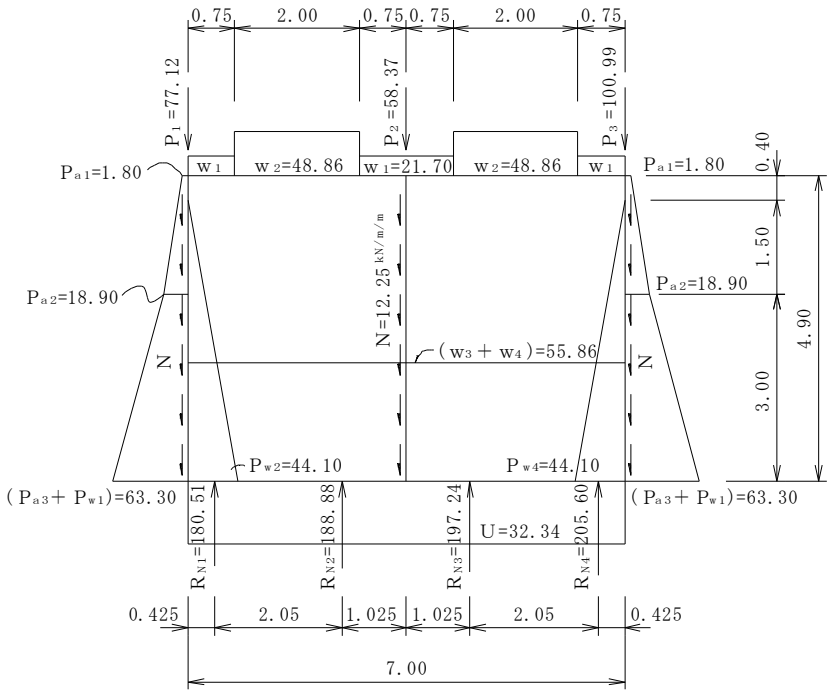
(i)　常時･空水時（内水位：空水、外水位：G.W.L 4.00）




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.36(a)**　荷重の組合せ：ケース 1（常時･空水時）

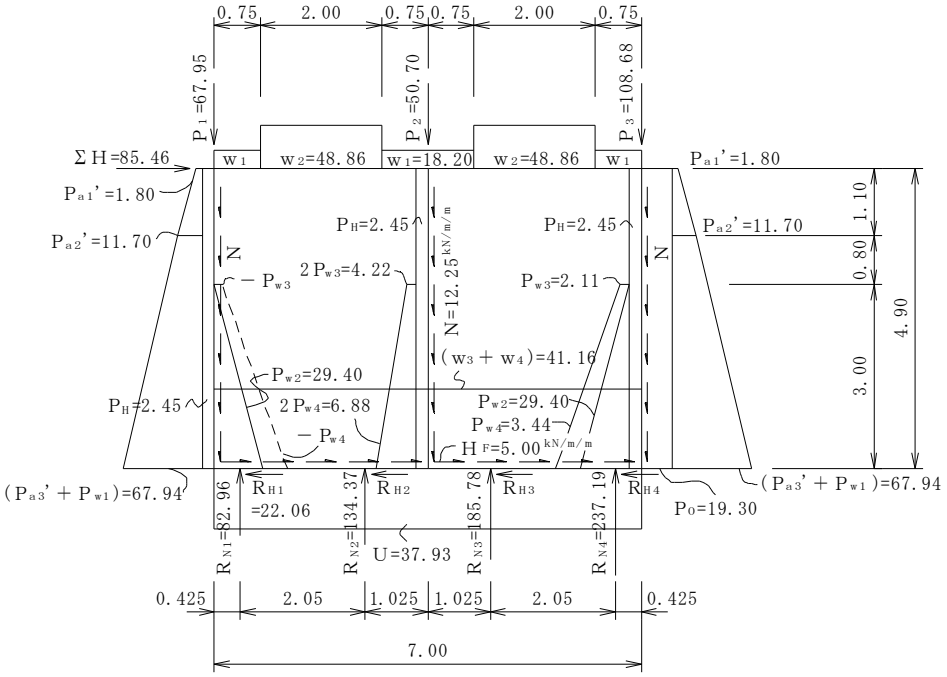
(ii)　常時･満水時（内水位：H.W.L 4.70、外水位：G.W.L 3.20）




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.36(b)**　荷重の組合せ：ケース 2（常時･満水時）

(iii) 地震時（内水位：N.W.L 3.20、外水位：G.W.L 4.00）



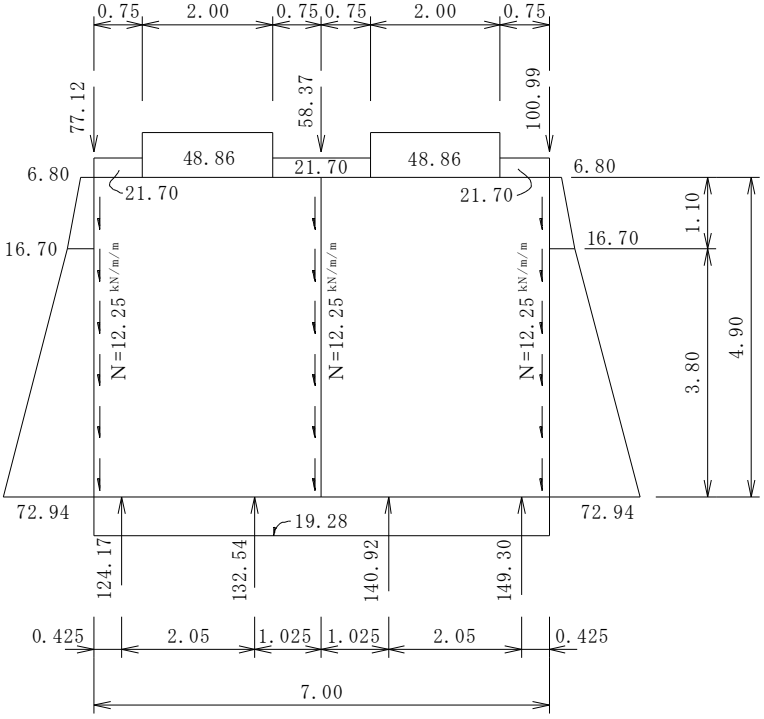

注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.36(c)** 荷重の組合せ：ケース 3（地震時）

(4) 荷重図

**図-14.36** に示される荷重の組合せから、各部材に作用する荷重を合成する。

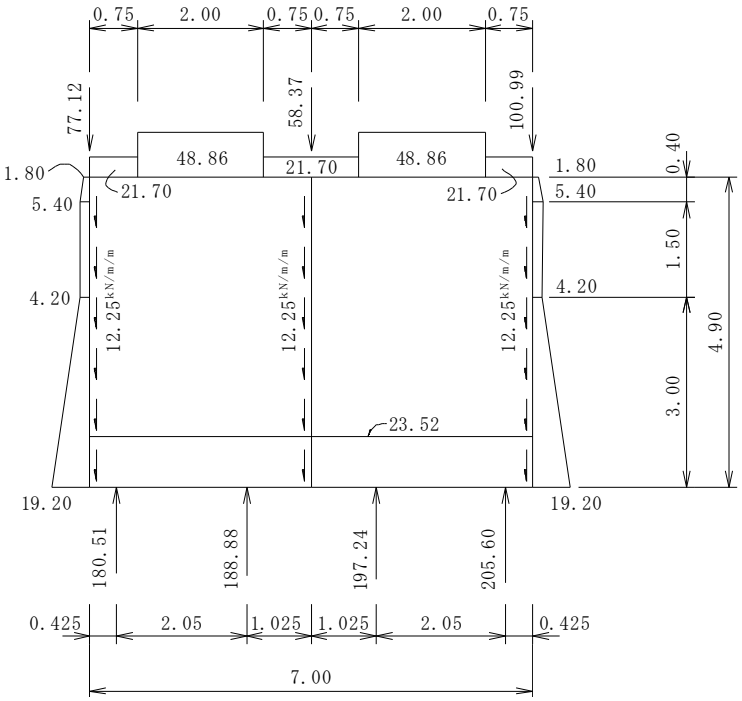
① 常時･空水時の荷重図




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.37(a)** 荷重図：ケース 1（常時･空水時）

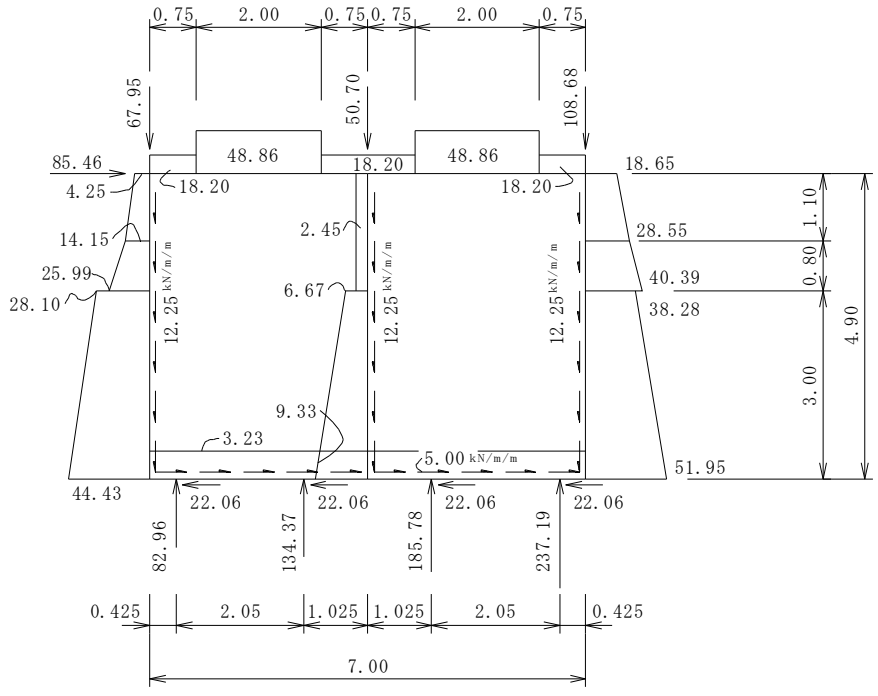
② 常時･満水時の荷重図




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.37(b)**　荷重図：ケース 2（常時･満水時）

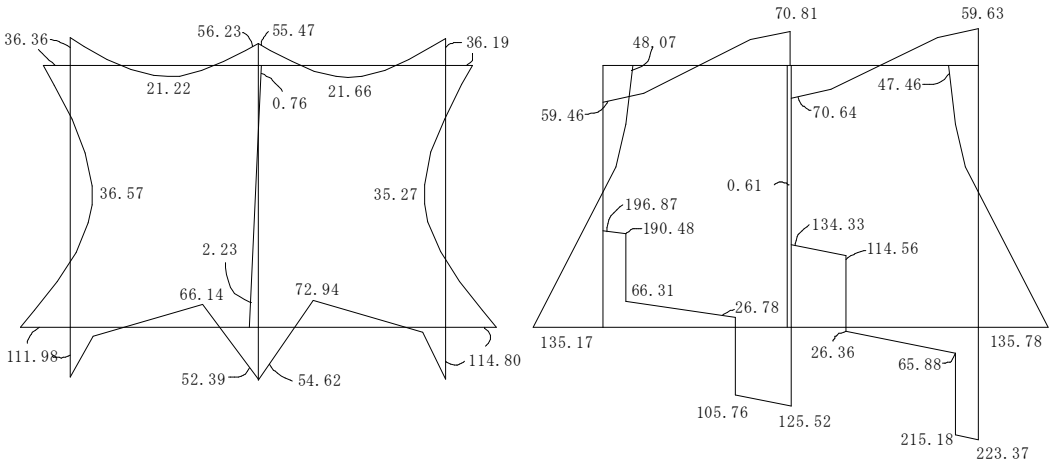
③ 地震時の荷重図




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

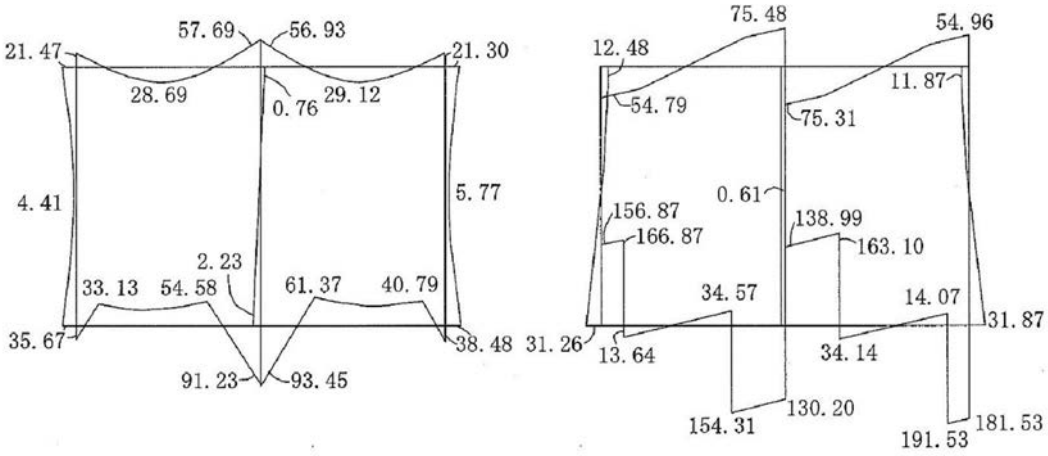
**図-14.37(c)**　荷重図：ケース 3（地震時）

⑸ 曲げモーメント及びせん断力



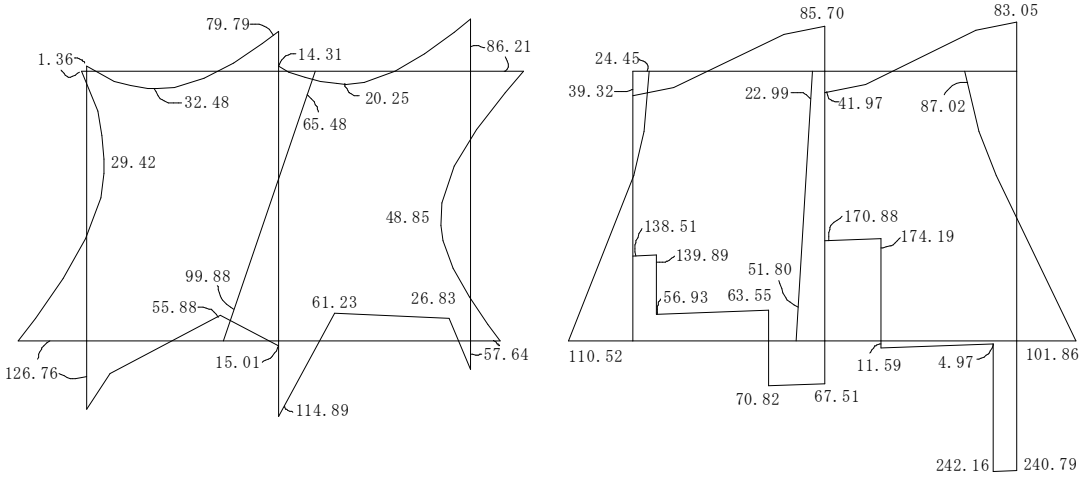

曲げモーメント図（単位；kN･m/m）　　せん断力図（単位；kN/m）

**図-14.38(a)**　曲げモーメント及びせん断力図：ケース 1（常時･空水時）




曲げモーメント図（単位；kN･m/m）　　せん断力図（単位；kN/m）

**図-14.38(b)**　曲げモーメント及びせん断力図：ケース 2（常時･満水時）




曲げモーメント図（単位；kN･m/m）　　せん断力図（単位；kN/m）

**図-14.38(c)**　曲げモーメント及びせん断力図：ケース 3（地震時）

⑹　所要鉄筋量の計算

配筋計画を立てるため、各部材に必要な鉄筋量の概定を行う。

所要鉄筋量の計算は、長方形断面に軸方向力と曲げモーメントを受ける場合として算定する。

なお、鉄筋とコンクリートのヤング係数の比は、　$n=\frac{E_s}{E_c}=15$　とし、断面幅は b=1,000mm である。

長方形断面の部材に軸方向力と曲げモーメントを受ける場合の必要鉄筋量の算定は、**表-14.19** によって、偏心距離 $e$ ごとの異なる算式に従って必要鉄筋量を概定することができる。

a. 計算に使用する記号の説明（単位はそれぞれ N、mm、又は kN、m）

$h$　：断面の全高

$b$　：断面の幅

$d_1$　：圧縮側表面から圧縮鉄筋断面の図心までの距離

$d_2$　：引張側表面から引張鉄筋断面の図心までの距離

$M$　：外力による曲げモーメント

$N$　：軸方向力

$A'_s$　：圧縮鉄筋断面積

$A_s$　：引張鉄筋断面積

$\sigma_{ca}$　：コンクリートの許容曲げ圧縮応力度

$\sigma_{sa}$　：鉄筋の許容引張応力度

$e$　：中心軸方向力と曲げモーメントの作用を偏心軸方向力に置換したときの偏心距離（$=M/N$）

$d$　：有効高さ（$=h-d_2$）

$n$　：鉄筋とコンクリートとのヤング係数比（$Es/Ec$）

$k$　：中立軸からコンクリートの圧縮縁までの距離と有効高さとの比

（断面積算定の場合は、$k=\frac{n\cdot\sigma_{ca}}{n\cdot\sigma_{ca}+\sigma_{sa}}$　ただし、圧縮鉄筋が必要な場合には、$\sigma_{sa}$ を規定の許容応力度より小さく採った時に $A_s+A'_s$ が小さくなる場合があるので検討する必要がある。）

$j$　：コンクリートの圧縮応力の合力から鉄筋断面の図心までの距離と有効高さとの比

（$j=1-\frac{k}{3}$）

**表-14.17** 長方形断面に軸方向引張力と曲げモーメントを受ける場合の算式

<table>
<tr><th>ケース 1 （$e \leqq 0.5h - d_2$）の場合</th><th colspan="2">ケース 2 （$e > 0.5h - d_2$）の場合</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">$M_1 = M - N(d - 0.5h)$、$M_2 = 0.5\,\sigma_{ca} \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2$<br>$M_3 = M_1 - M_2$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$Q = 0.5h - d_1 + e$<br>$G = 0.5h - d_2 - e$<br>$A_s' = \dfrac{N}{\sigma_{sa}} \cdot \dfrac{G}{d - d_1}$<br>$A_s = \dfrac{N}{\sigma_{sa}} \cdot \dfrac{Q}{d - d_1}$<br>注）ここでの $A_s'$ は引張鉄筋の小さい方の断面積</td><td>ケース 2-A</td><td>ケース 2-B</td></tr>
<tr><td>（$M_1 \leqq M_2$）の場合<br>（圧縮鉄筋不要）<br>$A_s' = 0$<br>$A_s = \dfrac{M_1}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d} + \dfrac{N}{\sigma_{sa}}$</td><td>（$M_1 > M_2$）の場合<br>（圧縮鉄筋要）<br>$A_s' = \dfrac{M_3}{\sigma_{sa}} \cdot \dfrac{n}{n-1} \times \dfrac{d(1-k)}{(k \cdot d - d_1)(d - d_1)}$<br>$A_s = \dfrac{M_2}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d} + \dfrac{M_3}{\sigma_{sa}(d - d_1)} + \dfrac{N}{\sigma_{sa}}$</td></tr>
</table>

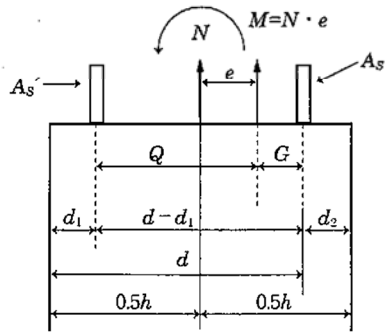
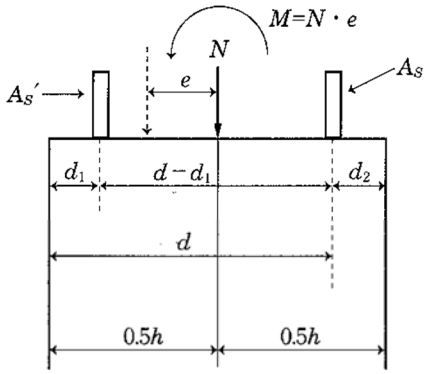


**表-14.18**　長方形断面に軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける場合の算式

| ケース 1：$e \leqq \left(\frac{h}{2}-\frac{d}{3}\right)$ の場合（引張鉄筋不要） | |
|---|---|
| ケース 1-A<br>$0 \leqq e \leqq \frac{h}{6}$ の場合 | ケース 1-B<br>$\frac{h}{6} < e \leqq \left(\frac{h}{2}-\frac{d}{3}\right)$ の場合 |
| $\sigma_{c1}=\frac{N}{b \cdot h} \cdot \left(1+\frac{6e}{h}\right)$<br>$\sigma_{c2}=\frac{N}{b \cdot h} \cdot \left(1-\frac{6e}{h}\right)$ | $\sigma_{c1}=\frac{4}{3} \cdot \frac{N}{b\ (h-2e)}$ |

| ケース 2：$e > \left(\frac{h}{2}-\frac{k \cdot d}{3}\right)$ の場合（引張鉄筋要） | |
|---|---|
| $M_1=M+N(d-0.5h)$、$M_2=0.5\sigma_{ca} \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2$、$M_3=M_1-M_2$ | |
| ケース 2-A<br>$M_1 \leqq M_2$ の場合（圧縮鉄筋不要） | ケース 2-B<br>$M_1 > M_2$ の場合（圧縮鉄筋要） |
| $A_s'=0$<br>$A_s=\frac{M_1}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d}-\frac{N}{\sigma_{sa}}$ | $A_s'=\frac{M_3}{\sigma_{sa}} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \frac{d(1-k)}{(k \cdot d-d_1)(d-d_1)}$<br>$A_s=\frac{M_2}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d}+\frac{M_3}{\sigma_{sa}(d-d_1)}-\frac{N}{\sigma_{sa}}$ |




注 1）長方形断面に軸方向引張力と曲げモーメントを受ける場合：

**表-14.17** において、ケース 1 では軸方向引張力 $N$ が鉄筋の内側に作用するときで、この場合は断面全部に作用する引張力をすべて鉄筋で受持つとして鉄筋量を計算する。

2）長方形断面に軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける場合：

**表-14.18** において、ケース 1－A は長方形断面のどこにも引張力を生じない場合で、その時の最大及び最少圧縮応力度の算定式を示し、ケース 1－B は引張鉄筋側の縁応力が引張となるが、引張鉄筋位置では応力が 0 となる範囲までの最大圧縮応力度の算定式を示している。したがってケース 1－A、ケース 1－B はいずれも引張鉄筋を必要としない。

また、ケース 1 及びケース 2 のいずれにもあてはまらない。すなわち、$\frac{h}{2}-\frac{d}{3} < e \leqq \frac{h}{2}-\frac{k \cdot d}{3}$ となる場合は引張鉄筋量を適宜仮定のうえ中立軸を計算して、圧縮縁応力及び引張鉄筋の応力を求め、それぞれが許容応力度以内にあるかどうかを確かめることが必要である。

ただし、断面内の最大圧縮応力度 $\sigma_{c1}$ がコンクリートの許容応力度を超える場合には、圧縮鉄筋を挿入しなければならない。

なお、配筋計画を立てるに当たっては、引張鉄筋量のほか許容付着応力から定まる鉄筋の周長も概定しておく必要がある。

所要鉄筋量の算定例を**表-14.19(a)～(c)**に示す。

**表-14.19(a)　所 要 鉄 筋 量 の 算 定　ケース１（常時･空水時）**

| 項目＼部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| $M$ | (kN･m) | 36.36 | 21.66 | 56.23 | 36.36 | 36.57 | 114.80 | － | － | 114.80 | 72.94 | 54.62 |
| $N$ | (kN) | 48.07 | 47.46 | 48.07 | 136.58 | 166.30 | 220.64 | － | － | 135.78 | 135.78 | 135.78 |
| $b$ (断面幅) | (mm) | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $h$ (断面全高) | (mm) | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| $d_2$ (かぶり) | (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| $d=h-d_2$ | (mm) | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 軸方向力 | | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | － | － | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 |
| $e=M/N$ | (mm) | 756.4 | 456.4 | 1,169.8 | 266.2 | 219.9 | 520.3 | | | 845.5 | 537.2 | 402.3 |
| $h/2-d/3$ | (mm) | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 150.0 | 150.0 | 150.0 |
| $h/2-k\cdot d/3$ | (mm) | 155.5 | 155.5 | 155.5 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 235.1 | 235.1 | 235.1 |
| 算式ケース判定① | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $h/6$ | (mm) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| $N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 6.25 | 6.17 | 6.25 | 24.58 | 29.93 | 39.72 | － | － | 20.37 | 31.23 | 20.37 |
| $M_1=M+N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 42.61 | 27.83 | 62.48 | 60.94 | 66.50 | 154.52 | － | － | 135.17 | 104.17 | 74.99 |
| $M_2=0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$ | (kN･m) | 152.60 | 152.60 | 152.60 | 274.13 | 274.13 | 274.13 | － | － | 300.22 | 416.46 | 300.22 |
| $M_3=M_1-M_2$ | (kN･m) | -109.99 | -124.77 | -90.12 | -213.19 | -207.63 | -119.61 | － | － | -165.05 | -312.29 | -225.23 |
| 算式ケース判定② | | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | － | － | 2-A | 2-A | 2-A |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A'_s$ (圧縮鉄筋断面積) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A_s=\frac{M_1}{\sigma_{sa}\cdot j\cdot d}-\frac{N}{\sigma_{sa}}$ (引張鉄筋断面積) | | 575 | 284 | 971 | 185 | 92 | 1,269 | － | － | 1,370 | 597 | 375 |

$\sigma_{sa}$＝157 N/mm$^2$、$\sigma_{ca}$＝8 N/mm$^2$、$j$＝0.856、$k$＝0.433

（頂版のみ$\sigma_{sa}$＝176N/mm$^2$とする、 $j$＝0.865、$k$＝0.405）

**表-14.19(b)　所要鉄筋量の算定 ケース 2（常時･満水時）**

| 項目 ＼ 部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| $M$ | (kN･m) | 21.47 | 29.12 | 57.69 | 21.47 | 5.77 | 38.48 | － | － | 38.48 | 61.37 | 93.45 |
| $N$ | (kN) | 12.48 | 11.87 | 12.48 | 131.91 | 186.24 | 215.97 | － | － | 31.87 | 31.87 | 31.87 |
| $b$ (断面幅) | (mm) | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $h$ (断面全高) | (mm) | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| $d_2$ (かぶり) | (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| $d=h-d_2$ | (mm) | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 軸方向力 | | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | － | － | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 |
| $e=M/N$ | (mm) | 1,720.4 | 2,453.2 | 4,622.6 | 162.8 | 31.0 | 178.2 | － | － | 1,207.4 | 1,925.6 | 2,932.2 |
| $h/2-d/3$ | (mm) | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 150.0 | 123.3 | 150.0 |
| $h/2-k\cdot d/3$ | (mm) | 155.5 | 155.5 | 155.5 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 187.9 | 235.1 | 223.5 | 235.1 |
| 算式ケース判定① | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $h/6$ | (mm) | － | － | － | － | 83.33 | － | － | － | － | － | － |
| $N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 1.62 | 1.54 | 1.62 | 23.74 | － | 38.87 | － | － | 4.78 | 7.33 | 4.78 |
| $M_1=M+N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 23.09 | 30.66 | 59.31 | 45.21 | － | 77.35 | － | － | 43.26 | 68.70 | 98.23 |
| $M_2=0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$ | (kN･m) | 152.60 | 152.60 | 152.60 | 274.13 | － | 274.13 | 274.13 | 274.13 | 300.22 | 416.46 | 300.22 |
| $M_3=M_1-M_2$ | (kN･m) | -129.51 | -121.94 | -93.29 | -228.92 | － | -196.78 | -274.13 | -274.13 | -256.96 | -347.76 | -201.99 |
| 算式ケース判定② | | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 1-A | 2-A | － | － | 2-A | 2-A | 2-A |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A'_s$ | (圧縮鉄筋断面積) | 0 | 0 | 0 | 0 | － | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A_s=\frac{M_1}{\sigma_{sa}\cdot j\cdot d}-\frac{N}{\sigma_{sa}}$ | (引張鉄筋断面積) | 389 | 543 | 1,110 | － | － | － | － | － | 512 | 762 | 1,421 |

$\sigma_{sa}$=157 N/mm$^2$、$\sigma_{ca}$=8 N/mm$^2$、$j$=0.856、$k$=0.433
(頂版のみ$\sigma_{sa}$=176N/mm$^2$とする、 $j$=0.865、$k$=0.405)

**表-14.19(c)** 所要鉄筋量の算定（地震時）

| 項目 ＼ 部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| $M$ | (kN･m) | 86.21 | 32.48 | 79.79 | 86.21 | 48.85 | 126.76 | 65.48 | 99.88 | 126.76 | 61.96 | 114.89 |
| $N$ | (kN) | 87.02 | 110.01 | 110.01 | 191.73 | 225.22 | 167.30 | 178.36 | 238.39 | 167.30 | 133.61 | 128.48 |
| $b$ (断面幅) | (mm) | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $h$ (断面全高) | (mm) | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| $d_2$ (かぶり) | (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| $d=h-d_2$ | (mm) | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 軸方向力 | | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 | 圧縮力 |
| $e=M/N$ | (mm) | 990.7 | 295.2 | 725.3 | 449.6 | 216.9 | 757.7 | 367.1 | 419.0 | 757.7 | 463.7 | 894.2 |
| $h/2-d/3$ | (mm) | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 106.7 | 150.0 | 123.3 | 150.0 |
| $h/2-k\cdot d/3$ | (mm) | 155.5 | 155.5 | 155.5 | 192.0 | 192.0 | 192.0 | 192.0 | 192.0 | 239.3 | 228.5 | 239.3 |
| 算式ケース判定① | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $h/6$ | (mm) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| $N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 11.31 | 14.30 | 14.30 | 34.51 | 40.54 | 30.11 | 32.10 | 42.91 | 25.10 | 30.73 | 19.27 |
| $M_1=M+N\cdot(d-h/2)$ | (kN･m) | 97.52 | 46.78 | 94.09 | 120.72 | 89.39 | 156.87 | 97.58 | 142.79 | 151.86 | 92.69 | 134.16 |
| $M_2=0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$ | (kN･m) | 228.90 | 228.90 | 228.90 | 388.65 | 388.65 | 388.65 | 388.65 | 388.65 | 425.64 | 590.44 | 425.64 |
| $M_3=M_1-M_2$ | (kN･m) | -131.38 | -182.12 | -134.81 | -267.93 | -299.26 | -231.78 | -291.07 | -245.86 | -273.78 | -497.75 | -291.48 |
| 算式ケース判定② | | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A | 2-A |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A'_s$ | (圧縮鉄筋断面積) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 所要鉄筋量 ($mm^2$) $A_s=\frac{M_1}{\sigma_{sa}\cdot j\cdot d}-\frac{N}{\sigma_{sa}}$ | (引張鉄筋断面積) | 964 | 204 | 832 | 503 | 57 | 964 | 318 | 551 | 844 | 260 | 819 |

$\sigma_{sa}'=264\ \mathrm{N/mm^2}$、$\sigma_{ca}'=12\ \mathrm{N/mm^2}$、$j=0.865$、$k=0.405$、

⑺　配筋計画

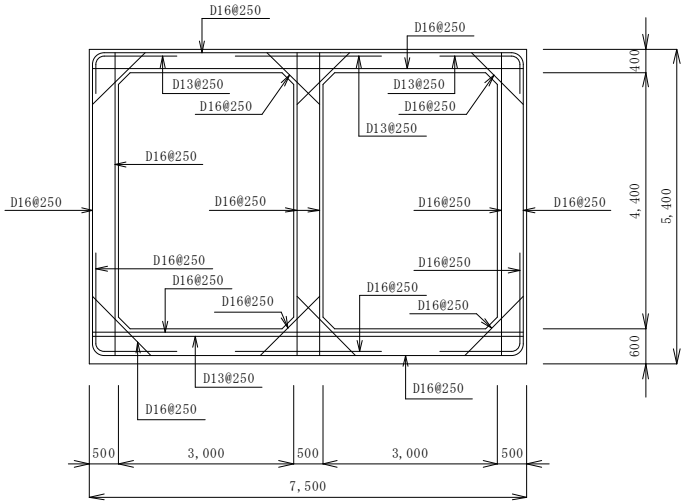



**図-14.39**　配筋計画図

⑻　応力の照査

所要鉄筋量の計算に基づいて定めた鉄筋量に対しては、応力の照査が必要である。

応力の算定式は、曲げモーメントと軸力が作用する部材として次式による。

$N$ の圧縮端からの偏心距離　$e'=M/N-h/2$(mm)

中立軸から圧縮縁までの距離 $x$(mm)は、次式により求める。

$$x^3+3e'x^2+\frac{6n}{b}As(d+e')x-\frac{6n}{b}Asd(d+e')=0$$

コンクリートの圧縮応力 $\sigma_c=\dfrac{N}{\dfrac{bx}{2}-nAs\dfrac{d-x}{x}}$ (N/mm$^2$)

鉄筋の引張応力 $\sigma_s=n\sigma_c\dfrac{d-x}{x}$ (N/mm$^2$)

コンクリートのせん断応力　$\tau=\dfrac{S}{b\cdot j\cdot d}=\dfrac{S}{b(1-x/3d)d}$ (N/mm$^2$)

コンクリートと鉄筋の付着応力　$\tau_0=\dfrac{S}{U\cdot j\cdot d}=\dfrac{S}{U(1-x/3d)d}$ (N/mm$^2$)

ここに、$M$ ：曲げモーメント(N･mm)　　$N$ ：軸方向力(N)

$S$ ：せん断力(N)　　$h$ ：断面の全高(mm)

$b$ ：断面の幅(mm)

$As$ ：引張鉄筋断面積(mm$^2$)

$U$ ：引張鉄筋周長(mm)

$j$ ：圧縮応力の合力から鉄筋図心までの距離と有効高さの比( $j=1-x/3d$ )

$d$ ：断面有効高さ　$d=(h-d_2)$(mm)

$d_2$ ：引張端から引張鉄筋中心までの距離(mm)

$n$ ：鉄筋とコンクリートのヤング係数比($n=Es/Ec=15$)

応力の照査の検討例を**表-14.20(a)～(c)**に示す。

**表-14.20(a)　応 力 の 検 討 ケース１（常時・空水時）**

| 項目＼部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| 配筋計画 | 配筋計画 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16＋D13 @125 | D16 @125 |
| | 配筋鉄筋量 $A_S$ ($mm^2$) | 1,301 | 794 | 1,301 | 794 | 794 | 1,588 | 794 | 794 | 1,588 | 1,301 | 1,588 |
| | 周長 $U$ (mm) | 360 | 200 | 360 | 200 | 200 | 400 | 200 | 200 | 400 | 360 | 400 |
| 断面力 | $M$ (kN･m) | 36.36 | 21.66 | 56.23 | 36.36 | 36.57 | 114.80 | － | － | 114.80 | 72.94 | 54.62 |
| | $N$ (kN) | 48.07 | 47.46 | 48.07 | 136.58 | 166.30 | 220.64 | － | － | 135.78 | 135.78 | 135.78 |
| | $S$ (kN) | 59.63 | － | 70.81 | 48.07 | － | 135.78 | － | － | 223.37 | 114.56 | 134.33 |
| $b$（断面幅） (mm) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $d_2$（かぶり） (mm) | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| 断面の全高 $h$ (mm) | | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| 断面有効高 $d=h-d_2$ (mm) | | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 偏心距離 $e'=M/N-h/2$ (mm) | | 556.4 | 256.4 | 969.8 | 16.2 | -30.1 | 270.3 | － | － | 545.5 | 237.2 | 102.3 |
| 中立軸からの距離 $x$ (mm) | | 112.5 | 104.1 | 106.3 | 183.8 | 217.9 | 164.9 | － | － | 153.5 | 185.7 | 198.3 |
| 鉄筋の引張応力 $\sigma_s$ ($N/mm^2$) | | 75.4 | 58.9 | 125.6 | 36.2 | 25.0 | 120.6 | － | － | 128.1 | 66.7 | 37.5 |
| 判定 $\sigma_{sa}$($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |
| コンクリートの圧縮応力$\sigma_c$ ($N/mm^2$) | | 2.60 | 1.81 | 3.98 | 1.80 | 1.71 | 5.00 | － | － | 4.42 | 2.40 | 1.97 |
| 判定 $\sigma_{ca}$($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |
| コンクリートのせん断応力$\tau$ ($N/mm^2$) | | 0.204 | － | 0.240 | 0.130 | － | 0.362 | － | － | 0.560 注) | 0.245 | 0.350 |
| 判定 $\tau_a$（$N/mm^2$） | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | － | 0.K 注) | 0.K | 0.K |
| 付着応力 $\tau_0$ ($N/mm^2$) | | 0.567 | － | 0.667 | 0.651 | － | 0.905 | － | － | 1.401 | 0.680 | 0.875 |
| 判定 $\tau_{0a}$($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |

$\sigma_{sa}$＝157 $N/mm^2$（ただし、頂版のみ$\sigma_{sa}$＝176 $N/mm^2$とする）、$\sigma_{ca}$＝8 $N/mm^2$、$\tau_a$＝0.42 $N/mm^2$、$\tau_{0a}$＝1.5 $N/mm^2$

注）ラーメン軸位置におけるせん断応力τ≦0.84 $N/mm^2$（α=2）、であり、2$d$（$d$=断面有効高）スライドした位置ではτ≦0.42 $N/mm^2$（α=1）となり安全である。

**表-14.20(b)　応　力　の　検　討　ケース 2（常時・満水時）**

| 項目＼部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| 配筋計画 | 配筋計画 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16＋D13 @125 | D16 @125 |
| | 配筋鉄筋量 $A_S$ ($mm^2$) | 1,301 | 794 | 1,301 | 794 | 794 | 1,588 | 794 | 794 | 1,588 | 1,301 | 1,588 |
| | 周　長 $U$ (mm) | 360 | 200 | 360 | 200 | 200 | 400 | 200 | 200 | 400 | 360 | 400 |
| 断面力 | $M$ (kN･m) | 21.47 | 29.12 | 57.69 | 21.47 | 5.77 | 38.48 | － | － | 38.48 | 61.37 | 93.45 |
| | $N$ (kN) | 12.48 | 11.87 | 12.48 | 131.91 | 186.24 | 215.97 | － | － | 31.87 | 31.87 | 31.87 |
| | $S$ (kN) | 54.96 | － | 75.48 | 12.48 | － | 31.87 | － | － | 181.53 | 191.53 | 138.99 |
| $b$（断面幅） (mm) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $d_2$（かぶり） (mm) | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| 断面の全高 $h$ (mm) | | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| 断面有効高 $d=h-d_2$ (mm) | | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 偏心距離 $e'=M/N-h/2$ (mm) | | 1,520 | 2,253 | 4,423 | -87.2 | -219.0 | -71.8 | － | － | 907.4 | 1,626 | 2,632 |
| 中立軸からの距離 $x$ (mm) | | 102.7 | 81.8 | 98.2 | 298.1 | 649.2 | 294.9 | － | － | 143.9 | 140.1 | 132.1 |
| 鉄筋の引張応力 $\sigma_s$ ($N/mm^2$) | | 50.8 | 113.3 | 145.5 | 6.1 | － | 10.9 | － | － | 47.9 | 84.3 | 131.8 |
| 判定 $\sigma_{sa}$($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |
| コンクリートの圧縮応力 $\sigma_c$ ($N/mm^2$) | | 1.53 | 2.49 | 4.11 | 0.92 | 0.57 | 1.58 | － | － | 1.50 | 2.02 | 3.65 |
| 判定 $\sigma_{ca}$($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |
| コンクリートのせん断応力 $\tau$ ($N/mm^2$) | | 0.186 | － | 0.254 | 0.038 | － | 0.096 | － | － | 0.452 注) | 0.396 | 0.342 |
| 判定 $\tau_a$ ($N/mm^2$) | | 0.K | 0.K | 0.K | 0.K | － | 0.K | － | － | 0.K 注) | 0.K | 0.K |
| 付着応力 $\tau_0$ ($N/mm^2$) | | 0.516 | － | 0.705 | 0.189 | － | 0.240 | － | － | 1.129 | 1.101 | 0.856 |
| 判定 $\tau_{0a}$($N/mm^2$) | | 0.K | － | 0.K | 0.K | － | 0.K | － | － | 0.K | 0.K | 0.K |

$\sigma_{sa}$＝157 $N/mm^2$（ただし、頂版のみ$\sigma_{sa}$＝176 $N/mm^2$とする）、$\sigma_{ca}$＝8 $N/mm^2$、$\tau_a$＝0.42 $N/mm^2$、$\tau_{oa}$＝1.5 $N/mm^2$

注）ラーメン軸位置におけるせん断応力 $\tau \leqq 0.84$ $N/mm^2$（$\alpha$=2）、であり、2$d$（$d$=断面有効高）スライドした位置では $\tau \leqq 0.42$ $N/mm^2$（$\alpha$=1）となり安全である。

**表-14.20(c)** 応 力 の 検 討 ケース３（地震時）

| 項目＼部材、位置 | | 頂版 | | | 側壁 | | | 隔壁 | | 底版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側端 | 中央 | 隔端 | 上端 | 中央 | 下端 | 上端 | 下端 | 側端 | 中央 | 隔端 |
| 配筋計画 | 配筋計画 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16＋D13 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16 @250 | D16 @250 | D16 @125 | D16＋D13 @125 | D16 @125 |
| | 配筋鉄筋量 $A_S$ ($mm^2$) | 1,301 | 794 | 1,301 | 794 | 794 | 1,588 | 794 | 794 | 1,588 | 1,301 | 1,588 |
| | 周 長 $U$ (mm) | 360 | 200 | 360 | 200 | 200 | 400 | 200 | 200 | 400 | 360 | 400 |
| 断面力 | $M$ (kN･m) | 86.21 | 32.48 | 79.79 | 86.21 | 48.85 | 126.76 | 65.48 | 99.88 | 126.76 | 61.96 | 114.89 |
| | $N$ (kN) | 87.02 | 110.01 | 110.01 | 191.73 | 225.22 | 167.30 | 178.36 | 238.39 | 167.30 | 133.61 | 128.48 |
| | $S$ (kN) | 83.05 | － | 85.70 | 87.02 | － | 110.52 | 22.99 | 51.80 | 240.79 | 242.16 | 170.88 |
| $b$（断面幅） (mm) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $d_2$（かぶり） (mm) | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| 断面の全高 $h$ (mm) | | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| 断面有効高 $d=h-d_2$ (mm) | | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| 偏心距離 $e'=M/N-h/2$ (mm) | | 790.7 | 95.2 | 525.3 | 199.6 | -33.1 | 507.7 | 117.1 | 169.0 | 457.7 | 163.7 | 594.2 |
| 中立軸からの距離 $x$ (mm) | | 108.3 | 123.7 | 113.3 | 134.6 | 220.9 | 149.8 | 148.4 | 138.9 | 157.5 | 197.9 | 151.7 |
| 鉄筋の引張応力 $\sigma_s$ ($N/mm^2$) | | 188.2 | 65.5 | 163.2 | 153.4 | 32.2 | 154.6 | 98.5 | 168.5 | 135.1 | 50.8 | 130.7 |
| 判定 $\sigma_{sa}$($N/mm^2$) | | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K |
| コンクリートの圧縮応力$\sigma_c$ ($N/mm^2$) | | 6.13 | 2.62 | 5.69 | 4.66 | 2.27 | 5.51 | 3.46 | 5.36 | 4.85 | 2.02 | 4.43 |
| 判定 $\sigma_{ca}$($N/mm^2$) | | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K |
| コンクリートのせん断応力$\tau$ ($N/mm^2$) | | 0.282 | － | 0.293 | 0.226 | － | 0.291 | 0.060 | 0.135 | 0.606 | 0.522 | 0.428 |
| 判定 $\tau_a$($N/mm^2$) | | O.K | － | O.K | O.K | － | O.K | O.K | O.K | O.K 注) | O.K | O.K |
| 付着応力 $\tau_0$ ($N/mm^2$) | | 0.785 | － | 0.814 | 1.129 | － | 0.727 | 0.302 | 0.675 | 1.515 | 1.449 | 1.069 |
| 判定 $\tau_{0a}$($N/mm^2$) | | O.K | － | O.K | O.K | － | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K | O.K |

$\sigma_{sa}$＝264 $N/mm^2$、$\sigma_{ca}$＝12 $N/mm^2$、$\tau_a$＝0.63 $N/mm^2$、$\tau_{oa}$＝2.25 $N/mm^2$

以上各部材の応力照査の結果、すべての許容応力以内となり、**図-14.39** に示す配筋計画で十分安全である。

### 14.4.4　レベル 2 地震動に対する検討〔参　考〕

「**14.4.3　吸込水槽本体の設計**」では、常時及びレベル 1 地震動についての検討事例を示した。ここでは、これに加えレベル 2 地震動に対しても検討する事例を示す。

⑴　設計条件

「**14.4.1　設計条件**」からの変更・追加条件を次に示す。

①　ポンプ場の重要度区分と耐震性能

ポンプ場の重要度区分は A 種とする。したがって、**表-13.27** よりポンプ場の耐震性能の適用区分は、レベル 1 及びレベル 2 地震動とする。なお、レベル 2 地震動に対する検討においては、建設地近傍に活断層がないものとし、タイプⅠのみ考慮する。

②　設計水平震度

（i）　レベル 2 地震動

$K_{hc2}=C_z \cdot C_{S2} \cdot K_{hc20}$

$=1.0\times0.45\times0.70$

$=0.315\fallingdotseq0.32$

ここに、　$K_{hc2}$ ：設計水平震度

$C_z$　：地域別補正係数（地域区分 A とし、1.0）

$C_{S2}$　：構造物特性係数（0.45）

$K_{hc20}$ ：設計水平震度の標準値（Ⅲ種地盤とし、0.70）

③　安全係数

レベル 2 地震動に対する照査には、**表-13.27** より限界状態設計法を適用する。参考までにここで使用する安全係数を**表-14.21** に示す。

**表-14.21**　安全係数

| 安全係数 ＼ 検討ケース | | | | レベル 2 地震時 |
|---|---|---|---|---|
| 材料係数 $\gamma_m$ | | コンクリート | | 1.3 |
| | | 鉄　　筋 | | 1.0 又は 1/1.2 注1) |
| 部材係数 $\gamma_b$ | | 曲げ・軸力耐力 | | |
| | | | （一　般） | 1.1 |
| | | | （上限値注2)） | 1.3 |
| | | せん断耐力 | | |
| | | | （コンクリート） | 1.3 |
| | | | （鉄　　筋） | 1.1 |
| 構造解析係数　$\gamma_a$ | | | | 1.0 |
| 荷重係数 $\gamma_f$ | 永続荷重 | 自　重 | | 1.0 |
| | | 土圧 | | |
| | | 水圧 | 外水位 | |
| | | | 揚圧力 | |
| | | 上載荷重 | | |
| | 変動荷重 | 活荷重 | | |
| | | 水槽内水圧 | | |
| | 地震時荷重 | | | |
| 構造物係数　$\gamma_i$ | | | | 1.0 |
| 材料修正係数　$\rho_m$ | | | | 1.0 |
| 荷重修正係数　$\rho_f$ | | | | 1.0 |

注1)　耐力を算定する際は 1.0、破壊モードの判定をする際は引張鉄筋の実際の降伏強度を考慮した材料強度を用いる必要があるため、1/1.2 とした。

2)　軸方向圧縮耐力の上限値を算定する際に用いる安全係数。

〔参　考〕レベル 2 地震動に対する耐震性能照査

⑴　照査方針

吸込・吐出し水槽では、レベル 2 地震動に対する照査は、限界状態設計法により行う。本計算例では、レベル 2 地震動に対し断面破壊しないことを照査するため、各部材の曲げ耐力及びせん断耐力、軸方向耐力を算定し、断面力が各耐力以内に収まっていることを確認する。

また、本計算例では、構造物のじん性を考慮し、構造物特性係数を導入している。このため、構造物が脆性的な破壊を起こさないよう曲げ破壊がせん断破壊より先行することを確認する。

⑵　曲げ先行破壊とする部材

吸込・吐出し水槽は、スラブで構成される施設であるため、計算例においては、すべての部材に対して曲げ先行破壊であることを確認する。

ただし、せん断先行破壊モードであっても、最小鉄筋量で決まる場合やせん断照査において十分な安全性が確認される場合[注)]は、この限りではないものとした。

注）最小のせん断補強鉄筋以上にせん断補強鉄筋を必要とする場合に、部材の保有するせん断耐力が部材に発生するレベル 2 地震動時のせん断力を構造物特性係数で除した値を上回っているときは、強度上問題ないものと判断し、最小のせん断補強筋比を確保すればよいこととした。これは、レベル 2 地震動相当の本来の外力に構造物特性係数を乗じた等価水平震度を用いて外力の設定を行い計算した結果に対して構造物特性係数で除すところから、レベル 2 地震動相当の外力で得られる結果と近似的に同等であることによる。

⑵　吸込水槽本体の設計

①　仮定断面及び検討ケース

吸込水槽本体の仮定断面は、**図-14.40** に示すとおりである。また、吸込水槽本体の検討ケースと内水位及び地下水位の組合せを**表-14.22** に示す。なお、ケース 1 及びケース 2、ケース 3 の検討については「**14.4.3　吸込水槽本体の設計**」に示しているため、ここではケース 4 の検討のみ示す。

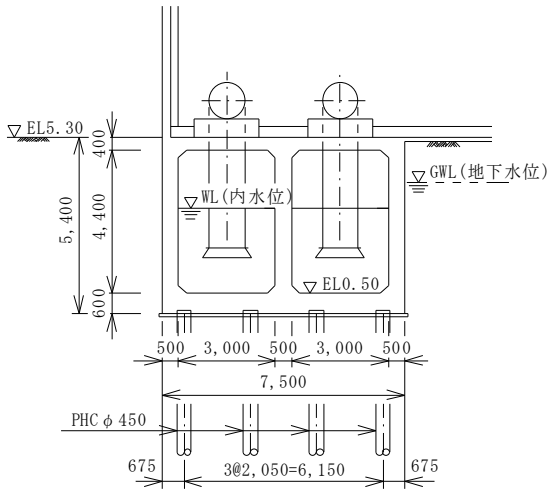



**図-14.40**　吸込水槽の計算断面

**表-14.22**　検討ケースと内外水位条件

| 検討ケース | 区　分 | 内水位 | 地下水位 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| ケース 1 | 常時・空水時 | 空水（L.W.L 1.80）[注)] | G.H.W.L 4.00 | |
| ケース 2 | 常時・満水時 | H.W.L 4.70 | G.L.W.L 3.20 | |
| ケース 3 | 地震時・L1 | N.W.L 3.20 | G.N.W.L 4.00 | レベル 1 地震動 |
| ケース 4 | 地震時・L2 | N.W.L 3.20 | G.N.W.L 4.00 | レベル 2 地震動 |

注）空水時の内水位は、上流側流入部の水路底高とする。

② 安定計算結果

ケース 4 における安定計算の結果及び杭反力の算定結果を**表-14.23** に示す。

内 水 位；N.W.L　3.20
地下水位；G.N.W.L　4.00

**表-14.23**　安定計算ケース 4（L2 地震時→、流水直角方向）

| 項　　目 | 鉛直力 | | | 水平力 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 荷　重 | アーム長 | モーメント | 荷　重 | アーム長 | モーメント |
| | $N$（kN） | $y$（m） | $N\cdot y$（kN・m） | $H$（kN） | $z$（m） | $H\cdot z$（kN・m） |
| 躯体コンクリート自重 | 4,874.0 | 3.755 | 18,301.9 | 1,559.7 | 2.445 | 3,813.4 |
| 内水重 | 1,740.6 | 3.750 | 6,527.3 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 主ポンプ等機械荷重 | 519.7 | 3.750 | 1,948.9 | 166.3 | 5.400 | 898.0 |
| シンダー、機械ベース自重 | 791.2 | 3.750 | 2,967.0 | 253.2 | 5.400 | 1,367.3 |
| 群集荷重等 | 94.8 | 3.750 | 355.5 | 30.3 | 5.400 | 163.6 |
| 建屋荷重 | 2,719.6 | 4.103 | 11,158.5 | 870.3 | 5.400 | 4,699.6 |
| 地震時建屋軸力増減 | −105.5 | −2.689 | 283.7 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 土圧、静水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | −449.5 | 2.700 | −1,213.7 |
| 地震時動水圧 | 0.0 | 0.000 | 0.0 | 661.5 | 1.914 | 1,266.0 |
| 揚圧力 | −3,271.1 | 3.750 | −12,266.6 | 0.0 | 0.000 | 0.0 |
| 合　　計 | 7,363.3 | 3.976 | 29,276.2 | 3,091.8 | 3.556 | 10,994.2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 鉛直力、水平力、モーメント | （$B$=　7.50m） | 杭反力（kN/本） | |
| 偏心距離 | $e=(N\cdot y+H\cdot z)/\Sigma N-B/2$=　1.790（m） | $N_1$=98.57 | $H_1$=154.59 |
| 鉛直力の合計 | $\Sigma N$=　7,300.0（kN） | $N_2$=276.19 | $H_2$=154.59 |
| 水平力の合計 | $\Sigma H$=　3091.8（kN） | $N_3$=453.81 | $H_3$=154.59 |
| モーメント（図心位置） | $M_0$=　13,067.0（kN・m） | $N_4$=631.43 | $H_4$=154.59 |

③ 部材設計荷重の算定

ケース 4 における部材設計荷重は次のとおりである。

(i)　頂版に作用する荷重

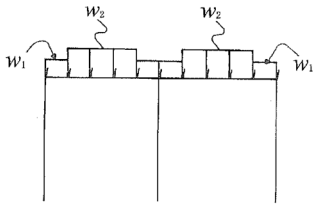



**図-14.41**　頂版の作用荷重

$w_1$＝{頂版自重＋シンダーコンクリート重量＋群集荷重（床面上載荷重）}×$\rho_f$×$\gamma_f$

＝{0.40×24.5kN/m$^3$＋0.30×23.0kN/m$^3$＋1.5kN/m$^2$}×1.0×1.0

＝18.20kN/m$^2$

$w_2$は、「**13.4　荷重の算定**」に示される床版荷重及びコンクリートベース重量から算定する。

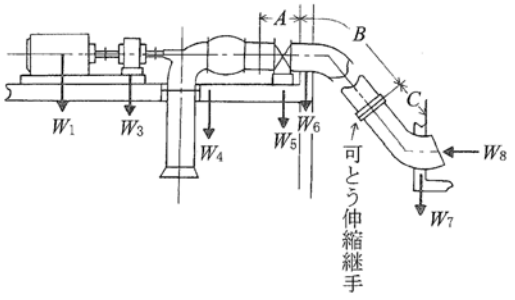



**図-14.42**　横軸ポンプ床版荷重

$W_1$：ディーゼル機関の基礎荷重

機関出力　110kW、回転速度　1,200min$^{-1}$

**表-13.19** より

機関重量　$F_1$＝1,950kg（質量）×(9.8/1,000) kN/kg＝19.111kN

∴$W_1$＝1.3×$F_1$＝1.3×19.111＝24.84kN

$W_3$：歯車減速機の基礎荷重

$$\text{伝達容量}=\text{原動機出力}\times\frac{\text{荷重係数（表-7.2）}}{\text{寿命係数（表-7.3）}}$$

$$=110\text{kW}\times\frac{1.25}{1.00}=137.5\text{kW}$$

原動機回転速度：1,200min$^{-1}$

ポンプ回転速度：約 220min$^{-1}$

減速比　　：約 1：5.5

空冷横軸遊星歯車減速機選定図（**図-7.9-参13**　1,200min$^{-1}$）から形番B-3、C-6、D-1を選定。**表-7.11** より、減速機の質量は 680kg（D-1）とする。

∴$W_3$＝1.2×680kg×(9.8/1,000) kN/kg＝8.00kN

$W_4$：主ポンプの基礎荷重

Ⅰ型横軸斜流ポンプ吐出し量 130m$^3$/min、吸込管長 4.10m（吸込口径；$\phi$1,000mm）

**表-13.9** より

$W_4$＝143kN＋(4.10－4.00)×16.2kN/m＝144.62kN

$W_5$：弁荷重

**表-13.16**、**表-13.18** より

$W_5$＝26.7kN＋(1.50－0.30)×15kN/m＝44.70kN

$W_6$：吐出し管荷重（可とう継手中心まで）

**表-13.18** より

$W_6$＝2.00×15kN/m＝30kN

横軸ポンプであるため、便宜的に床版荷重が最大となるポンプ基礎荷重を用いて計算する。

∴$w_2$＝($W_4$/ベース面積＋ベース自重＋スラブ自重)・$\rho_f$・$\gamma_f$

＝{144.62kN/ (2.00×3.30)＋0.70×24.5kN/m$^3$＋0.40×24.5kN/m$^3$} ×1.0×1.0

＝48.86kN/m$^2$

(ii)　側壁に作用する土圧、水圧

地震時主働土圧係数（$K_{ea}$）

$K_{ea}$＝0.24＋1.08$k_{hg2}'$　（背面が土とコンクリートの場合、砂質土）

$k_{hg2}'$：設計水平震度（構造物特性係数を考慮しない[注)]）　0.70

注）構造物特性係数（$C_{S2}$）は、地震時土圧強度に乗じる。

$K_{ea}$＝1.00≧0.5 より、地震時の土圧係数は $K_{ea}$＝1.0 を採用する。

a. 土圧及び地下水圧強度

盛土面上の上載荷重 $q$＝0kN/m$^2$ とする。

吸込水槽の基礎形式は杭基礎であるため、地震力作用側の土圧は地震時主働土圧とし、地震力に抵抗する側の土圧は地震時主働土圧に根入れによる土圧の増分を加えたものとする。

（ア）地震時の主働土圧、地下水圧

$K_{ea}$＝1.0、$q$＝0kN/m$^2$、$H_1$＝0.20m、$H_2$＝1.10m、$H_3$＝3.80mとして

$P_{a1}'=C_{S2}\cdot K_{ea}\cdot(q+\gamma_t\cdot H_1)\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

$=0.45\times1.0\times(0+18\times0.20)\times1.0\times1.0=1.62\text{kN/m}^2$

$P_{a2}'=C_{S2}\cdot K_{ea}\cdot\{q+\gamma_t\cdot(H_1+H_2)\}\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

$=0.45\times1.0\times\{0+18\times(0.20+1.10)\}\times1.0\times1.0=10.53\text{kN/m}^2$

$P_{a3}'=C_{S2}\cdot K_{ea}\cdot\{q+\gamma_t\cdot(H_1+H_2)+\gamma_w\cdot H_3\}\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

$=0.45\times1.0\times\{0+18\times(0.20+1.10)+10\times3.80\}\times1.0\times1.0=27.63\text{kN/m}^2$

$P_{w1}=w_0\cdot H_3\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

$=9.8\times3.80\times1.0\times1.0=37.24\text{kN/m}^2$

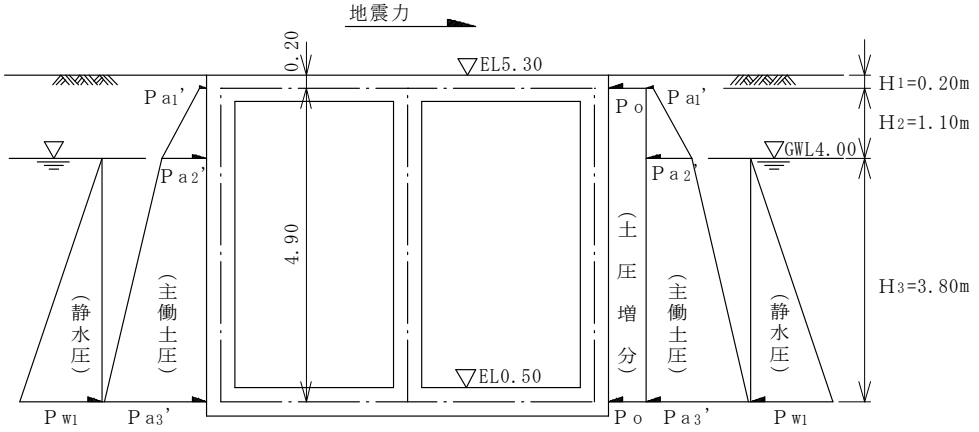



**図-14.43**　地震時の土圧及び地下水圧

根入れ効果による土圧の増分は、地震時主働土圧及び慣性力をもとに次のとおり算定する。（**図-13.5** 及び**表-14.23**）を参照。

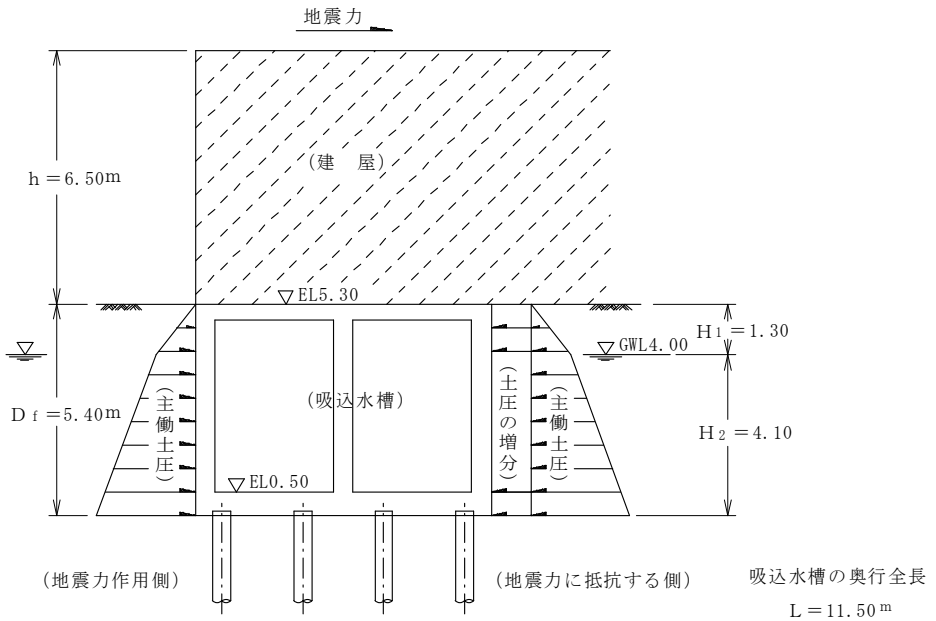



**図-14.44** 杭基礎における地震時土圧

(a) 地震時主働土圧係数 $K_{ea}$＝1.0

(b) 地震時受働土圧係数 $K_{ep}$＝1.445

$$K_{ep}=\frac{\sin^2(\theta+\theta_0-\phi)}{\sin^2\theta\cdot\cos\theta_0\cdot\sin(\theta+\theta_0+\delta)\cdot\left\{1-\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\cdot\sin(\phi+\mathrm{i}-\theta_0)}{\sin(\theta+\theta_0+\delta)\cdot\sin(\theta+\mathrm{i})}}\right\}^2}$$

＝1.445 （$\because\phi$＝25°、$\theta$＝90°、$\delta$＝0°、$\theta_0=\tan^{-1}k_{hg2}'=\tan^{-1}0.70$＝35.0°）

(c) 根入れ部の水平力分担率$\alpha$

$$\alpha=1-0.2\frac{\sqrt{h}}{\sqrt[4]{D_f}}=1-0.2\times\frac{\sqrt{6.50}}{\sqrt[4]{5.40}}=0.666\leqq 0.7$$

(d) 地震時慣性力 $\Sigma H_K$（**表-14.23**参照）

$\Sigma H_K$＝{(吸込水槽自重)＋(主ポンプ等)＋(シンダー等)＋(群集荷重等)＋(建屋荷重)}

$\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

＝{1,559.7＋166.3＋253.2＋30.3＋870.3}×1.0×1.0＝2,879.8kN

(e) 慣性力と根入れ深さから求まる土圧の増分 $H_o$

$H_o=\alpha\cdot\Sigma H_K$＝0.666×2,879.8＝1,917.9kN

(f) 土圧増分の上限値 $H_{o\max}$

地震時主働土圧＋土圧の増分≦地震時受働土圧より、土圧の増分の上限値$H_{o\max}$は

$H_{o\max}$＝地震時受働土圧－地震時主働土圧

$=C_{S2}\cdot(K_{ep}-K_{ea})\cdot(1/2\cdot\gamma_1\cdot H_1^2+\gamma_1\cdot H_1\cdot H_2+1/2\cdot\gamma_w\cdot H_2^2)\cdot L\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$

＝0.45×(1.445－1.0)×(1/2×18×1.30$^2$＋18×1.30×4.10＋1/2×10×4.10$^2$)

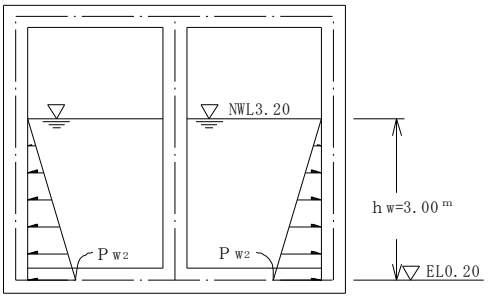
×11.50m×1.0×1.0＝449.5kN

以上から地震時における根入れ効果による土圧の増分は、$H_o$＝449.5kNとし、部材計算ではこれを地下壁に等分布荷重として作用させる。したがって、土圧増分の強度$P_o$は次のとおりである。

$P_o = H_o/(D_f \cdot L) = 449.5/(5.40 \times 11.50) = 7.24\text{kN/m}^2$

b. 水槽内水圧強度

壁に作用する内水圧は下記のとおりである。なお、中間隔壁に作用する内水圧は相殺されるため考慮しない。




地震時（NWL 3.20）

$P_{w2} = w_o \cdot h_w \cdot \rho_f \cdot \gamma_f$

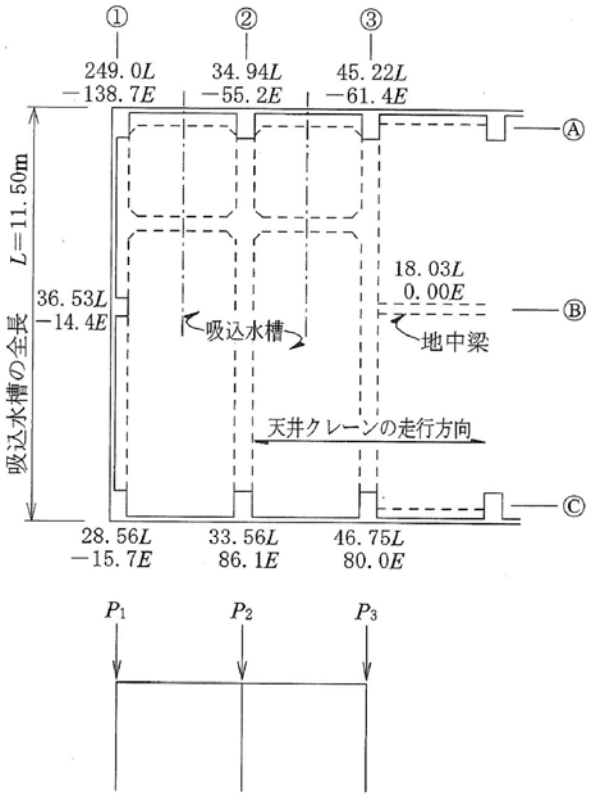
$= 9.8\text{kN/m}^3 \times 3.00\text{m} \times 1.0 \times 1.0$

$= 29.40\text{kN/m}^2$

**図-14.45**　水槽内水圧

(iii)　建屋荷重

建屋荷重は、建屋の構造計算により求められた柱の軸力より算出する。




注1)　$L$は柱の長期軸力(kN)

2)　$E$は地震時転倒モーメントによる鉛直力の増減値（地震力→方向）(kN)

3)　柱の軸力は移動荷重である天井クレーンの荷重は含まないものとする。

4)　天井クレーンは吸込水槽が最も偏心する位置で検討する。

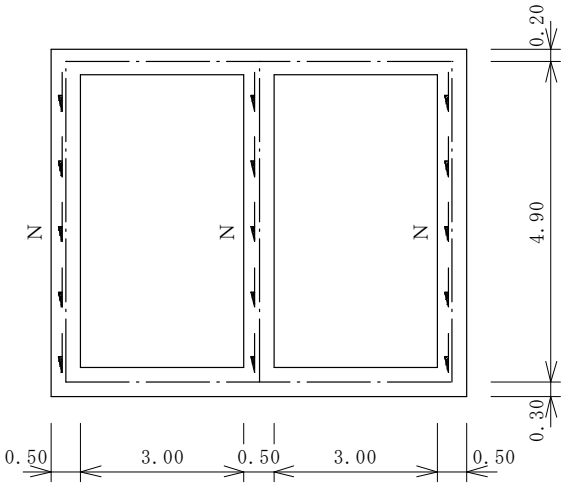
**図-14.46**　建屋の柱の軸力

a. 地震時の建屋鉛直荷重

| | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| $\Sigma(L \cdot E)$ | 718.10kN | 530.02kN | 1,219.5kN | (長期軸力及び鉛直力増減値の計) |
| クレーン荷重 | | | 83.3kN | (自重及び吊荷重量) |
| 合　計 | 718.1kN | 530.0kN | 1,302.8kN | |
| 設計荷重($P_n$) | 62.44kN/m | 46.09kN/m | 113.29kN/m | (吸込水槽の全長 $L$=11.50m で平均) |
| $P_n \cdot \rho_f \cdot \gamma_f$ | 62.44kN/m | 46.09kN/m | 113.29kN/m | |

($\rho_f \cdot \gamma_f$=1.0×1.0=1.0)

(iv) 側壁の軸力




( $\rho_f \cdot \gamma_f$ )

$N$=0.50m×24.5kN/m$^3$×1.0×1.0

=12.25kN/m/m

**図-14.47** 側壁の軸力

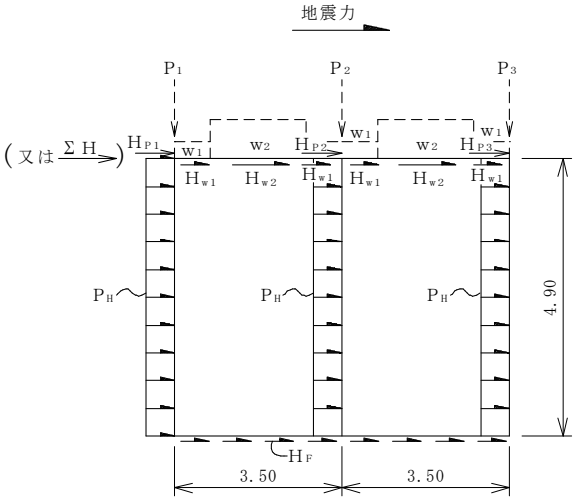
(v) 地震時慣性力

地震時慣性力は、厳密には個々の部材や上載諸荷重の重量分布に応じた強度分布で作用することとなるが、一般的な規模の吸込水槽では次のように取扱ってよいものとする。

鉛直部材に作用する慣性力は、それぞれの重量強度に応じた分布荷重とする。水平部材に作用する慣性力は、原則として重量分布に応じた作用力とするが、計算が煩雑なこと及び部材に生じる曲げモーメントやせん断力への影響が小さいことから、便宜的に**図-14.48** に示すとおり、地震力作用側の端部節点に一括して集中荷重としてラーメン軸線に作用させてよいものとする[注)]。

なお、底版に作用する地震時慣性力の取扱いは、「(vii) 底版に作用する荷重」に詳述する。

注) 一括作用させる側の頂版端部曲げモーメントは、反対側の頂版端部曲げモーメントよりも小さく、部材計算に与える影響は小さい。しかしながら、大規模な吸込水槽の場合ではその影響も大となるため、重量分布に応じた地震時慣性力を作用させるのが望ましい。




$H_p$　：建屋荷重による慣性力(kN/m)
$H_W$　：鉛直等分布荷重による慣性力(kN/m/m)
$\Sigma H$　：頂版に作用する全慣性力(kN/m)（$=\Sigma H_p+\Sigma H_w$）
$P_H$　：鉛直部材（壁）に作用する慣性力($kN/m^2$)
$H_F$　：底版に作用する慣性力(kN/m/m)

**図-14.48**　地震時慣性力

a. 頂版に作用する慣性力　$\Sigma H$

頂版に作用する慣性力は、吸込水槽頂版自重及び吸込水槽上載荷重による慣性力である。

「**14.4.2　設計方針**」で述べられているとおり、吸込水槽上の建屋荷重及び機械荷重等の慣性力は吸込水槽全体で荷重を分担させることから、上載荷重による慣性力は「**表-14.23** 安定計算ケース 4」に示される水平力を吸込水槽の全長で平均する。

$\Sigma H$注) ＝{$k_{hg2}$・吸込水槽自重＋（主ポンプ等機械荷重の慣性力＋シンダー、機械ベースの慣性力＋群集荷重等の慣性力＋建屋荷重の慣性力）/吸込水槽全長}・$\rho_f$・$\gamma_f$

＝〔0.32×0.4m×24.5kN/$m^3$×7.00m＋(166.3＋253.2＋30.3＋870.3)kN/11.5m〕×1.0×1.0

＝136.7kN/m

注）鉛直重量強度に応じた慣性力とする場合は、上記$\Sigma H$を荷重図に示される鉛直荷重の重量比で按分するとよい。

b. 壁に作用する慣性力　$P_H$

$P_H=k_{hg2}\cdot\gamma_{RC}\cdot h\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$ ＝0.32×24.5kN/$m^3$×0.5m×1.0×1.0

＝3.92kN/$m^2$（$h$ は部材厚）

(vi)　地震時動水圧

地震時動水圧は、**式（13.37）**、**(13.38)** により、次のとおりとなる。

$$P_{ew}=\frac{7}{12}\cdot k_{hg2}\cdot w_0\cdot b\cdot h^2\cdot\rho_f\cdot\gamma_f$$

$$h_g=\frac{2}{5}\cdot h$$

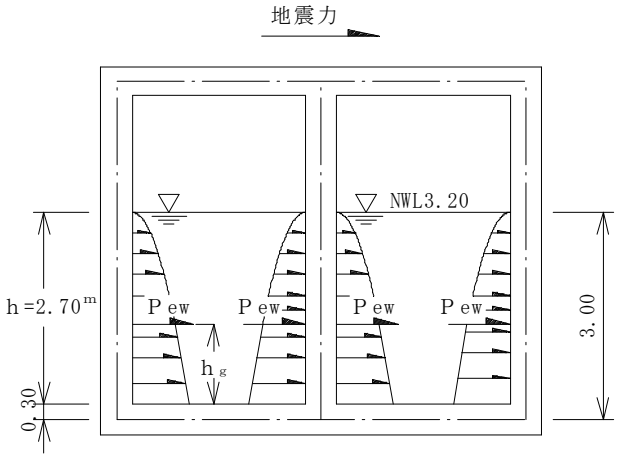



**図-14.49** 地震時動水圧

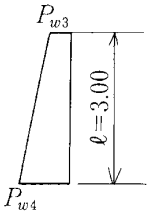
$P_{ew}$＝7/12×0.32×9.8kN/m$^3$×1.00×2.70$^2$×1.0×1.0＝13.34kN

$h_g$ ＝2/5×2.70＝1.08m

ここで、動水圧強度の分布は放物線状であるため、便宜上台形等分布荷重に換算する。換算方法は動水圧による底版側節点でのモーメント及びせん断力が等しくなるようにする。

$S=P_{ew}$＝13.34kN

$M=P_{ew}\times(h_g+0.30)$ ＝13.34×（1.08＋0.30）＝18.41kN･m




$S=\dfrac{\ell}{2}\cdot(P_{w3}+P_{w4})$ ＝13.34kN

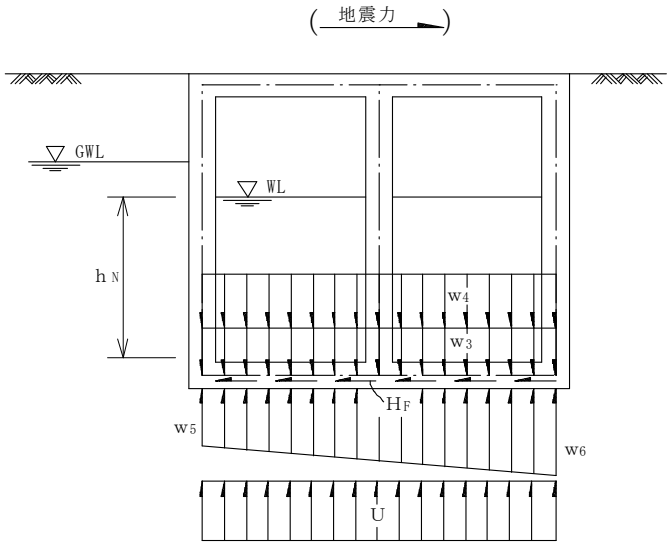
$M=\dfrac{\ell^2}{6}\cdot(2P_{w3}+P_{w4})$ ＝18.41kN･m

$\therefore P_{w3}$＝3.38kN/m$^2$、$P_{w4}$＝5.51kN/m$^2$

**図-14.50** 部材設計用地震時動水圧

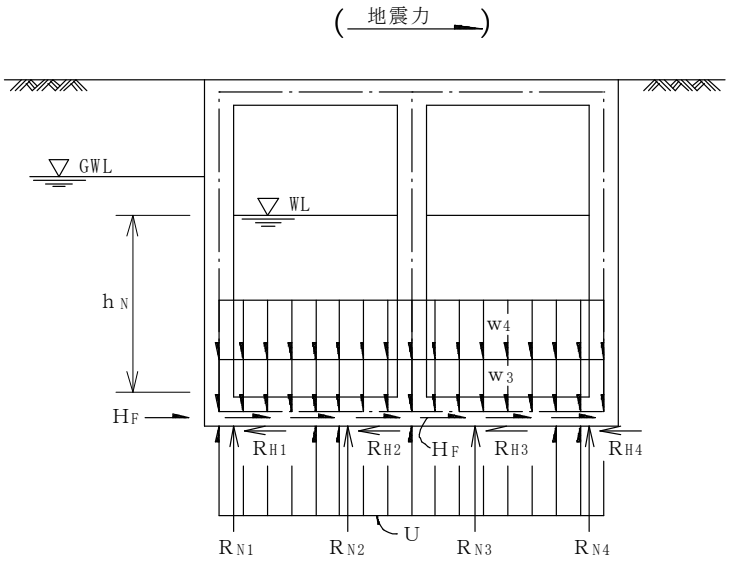
(vii) 底版に作用する荷重

部材設計における一般的な底版作用荷重は、**図-14.51** に示すとおりである。




$w_3$ ：底版自重(kN/m$^2$)
$w_4$ ：内水重(kN/m$^2$)
$w_5$、 $w_6$：地盤反力(kN/m$^2$)
$U$ ：揚圧力(kN/m$^2$)
$H_F$ ：底版に作用する摩擦力
　　－底版に作用する地震時慣性力
　　(kN/m/m)
$h_N$ ：水槽内水深(m)

**図-4.51(a)**　底版作用荷重（直接基礎の場合）




$w_3$：底版自重(kN/m$^2$)
$w_4$：内水重(kN/m$^2$)
$R_N$：杭鉛直反力(kN/m)
$R_H$：杭水平反力(kN/m)
$H_F$：底版に作用する地震時慣性力
　　(kN/m/m)
$h_N$：水槽内水深(m)

**図-14.51(b)**　底版作用荷重（杭基礎の場合）

底版に作用する荷重のうち水平方向力は、部材に生ずる曲げモーメント及びせん断力には直接影響しないが、応力照査時における底版部材の軸力として反映させる。

底版に作用する水平方向力としては、直接基礎の場合では底版自重に起因する地震時慣性力及び底版に作用する摩擦力、杭基礎の場合では地震時慣性力と杭水平反力が考えられる。このうち、底版に作用する地震時慣性力には、部材設計時の(v)で計算した水平荷重に反映されていない慣性力（**図-14.18** に示される吸込水槽の水圧壁、土圧壁等の慣性力[注)]）も含まれるものとする。

**図-14.51** に示す水平力 $H_F$ の算定方法には、i. 部材設計で作用させた水平方向の全荷重（底版に作用する摩擦力及び底版自重に起因する地震時慣性力は除く）の釣り合いから不平衡力として算定する方法と、ii. 安定計算の水平力をもとに部材設計に用いた頂版及び壁の自重による慣性力を差し引いて算定する方法がある。このうち ii. による算定方法を次に示す。

なお、底版の軸力算定に当たって、水平力 $H_F$ は底版の全スパンに均等に作用しているものとして取扱うものとする。

底版に作用する水平力 $H_F$ の算定（ii. の方法）

・直接基礎の場合の水平力 $H_F$（作用方向は底版摩擦力の作用方向）の算定方法

$H_F$＝{(吸込水槽躯体自重による全慣性力－水平力の合力)/吸込水槽全長
－(v)で計算した頂版及び壁自重の慣性力}/底版の全スパン長(kN/m/m)

・杭基礎の場合の水平力 $H_F$（作用方向は地震力作用方向に同じ）の算定方法

$H_F$＝{(吸込水槽躯体自重による全慣性力/吸込水槽全長
－(v)で計算した頂版及び壁自重の慣性力}/底版の全スパン長(kN/m/m)

なお、常時における水平力 $H_F$ は、地震時慣性力が 0 であるため次のとおりである。

・直接基礎の場合、$H_F$＝－水平力の合力/吸込水槽全長/底版の全スパン長

・杭基礎の場合、$H_F$＝0

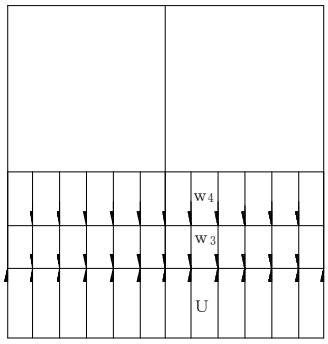
注） 吸込水槽本体の部材設計時には本体部材に直交する水圧壁、土圧壁の剛性は一般に無視して計算される。したがって、これら直交する部材の慣性力は、本体の部材設計時における曲げモーメント及びせん断力を求める際には無視し、底版に作用する軸力としてのみ考慮する。

a. 底版自重及び内水重

地震時（内水位：N.W.L 3.20）

$w_3=\gamma_{RC}\cdot h\cdot \rho_f\cdot \gamma_f=24.5\text{kN/m}^3\times 0.6\text{m}\times 1.0\times 1.0=14.70\text{kN/m}^2$

$w_4=w_0\cdot h_N\cdot \rho_f\cdot \gamma_f=9.8\text{kN/m}^3\times 2.70\text{m}\times 1.0\times 1.0=26.46\text{kN/m}^2$

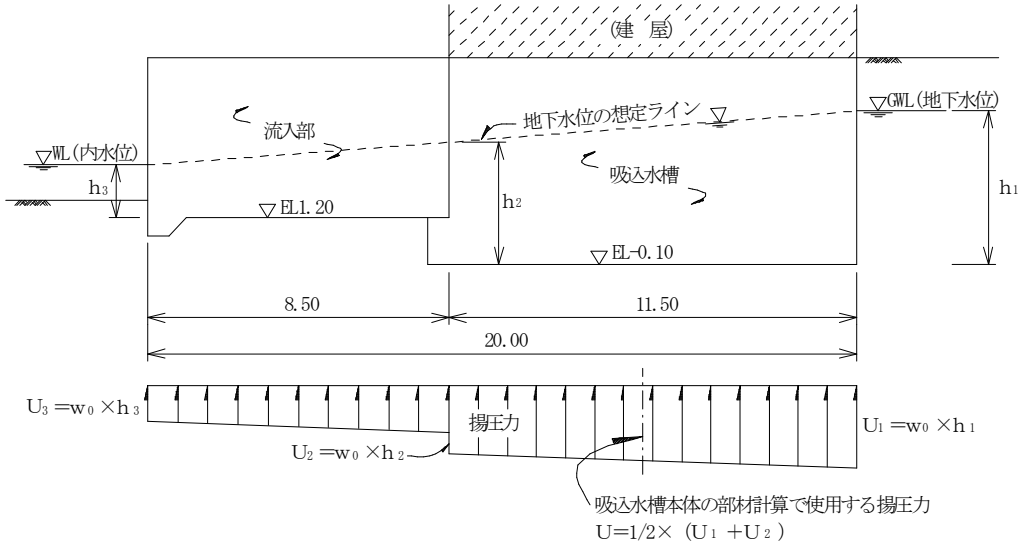



$w_3$：底版自重（kN/m$^2$）
$w_4$：内水重　（kN/m$^2$）
$U$　：揚圧力（kN/m$^2$）

**図-14.52**　底版自重、内水重及び揚圧力

b. 揚圧力

部材設計において底版に作用させる揚圧力は、安定計算時の揚圧力と同じとし、吸込水槽に作用する縦断方向の平均強度を用いる。




注）　本ポンプ場の流入部上流側の揚圧力は内水位と直接関連するため、揚圧力の算定に当たっては図に示すとおりの地下水ラインを想定する。

なお、水位条件の組合せが、内水位＞地下水位の場合は、地下水位の想定ラインは吸込水槽背面の設定地下水位で一定（水平）とする。

**図-14.53**　安定計算における縦断方向の揚圧力分布

地震時（内水位：N. W. L 3. 20、地下水位：G. N. W. L 4. 00）

$U_1 = w_0 \cdot h_1 \cdot \rho_f \cdot \gamma_f$　　$U_2 = w_0 \cdot h_2 \cdot \rho_f \cdot \gamma_f$

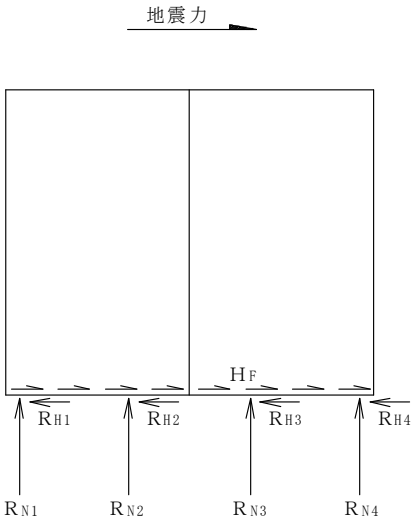
$= 9.8 \times 4.10 \times 1.0 \times 1.0 = 40.18 \mathrm{kN/m^2}$　　$= 9.8 \times 3.64 \times 1.0 \times 1.0 = 35.67 \mathrm{kN/m^2}$

$U = 1/2\ (U_1 + U_2) = 37.93 \mathrm{kN/m^2}$

c. 杭反力

吸込水槽の基礎形式は杭基礎であるため、杭反力を底版に作用する集中荷重として考える。部材設計用の杭反力は、安定計算をもとに算定された杭の作用荷重から「**15.3.1　設計の基本**(2)、①」に示される方法で算定する。

なお、直接基礎の場合についても安定計算から求められる地盤反力を作用させることを原則とする。横軸ポンプの吸込水槽のように、縦断方向に上載荷重及び断面が一様な場合は、近似的に部材設計用の荷重による安定条件から、底版作用荷重の合成値（底版自重、内水重及び揚圧力の合成荷重強度）として算定してもよい。ただし、この合成荷重の合力がミドルサードを外れる場合は、個々の荷重として算定する必要がある。




$R_N$：杭の鉛直反力(kN/m)
$R_H$：杭の水平反力(kN/m)
$H_F$：地震時の底版慣性力に相当する水平力
(kN/m/m)

注）直接基礎の場合、$H_F$は上記に底版の摩擦力に相当する水平力が加味され、作用方向が杭基礎の場合と逆になる。

**図-14.54** 杭の反力及び$H_F$

（ア）地震時

| (a)鉛直方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1本当たりの杭反力 $N_n$(kN/本) | | 98.57 | 276.19 | 453.81 | 631.43 | **表-14.23** 参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 42.86 | 120.08 | 197.31 | 274.53 | $n$=5本、$L$=11.50m |

| (b)水平方向杭反力 | | $R_{N1}$ | $R_{N2}$ | $R_{N3}$ | $R_{N4}$ | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1本当たりの杭反力 $H_n$(kN/本) | | 154.59 | 154.59 | 154.59 | 154.59 | **表-14.23** 参照 |
| $R_{Nn}=N_n \cdot n/L$ | (kN/m) | 67.21 | 67.21 | 67.21 | 67.21 | $n$=5本、$L$=11.50m |

d. 水平力 $H_F$

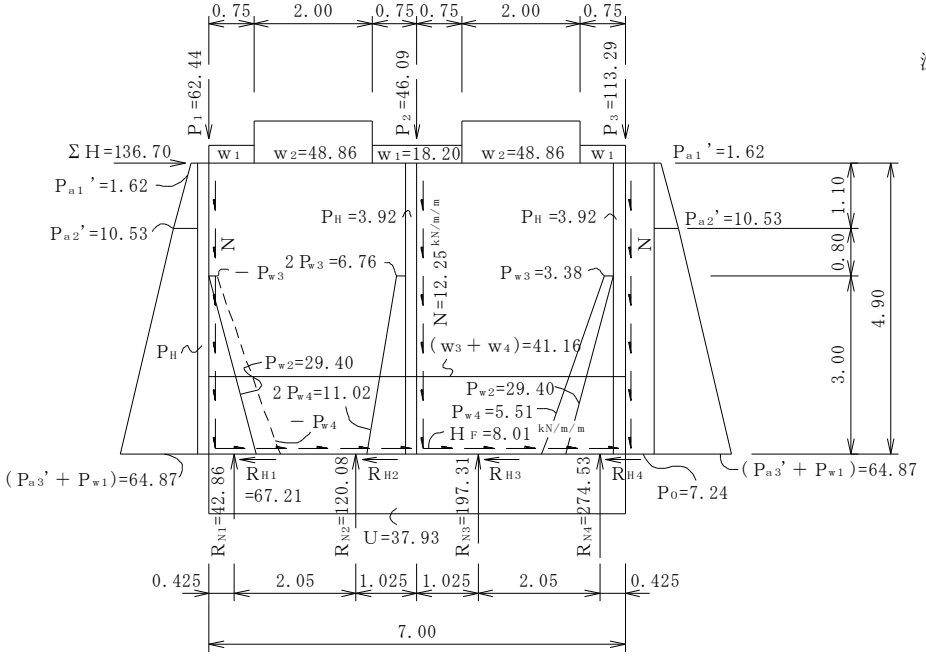
底版に作用する水平力 $H_F$ は、基礎形式が杭基礎であることから、次式によって算定する。

$H_F$＝(吸込水槽躯体自重による全慣性力/吸込水槽全長
－部材設計に用いた頂版及び壁の慣性力)/底版の全スパン長・$\rho_f$・$\gamma_f$
＝(1,559.7kN/11.50m－0.32×0.40m×24.5kN/m$^3$×7.00m
－3.92kN/m$^2$×4.90m×3)/7.00m×1.0×1.0＝8.01kN/m

(viii)　荷重の組合せ

以上、(i)から(vii)までに算出した各部材に作用する設計荷重を組合せる。

a.　レベル 2 地震時（内水位：N.W.L 3.20、外水位：G.W.L 4.00）



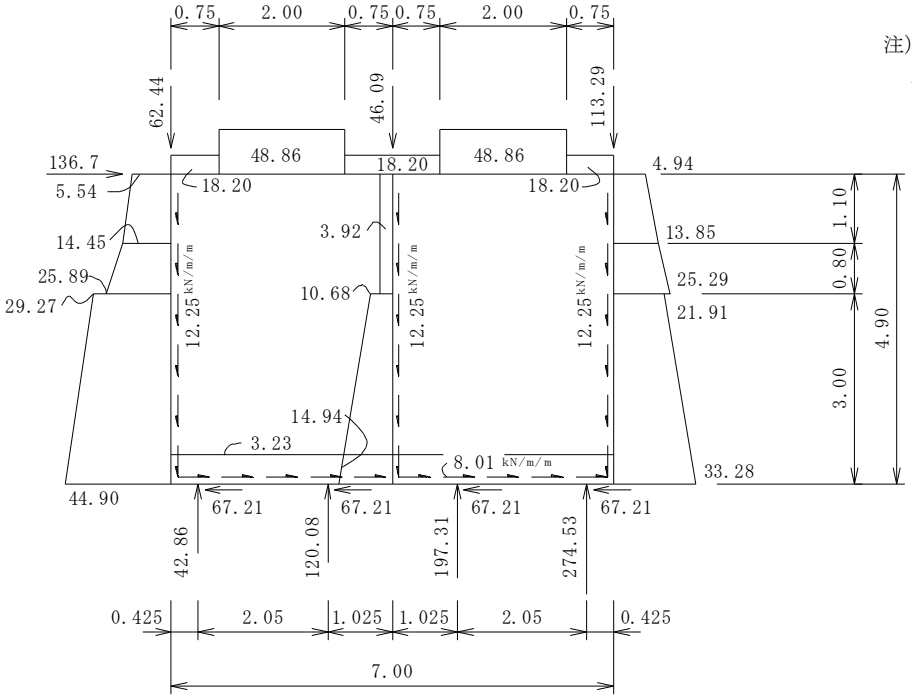

注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.55**　荷重の組合せケース4（レベル2地震時）

④　荷重図

**図-14.56** に示される荷重の組合せから、各部材に作用する荷重を合成する。

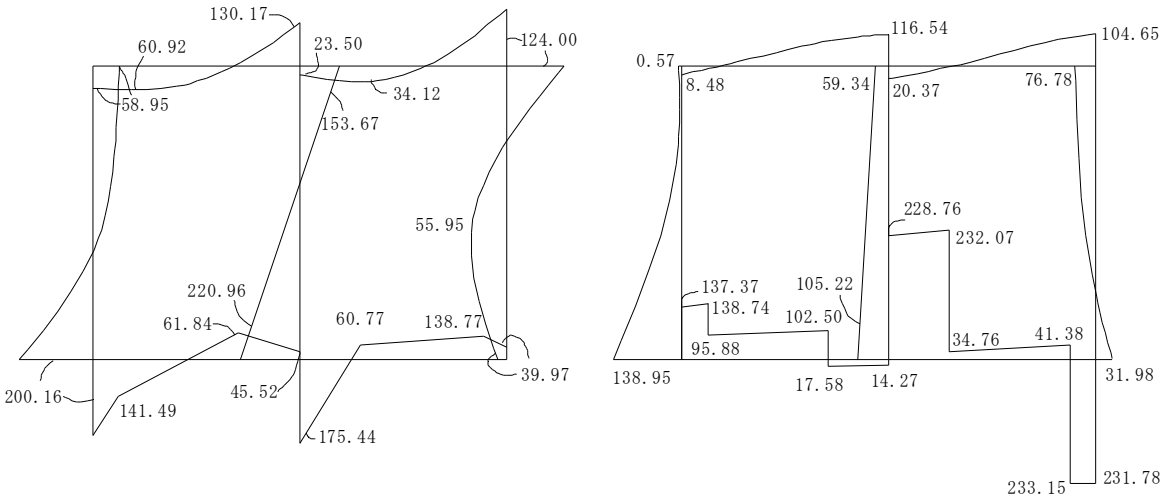
(i)　地震時の荷重図




注）図中の単位記号はとくに示すものを除いて、下記のとおり。
分布荷重：kN/m²
集中荷重：kN/m

**図-14.56**　荷重図　ケース4（レベル2地震時）

⑤ 曲げモーメント及びせん断力

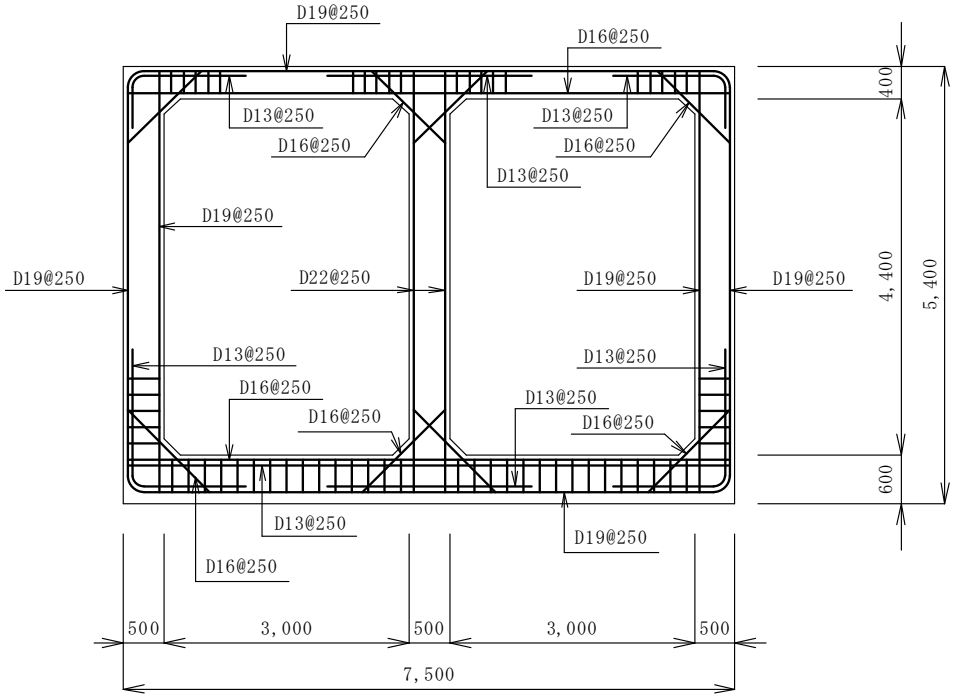



曲げモーメント図（単位；kN･m/m）　　せん断力図（単位；kN/m）

**図-14.57** 曲げモーメント及びせん断力図　ケース4（レベル2地震時）

⑥ 配筋計画

常時及びレベル 1 地震動に対する検討に加え、レベル 2 地震動に対しても検討を行う場合の配筋計画は次のとおりである。




注1）部材の脆性的な破壊を防ぐため、引張鉄筋量は有効断面積の0.2%(梁部材としての最小値)以上とする。
2）スターラップは、頂版部において D13@125、側壁部において D13@200、底版の中央において D16@200、底版のその他は D13@200 とする。なお、スラーラップの間隔は、部材の有効高さの 1/2 以下とする。

**図-14.58** 配筋計画図

⑦　断面破壊に対する照査

断面力については**図-15.55** を参照。

**表-14.24(a)**　断面破壊に対する検討　ケース 4（レベル 2 地震時）

| | | | | 頂　版 | | | 側　壁 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 端部(右)<br>上側 | 中央(左)<br>下側 | 隔端部<br>上側 | 上端(右)<br>外側 | 下端(左)<br>外側 | 上端(左)<br>内側 |
| **安全係数** | | | | | | | | | |
| 構造解析係数 | | $\gamma_a$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 材料係数 | コンクリート | $\gamma_c$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄筋 | $\gamma_s$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 部材係数 | 曲げ・軸力耐力 | | | | | | | | |
| | 一　般 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| | 上限値 | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | せん断耐力 | | | | | | | | |
| | コンクリート | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄　筋 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 構造物係数 | | $\gamma_i$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 断面力 | 曲げモーメント | $M_d$ | kN･m | 124.00 | 60.92 | 130.17 | 124.00 | 200.16 | 58.95 |
| | せん断力 | $V_d$ | kN | 104.65 | 0.00 | 116.54 | 104.65 | 138.15 | 0.57 |
| | 軸力 | $N'_d$ | kN | 136.13 | 136.13 | 136.13 | 217.94 | 130.94 | 70.92 |
| 部材 | 部材高 | $h$ | mm | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 |
| | 有効高 | $d$ | mm | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 |
| | かぶり（引張側） | $d''$ | mm | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| | かぶり（圧縮側） | $d'$ | mm | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| **配筋計画** | | | | | | | | | |
| 引張鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 19 | 16 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | 13 | | 13 | | 13 | |
| | | ピッチ | mm | 250 | | 250 | | 250 | |
| | 引張鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 1,653 | 794 | 1,653 | 1,146 | 1,653 | 1,146 |
| 圧縮鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 16 | 19 | 16 | 19 | 19 | 19 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | | 13 | | | | |
| | | ピッチ | mm | | 250 | | | | |
| | 圧縮鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 794 | 1,653 | 794 | 1,146 | 1,146 | 1,146 |
| せん断補強鉄筋 | 鉄筋径-本数/奥行き 1m | | mm | D13-4本 | | D13-4本 | | D13-4本 | |
| | 断面積 | | $mm^2$ | 507 | | 507 | | 507 | |
| | 設計降伏強度 | | $N/mm^2$ | 295 | | 295 | | 295 | |
| | 部材軸となす角度 | | ° | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 間隔 | | mm | 150 | | 150 | | 200 | |
| 最大鉄筋量 | | | $mm^2$ | 6,509 | 6,509 | 6,509 | 8,481 | 8,481 | 8,481 |
| | | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 最小鉄筋量 | | | $mm^2$ | 660 | 660 | 660 | 860 | 860 | 860 |
| | | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| **曲げモーメントに対する安全性の照査** | | | | | | | | | |
| 曲げ耐力 | | $M_{ud}$ | kN･m | 168.6 | 116.6 | 167.1 | 204.6 | 213.5 | 177.0 |
| $\gamma_i \cdot M_d / M_{ud}$ | | | | 0.74 | 0.52 | 0.78 | 0.61 | 0.94 | 0.33 |
| 判定 $\gamma_i \cdot M_d / M_{ud} \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| **軸方向力に対する安全性の照査** | | | | | | | | | |
| 軸方向耐力 | | $N_{ud}'$ | kN | 185.1 | 260.6 | 174.8 | 359.5 | 139.5 | 212.8 |
| $\gamma_i \cdot N_d' / N_{ud}'$ | | | | 0.74 | 0.52 | 0.78 | 0.61 | 0.94 | 0.33 |
| 判定 $\gamma_i \cdot N_d' / N_{ud}' \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| **せん断力に対する安全性の照査** | | | | | | | | | |
| せん断耐力 | | $V_{yd}$ | kN | 404.1 | 121.2 | 404.1 | 153.1 | 412.0 | 146.4 |
| $\gamma_i \cdot V_d / V_{yd}$ | | | | 0.26 | 0.00 | 0.29 | 0.68 | 0.34 | 0.00 |
| 判定 $\gamma_i \cdot V_d / V_{yd} \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

**表-14.24(b)　断面破壊に対する検討　ケース 4（レベル 2 地震時）**

| | | | | 隔　壁 | | 底　版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 上端<br>右側 | 下端<br>左側 | 端部(左)<br>下側 | 中央(右)<br>上側 | 隔壁部<br>下側 |
| **安全係数** | | | | | | | | |
| 構造解析係数 | | $\gamma_a$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 材料係数 | コンクリート | $\gamma_c$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄筋 | $\gamma_s$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 部材係数 | 曲げ・軸力耐力 | | | | | | | |
| | 一　般 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| | 上限値 | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | せん断耐力 | | | | | | | |
| | コンクリート | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄　筋 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 構造物係数 | | $\gamma_i$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 断面力 | 曲げモーメント | $M_d$ | kN･m | 153.67 | 220.96 | 200.16 | 138.77 | 175.44 |
| | せん断力 | $V_d$ | kN | 59.34 | 105.22 | 137.37 | 233.15 | 228.76 |
| | 軸力 | $N'_d$ | kN | 183.00 | 243.03 | 139.53 | 28.58 | 138.37 |
| 部材 | 部材高 | $h$ | mm | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| | 有効高 | $d$ | mm | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| | かぶり（引張側） | $d'$ | mm | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| | かぶり（圧縮側） | $d'$ | mm | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 |
| **配筋計画** | | | | | | | | |
| 引張鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 22 | 22 | 19 | 16 | 19 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | | | 13 | 13 | 13 |
| | | ピッチ | mm | | | 250 | 250 | 250 |
| | 引張鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 1,548 | 1,548 | 1,653 | 1,301 | 1,653 |
| 圧縮鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 22 | 22 | 16 | 19 | 16 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | | | 13 | 13 | 13 |
| | | ピッチ | mm | | | 250 | 250 | 250 |
| | 圧縮鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 1,548 | 1,548 | 1,301 | 1,653 | 1,301 |
| せん断補強鉄筋 | 鉄筋径-本数/奥行き 1m | | mm | | | D13-4本 | D16-4本 | D13-4本 |
| | 断面積 | | $mm^2$ | | | 507 | 794 | 507 |
| | 設計降伏強度 | | $N/mm^2$ | | | 295 | 295 | 295 |
| | 部材軸となす角度 | | ° | | | 0 | 0 | 0 |
| | 間隔 | | mm | | | 200 | 200 | 200 |
| 最大鉄筋量 | | | $mm^2$ | 8,481 | 8,481 | 8,876 | 10,454 | 8,876 |
| | | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| 最小鉄筋量 | | | $mm^2$ | 860 | 860 | 900 | 1,060 | 900 |
| | | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| **曲げモーメントに対する安全性の照査** | | | | | | | | |
| 曲げ耐力 | | $M_{ud}$ | kN･m | 227.6 | 222.7 | 234.8 | 267.9 | 241.0 |
| $\gamma_i \cdot M_d / M_{ud}$ | | | | 0.68 | 0.99 | 0.85 | 0.52 | 0.73 |
| 判定 $\gamma_i \cdot M_d / M_{ud} \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| **軸方向力に対する安全性の照査** | | | | | | | | |
| 軸方向耐力 | | $N_{ud'}$ | kN | 271.0 | 244.9 | 163.7 | 180.5 | 190.1 |
| $\gamma_i \cdot N_{d'} / N_{ud'}$ | | | | 0.68 | 0.99 | 0.85 | 0.16 | 0.73 |
| 判定 $\gamma_i \cdot N_{d'} / N_{ud'} \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK |
| **せん断力に対する安全性の照査** | | | | | | | | |
| せん断耐力 | | $V_{yd}$ | kN | 161.7 | 160.2 | 429.8 | 645.1 | 431.4 |
| $\gamma_i \cdot V_d / V_{yd}$ | | | | 0.37 | 0.66 | 0.32 | 0.36 | 0.53 |
| 判定 $\gamma_i \cdot V_d / V_{yd} \leqq 1.0$ | | | | OK | OK | OK | OK | OK |

⑧　破壊モードの判定

**表-14.25(a)**　破壊モードの判定　ケース 4（レベル 2 地震時）[注 1)]

| | | | | 頂　版 | | | 側　壁 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 端部(右)<br>上側 | 中央(左)<br>下側[注 2)] | 隔端部<br>上側 | 上端(右)<br>外側 | 下端(左)<br>外側 | 上端(左)<br>内側 |
| **安全係数** | | | | | | | | | |
| 構造解析係数 | | $\gamma_a$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 材料係数 | コンクリート | $\gamma_c$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄筋 | $\gamma_s$ | | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 部材係数 | 曲げ・軸力耐力 | | | | | | | | |
| | 一　般 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| | 上限値 | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | せん断耐力 | | | | | | | | |
| | コンクリート | $\gamma_b$ | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄　筋 | $\gamma_b$ | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 構造物係数 | | $\gamma_i$ | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 断面力 | 曲げモーメント | $M_d$ | kN･m | 124.00 | 60.92 | 130.17 | 124.00 | 200.16 | 58.95 |
| | せん断力 | $V_d$ | kN | 104.65 | 0.00 | 116.54 | 104.65 | 138.15 | 0.57 |
| | 軸力 | $N_d'$ | kN | 136.13 | 136.13 | 136.13 | 217.94 | 130.94 | 70.92 |
| 部材 | 部材高 | $h$ | mm | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 500 |
| | 有効高 | $d$ | mm | 330 | 330 | 330 | 430 | 430 | 430 |
| | かぶり（引張側） | $d''$ | mm | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| | かぶり（圧縮側） | $d'$ | mm | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| **配筋計画** | | | | | | | | | |
| 引張鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 19 | 16 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | 13 | | 13 | | 13 | |
| | | ピッチ | mm | 250 | | 250 | | 250 | |
| | 引張鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 1,653 | 794 | 1,653 | 1,146 | 1,653 | 1,146 |
| 圧縮鉄筋 | 主鉄筋 1 | 鉄筋径 | mm | 16 | 19 | 16 | 19 | 19 | 19 |
| | | ピッチ | mm | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋 2 | 鉄筋径 | mm | | 13 | | | | |
| | | ピッチ | mm | | 250 | | | | |
| | 圧縮鉄筋断面積 | | $mm^2$ | 794 | 1,653 | 794 | 1,146 | 1,146 | 1,146 |
| せん断補強鉄筋 | 鉄筋径-本数/奥行き 1m | | mm | D13-4本 | | D13-4本 | | D13-4本 | |
| | 断面積 | | $mm^2$ | 507 | | 507 | | 507 | |
| | 設計降伏強度 | | $N/mm^2$ | 295 | | 295 | | 295 | |
| | 部材軸となす角度 | | ° | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 間隔 | | mm | 150 | | 150 | | 200 | |
| **引張鉄筋量の決定条件** | | | | 所要耐力 | | 所要耐力 | 最小鉄筋量[注 3)] | 所要耐力 | 最小鉄筋量[注 3)] |
| **曲げ耐力** | | $M_u$ | kN･m | 216 | | 215 | | 276 | |
| **せん断耐力** | | $V_{yd}$ | kN | 404 | | 404 | | 412 | |
| **破壊モードの判定** | | | | | | | | | |
| $L=M_d/V_d$ | | | m | 1.18 | | 1.12 | | 1.45 | |
| $V_{mu}=M_u/L$ | | | kN | 182.55 | | 192.04 | | 190.36 | |
| $\gamma_i \cdot V_{mu}/V_{yd}<1.0$ | | | | 0.45 | | 0.48 | | 0.46 | |
| 破壊モード | | | | 曲げ破壊 | | 曲げ破壊 | | 曲げ破壊 | |
| $\gamma_i \cdot V_d/V_{yd}<0.45$ | | | | | | | | | |

注1)　破壊モードの判定は、曲げ先行破壊であることを確認する。せん断先行破壊である場合でも、最小鉄筋量で決まる場合やせん断照査において十分安全であることを確認される場合は、部材耐力は十分な余裕があると判断し、せん断先行破壊であっても良いものとして計算を行っている。詳細は、「**〔参　考〕** レベル 2 地震動に対する耐震性能照査(2)」を参照。

2)　せん断力が発生しないため破壊モードの判定を省略する。

3)　引張鉄筋量の決定条件が最小鉄筋量であるため、破壊モードの判定を省略する。

**表-14.25(b)** 破壊モードの判定 ケース４（レベル２地震時）[注)]

| | | | | | 隔 壁 | | 底 版 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 上端<br>右側 | 下端<br>左側 | 端部(左)<br>下側 | 中央(右)<br>上側 | 隔壁部<br>下側 |
| **安全係数** | | | | | | | | | |
| 構造解析係数 | | $\gamma_a$ | | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 材料係数 | コンクリート | $\gamma_c$ | | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄筋 | $\gamma_s$ | | | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 部材係数 | 曲げ・軸力耐力 | | | | | | | | |
| | 一 般 | $\gamma_b$ | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| | 上限値 | $\gamma_b$ | | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | せん断耐力 | | | | | | | | |
| | コンクリート | $\gamma_b$ | | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| | 鉄 筋 | $\gamma_b$ | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 構造物係数 | | $\gamma_i$ | | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 断面力 | 曲げモーメント | $M_d$ | kN･m | | 153.67 | 220.96 | 200.16 | 138.77 | 175.44 |
| | せん断力 | $V_d$ | kN | | 59.34 | 105.22 | 137.37 | 233.15 | 228.76 |
| | 軸力 | $N_d'$ | kN | | 183.00 | 243.03 | 139.53 | 28.58 | 138.37 |
| 部材 | 部材高 | $h$ | mm | | 500 | 500 | 600 | 600 | 600 |
| | 有効高 | $d$ | mm | | 430 | 430 | 450 | 530 | 450 |
| | かぶり（引張側） | $d''$ | mm | | 70 | 70 | 150 | 70 | 150 |
| | かぶり（圧縮側） | $d'$ | mm | | 70 | 70 | 70 | 150 | 70 |
| **配筋計画** | | | | | | | | | |
| 引張鉄筋 | 主鉄筋１ | 鉄筋径 | mm | | 22 | 22 | 19 | 16 | 16 |
| | | ピッチ | mm | | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋２ | 鉄筋径 | mm | | | | 13 | 13 | 16 |
| | | ピッチ | mm | | | | 250 | 250 | 250 |
| | 引張鉄筋断面積 | | $mm^2$ | | 1,548 | 1,548 | 1,653 | 1,301 | 1,588 |
| 圧縮鉄筋 | 主鉄筋１ | 鉄筋径 | mm | | 22 | 22 | 16 | 19 | 16 |
| | | ピッチ | mm | | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | 主鉄筋２ | 鉄筋径 | mm | | | | 13 | 13 | 13 |
| | | ピッチ | mm | | | | 250 | 250 | 250 |
| | 圧縮鉄筋断面積 | | $mm^2$ | | 1,548 | 1,548 | 1,301 | 1,653 | 1,301 |
| せん断補強鉄筋 | 鉄筋径-本数/奥行き 1m | | mm | | | | D13-4本 | D16-4本 | D13-4本 |
| | 断面積 | | $mm^2$ | | | | 507 | 794 | 794 |
| | 設計降伏強度 | | $N/mm^2$ | | | | 295 | 295 | 295 |
| | 部材軸となす角度 | | ° | | | | 0 | 0 | 0 |
| | 間隔 | | mm | | | | 200 | 200 | 200 |
| **引張鉄筋量の決定条件** | | | | | 所要耐力 | 所要耐力 | 所要耐力 | 所要耐力 | 所要耐力 |
| **曲げ耐力** | | $M_u$ | kN･m | | 293 | 287 | 303 | 306 | 311 |
| **せん断耐力** | | $V_{yd}$ | kN | | 162 | 160 | 430 | 645 | 431 |
| **破壊モードの判定** | | | | | | | | | |
| $L=M_d/V_d$ | | | m | | 2.59 | 2.10 | 1.46 | 0.60 | 0.77 |
| $V_{mu}=M_u/L$ | | | kN | | 113.22 | 136.67 | 208.23 | 513.61 | 406.04 |
| $\gamma_i \cdot V_{mu}/V_{yd}<1.0$ | | | | | 0.70 | 0.85 | 0.48 | 0.80 | 0.94 |
| 破壊モード | | | | | 曲げ破壊 | 曲げ破壊 | 曲げ破壊 | 曲げ破壊 | 曲げ破壊 |
| $\gamma_i \cdot V_d/V_{yd}<0.45$ | | | | | | | | | |

注） 破壊モードの判定は、曲げ先行破壊であることを確認する。せん断先行破壊である場合でも、最小鉄筋量で決まる場合やせん断照査において十分安全であることを確認される場合は、部材耐力は十分な余裕があると判断し、せん断先行破壊であっても良いものとして計算を行っている。詳細は、「**〔参 考〕**レベル２地震動に対する耐震性能照査(2)」を参照。

以上各部材の断面破壊に対する照査の結果、すべての設計耐力以内となり、かつ脆性的な破壊とならないことから、**図-14.58** に示す配筋計画で十分安全である。

# 第 15 章　基礎工の設計

関連条項〔基準 10、運用 10-4〕

## 15.1　基礎工の形式とその選定

ポンプ場の基礎形式を分類すると、次のとおりである。

⑴　基礎形式による分類

- 基礎
  - 直接基礎（地盤改良は「**15.5　地盤改良**」参照）
  - 杭基礎
  - ケーソン基礎
  - 鋼管矢板基礎※
  - 地中連続壁基礎※

⑵　基礎スラブの形式による直接基礎の分類

- 直接基礎
  - フーチング基礎
    - 独立（フーチング）基礎
    - 複合（フーチング）基礎
    - 連続（フーチング）基礎
  - べた基礎
    - 二重スラブ
    - マットスラブ
  - 浮き基礎

⑶　杭基礎の主な分類

- 杭基礎
  - 機能による分類
    - (支持方法)
      - 支持杭
      - 摩擦杭
      - 締固め杭
    - (配　置)
      - 単杭
      - 群杭
  - 材料及び施工法別による分類
    - 既製杭
      - 材料
        - 木
        - 鉄筋コンクリート（RC）
        - プレストレスト コンクリート（PHC）
        - 鋼（SP）
        - 鋼・コンクリート合成（SC）
      - 施工法
        - 打込み杭工法
          - 打撃工法
          - バイブロハンマ工法
          - 圧入式杭打ち工法※
        - 埋込み杭工法
          - プレボーリング杭工法
          - 中掘り工杭法
          - 圧入工法等※
          - 鋼管ソイルセメント杭工法
          - 回転杭工法
          - その他特殊工法※
    - 場所打ち杭、場所打ち鉄筋コンクリート杭
      - 機械掘削工法
        - オールケーシング工法（ベノト工法）
        - リバース工法
        - アースドリル工法等
      - 人力･機械掘削工法 — 深礎工法等※
      - 置換工法 — アースオーガ工法※（PIP、MIP、CIP 工法等）

注）　※印の工法は、ポンプ場での実施例が少ないため、本技術書での説明は省略する。

基礎工は地盤の予備調査が終った段階で下記項目等を考慮の上、その形式を選択する。

① 地盤条件（掘削地盤の状態、支持地盤の傾斜・深さ等）
② 上部構造の特性
③ 環境条件（騒音、振動及び施工場所等）
④ 基礎の工期と経済性
⑤ その他

なお、一般的には支持地盤までの深さが 2m 程度までは直接基礎、5m 以上では杭基礎とすることが多い。

基礎形式の選定は、**表-15.1** を参考に行うものとするが、上部構造及び地盤の条件に対して最適な基礎構造を選定することは容易なことではなく、多分に設計者の豊富な経験と冷静な判断が要求される。

また、与えられた条件に対して、技術的見地からは最適と思われる支持地盤及び基礎構造の形式が複数選定される場合には、施工に要する時間と経済性等を考慮して慎重に決定する。

基礎形式が決まれば、**図-15.1** 及び**図-15.2** に示す設計手順等により基礎の設計を進める。

**表-15.1**　主な基礎形式の選定表*

| 選定条件 ＼ 基礎形式 | | | 直接基礎 | 杭基礎 | | | | | | | | | | | | | | | | 深礎基礎 | | ケーソン基礎 | | 鋼管矢板基礎（打込み工法） | 地中連続壁基礎 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 打込み杭工法 | | | 中掘り杭工法 | | | | | | 鋼管ソイルセメント杭工法 | プレボーリング杭工法 | 場所打ち杭工法 | | | 回転杭工法 | | 組杭深礎 | 柱状体深礎 | ニューマチック | オープン | | |
| | | | | PHC杭・SC杭 | 鋼管杭 | | PHC・SC杭 | | | 鋼管杭 | | | | | オールケーシング工法 | リバース工法 | アースドリル工法 | | | | | | | | |
| | | | | | 打撃工法 | バイブロハンマ工法 | 最終打撃方式 | 噴出撹拌方式 | コンクリート打設方式 | 最終打撃方式 | 噴出撹拌方式 | コンクリート打設方式 | | | | | | | | | | | | | |
| 地盤条件 | 支持層までの状態 | 表層近傍又は中間層に極軟弱層がある | ／ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | △ | ○ | ○ |
| | | 中間層に極硬い層がある | ／ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ○ |
| | | 中間層に礫がある　礫径　5cm以下 | ／ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 中間層に礫がある　礫径　5～10cm | ／ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| | | 中間層に礫がある　礫径　10～50cm | ／ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | △ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | △ | × | △ |
| | | 液状化する地盤がある | ／ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ／ | ／ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 支持層の状態 | 深度　5m未満 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ | ／ | × | × | × | × |
| | | 深度　5～15m | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| | | 深度　15～25m | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 深度　25～40m | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 深度　40～60m | × | △ | ○ | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | × | ○ | × | × | △ | ○ | ○ | ○ |
| | | 深度　60m以上 | × | × | △ | △ | × | × | × | × | × | × | △ | △ | × | △ | × | ○ | × | × | × | △ | △ | △ |
| | | 土質　砂・砂礫（30≦$N$） | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 土質　粘性土（20≦$N$） | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | × | ○ | △ | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ |
| | | 土質　軟岩・土丹 | ○ | × | ○ | △ | ○ | △ | × | ○ | △ | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 土質　硬岩 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | △ | △ | △ | × | ○ | ○ | △ | × | × | △ |
| | | 傾斜が大きい、層面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | × | ○ | ○ |
| | 地下水の状態 | 地下水位が地表面に近い | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | 湧水量が極めて多い | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | 地表より2m以上の被圧地下水 | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ | × | × | △ | △ | ○ | × |
| | | 地下水流速　3m/min以上 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × | ○ | × | × | ○ | △ | ○ | × |
| 支持形式 | | 支持杭 | ／ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |
| | | 摩擦杭 | ／ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |
| 施工条件 | 水上施工 | 水深5m未満 | △ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | × | × | × | × | ○ | ／ | ／ | △ | △ | ○ | × |
| | | 水深5m以上 | × | △ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | × | × | × | × | ○ | ／ | ／ | △ | △ | ○ | × |
| | 作業空間が狭い | | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ | × | △ |
| | 斜杭の施工 | | ／ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ | × | ／ | ／ | ／ | ／ | ／ |
| | 有害ガスの影響 | | ／ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ |
| | 周辺環境 | 振動・騒音対策 | ○ | × | × | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| | | 隣接構造物に対する影響 | ○ | × | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ |

注）　○：適合性が高い　△：適合性がある　×：適合性が低い

＊道路橋示方書・同解説（Ⅰ・Ⅳ）H24（社）日本道路協会

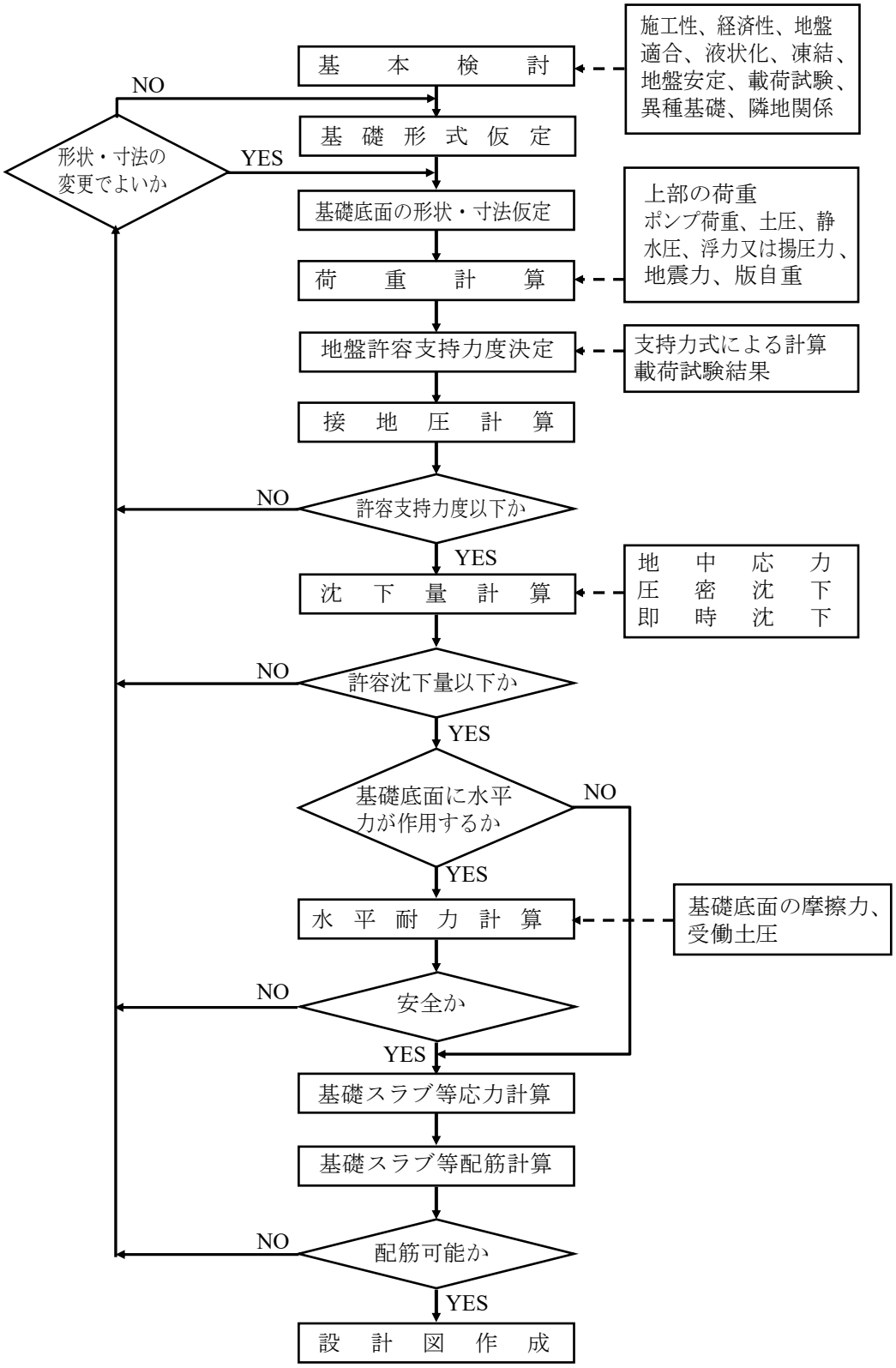



**図-15.1** 直接基礎の設計手順

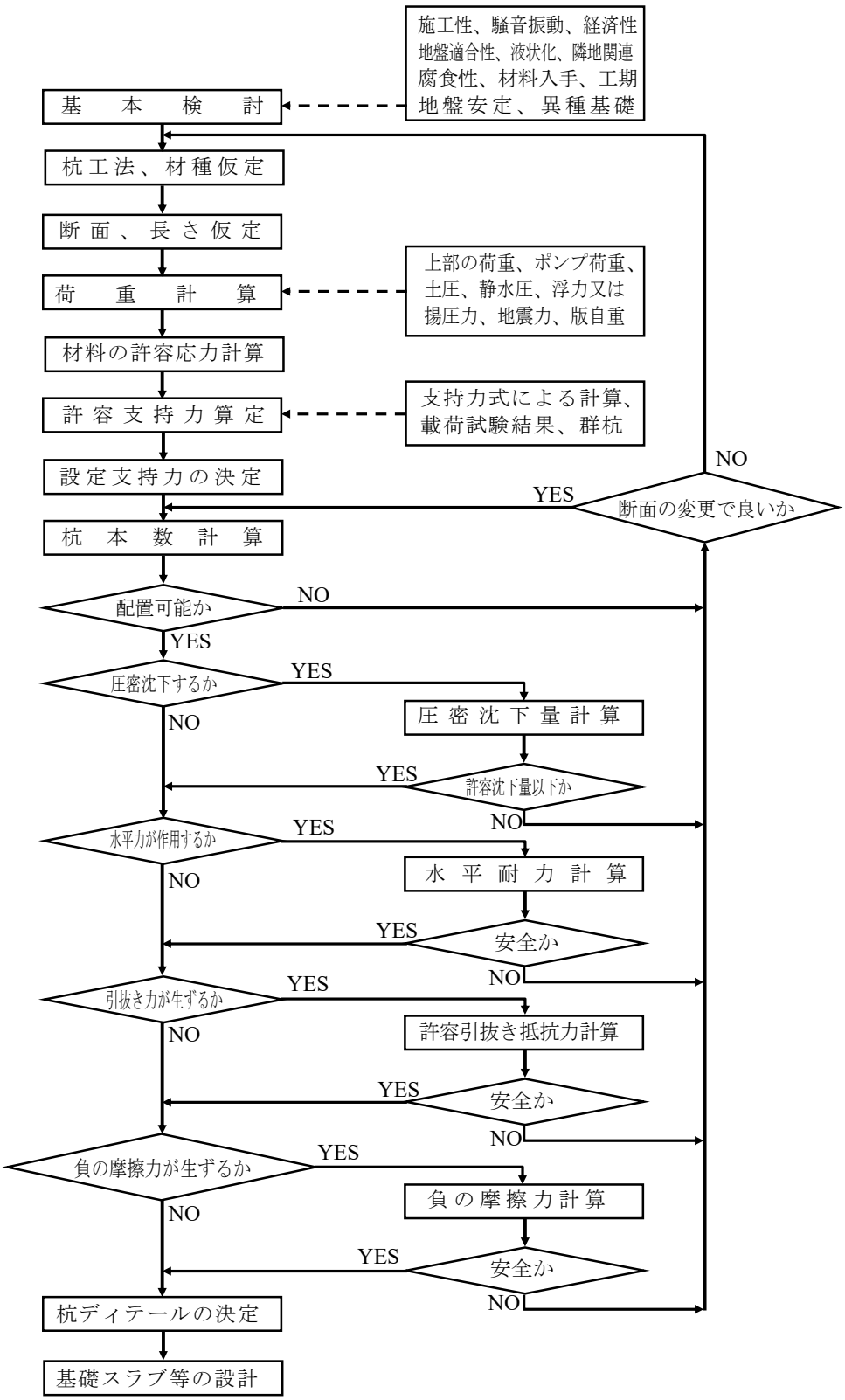



**図-15.2**　杭基礎の設計手順

## 15.2 直接基礎の設計

直接基礎は、支持形態から見て荷重が基礎版から直接支持地盤に伝えられるものであり、底面の接地圧は許容支持力に対して安全であり、かつ沈下によって上部構造に障害を与えないものとする必要がある。底面に水平力が作用するときには滑動に対する安全性の検討も行う。

### 15.2.1 地盤の許容支持力

地盤の許容支持力は、平板載荷試験を行い決定する方法、土質試験結果を用いて決定する方法等があるが、基礎の設計に当たっては土質試験結果を用いて算定する。

⑴ 許容支持力算定式

地盤の許容支持力度は、次の各式により算定する。

$$q_u = (i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.1)$$

$$q_a = \frac{1}{n} \cdot q_u \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.2)$$

ここに、$q_a$ ：地盤の許容支持力度（kN/m$^2$）

$n$ ：安全率（常時は $n$＝3、レベル 1 地震時は $n$＝1.5 とする）

$q_u$ ：地盤の極限支持力度（kN/m$^2$）

$C$ ：支持地盤の粘着力（kN/m$^2$）

$\gamma_1$ ：支持地盤の単位重量（kN/m$^3$）

$\gamma_2$ ：根入れ部分の土の平均単位重量（kN/m$^3$）

$\gamma_1$、$\gamma_2$には、地下水位下の場合には水中単位重量を用いる。

$\alpha$、$\beta$ ：**表-15.2** に示す基礎の形状係数

$N_c$、$N_\gamma$、$N_q$ ：**表-15.3** 又は**図-15.3** から求まる支持力係数で、内部摩擦角$\phi$の関数

$D_f$ ：基礎に近接した最低地盤面から基礎底面までの深さ（m）

隣接地で掘削の行われるおそれのある場合には、その影響を考慮しておくことが望ましい。

$i_c$ 、$i_\gamma$ 、$i_q$ ：**式（15.3）**、**式（15.4）**に示す荷重傾斜に対する補正係数

$B$ ：基礎幅（m）

短辺幅、荷重の偏心がある場合は、**式（15.5）**に示す有効幅 $B_e$ を用いる。円形の場合は直径とする。

$\eta$ ：**式（15.7）**に示す基礎の寸法による補正係数で、②による。

**式（15.1）**の支持力式は、帯基礎を対象としたテルツァギー（Terzaghi）の支持力重ね合わせの公式に基づき、基礎の形状、荷重の傾斜・偏心に関して補正係数を適用して算定したものである。

粘着力 $C$ 及び内部摩擦角$\phi$は、直接せん断試験あるいは三軸圧縮試験によって定めるべきものであるが、砂地盤に対しては乱さない試料の採取が困難であり、$C$＝0 と仮定し、$N$ 値から$\phi$を推定する$\phi = \sqrt{20N} + 15°$（大崎の式）を適用してよい。また、粘土地盤に対しては簡単な一軸圧縮試験を行い、$C = q_u/2$ 式を用いてもよい。$q_u$ は一軸圧縮強さであり、この場合$\phi$＝0° と仮定する。

**表-15.2**　形 状 係 数

| 基礎底面の形状 | 連続 | 正方形 | 長方形 | 円形 |
|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | 1.0 | 1.2 | $1.0+0.2\dfrac{B}{L}$ | 1.2 |
| $\beta$ | 0.5 | 0.3 | $0.5-0.2\dfrac{B}{L}$ | 0.3 |

注）　$B$：長方形の短辺長さ　　$L$：長方形の長辺の長さ

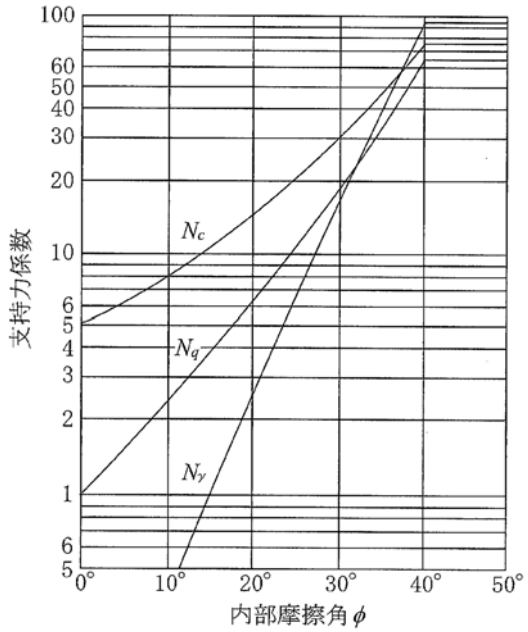



**図-15.3**　設計用支持力係数

**表-15.3**　支持力係数

| $\phi$ | $N_c$ | $N_q$ | $N_\gamma$ |
|---|---|---|---|
| 0° | 5.1 | 1.0 | 0.0 |
| 5° | 6.5 | 1.6 | 0.1 |
| 10° | 8.3 | 2.5 | 0.4 |
| 15° | 11.0 | 3.9 | 1.1 |
| 20° | 14.8 | 6.4 | 2.9 |
| 25° | 20.7 | 10.7 | 6.8 |
| 28° | 25.8 | 14.7 | 11.2 |
| 30° | 30.1 | 18.4 | 15.7 |
| 32° | 35.5 | 23.2 | 22.0 |
| 34° | 42.2 | 29.4 | 31.1 |
| 36° | 50.6 | 37.8 | 44.4 |
| 38° | 61.4 | 48.9 | 64.1 |
| 40° 以上 | 75.3 | 64.2 | 93.7 |

①　荷重の傾斜・偏心に対する補正

荷重に傾斜・偏心があると、一般に地盤の支持力は減少する。**図-15.4** に示すように、基礎底面に鉛直荷重（$V$）と水平荷重（$H$）が同時に作用する場合、荷重の合力は$\theta$ $=\tan^{-1}H/V$ だけ傾斜することとなる。この場合は、鉛直成分の最大接地圧が、傾斜しているときの許容支持力度以内になるように設計する必要がある。

基礎荷重が傾斜を有する場合は、近似的に**式（15.3）**及び**（15.4）**に示す補正係数を乗じて、許容支持力度を求める。

$$i_c=i_q=(1-\theta/90)^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.3)$$

$$i_\gamma=(1-\theta/\phi)^2 \quad （ただし、\theta>\phi の場合には i_\gamma=0） \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.4)$$

ここに、$\phi$　：土の内部摩擦角（度）

$\theta$　：荷重の傾斜角（度）

$\tan\theta=H/V$、かつ $\tan\theta\leqq\mu$（基礎底面の摩擦係数）

$H$：水平荷重（kN）

$V$：鉛直荷重（kN）

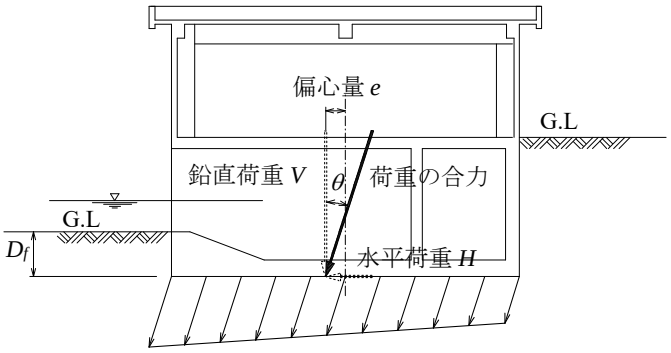



**図-15.4** 傾斜・偏心荷重

荷重が基礎底面の図心から偏心している場合は、**図-15.5** に示すように有効載荷幅の $B_e$ の考え方、すなわち偏心量（$e$）で基礎幅を低減するとして設計する方法と、偏心荷重と釣合う台形又は三角形荷重の接地圧分布を考え、基礎底面の最大接地圧が偏心のない場合の許容応力以内におさまるように設計する方法がある。地盤の許容支持力度の算定は、前者の方法によることを標準とする（基礎底版の構造設計は後者による方法とする）。

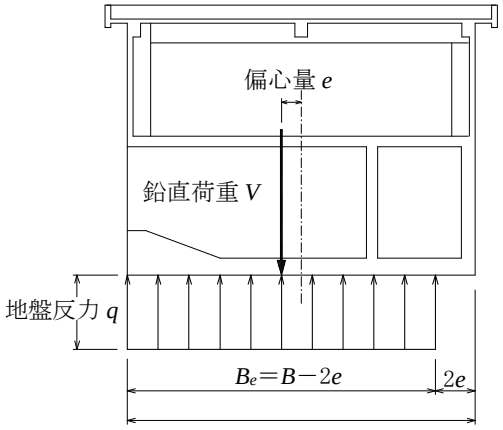



**図-15.5** 偏心荷重の有効載荷幅

$$B_e = B - 2e \quad \cdots\cdots (15.5)$$

ここに、$B$ ：基礎幅（m）

$B_e$：基礎の有効載荷幅（m）

$e$ ：偏心量（$=M/V$ ）（m）

$M$：荷重による基礎図心位置におけるモーメント（kN・m）

さらに荷重が二方向に偏心する場合には、**図-15.6** に示す二軸偏心の有効接地面積（$A_e$）を考慮する必要がある。ただし、実用的には次に示すような近似の長方形の面積を用いてもよい。

$$\left.\begin{aligned} &B_e = B - 2e_x \ 、\ L_e = L - 2e_y \\ &A_e = B_e \cdot L_e \\ &R_a = A_e \cdot q_a \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (15.6)$$

ここに、 $B$、$L$ ：短辺方向及び長辺方向の基礎幅（m）
$B_e$、$L_e$ ：短辺方向及び長辺方向の基礎の有効載荷幅（m）
$e_x$、$e_y$ ：短辺方向及び長辺方向の偏心量（m）
$A_e$ ：基礎の有効載荷面積（$m^2$）
$R_a$ ：直接基礎の許容鉛直支持力（kN）
$q_a$ ：地盤の許容応力（$kN/m^2$）、**式（15.2）**参照

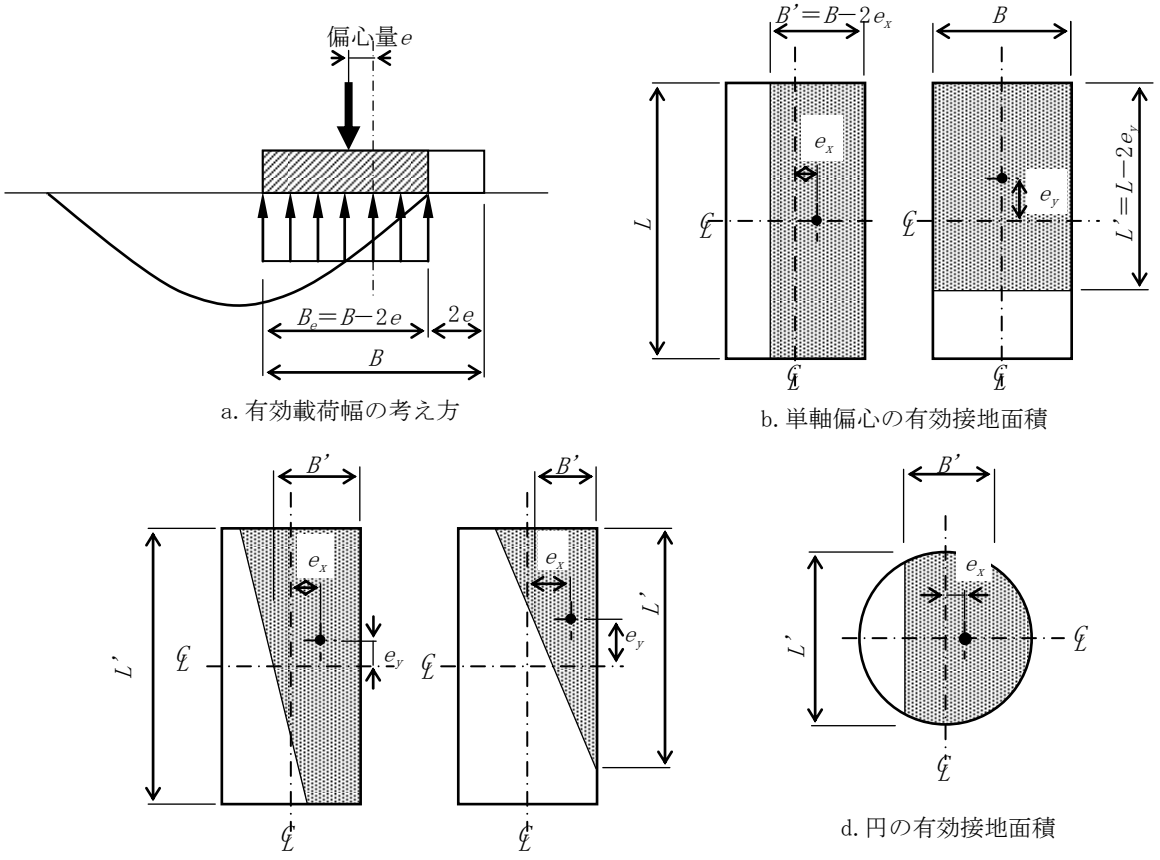



**図-15.6**　荷重に偏心のある場合の有効幅（$B_e$）、有効載荷幅（$A_e$）

② 基礎の寸法による補正

砂地盤の $N_\gamma$ には基礎幅が大きくなると支持力係数が低下する性質がある。このため、傾斜・偏心を伴わない荷重条件に対しては、基礎の寸法効果を考慮して、補正係数 $\eta$ は、**式（15.7）**により算定する。

また、常時で傾斜・偏心を伴う場合、地震時は $\eta=1.0$ とする。

$$\eta=(B/B_0)^{-1/3} \quad \cdots\cdots (15.7)$$

ここに、$B$ ：基礎幅（m）
$B_0$ ：基礎の基準幅で、1m とする

⑵ 表層が砂、下部層が粘土であり、下部粘土層の影響が懸念される場合

このような場合、まず上層砂地盤が一様にあるとして上層の支持力を確認した上で、さらに下部粘土層の支持力を確認する。前者における支持力値は、**式（15.1）**により算出し、後者においては、砂層を伝わって下部粘性土に生じる応力を**式（15.8）**、下部粘性土の支持力値を**式（15.9）**により算出し、これらを比較することにより下部粘性土の支持力に対する安全性を確認する。なお、荷重の傾斜や偏心の影響が下部粘土層には伝わりにくいと考えられる場合には、それらの影響を無視してよい。

$$p'=\frac{p\cdot B\cdot L}{(B+H_1-D_f)\cdot(L+H_1-D_f)}+\gamma_1\cdot(H_1-D_f) \quad \cdots\cdots (15.8)$$

$$q_u=\alpha\cdot(5.14C_2)+\gamma_1\cdot H_1 \quad \cdots\cdots (15.9)$$

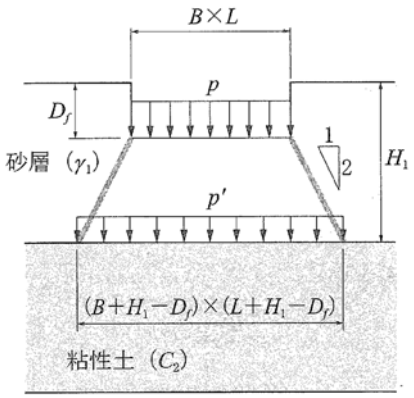



**図-15.7** 砂層の下に粘性土がある場合の略算法

⑶ 層厚が薄い軟弱層を挟む場合

表層近くに軟弱な地盤が飽和粘性土を挟んでいる場合で、基礎幅に対して層厚 $H_2$ が小さい場合には、絞り出し破壊が生じる可能性があるため、それに対する安全性の確認が必要である。絞り出し破壊が生じる層厚と基礎幅の比は、理論から $B/H_2>3.64$ といわれている。絞り出し破壊の支持力値 $q_u$ は、粘土層の粘着力を $C_2$、内部摩擦角 $\phi=0$ とすると、**式（15.10）**となる。

$$q_u=\alpha\cdot C_2\cdot\left(4.14+\frac{B}{2H_2}\right) \quad \cdots\cdots (15.10)$$

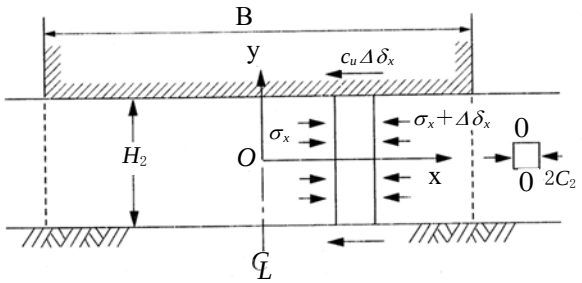



**図-15.8** 層厚が薄い軟弱粘性土層をはさむ場合の絞り出し破壊

### 15.2.2　沈下量

⑴　圧密沈下量

地盤の圧密による沈下は、粘土の微粒子の間隙から水が絞り出されることにより起こるもので、その圧密沈下の予想は、一般にテルツァギー（Terzaghi）の圧密理論等に基づくことができる。

また、沈下量は $e-\log p$ 曲線から次式により算出することができる。

$$S_c=\frac{e_0-e}{1+e_0}\cdot H \quad \cdots\cdots (15.11)$$

ここに、$S_c$：求める圧密沈下量（m）

$e_0$：載荷前における原地盤の初期間隙比

$e$：載荷を受けたあとの間隙比（$e-\log p$ 曲線から求める）

$H$：圧密される層の厚さ（m）

なお、正規圧密状態にある粘性土層の場合には、次式によることができる。

$$S_c=\frac{C_c}{1+e_0}\cdot H\cdot\log\frac{p_0+\Delta p}{p_0} \quad \cdots\cdots (15.12)$$

ここに、$C_c$：圧縮指数

$p_0$：有効土かぶり荷重（kN/m$^2$）

$\Delta p$：載荷後の応力増分（kN/m$^2$）

⑵　即時沈下量

①　一様な水平地盤上の基礎の即時沈下量

地盤を一様な半無制限弾性体と仮定した即時沈下量（載荷とほぼ同時に起こる）は、一般に地中応力の理論解に基づく、次の式から求められる。

$$S_E=I_G\cdot\frac{1-\nu^2}{E}\cdot q\cdot B \quad \cdots\cdots (15.13)$$

ここに、$S_E$：即時沈下量（m）

$B$：基礎の短辺長さ（円の場合は直径）（m）

$q$：基礎の平均荷重度（kN/m$^2$）

$E$：地盤のヤング係数（kN/m$^2$）

$\nu$：地盤のポアソン比

$I_G$：基礎底面の形状と剛性によって決まる沈下係数（**表-15.4**）

$L$：基礎の長辺長さ（m）

**表-15.4** 沈 下 係 数 $I_G$

| 底面形状 | 基礎の剛性 | 底面上の位置 | | $I_G$ |
|---|---|---|---|---|
| 円<br>(直径 $B$) | 0 | 中　　央 | | 1 |
| | | 辺 | | 0.64 |
| | ∞ | 全　　体 | | 0.79 |
| 正 方 形<br>($B\times B$) | 0 | 中　　央 | | 1.12 |
| | | 隅　　角 | | 0.56 |
| | | 辺 の 中 央 | | 0.77 |
| | ∞ | 全　　体 | | 0.88 |
| 長 方 形<br>($B\times L$) | 0 | 隅　角 | $L/B=1$ | 0.56 |
| | | | 1.5 | 0.68 |
| | | | 2.0 | 0.76 |
| | | | 2.5 | 0.84 |
| | | | 3.0 | 0.89 |
| | | | 4.0 | 0.98 |
| | | | 5.0 | 1.05 |

② 有限厚さの地盤上の基礎の即時沈下量

有限厚さの地盤上の基礎の即時沈下量を求める場合は、「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）で記載しているシュタインブレンナー（Steinbrenner）の近似解を応用した式を用いる。

$$S_E=\mu_H\cdot\frac{q\sqrt{A}}{E} \quad \cdots\cdots\cdots\

③　地盤のポアソン比とヤング係数

| | | |
|---|---|---|
| ポアソン比 | 飽和性粘土 | 0.5 |
| | 砂 | 0.25～0.35 |
| | 不飽和性粘土 | 0.15 |
| ヤング係数 | 飽和性粘土 | 乱さない試料の一軸圧縮試験で求めた変形係数 $E_s$ |
| | 不飽和性粘土 | 飽和性粘土と同様 |
| | 正規圧密された砂 | $1,400\overline{N}$（kN/m$^2$） |
| | 過圧密された砂 | $2,800\overline{N}$（kN/m$^2$） |

（過圧密された砂には洪積層、砂丘切土及び振動ローラで締固めた砂を含む）

⑶　許容沈下量

構造物の基礎は、上載荷重によって破壊を起こさないとともに、地盤が過大な変形を起こし、構造物及び機械設備が有害な不同沈下を生じないように前項に述べた基礎の沈下量等を算定し、その値が過大であるならば沈下に対する対策を図る等、適切な設計を行う必要がある。

なお、許容沈下量をどの程度に考えたらよいかは、地盤の条件、構造物の重要性、基礎の形式、上部構造の特性、周囲の状況等を考慮し決定する必要がある。許容沈下量を決定する際の目安として「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）では、相対沈下量及び総沈下量の限界値について、**表-15.6**、**表-15.7** のとおり示しており、「これらの数値は、使用限界状態における目安と言えるが、表中には損傷限界に極めて近いと思われる値も含まれている。すなわち、これらの限界値を超えると、建物には沈下による何らかの障害が発生する確率が高い。」としている。

ポンプ場の許容沈下量は、建物の構造・用途等を考慮し、この値を厳しくする等、適正に補正して使う必要がある。

また、沈下に対する対策としては、次のようなものがある。

①　建物を軽量化し、沈下量の軽減を図る。

②　建物の長さを短くする。建物が長いと剛性が相対的に小さくなり、また建物荷重による地中応力が深部にまで及び沈下を起こす。

③　建物の水平部材の剛性を高め不同沈下を軽減する。

④　適当な場所を選びエキスパンションジョイントを設け構造の障害を避ける。

⑤　建物の重量配分を考える。長い建物では中央部が荷重が大きく、沈下しやすいので、中央部を軽くし、端部を重くすれば沈下量を平均化することができる。

⑥　基礎形式を変更する。杭基礎とし、良質地盤に支持させる。

⑦　地下室を設け建物の有効重量を減少させ、沈下量の軽減を図る。

⑧　地盤を改良する。

**表-15.6** 相対沈下量の限界値の例

（単位：cm）

| 支持地盤 | 構造種別 | コンクリートブロック構造 | 鉄筋コンクリート造 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 圧密層 | 基礎形式 | 布基礎 | 独立基礎 | 布基礎 | べた基礎 |
| | 標準値<br>最大値 | 1.0<br>2.0 | 1.5<br>3.0 | 2.0<br>4.0 | 2.0～3.0<br>4.0～6.0 |
| 風化花崗岩<br>（まさ土） | 標準値<br>最大値 | － | 1.0<br>2.0 | 1.2<br>2.4 | － |
| 砂　層 | 標準値<br>最大値 | 0.5<br>1.0 | 0.8<br>1.5 | － | － |
| 洪積粘性土 | 標準値<br>最大値 | － | 0.7<br>1.5 | － | － |

**表-15.7** 総沈下量の限界値の例

（単位：cm）

| 支持地盤 | 構造種別 | コンクリートブロック構造 | 鉄筋コンクリート造 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 圧密層 | 基礎形式 | 布基礎 | 独立基礎 | 布基礎 | べた基礎 |
| | 標準値<br>最大値 | 2<br>4 | 5<br>10 | 10<br>20 | 10～(15)<br>20～(30) |
| 風化花崗岩<br>（まさ土） | 標準値<br>最大値 | － | 1.5<br>2.5 | 2.5<br>4.0 | － |
| 砂　層 | 標準値<br>最大値 | 1.0<br>2.0 | 2.0<br>3.5 | － | － |
| 洪積粘性土 | 標準値<br>最大値 | － | 1.5～2.5<br>2.0～4.0 | － | － |

注 1) 圧密層については圧密終了時の沈下量（建物の剛性無視の計算）、そのほかについては即時沈下量。
2) （ ）内は、二重スラブなど十分剛性の大きい場合。

### 15.2.3　基礎底版の構造設計用地盤反力

基礎底版の弾性変形量は設計上無視できるため、直接基礎形式の構造物の構造設計に用いる地盤反力度は、底版を剛体として荷重を底面地盤のみで支持させるものとした**式（15.15）**及び**式（15.16）**により算出してよい。

⑴　荷重の作用位置が底面の核内にある場合（台形分布　$e<\frac{B}{6}$）

$$q_{max}、q_{min}=\frac{V}{L\cdot B}\cdot\left(1\pm\frac{6e}{B}\right) \quad \cdots\cdots (15.15)$$

ここに、$V$　：基礎底面に作用する鉛直荷重（kN）

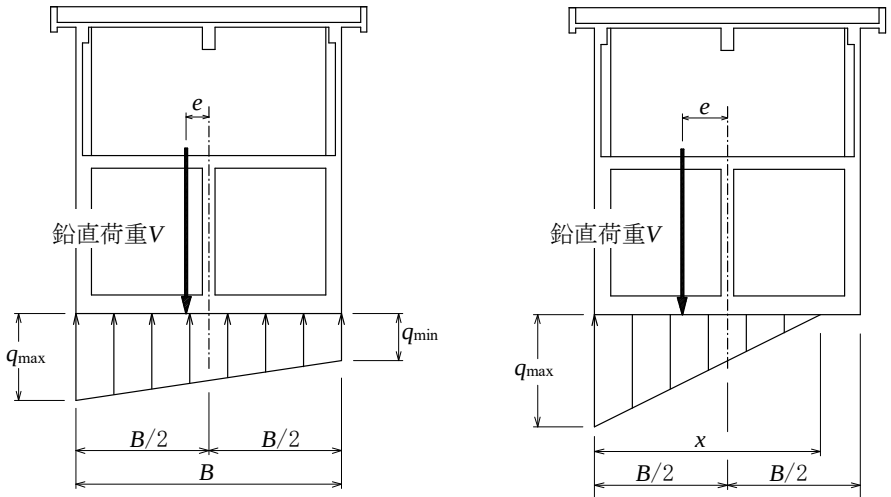
$e$　：荷重の偏心距離（m）

$q_{max}$：基礎底面における最大地盤反力度（kN/m$^2$）

$q_{min}$：基礎底面における最小地盤反力度（kN/m$^2$）

$B$　：基礎幅（m）

$L$　：基礎の奥行き（m）




a．偏心距離 $e<\frac{B}{6}$ の場合　　b．偏心距離 $e\geqq\frac{B}{6}$ の場合

**図-15.9**　基礎底面の地盤反力度分布

⑵　荷重の作用位置が底面の核外にある場合（三角形分布　$e\geqq\frac{B}{6}$）

$$q_{max}=\frac{2V}{L\cdot x} \quad \cdots\cdots (15.16)$$

ここに、$V$　：基礎底面に作用する鉛直荷重（kN）

$x$　：底面反力の作用幅（m）　　$x=3\left(\frac{B}{2}-e\right)$

$e$　：荷重の偏心距離（m）

$q_{max}$：基礎底面における最大地盤反力度（kN/m$^2$）

$B$　：基礎幅（m）

$L$　：基礎の奥行き（m）

## 15.3 杭基礎の設計

杭基礎は、鉛直力、水平力及び引抜き力等に対し、十分安全であるとともに、施工、環境条件にも適合する必要がある。

### 15.3.1 設計の基本

⑴ 技術書の適用範囲

ポンプ場の構造物は、「**13.1 一般**」に示すとおり、土木構造物（吸込・吐出し水槽等）と建築構造物（建屋）から成り、ポンプ形式によっては吸込水槽を下部工として建屋と一体構造となる場合がある。

ポンプ場の土木・建築構造物の杭基礎設計における本技術書の適用範囲は、**表-15.8** に示すとおりとする。したがって、吸込・吐出し水槽等土木構造物の杭基礎設計は、本技術書を適用するものとする。また、土木構造物と分離する建屋の杭基礎設計は、「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）等の建築基準を適用する。なお、土木構造物と一体構造となる建屋の杭基礎設計は、本技術書及び建築基準の両者の適用が必要になる。

ここで、本技術書では、常時、レベル１地震時に対する杭基礎の照査について適用するものであり、レベル２地震時に対する杭基礎の設計は、土地改良事業設計指針「 耐震設計 」によるものとする。

⑵ 構造設計における杭反力

基礎形式が杭基礎の場合は、構造設計において杭反力の影響を考慮する必要がある。ポンプ場の吸込･吐出し水槽では、杭反力を底版に作用する集中荷重として構造解析を行うことを標準とする。なお、杭の中心間隔は、原則として杭径の 2.5 倍以上とする。杭径の 10 倍、又は 4m 程度を超える場合、又は底版等の剛性が小さい場合には底版の変形が無視できないため、縦断方向の検討が必要となる。

ここで、杭の中心間隔は、杭径の 2.5 倍以上であると群杭の影響は比較的小さく、また、施工性についても一般には大きな問題はないと考えてよい。施工場所の制約条件よりフーチングを小さくせざるを得ないような場合は杭中心間隔を 2.5 倍より小さくしてもよいが、この場合には群杭の影響について十分検討する必要がある。

また、杭の最小配列は、特別な場合を除いて横断方向、縦断方向とも各２列とし、最小配置本数は４本とする。ここで、特別な場合とは、基礎の平面形状が三角形の場合及び建屋の独立フーチング等をいう。

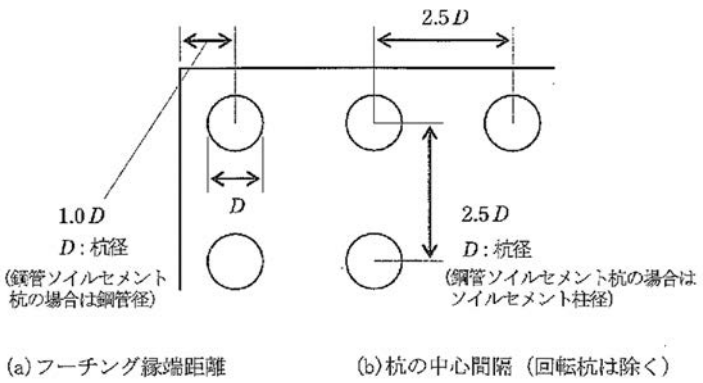



**図-15.10** 杭の最小中心間隔及びフーチング縁端距離

構造設計に用いる杭反力は、以下のとおり算定する。

①　検討断面が一様な場合（取付水路の事例）

取付水路のように、縦断方向に一様な断面となる場合は、縦断方向の伸縮継目の間隔（通常 1 スパン 9～12m）内の各列ごとの杭作用荷重の総和をスパン長で除した値を杭反力（縦断方向に均等な線荷重）としてよい（**図-15.11**）。

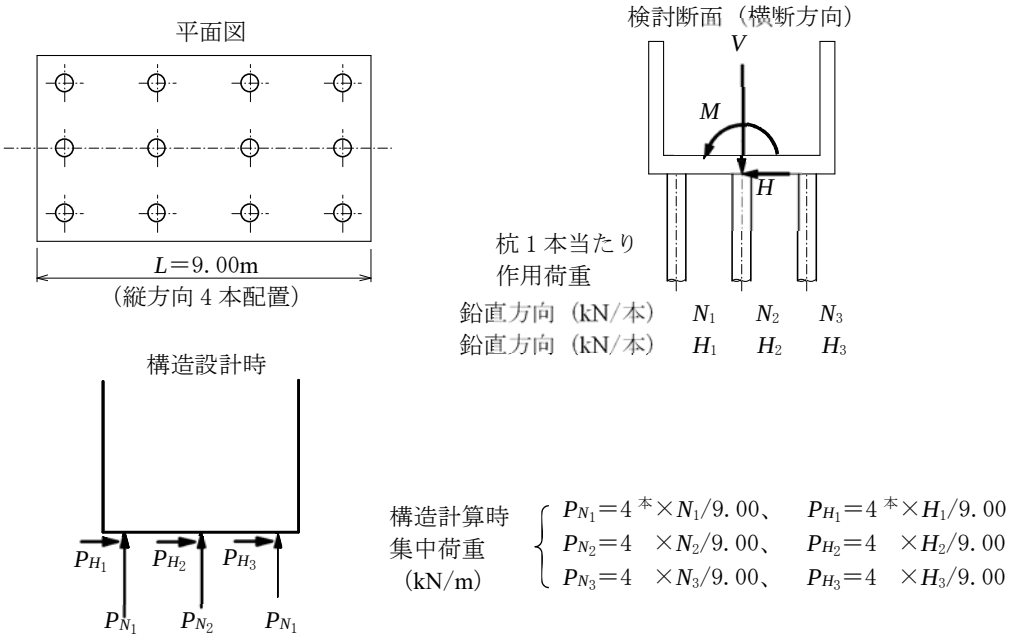
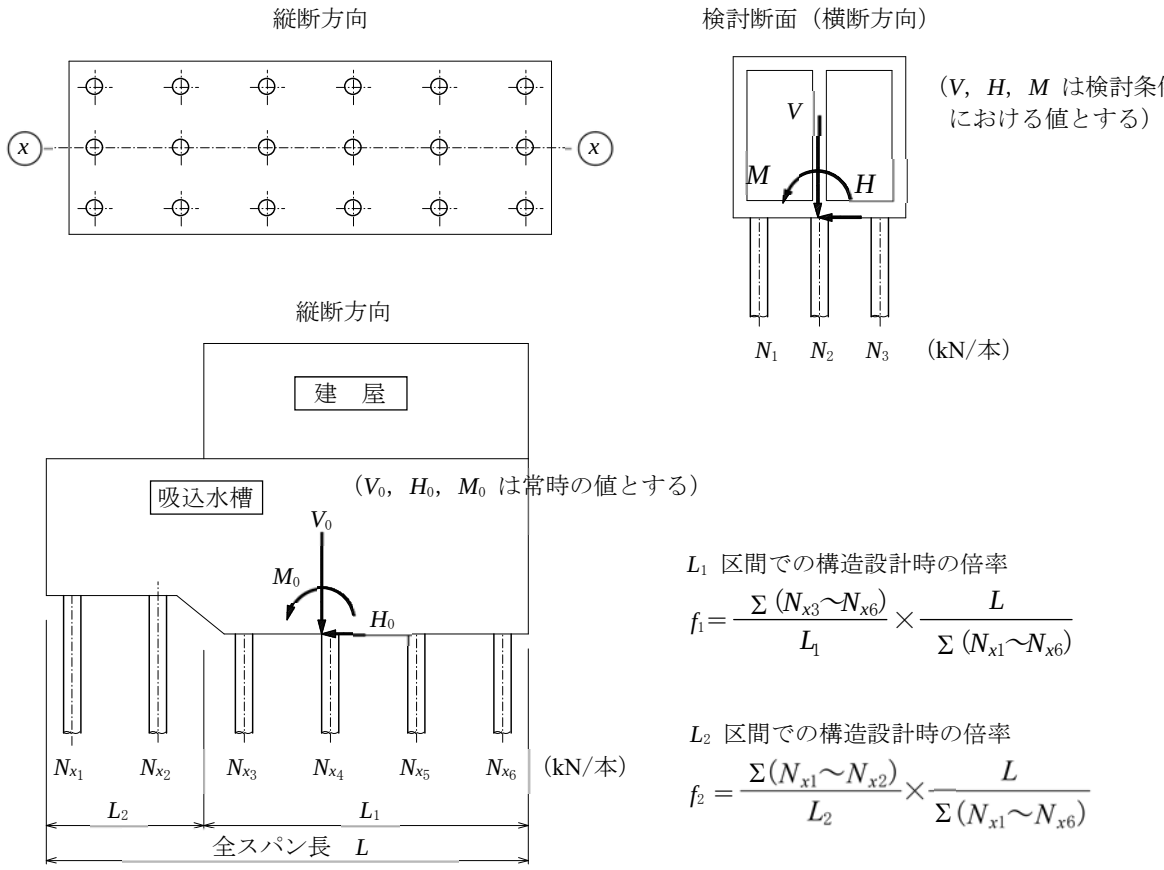



**図-15.11**　縦断方向に一様な断面の杭反力算定方法

②　検討断面が一様でない場合（吸込水槽の一部を下部工とし、建屋と一体構造となる事例）

吸込水槽の一部を下部工とし、建屋と一体構造となる吸込水槽の場合は、自重、建屋荷重及びポンプ荷重等、縦断方向鉛直荷重の合力の図心と杭群の図心との離隔が大きく、縦断方向の杭作用荷重が上下流で大きく異なる場合がある。この場合の杭反力は、ポンプ場全体の横断方向及び縦断方向の安定計算により得られた杭反力とすることが原則である。ただし、吸込水槽の検討断面（横断方向）の杭反力は、①と同様にして算出した全スパンの平均値を、吸込水槽の全スパンを建屋部分とその他の部分に区分するなどし、縦断方向の安定計算により算出された杭作用荷重をもとに各区分スパンの平均反力強度の比によって増減した値としてよい（**図-15.12**）。




注） 構造設計用反力は、検討断面方向において①と同様、全スパンの平均反力（kN/m）を算出し、検討区間ごとに、$f_1$ 又は $f_2$ の倍率を乗じた反力を用いる。

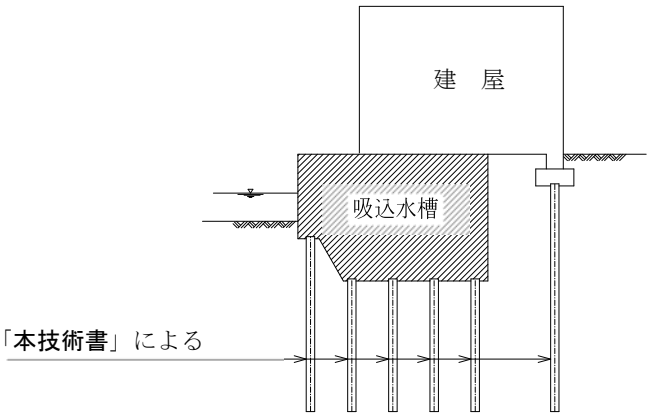
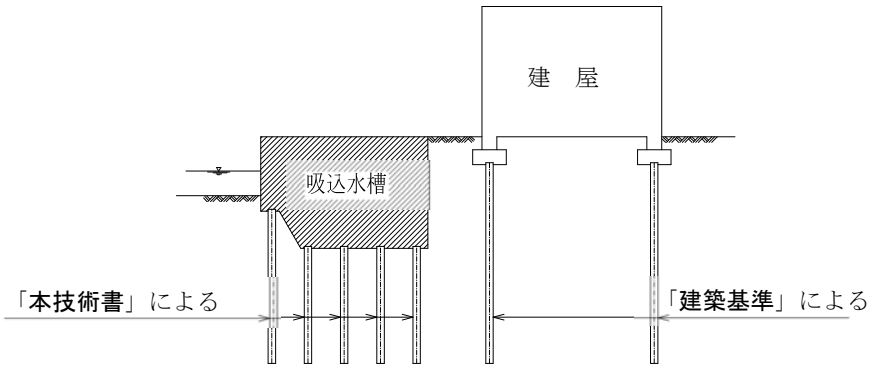
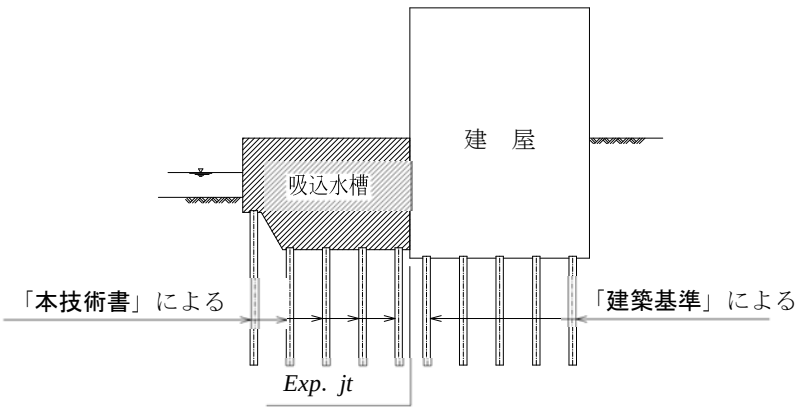
**図-15.12** 縦断方向に一様でない断面の杭反力算定方法

**〔参 考〕**杭の影響を考慮した構造解析手法

構造設計において杭反力の影響を考慮する方法として、杭反力を底版の作用荷重として解析する方法と、杭を弾性支承として解析する方法がある。後者による杭反力は、構造解析時に入力した荷重の反力として算定されるため、吸込水槽のように構造及び上載荷重が一様でない場合、解析断面によっては「**過小又は過大な反力**」を与えることとなる。

このため、本技術書では、構造物全体の安定計算結果から算定される反力を作用荷重とする前者の方法を標準としている。なお、上記①に示す水路のフリュームのように、構造及び上載荷重が一様な場合等、構造設計時の杭反力が適切に評価できる場合は、後者の方法によっても差し支えない。

**表-15.8**　ポンプ場の杭基礎設計における技術書の適用範囲

| | 適用範囲の概要図 |
|---|---|
| 土木構造物と建屋が一体構造 |  <br>注）土木構造物と建屋が一体構造の場合，建屋部分の杭基礎は建築基準によるほか，本技術書も適用する。 |
| 土木構造物と建屋が分離構造 |  <br>  |

### 15.3.2 杭基礎設計の手順

ポンプ場の杭基礎の設計は、各荷重の組合せごとに常時・地震時の安定計算時（滑動、転倒）において計算される水平力 $H$、鉛直力 $V$、モーメント $M$ により検討する。その手順は、以下のとおりである。

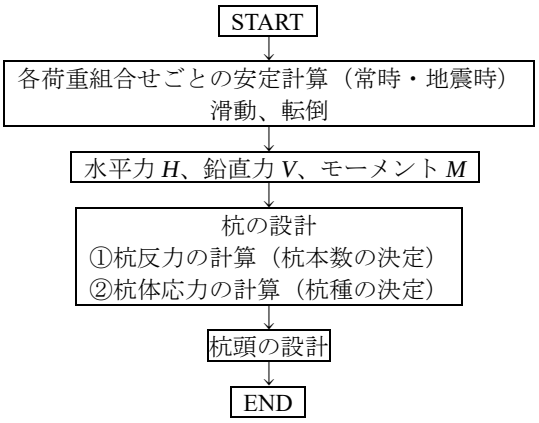



**図-15.13** 安定計算と杭基礎の設計手順

### 15.3.3 杭基礎の設計方針

杭基礎の設計方針は、次のとおりとする。

① 杭基礎は地盤条件、上部構造の特性、環境条件及び施工条件を考慮し、その種類を選定する。

② 杭基礎に作用する荷重は杭の許容耐力以下とする。

③ 杭基礎の鉛直方向許容支持力は、杭の支持力のみによると考え、基礎底面の地盤の支持力を杭の支持力に加えない。

④ 偏心力、水平力、引抜き力等を受ける基礎杭は、地盤の抵抗力、並びに杭材に発生する応力について安全性を検討する必要がある。また、施工上考えられる衝撃力に対しても、杭材の安全性を検討する必要がある。

⑤ 地震時に液状化のおそれのある地盤については、この影響を考慮して杭基礎の耐震設計を行う必要がある。

⑥ 一体構造物の杭基礎設計に当たっては、支持杭と摩擦杭の混用、摩擦杭でも長さの極端に異なる杭の同時使用は、有害な不同沈下を発生するおそれがあるので注意を要する。

⑦ 杭基礎の許容変位量は、各杭基礎間で変位量が大きく異なり、構造物に支障を及ぼす場合や機械設備などの機能を保持する必要がある場合においては、それぞれ設計者が制限値を定めることとする。一般的なポンプ場での杭頭許容変位量は、上部工の相対変位に対する機能確保を目的として、常時、地震時（レベル 1）とも 50mm を目安とする。

注） 杭基礎の許容変位量は、機場上部工の相対変位に対する機能確保を目的とした値である。このため、水平荷重に対しては、杭体応力が許容値以下、かつ、設計地盤面での変位量が 50mm 程度以下になるよう設計する。

### 15.3.4　杭の許容支持力

本技術書においては、吸込・吐出し水槽等土木構造物を対象に「道路橋示方書･同解説　Ⅳ下部構造編」（日本道路協会）に基づいた杭の許容支持力算定方法を解説する。なお、建築構造物（建屋）の杭の許容支持力算定方法については、別途「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）を参考に設計するとよい。

⑴　杭の軸方向許容押込み支持力

1 本の杭の軸方向押込み力に対する許容支持力は、杭の自重を考慮する場合は**式（15.17)**、打込み杭のように自重が小さく考慮しない場合は**式（15.18）**により計算する。

$$R_a=\frac{\gamma}{n}\cdot(R_u-W_s)+W_s-W \quad \cdots\cdots (15.17)$$

$$R_a=\frac{\gamma}{n}\cdot R_u \quad \cdots\cdots (15.18)$$

ここに、$R_a$　：杭頭における杭の軸方向許容押し込み支持力（kN）

$n$　：安全率

**表-15.9**　安全率

| | 支持杭 | 摩擦杭 |
|---|---|---|
| 常　時 | 3.0 | 4.0 |
| 地震時（レベル 1) | 2.0 | 3.0 |

$\gamma$　：安全率の補正係数（支持力推定式：$\gamma$ ＝1.0、鉛直載荷試験：$\gamma$ ＝1.2）

$R_u$　：地盤から決まる極限支持力（kN）

$W_s$　：杭で置き換えられる部分の土の有効重量（kN）

$W$　：杭及び杭内部の土砂の有効重量（kN）

地盤から決まる杭の極限支持力は、適切な地盤調査を行った上で支持力推定式によるか、あるいは載荷試験を行って求める。

①　支持力推定式による場合の極限支持力 $R_u$

$$R_u=q_d\cdot A+U\cdot\Sigma\ell_i\cdot f_i \quad \cdots\cdots (15.19)$$

ここに、$R_u$：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

$A$　：杭先端面積（$m^2$）

$q_d$：杭先端で支持する単位面積当たりの極限支持力度（$kN/m^2$）

$U$　：杭の周長（m）

$\ell_i$　：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

$f_i$　：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（$kN/m^2$）

(i)　杭先端での極限支持力度 $q_d$ の推定

a. 打込み杭

打込み杭(打撃工法及びバイブロハンマ工法)の場合、杭先端の極限支持力度 $q_d$ は**図-15.14** による。杭先端地盤の設計 $N$ 値及び支持層への根入れ深さは、**図-15.15** によって求める。

なお、**図-15.16** は、杭先端地盤が、礫・砂・粘性土地盤に適用されるもので、岩・軟岩[注)]の場合は対象外である。また、杭先端の設計 $N$ 値は、支持力算定上 40 を上限とする。

注） 杭先端地盤が岩・軟岩の場合は、「道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」（日本道路協会）の参考資料 10 を参照のこと。

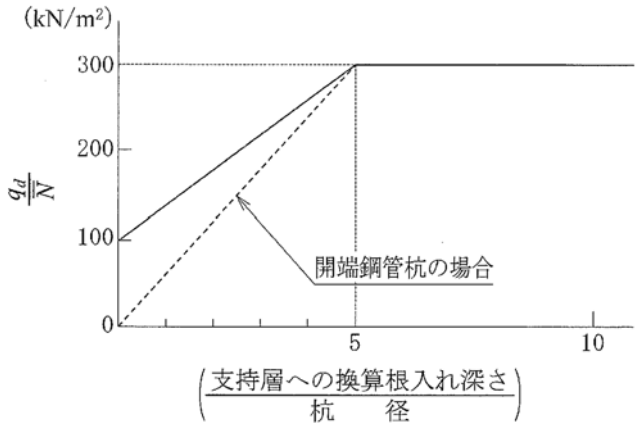



**図-15.14** 杭先端地盤の極限支持力度 $q_d$ の算定図

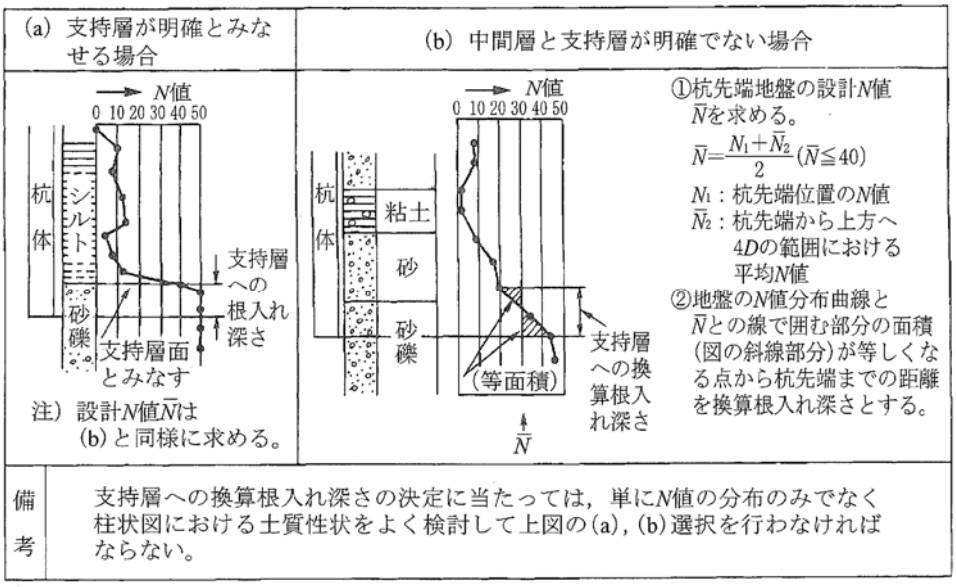



**図-15.15** 支持層への換算根入れ深さの決定法

b. 場所打ち杭

場所打ち杭の場合は、一般に施工による地盤の乱れの影響が大きいと考えられるが、杭先端の極限支持力度 $q_d$ は、**表-15.10** に示す値とする。

**表-15.10** 場所打ち杭工法による杭先端の極限支持力度 $q_d$

| 地 盤 種 類 | 杭先端の極限支持力度（kN/m²） |
|---|---|
| 砂礫層及び砂層（$N\geqq 30$） | 3,000 |
| 良質な砂礫層（$N\geqq 50$） | 5,000 |
| 硬 質 粘 性 土 層 | $3q_u$ |

ただし、$q_u$は一軸圧縮強度（kN/m²）、$N$は標準貫入試験の$N$値

ただし、これらの値は、場所打ち杭の載荷試験結果を考慮したうえで定められたものであ

り、適用上の注意事項を次に示す。

・杭先端は良好な支持地盤中に、杭径程度貫入されている。
・杭の施工中はボイリングの発生に注意し、かつスライム処理を十分に行う。
・これらの値は機械掘削による場所打ち杭についてのみ適用されるもので、深礎杭については別途検討の必要がある。

c. 中掘り杭工法

杭材を PHC、SC 及び鋼管とし、その先端処理法に最終打撃方式、セメントミルク噴射撹拌方式（ただし、砂質系地盤のみに適用）、コンクリート打設方式のいずれかを採用するものとして、**表-15.11** に示す算定法によって杭先端の極限支持力度を求める。なお、杭径の適用範囲は、PHC、SC 杭の場合、通常、外径 450mm から 800mm、鋼管杭の場合、外径 400mm から 1,000mm のものが一般に使用されている。コンクリート系杭は肉厚が大きいため、小径の杭では中掘部が細くなりスパイラルオーガを挿入して中掘施工をすることができない。また、先に示す外径の範囲を超えるような大径の既製杭の使用に当たっては、支持力、沈下特性などを別途検討する必要がある。

**表-15.11**　中掘り杭工法による杭先端の極限支持力度 $q_d$

| 先端処理方法 | 杭先端の極限支持力度の算定法 |
|---|---|
| 最終打撃方式 | 打込み杭の算定法を適用する。 |
| セメントミルク噴射撹拌方式[注1)]<br>（砂質地盤のみに適用） | 極限支持力度（kN/m$^2$）<br>$q_d = \begin{cases} 150N\ (\leqq 7,500)\ \text{砂層} \\ 200N\ (\leqq 10,000)\ \text{砂礫層} \end{cases}$<br>ここに、$N$：杭先端地盤の $N$ 値 |
| コンクリート打設方式[注2)] | 場所打ち杭の極限支持力度を適用する。 |

注1)　支持層には杭径程度以上根入れさせるものとし、設計径は杭径とする。
2)　コンクリート打設方式は、杭外径以上を支持層に貫入させ、杭内径の 4 倍以上の先端部分をコンクリートで閉塞させる方法である。

d. プレボーリング杭工法

プレボーリング杭工法による杭先端の極限支持力度は、載荷試験結果に基づき**表-15.12** に示す値とする。

**表-15.12**　プレボーリング杭工法による杭先端の極限支持力度 $q_d$

| 地盤種類 | 杭先端の極限支持力度（kN/m$^2$） |
|---|---|
| 砂層 | $150N$（$\leqq 7,500$） |
| 砂礫層 | $200N$（$\leqq 10,000$） |

ただし、$N$ は杭先地盤における標準貫入試験の $N$ 値

ここに規定するプレボーリング杭工法は、その外径が 300mm から 1,000mm 程度の範囲の RC 杭、PHC 杭あるいは SC 杭を使用する工法に限定するものとする。このとき、支持層には杭径程度以上根入れさせるものとし、設計径は杭径とする。なお、先に示す外径の範囲を超えるような大径の杭の適用に当たっては、支持力、沈下特性などを別途検討する必要があ

る。

**表-15.12** の適用に当たっては、次に示す根固部の仕様を満たす必要がある。

・支持層への杭先端部の根入れ深さは、杭径 $D$ 程度以上とする。

・根固部への杭の貫入深さは杭径 $D$ の 1.5 倍程度以上とする。杭の先端位置から根固部の底面までの深さは、杭径 $D$ の 1.5 倍程度以上とする。

・杭周固定部及び根固部の径は杭径 $D$ に 100mm を加えたもの、杭外周のソイルセメント柱の片側かぶりは 50mm を標準とする。

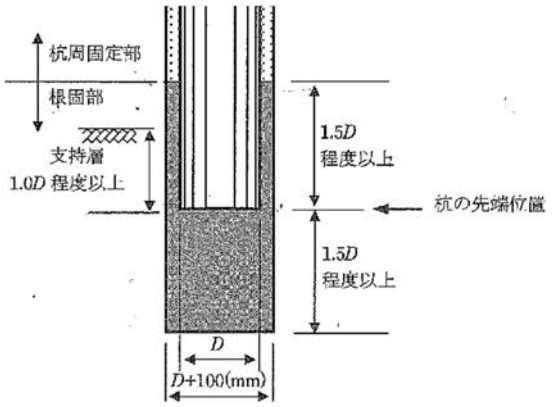



**図-15.16** プレボーリング杭の根固部

e. 鋼管ソイルセメント杭

鋼管ソイルセメント杭工法による杭先端の極限支持力度は、載荷試験の結果に基づき**表-15.13** に示す値とする。なお、**式（15.19）**における杭先端面積 $A$ は、ソイルセメント柱の断面積とする。

**表-15.13** 鋼管ソイルセメント杭工法による杭先端の極限支持力度 $q_d$

| 地 盤 種 類 | 杭先端の極限支持力度 (kN/m$^2$) |
|---|---|
| 砂 層 | $150N$（≦7,500） |
| 砂 礫 層 | $200N$（≦10,000） |

ただし、$N$ は杭先地盤における標準貫入試験の $N$ 値

ここに規定する鋼管ソイルセメント杭工法により築造される杭は、ソイルセメント柱径が 1,000mm から 1,500mm 程度、鋼管径が 800mm から 1,300mm 程度、ソイルセメントの片側のかぶりが 100mm から 200mm 程度が一般的な範囲である。**表-15.13** の適用に当たっては、過去の鉛直載荷試験結果からその支持力特性が明らかにされ、**式（15.19）**により求まる極限支持力と同等以上の杭頭支持力が確認されているとともに、その施工管理手法が確立している工法に限定するものとする。なお、先に示す範囲を超えるような仕様の鋼管ソイルセメント杭については、支持力、沈下特性などを別途検討する必要がある。

ただし、これらの値は、鋼管ソイルセメント杭の載荷試験結果を考慮したうえで定められたものであり、適用上の注意事項を次に示す。

・支持層への杭先端部の根入れ深さは、ソイルセメント杭径 $D_{sc}$ 程度以上とする。
・杭先端部への鋼管の貫入深さは鋼管径 $D_{sp}$ の 1.5 倍程度以上とする。なお、鋼管先端からは鋼管径 $D_{sp}$ の 1.25 倍程度以上の範囲の鋼管内面には、リブ又は付着金物を必要とする。
・鋼管先端からソイルセメント柱先端までの深さ（余裕深さ）は、ソイルセメント柱径 $D_{sc}$ の 0.5 倍程度以上とする。

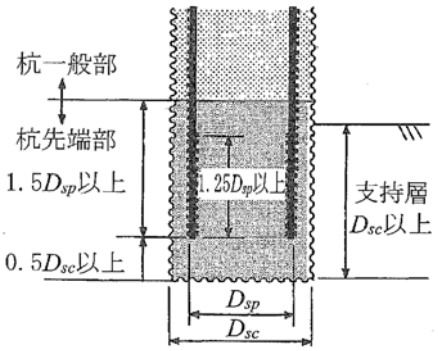



**図-15.17**　鋼管ソイルセメント杭の杭先端固化部

f. 回転杭工法

回転杭工法による杭先端の極限支持力度は、載荷試験の結果に基づき設定された**表-15.14** に示す値とする。なお、**式（15.19）**における杭先端面積 は、**図-15.18** における先端羽根の投影面積 $A_w$ とする。

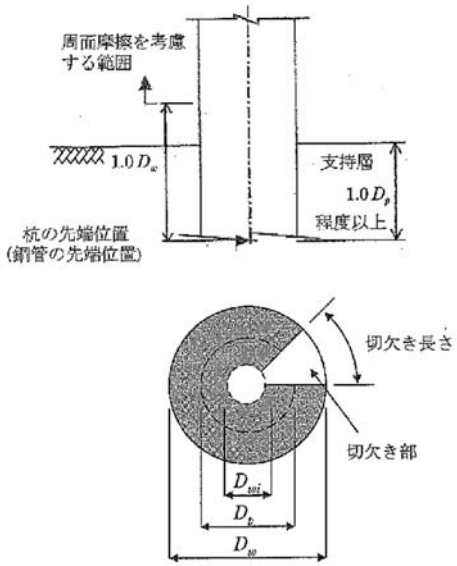
**表-15.14**　回転杭工法による杭先端の極限支持力度 $q_d$

| 地盤種類 | 羽根外径／杭径 | 杭先端の極限支持力度 （kN/m$^2$） |
|---|---|---|
| 砂　　層 | 1.5 倍 | 120$N$（≦6,000） |
| | 2.0 倍 | 100$N$（≦5,000） |
| 砂 礫 層 | 1.5 倍 | 130$N$（≦6,500） |
| | 2.0 倍 | 115$N$（≦5,750） |

ただし、$N$ は杭先端地盤における標準貫入試験の$N$ 値

**表-15.14** に示す値は、羽根外径が杭径の 1.5 倍又は 2.0 倍、先端閉鎖タイプ又は羽根内径/杭径比（$D_{wi}/D_p$）≦1/2 の開口タイプ、羽根外周の切欠き長さの合計が全周の 1/8 以下の羽根形状を有する回転杭工法を対象としており、鋼管径が 400mm から 1,200mm の場合で適用性が検証されている。この際、支持層への杭先端の根入れ深さは杭径 $D_p$ 程度以上とする。

なお、支持層が砂層及び砂礫層以外で回転杭を適用しようとする場合については、引抜き抵抗を含め十分な知見がないので、施工性の確認等も含めて別途載荷試験による検討を行う必要がある。




$A_w$ ：羽根投影面積（m）
$A_w = \pi D_w^2/4$
$D_w$ ：羽根外径（m）
$D_p$ ：杭径（m）
$D_{wi}$ ：羽根内径（m）

**図-15.18** 回転杭の先端投影面積と周面摩擦を考慮する範囲

(ii) 杭周面に働く最大周面摩擦力度 $f_i$ の算定

杭周面に働く最大周面摩擦力度は**表-15.15** による。ただし、$N$ 値が 5 未満の軟弱層では、粘着力を $N$ 値により推定することは困難なため、別途土質試験により粘着力を求め、最大周面摩擦力を推定するのがよい。

**表-15.15** 最大周面摩擦力度（kN/m²）

| 施工方法＼地盤の種類 | 砂質土 | 粘性土 |
|---|---|---|
| 打込み杭工法<br>（打撃工法、バイブロハンマ工法） | $2N$（≦100） | $C$ 又は $10N$（≦150） |
| 場所打ち杭工法 | $5N$（≦200） | $C$ 又は $10N$（≦150） |
| 中掘り杭工法 | $2N$（≦100） | $0.8C$ 又は $8N$（≦100） |
| プレボーリング杭工法 | $5N$（≦150） | $C$ 又は $10N$（≦100） |
| 鋼管ソイルセメント杭工法 | $10N$（≦200） | $C$ 又は $10N$（≦200） |
| 回転杭工法 | $3N$（≦150） | $C$ 又は $10N$（≦100） |

注） ただし、$C$ は地盤の粘着力（kN/m²）、$N$ は標準貫入試験の $N$ 値

(iii)　摩擦杭の取扱い

摩擦杭であっても短期の支持力は、支持杭と同程度の値となることが確認されている。しかし、長期の支持力特性に不明な点があるため、摩擦杭の場合は支持杭に比較して大きな安全率を適用するものとする。

なお、摩擦杭の場合、杭先端の支持力は原則として考慮しないものとする。また、中掘杭工法、プレボーリング杭工法や回転杭工法の摩擦杭形式にはこれまでの実績がほとんどないため、その採用に当たっては支持力特性を十分に検討する必要がある。

注）「道路橋示方書」では、支持杭と同等の安全性を有する摩擦杭は支持杭の安全率を適用するものとしている。この場合の適用条件は、以下のとおりである。

① 著しい地盤沈下が生じないこと、及び将来とも予想されないこと。
② 杭の根入れ長が杭径の 25 倍（杭径 1m 以上の杭については 25m）程度以上あること。
③ 粘性土地盤においては、杭の根入れ長の 1/3 以上が過圧密地盤に根入れされていること。

②　鉛直載荷試験による極限支持力

鉛直載荷試験による杭の極限支持力の判定は、荷重－沈下量曲線が沈下量の軸にほぼ平行とみなしうるときの荷重とする。ただし、沈下量が杭径の 10%を超える場合は、杭径の 10%のときの荷重をもって極限支持力とする（**図-15.19** 参照）。

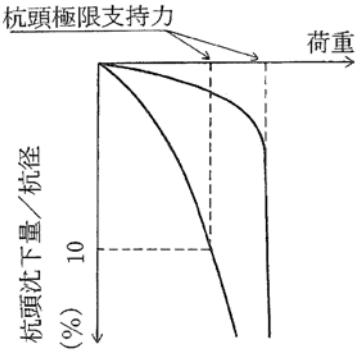



**図-15.19**　荷重－沈下量曲線の例

③　打込み杭の杭打ち試験による支持力算定方法

杭打ち試験の結果から支持力を算定する式は、いずれも杭の静的耐力を動的な貫入抵抗によって推定しようとするもので、原理的にこれから静的耐力を推定しようとすることに無理があるといわれている。しかし、支持杭の支持力の推定にある程度の適用性を認められ、また、試験法も簡単でかつ 1 本ごとに試験ができる利点もある。

現在、わが国の土木・建築分野でよく使用されている杭打ち式を、**表-15.16** に示す。

なお、杭打ち式は、杭の支持力を決定するというよりも、施工の確実性を確かめる目的で誘導されたものであり、各現場ごとに地盤調査を行った地点付近での杭打ち試験を最初に実施して、設計条件、とくに支持層への根入れ長を満たすために必要な打撃条件を定め、以後の管理に応用するというように使うのがよい。

**表-15.16** わが国の土木・建築分野でよく使用されている杭打ち式

| 出　　典 | 杭打ちによる許容鉛直支持力推定式 $R_a$（kN） | 備　考 |
|---|---|---|
| 公共建築工事標準仕様書 | $R_a=\dfrac{F}{5S+0.1}$ | 建築分野で既製コンクリート杭の場合によく使用される |
| 宇都・冬木の式 | $R_a=\dfrac{1}{3}\cdot\left(\dfrac{A\cdot E\cdot K}{e_0\cdot \ell_1}+\dfrac{\overline{N}\cdot U\cdot \ell_2}{e_{f0}}\right)$ | 土木分野でよく使用される |

$R_a$ ：杭の長期許容鉛直支持力（kN）
$S$ ：杭の貫入量（m）
$K$ ：リバウンド量（m）
$F$ ：打撃エネルギ（kJ）で、ドロップハンマの場合 $F=W_H\cdot g\cdot H$、ディーゼルハンマ及び油圧ハンマの場合 $F=2W_H\cdot g\cdot H$ とする。（$W_H$ はハンマ質量（t）、$g$ は重力の加速度（m/s$^2$）、$H$ は落下高さ（m））
$A$ ：杭の純断面積（m$^2$）
$E$ ：杭のヤング係数（kN/m$^2$）
$\ell_1$ ：補正係数 $e_0$ の値により変化し、**表-15.17**、**図-15.18** による。
$\ell_2$ ：杭の根入れ長さ（m）
$U$ ：杭の周長（m）
$\overline{N}$ ：杭の周面の平均 $N$ 値
$e_0$、$e_{f0}$ ：補正係数（**表-15.18** による）
$W_H/W_P$ ：ハンマと杭の重量比
$W_P$ ：やっとこ使用の場合は、杭とやっとこの重量を加算した値

**表-15.17** 杭長の補正係数

| $e_0$ の値 | $\ell_1$ の値 |
|---|---|
| $e_0\geqq 1$ | $\ell_m$ |
| $1>e_0\geqq \ell_m/\ell$ | $\ell_m/e_0$ |
| $e_0\leqq \ell_m/\ell$ | $\ell$ |

注）$\ell$ ：杭の先端からハンマ打撃位置までの長さ（m）
$\ell_m$ ：杭の先端からリバンウンド測定位置までの長さ（m）

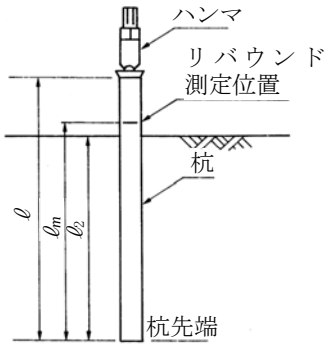



**図-15.20** 杭長の補正

**表-15.18** 補正係数

| 杭　　種 | 施 工 方 法 | $e_0$ | $e_{f_0}$ | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| 鋼　管　杭 | 打込み杭工法 | $1.5W_H/W_P$ | 0.25 | |
| | 中掘り最終打撃 | | | |
| PHC 杭、RC 杭、SC 杭 | 打込み杭工法 | $2.0W_H/W_P$ | 0.25 | |
| | 中掘り最終打撃 | $4.0W_H/W_P$ | 1.00 | |
| 鋼　管　杭<br>PHC 杭、RC 杭、SC 杭 | 打込み杭工法 | $(1.5W_H/W_P)^{1/3}$ | 0.25 | 油圧ハンマに適用 |

⑵　杭の軸方向許容引抜き力

①　1 本の杭の軸方向許容引抜き力は、**式（15.20）**により算出する。

$$P_a=\frac{1}{n}\cdot P_u+W \quad \cdots\cdots (15.20)$$

ここに、$P_a$：杭頭における杭の軸方向許容引抜き力（kN）

$n$　：**表-15.19** に示す安全率

$P_u$：地盤から決まる杭の極限引抜き力（kN）

$W$：杭の有効重量（kN）

**表-15.19**　安全率

| 常　時 | 地 震 時（レベル |
|---|---|
| 6 | 3 |

②　地盤から決まる杭の極限引抜き力は、地盤調査結果に基づいて推定した各層の最大周面摩擦力の和として計算するか、あるいは引抜き試験を行って求める。

③　地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力を支持力推定式から算出する場合は**式（15.21）**による。

$$P_u=U\Sigma\ L_i\ f_i \quad \cdots\cdots (15.21)$$

ここに、$P_u$：地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力（kN）

$U$　：杭の周長（m）。ただし、鋼管ソイルセメント杭の場合においてはソイルセメント柱の周長とする。

$L_i$　：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

$f_i$　：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m$^2$）

ただし、回転杭の場合においては、式（15.22）で求めてよい。

$$P_u=U\ \Sigma\ L_i\ f_i\ +P_w \quad \cdots\cdots (15.22)$$

ここに、$P_w$：杭先端羽根の極限引抜き抵抗力（kN）

⑶　負の周面摩擦力

圧密沈下を生じるおそれのある地盤中に杭を打設する場合には、杭体の損傷を防ぎ、構造物の機能を確保するために、杭の鉛直支持力、杭体応力及び杭頭沈下量について、負の周面摩擦力による影響を考慮して検討を行う必要がある。

なお、負の周面摩擦力の検討に用いる荷重は死荷重とし、地震時には負の周面摩擦力を考慮する必要はない。

①　中立点の位置

負の周面摩擦力が作用する部分としては、中立点より上を考えればよい（**図-15.21** 参照）が、その位置は先端支持地盤の硬さによって変化し、一律に与えることはできない。これまでの測定結果によると、中立点の深さは圧密層の深さの 75～95%程度となっている。特にデータがない場合は、中立点の位置は、圧密層の下端と仮定してよい。

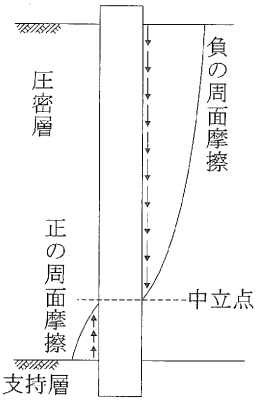



**図-15.21** 負の周面摩擦力と中立点

② 鉛直支持力の検討

負の周面摩擦力を考慮した許容支持力は、**式（15.23）**により求める。

$$R_a' = \frac{1}{1.5} \cdot (R_u' - W_s') + W_s' - (R_{nf} + W) \quad \cdots\cdots (15.23)$$

ここに、$R_a'$ ：負の周面摩擦力を考慮した許容支持力（kN）

$R_u'$ ：中立点より下にある地盤による杭の極限支持力（kN）。すなわち、中立点の下層から杭先端までの最大周面摩擦力と杭先端の極限支持力（摩擦杭の場合は無視）の和であり、**式（15.19）**に準じて計算する。

$R_{nf}$ ：負の周面摩擦力（kN）。すなわち、中立点より上のある層の最大周面摩擦力の和。最大周面摩擦力は**表-15.15**に準じて計算するが、この場合は$N \leqq 2$の軟弱層であっても無視してはならない。

$W_s'$ ：中立点より下方の杭で置き換えられる部分の土の有効重量（kN）

$W$ ：杭及び杭内部の土砂の有効重量（kN）

③ 杭体応力の検討

負の周面摩擦力により生じる杭体応力の安全性は、**式（15.24）**により照査する。

$$1.2 \cdot (P_0 + R_{nf} + W') \leqq \sigma_y \cdot A_p \quad \cdots\cdots (15.24)$$

ここに、$P_0$ ：杭頭に加えられた死荷重による杭頭荷重（kN）

$R_{nf}$ ：負の周面摩擦力（kN）

$W'$ ：中立点より上方の部分の杭の有効重量（kN）

$\sigma_y$ ：杭材料の降伏応力（kN/m$^2$）

$A_p$ ：照査断面での杭の純断面積（m$^2$）

杭材料の降伏応力は、以下のとおりとしてよい。

鋼 管 杭 ：$\sigma_y$＝235N/mm$^2$（235,000kN/m$^2$）（SKK400）

既製コンクリート杭：設計基準強度を1.3で除した値

$\sigma_y$＝30N/mm$^2$（30,000kN/m$^2$）（RC杭）

$\sigma_y$＝61N/mm$^2$（61,000kN/m$^2$）（PHC杭）

④　杭頭沈下量の検討

(i)　支持杭の杭頭沈下量は杭先端地盤の弾性沈下量と杭体の収縮量の和からなる弾性沈下量から求められる。しかし、一般にその量は小さいので、これを無視しても影響が少ない場合が多い。

(ii)　摩擦杭の場合は、上記の弾性沈下量のほかに、杭周面から伝達される増加荷重に伴う圧密沈下量や盛土荷重による杭先端における残留沈下量がある。これら圧密に伴う長期的な沈下の影響が考えられる場合は、**図-15.22** に示すように、荷重の分散を考慮し、$\ell/3$ より下部の層の圧密沈下量を検討する必要がある。

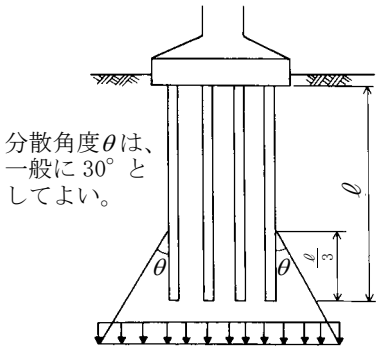



**図-15.22**　摩擦杭の圧密沈下量を検討する場合の荷重分散の考え方

⑤　負の周面摩擦力に対する対策

負の周面摩擦力の検討方法としては、①杭の支持力を増加させる方法（杭径を大きくする、杭本数を増やす、支持層への根入れ長を増す）と、②負の周面摩擦力を低減する方法（群杭とする、杭周面に歴青材を塗布する）がある。

ここで、②負の周面摩擦力を低減する方法（杭周面に瀝青材を塗布する）とは、既製杭の杭表面に特殊な瀝青材料（スリップレイヤーコンパウンド）が塗布されたＳＬ杭で対策を行うものである。

(4)　群杭

①　群杭の考慮

群杭の軸方向押込み支持力は、杭間隔が十分広い場合は単杭の本数倍と見なすことができるが、杭径のある程度以上に杭間隔が密になると杭と杭間の土塊が一体となって、あたかも１基のケーソン基礎としての挙動を示すようになり、単杭の本数倍より支持力が低減するため、単杭の本数倍と異なった評価をする必要がある。

この場合は、**図-15.23** に示すように、仮想ケーソン基礎として考え、**式(15.25)** により群杭としての軸方向許容押込み支持力の検討を行う。

$$Q_a = \frac{1}{n} \cdot (Q_p + Q_f) \quad \cdots\cdots (15.25)$$

ここに、$Q_a$　：群杭としての軸方向許容押込み支持力（杭頭での許容荷重）(kN)

$n$　：安全率（**式(15.18)** 参照）

$Q_p = A \cdot q_d' - W$ ・・・

ここに、$R_{nf}$　：杭１本あたりの負の周面摩擦力(kN)
$U_G$：群杭の周長（m）
$L_i$　：フーチング底面から中立点までの各層の層厚(m)
$\tau_i$　：各層の土のせん断抵抗度（kN/m$^2$）
$A_G$　：杭群の底面積（m$^2$）ただし杭部分は除く。
$\overline{\gamma_s}$　：$L_{nf}$ の土の平均単位体積重量（kN/m$^3$）
$L_{nf}$　：フーチング底面から中立点までの杭の長さ（m）
$n_p$　：杭本数

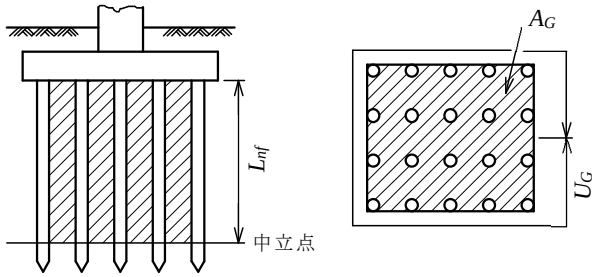



**図-15.24**　群杭の場合の負の周面摩擦力(a)

(ii)　負の周面摩擦力を、杭を中心とする円筒内の土の重量に換算し、円筒の重なる部分の割合だけ低減する（**図-15.25** 参照)。

$$\gamma_e=\left(\frac{Df}{\gamma_s}+\frac{D^2}{4}\right)^{1/2} \quad \cdots\cdots (15.29)$$

ここに、$\gamma_e$　：円筒半径(m)
$D$　：杭径（m）
鋼管ソイルセメント杭の場合は、ソイルセメント柱径とする。
$f$　：負の周面摩擦力度(kN/m$^2$)
$\gamma_s$　：土の単位体積重量（kN/m$^3$）

この$\gamma_e$を用いて、**図-15.25** に示すように、杭を中心に半径 $\gamma_e$の円を描き、これらの円の重なる部分を各杭に分割して、各々の負担面積$A_i$を求める。

各杭の$A_i$と、円の面積$A_0$（$=\pi\gamma_e^2$）との比から、次式により各杭の負の周面摩擦力が計算される。

$$R_{nf}=\frac{A_i}{A_0}R_{nf0} \quad \cdots\cdots (15.30)$$

ここに、$R_{nf}$　：各杭の負の周面摩擦力（kN）
$A_i$　：**図-15.25** に示す各杭の負担面積（m$^2$）
$A_0$　：$\pi\gamma_e^2$(m$^2$)
$R_{nf0}$　：単杭としたときの杭の負の周面摩擦力（kN）

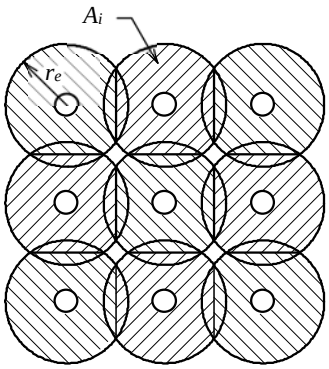



**図-15.25** 群杭の場合の負の周面摩擦力(b)

④ 水平方向地盤反力係数

群杭の場合の設計上の水平方向地盤反力係数は、単杭として求めた水平方向地盤反力件数に、次式により算出した補正係数$\mu$を乗じればよい。

$$\mu = 1 - 0.2\,(2.5 - L/D) \quad [L < 2.5D] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.31)$$

ここに、$L$ ：杭の中心間隔(m)

$D$ ：杭径(m)

鋼管ソイルセメント杭の場合は、ソイルセメント柱径とする。

⑸ 杭の水平耐力

① 杭の水平耐力の検討

土圧、地震力等による水平力を受ける杭は、杭材に生ずる応力が杭材の許容値を超えないようにし、地盤の破壊に対しても安全であること。また、変位が上部構造に有害な影響を及ぼさないかについて検討する必要がある。

② 杭体の変位及び曲げモーメント

長い杭の水平抵抗力は、杭周の地盤が降伏するとしても、その範囲は地表面付近の浅い部分に限定され、水平抵抗力は杭体の強度によって決まる。一方、短い杭の水平抵抗力は、杭体が降伏する前に杭周囲の地盤が破壊するので地盤の強さによって決まる。杭の長短についての基準は下記によればよい。

$L \geqq 3/\beta$　　長い杭

$L < 3/\beta$　　短い杭

ここに、$L$ ：土中に埋まる杭長（m、mm）

$\beta$ ：杭の特性値、$\beta = \left( \dfrac{k_H \cdot D}{4EI} \right)^{1/4}$ （$m^{-1}$、$mm^{-1}$）

$k_H$：水平方向地盤反力係数（$kN/m^3$、$N/mm^3$）

$D$ ：杭径（m、mm）

$EI$：杭の曲げ剛性（$kN \cdot m^2$、$N \cdot mm^2$）

杭体の変位及び杭体に生ずる曲げモーメントは、杭の特性により、次のように計算する。

(i)　長い杭（$L \geqq 3/\beta$）の場合

水平方向地盤反力係数が一様の場合は、**表-15.24** に示す水平方向地盤反力係数が一定の半無限長の梁として計算してよい。

(ii)　短い杭（$L < 3/\beta$）の場合

水平方向地盤反力係数が一様の場合は、**表-15.25** に示す水平方向地盤反力係数が一定の有限長の梁として計算する。

なお、水平方向地盤反力係数が一様でない場合は、地表面から $1/\beta$ までの水平方向地盤反力係数の平均値によって、(i) 又は (ii) に準じて計算してよい。

杭長が $3/\beta$より小さくなると杭先端の影響がでてきて、(i) の半無限長の計算式では誤差が大きくなることがあり、このような場合には有限長の式で計算する方が望ましい。しかし、$\beta L$ が 2.5～3 の間は、それほど誤差は大きくないため半無限長式で計算してもよい。

③　水平方向地盤反力係数 $k_H$

水平方向地盤反力係数 $k_H$ は、各種の調査・試験結果により得られた変形係数を用いて、基礎の載荷幅等の影響を考慮して求める。

(i)　水平方向地盤反力係数を各種土質試験・調査の結果から求める場合は、**式（15.32）**により求められる。

$$k_H = k_{H_0} \cdot \left( \frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.32)$$

ここに、$k_H$　：水平方向地盤反力係数（kN/m$^3$）

$k_{H_0}$　：直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数（kN/m$^3$）で、各種土質試験・調査により求めた変形係数から推定する場合は、次式により求める。

$$k_{H_0} = \frac{1}{0.3} \cdot \alpha \cdot E_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.33)$$

ここに、$E_0$ ：**表-15.20** に示す方法で測定又は推定した、設計の対象とする位置での地盤の変形係数（kN/m$^2$）

$\alpha$ ：地盤反力係数の推定に用いる係数で、**表-15.20** に示す。

**表-15.20**　$E_0$ と $\alpha$

| 次の試験方法による変形係数$E_0$（kN/m$^2$） | $\alpha$ | |
|---|---|---|
| | 常　時 | 地震時 |
| 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2 | 1 | 2 |
| ボーリング孔内で測定した変形係数 | 4 | 8 |
| 供試体の一軸又は三軸圧縮試験から求めた変形係数 | 4 | 8 |
| 標準貫入試験の $N$ 値より $E_0 = 2,800N$ で推定した変形係数 | 1 | 2 |

$B_H$ ：荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅 (m) で、**表-15.21** に示す方法で求める。一般に、弾性体基礎の水平抵抗に関与する地盤としては、設計地盤から $1/\beta$ 程度まで考えればよい。

**表-15.21** 基礎の換算載荷幅 $B_H$

| 基 礎 形 式 | $B_H$ | 備 考 |
|---|---|---|
| 直 接 基 礎 | $\sqrt{A_H}$ | |
| ケ ー ソ ン 基 礎 | $B_e$（$\leqq\sqrt{B_eL_e}$） | |
| 杭 基 礎 | $\sqrt{D/\beta}$ | |

$A_H$ ：荷重作用方向に直交する基礎の載荷面積（$m^2$）
$D$ ：荷重作用方向に直交する基礎の載荷幅（m）
$B_e$ ：荷重作用方向に直交する基礎の有効載荷幅（m）
$L_e$ ：基礎の有効根入れ深さ（m）
$1/\beta$ ：水平抵抗に関与する地盤の深さ（m）で、基礎の有効根入れ深さ以下とする。

$\beta$ ：基礎の特性値 $\sqrt[4]{\dfrac{k_H\cdot D}{4EI}}$ （$m^{-1}$）

$EI$ ：基礎の曲げ剛性（$kN\cdot m^2$）

(ii) 水平方向地盤反力係数を杭の水平載荷試験による荷重－変位量曲線から求める場合は、設計地盤面における基準変位量とそれに対応する荷重から逆算すればよい。

地盤反力係数は、**式（15.34）**により定義される。

$$k_H=\frac{p}{\delta} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.34)$$

ここに、$k_H$：水平方向地盤反力係数（$kN/m^3$）
$p$ ：地盤反力度（$kN/m^2$）
$\delta$ ：変位量（m）

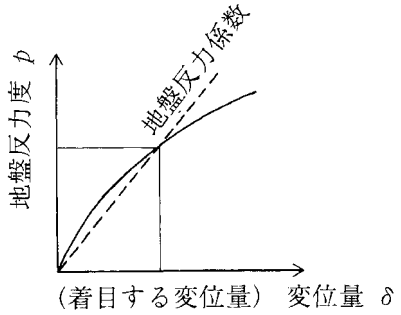



**図-15.26** 地盤反力係数

ここで、杭基礎の場合、地盤の剛性は深さ方向に一様ではなく、また、多層地盤であることが多いことや、深さにより杭の変位量も変化することから、厳密には地盤反力係数の深さ方向の分布を考慮して解析する必要がある。しかしながら、これらの影響を考慮して解析することは複雑であるため、「道路橋示方書」では、着目する変位と地盤反力度の比をもって地盤反力係数と定義している。この方法によると、杭の載荷試験において、杭頭に作用する水平力 $H$ と杭頭変位量 $S$ から $k_H$ を求めることができる。

④　杭のばね定数

(i)　杭の軸方向バネ定数

杭の軸方向バネ定数 $K_V$ は、次の 3 種類の方法により求めることができる。

①　既往の杭の鉛直載荷試験による推定式

②　杭の鉛直載荷試験の荷重～沈下量曲線による推定

③　地盤調査結果による推定式

一般的には①の推定式により $K_V$ を推定する。

根入れ比 $L/D \geqq 10$ の場合、$K_V$ は下式で求める。$L/D$ ＜10 の杭では類似条件の載荷試験等を参考にして総合的に $K_V$ を決定する。

$$K_V = a \cdot \frac{A_p \cdot E_p}{L} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.35)$$

ここに、 $K_V$ ：杭の軸方向ばね定数（kN/m）

$a$ ：施工法別に杭の根入れ比（$L/D$）から決まる係数（**表-15.22** 参照）

$A_p$ ：杭の純断面積（$mm^2$）

$E_p$ ：杭のヤング係数（$kN/mm^2$）

$L$ ：杭長（m）

$D$ ：杭径（m）

なお、鋼管ソイルセメント杭の場合は、下式により推定する。

$$K_V = a \cdot \frac{A_{sp} \cdot E_{sp} + A_{sc} \cdot E_{sc}}{L} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.36)$$

ここに、 $A_{sp}$ ：鋼管の純断面積（$mm^2$）

$E_{sp}$ ：鋼管のヤング係数（$kN/mm^2$）

$A_{sc}$ ：ソイルセメント柱の純断面積（$mm^2$）

$E_{sc}$ ：ソイルセメントの変形係数（$kN/mm^2$）

$E_{sc} = 500\, q_u$

$q_u$ ：ソイルセメントの一軸圧縮強度（$kN/mm^2$）

$L$ ：杭長（m）

**表-15.22**　$a$ の算定式

| 杭　施　工　法 | $a$ |
|---|---|
| 打込み杭（打撃工法） | 0.014（$L/D$）＋0.72 |
| 打込み杭（バイブロハンマ工法） | 0.017（$L/D$）－0.014 |
| 場所打ち杭 | 0.031（$L/D$）－0.15 |
| 中掘り杭 | 0.010（$L/D$）＋0.36 |
| プレボーリング杭 | 0.013（$L/D$）＋0.53 |
| 鋼管ソイルセメント杭 | 0.040（$L/D$）＋0.15 |
| 回転杭 | 0.013（$L/D$）＋0.54（1.5 倍径） |
| | 0.010（$L/D$）＋0.36（2.0 倍径） |

(ii) 杭の軸直角方向バネ定数

一本の杭の軸直角方向バネ定数 $K_1$、$K_2$、$K_3$ 及び $K_4$ は次に示すように定義される。

$K_1$、$K_3$ ：杭頭部に回転を生じないようにして、杭頭部を杭軸直角方向に単位量だけ変位させるとき、杭頭部に作用させるべき軸直角方向（kN/m）及び曲げモーメント（kN･m/m）

$K_2$、$K_4$ ：杭頭部に移動を生じないようにして、杭頭部を単位量だけ回転させるとき、杭頭部に作用させるべき軸直角方向（kN/rad）及び曲げモーメント（kN･m/rad）

これらのバネ定数は、水平方向地盤反力係数を用いた弾性床上のはりの理論に基づき算出される荷重と変位の関係から求められる。

杭の軸直角方向バネ定数は、水平方向地盤反力係数 kH が深さによらず一定で、杭の根入れ長さが十分に大きい場合（$\beta L \geqq 3$）には、**表-15.23** により求めることができる。

**表-15.23** 杭の軸直角方向バネ定数

| | 杭頭剛結合 | | 杭頭ヒンジ結合 | |
|---|---|---|---|---|
| | $h \neq 0$ | $h = 0$ | $h \neq 0$ | $h = 0$ |
| $K_1$ | $\dfrac{12EI\beta^3}{(1+\beta h)^3+2}$ | $4EI\beta^3$ | $\dfrac{3EI\beta^3}{(1+\beta h)^3+0.5}$ | $2EI\beta^3$ |
| $K_2$、$K_3$ | $K_1\dfrac{\lambda}{2}$ | $2EI\beta^2$ | 0 | 0 |
| $K_4$ | $\dfrac{4EI\beta}{1+\beta h}\dfrac{(1+\beta h)^3+0.5}{(1+\beta h)^3+2}$ | $2EI\beta$ | 0 | 0 |

ここに、$\beta$ ：杭の特性値 $\beta = \sqrt[4]{\dfrac{k_H \cdot D}{4EI}}$ （$m^{-1}$）

$\lambda$ ：$h + \dfrac{1}{\beta}$ （m）

$k_H$ ：水平方向地盤反力係数（$kN/m^3$）

$D$ ：杭径（m）

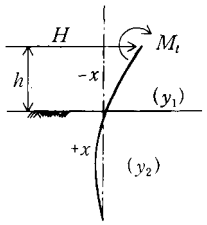
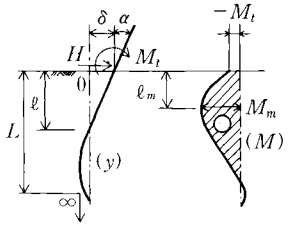
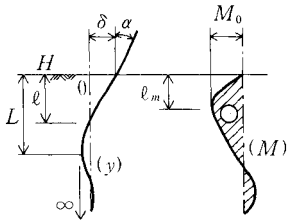
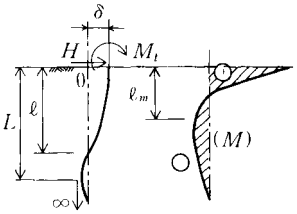
鋼管ソイルセメント杭の場合は、ソイルセメント柱径とする。

$EI$ ：杭の曲げ剛性（$kN \cdot m^2$）

鋼管ソイルセメント杭の曲げ剛性は、ソイルセメントの一軸圧縮強度が 1.0 $N/mm^2$ 程度までの場合にはその寄与度が僅かなため、鋼管のみの曲げ剛性としてよい。

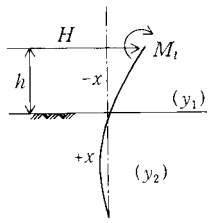
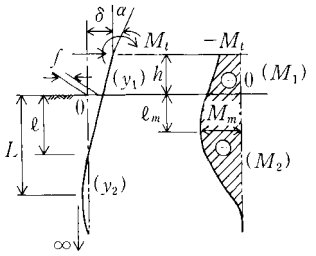
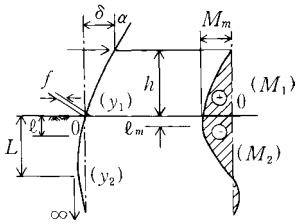
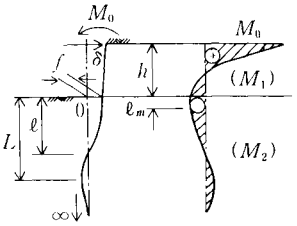
$h$ ：設計上の地盤面から上の杭軸方向の長さ（m）

**表-15.24(a)　半無限長の計算式（土中に埋込まれた杭）**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| たわみ曲線の微分方程式 |  | 地上部分：$EI\dfrac{d^4y_1}{dx^4}=0$　　$k_H$：水平方向地盤反力係数（N/mm³）<br>$h$ ：$H$、$M_t$の作用する地上高（mm）<br>地中部分：$EI\dfrac{d^4y_2}{dx^4}+p=0$　　$\beta=\sqrt[4]{k_HD/4EI}$　（mm⁻¹）<br>$p=k_HDy_2$　　$h_0=\dfrac{M_t}{H}$　（mm）<br>$H$ ：杭軸直角方向力（N）<br>$M_t$：杭頭の外力としてのモーメント（N・mm）<br>$D$ ：杭径（mm）<br>$E$ ：杭のヤング係数（N/mm²）<br>$I$ ：杭の断面二次モーメント（mm⁴） | | |
| 杭 の 状 態 | | 土中に埋込まれた杭（$h=0$） | | |
| た わ み 曲 線 図<br>曲げモーメント図 | | イ）基本系<br>  | ロ）$M_t=0$ の場合（$h_0=0$）<br>  | ハ）杭頭が回転しない場合<br>  |
| a | たわみ曲線<br>$y$（mm） | $y=\dfrac{H}{2EI\beta^3}e^{-\beta x}\left[(1+\beta h_0)\cos\beta x-\beta h_0\sin\beta x\right]$ | $y=\dfrac{H}{2EI\beta^3}e^{-\beta x}\cos\beta x$ | $y=\dfrac{H}{4EI\beta^3}e^{-\beta x}\left[\cos\beta x+\sin\beta x\right]$ |
| b | 杭頭変位<br>$\delta$（mm） | $\delta=\dfrac{H}{2EI\beta^3}+\dfrac{M_t}{2EI\beta^2}=\dfrac{1+\beta h_0}{2EI\beta^3}H$ | $\delta=\dfrac{H}{2EI\beta^3}$ | $\delta=\dfrac{H}{4EI\beta^3}=\dfrac{\beta H}{k_H}D$ |
| c | 地表面変位$f$（mm） | $f=\delta$ | $f=\delta$ | $f=\delta$ |
| d | 杭頭傾斜角<br>$\alpha$（rad） | $\alpha=\dfrac{H}{2EI\beta^2}+\dfrac{M_t}{EI\beta}=\dfrac{1+2\beta h_0}{2EI\beta^2}H$ | $\alpha=\dfrac{H}{2EI\beta^2}$ | $\alpha=0$ |
| e | 杭各部の曲げモーメント<br>$M$（N･mm） | $M=-\dfrac{H}{\beta}e^{-\beta x}\left[\beta h_0\cdot\cos\beta x+(1+\beta h_0)\sin\beta x\right]$ | $M=-\dfrac{H}{\beta}e^{-\beta x}\sin\beta x$ | $M=-\dfrac{H}{2\beta}e^{-\beta x}(\sin\beta x-\cos\beta x)$ |
| f | 杭各部のせん断力<br>$S$（N） | $S=-He^{-\beta x}\ [\cos\beta x-(1+2\beta h_0)\cdot\sin\beta x]$ | $S=-He^{-\beta x}\ (\cos\beta x-\sin\beta x)$ | $S=-He^{-\beta x}\ \cos\beta x$ |
| g | 杭頭曲げモーメント<br>$M_0$（N･mm） | $M_0=-M_t=-Hh_0$ | $M_0=0$ | $M_0=\dfrac{H}{2\beta}$ |
| h | 地中部$\ell_m$の点の曲げモーメント<br>$M_m$（N･mm） | $M_m=-\dfrac{H}{2\beta}\sqrt{(1+2\beta h_0)^2+1}\cdot\exp(-\beta\ell_m)$ | $M_m=-\dfrac{H}{\beta}e^{-\frac{\pi}{4}}\cdot\sin\dfrac{\pi}{4}=-0.3224\dfrac{H}{\beta}$ | $M_m=-\dfrac{H}{2\beta}e^{-\frac{\pi}{2}}=-0.2079M_0$ |
| i | $\ell_m$（mm） | $\ell_m=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1}{1+2\beta h_0}$ | $\ell_m=\dfrac{\pi}{4\beta}$ | $\ell_m=\dfrac{\pi}{2\beta}$ |
| j | 第 1 不動点の深さ<br>$\ell$（mm） | $\ell=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1+\beta h_0}{\beta h_0}$ | $\ell=\dfrac{\pi}{2\beta}$ | $\ell=\dfrac{3\pi}{4\beta}$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| k | たわみ角 0 となる深さ $L$（mm） | $L=\frac{1}{\beta}\tan^{-1}\left[-(1+2\beta h_0)\right]$ | $L=\frac{3\pi}{4\beta}$ | $L=\frac{\pi}{\beta}$ |

**表-15.24(b)　半無限長の計算式（地上に突出している杭）**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| たわみ曲線の微分方程式 |  | 地上部分：$EI\frac{d^4y_1}{dx^4}=0$　　$k_H$：水平方向地盤反力係数（N/mm³）<br>$h$ ：$H$、$M_t$ の作用する地上高（mm）<br>地中部分：$EI\frac{d^4y_2}{dx^4}+p=0$　　$\beta=\sqrt[4]{k_HD/4EI}$（mm⁻¹）<br>$p=k_HDy_2$　　$h_0=\frac{M_t}{H}$<br>$H$ ：杭軸直角方向力（N）<br>$M_t$：杭頭の外力としてのモーメント（N･mm）<br>$D$ ：杭径（mm）<br>$E$ ：杭のヤング係数（N/mm²）<br>$I$ ：杭の断面二次モーメント（mm⁴） | | |
| 杭 の 状 態 | | 地上に突出している杭（$h>0$） | | |
| たわみ曲線図<br>曲げモーメント図 | | イ）基本系<br>  | ロ）$M_t=0$ の場合（$h_0=0$）<br>  | ハ）杭頭が回転しない場合<br>  |
| a | たわみ曲線 $y$（mm） | $y_1=\frac{H}{6EI\beta^3}\left[\beta^3x^3+3\beta^3(h+h_0)x^2-3\{1+2\beta(h+h_0)\}\beta x+3\{1+\beta(h+h_0)\}\right]$<br>$y_2=\frac{H}{2EI\beta^3}e^{-\beta x}\left[\{1+\beta(h+h_0)\}\cdot\cos\beta x-\beta(h+h_0)\sin\beta x\right]$ | $y_1=\frac{H}{6EI\beta^3}\left\{\beta^3x^3+3\beta^3hx^2-3(1+2\beta h)\beta x+3(1+\beta h)\right\}$<br>$y_2=\frac{H}{2EI\beta^3}e^{-\beta x}\left\{(1+\beta h)\cos\beta x-\beta h\sin\beta x\right\}$ | $y_1=\frac{H}{12EI\beta^3}\left\{2\beta^3x^3-3(1-\beta h)\beta^2x^2-6\beta^2hx+3(1+\beta h)\right\}$<br>$y_2=\frac{H}{4EI\beta^3}e^{-\beta x}\left\{(1+\beta h)\cos\beta x+(1-\beta h)\sin\beta x\right\}$ |
| b | 杭頭変位 $\delta$（mm） | $\delta=\frac{(1+\beta h)^3+1/2}{3EI\beta^3}H+\frac{(1+\beta h)^2}{2EI\beta^2}M_t$ | $\delta=\frac{(1+\beta h)^3+1/2}{3EI\beta^3}H$ | $\delta=\frac{(1+\beta h)^3+2}{12EI\beta^3}H$ |
| c | 地表面変位 $f$（mm） | $f=\frac{1+\beta(h+h_0)}{2EI\beta^3}H$ | $f=\frac{1+\beta h}{2EI\beta^3}H$ | $f=\frac{1+\beta h}{4EI\beta^3}H$ |
| d | 杭頭傾斜角 $\alpha$（rad） | $\alpha=\frac{(1+\beta h)^2}{2EI\beta^2}H+\frac{1+\beta h}{EI\beta}M_t$ | $\alpha=\frac{(1+\beta h)^2}{2EI\beta^2}H$ | $\alpha=0$ |
| e | 杭各部の曲げモーメント $M$（N･mm） | $M_1=-H(x+h)-M_t=-H(x+h+h_0)$<br>$M_2=-\frac{H}{\beta}e^{-\beta x}\left[\beta(h+h_0)\cos\beta x+\{1+\beta(h+h_0)\}\sin\beta x\right]$ | $M_1=-H(x+h)$<br>$M_2=-\frac{H}{\beta}e^{-\beta x}\left\{\beta h\cos\beta x+(1+\beta h)\sin\beta x\right\}$ | $M_1=\frac{H}{2\beta}\left\{-2\beta x+(1-\beta h)\right\}$<br>$M_2=\frac{H}{2\beta}e^{-\beta x}\left\{(1-\beta h)\cos\beta x-(1+\beta h)\sin\beta x\right\}$ |
| f | 杭各部のせん断力 $S$（N） | $S_1=-H$<br>$S_2=-He^{-\beta x}\left[\cos\beta x-\{1+2\beta(h+h_0)\}\cdot\sin\beta x\right]$ | $S_1=-H$<br>$S_2=-He^{-\beta x}\left\{\cos\beta x-(1+2\beta h)\cdot\sin\beta x\right\}$ | $S_1=-H$<br>$S_2=-He^{-\beta x}(\cos\beta x-\beta h\sin\beta x)$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| g | 杭頭曲げモーメント $M_0$（N･mm） | $M_0=-M_t=-Hh_0$ | $M_0=0$ | $M_0=\dfrac{1+\beta h}{2\beta}H$ |
| h | 地中部$\ell_m$の点の曲げモーメント $M_m$（N･mm） | $M_m=-\dfrac{H}{2\beta}\sqrt{\left\{1+2\beta\left(h+h_0\right)\right\}^2+1}\cdot\exp\left(-\beta\ell_m\right)$ | $M_m=-\dfrac{H}{2\beta}\sqrt{\left(1+2\beta h\right)^2+1}\cdot\exp\left(-\beta\ell_m\right)$ | $M_m=-\dfrac{H}{2\beta}\sqrt{1+\left(\beta h\right)^2}\cdot\exp\left(-\beta\ell_m\right)$ |
| i | $\ell_m$（mm） | $\ell_m=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1}{1+2\beta\left(h+h_0\right)}$ | $\ell_m=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1}{1+2\beta h}$ | $\ell_m=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1}{\beta h}$ |
| j | 第 1 不動点の深さ$\ell$（mm） | $\ell=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1+\beta\left(h+h_0\right)}{\beta\left(h+h_0\right)}$ | $\ell=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\dfrac{1+\beta h}{\beta h}$ | $\ell=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\left(\dfrac{\beta h+1}{\beta h-1}\right)$ |
| k | たわみ角 0 となる深さ $L$（mm） | $L=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\left[-\left\{1+2\beta\left(h+h_0\right)\right\}\right]$ | $L=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\left\{-\left(1+2\beta h\right)\right\}$ | $L=\dfrac{1}{\beta}\tan^{-1}\left(-\beta h\right)$ |

**表-15.25**　有限長杭の計算式

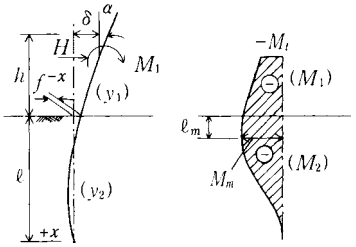
| | | | |
|---|---|---|---|
| たわみ曲線微分方程式<br>たわみ曲線図<br>曲げモーメント図 | | 地上部分：$EI\dfrac{d^4y_1}{dx^4}=0$<br>地中部分：$EI\dfrac{d^4y_2}{dx^4}+p=0$<br>$p=k_HDy_2$ |  |
| | | 地　上　部 | 地　中　部 |
| a | たわみ曲線 $y$（mm） | $y_1=f-\dfrac{1}{2EI\beta^2}\left(-C_1-C_2+C_3-C_4\right)x+\dfrac{M_t+Hh}{2EI}x^2+\dfrac{H}{6EI}x^3$ | $y_2=\dfrac{1}{2EI\beta^3}\left\{e^{\beta x}\left(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x\right)+e^{-\beta x}\left(C_3\cos\beta x+C_4\sin\beta x\right)\right\}$ |
| b | 杭各部の曲げモーメント $M$（N･mm） | $M_1=-H\left(x+h\right)-M_t$ | $M_2=\dfrac{1}{\beta}\left\{e^{\beta x}\left(C_1\sin\beta x-C_2\cos\beta x\right)+e^{-\beta x}\left(-C_3\sin\beta x+C_4\cos\beta x\right)\right\}$ |
| c | 杭各部のせん断力 $S$（N） | $S_1=-H$ | $S_2=e^{\beta x}\left\{\left(C_1-C_2\right)\cos\beta x+\left(C_1+C_2\right)\sin\beta x\right\}+e^{-\beta x}\left\{-\left(C_3+C_4\right)\cos\beta x+\left(C_3-C_4\right)\sin\beta x\right\}$ |
| d | 杭頭変位$\delta$（mm） | $\delta=f+\alpha h-\dfrac{M_t}{2EI}h^2-\dfrac{H}{6EI}h^3$ | |
| e | 地表面変位 $f$（mm） | $f=\dfrac{1}{2EI\beta^3}\left(C_1+C_3\right)$ | |
| f | 杭頭傾斜角$\alpha$（rad） | $\alpha=\dfrac{1}{2EI\beta^2}\left(-C_1-C_2+C_3-C_4\right)+\dfrac{M_t}{EI}h+\dfrac{H}{2EI}h^2$ | |
| g | $\ell_m$（mm） | $\beta\ell_m^{(1)}=\tan^{-1}\dfrac{\left(C_3+C_4\right)-\left(C_1-C_2\right)\exp\left(2\beta\ell_m^{(0)}\right)}{\left(C_3-C_4\right)+\left(C_1+C_2\right)\exp\left(2\beta\ell_m^{(0)}\right)}$　（逐次近似式） | |

**表-15.26** 有限長杭の積分定数 $C_1$、$C_2$、$C_3$、$C_4$

| | 杭先端自由 | 杭先端ヒンジ | 杭先端固定 |
|---|---|---|---|
| $C_1$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1-\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}-e^{-4\beta\ell}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(\cos 2\beta\ell+\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}-e^{-4\beta\ell}\right\}$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{-\cos 2\beta\ell\cdot e^{-2\beta\ell}+e^{-4\beta\ell}\right\}$<br>$+\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(\sin 2\beta\ell-\cos 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}-e^{-4\beta\ell}\right\}$ | $-\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1+\sin 2\beta)e^{-2\beta}+e^{-4\beta}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(\cos 2\beta+\sin 2\beta)e^{-2\beta}-e^{-4\beta}\right\}$ |
| $C_2$ | $-\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1-\cos 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(2-\cos 2\beta\ell+\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}-e^{-4\beta\ell}\right\}$ | $-\frac{H^*}{\Delta}\left\{\sin 2\beta\ell\cdot e^{-2\beta\ell}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(\cos 2\beta\ell+\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}+e^{-4\beta\ell}\right\}$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1+\cos 2\beta)e^{-2\beta}\right\}$<br>$+\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{(2+\cos 2\beta-\sin 2\beta)e^{-2\beta}+e^{-4\beta}\right\}$ |
| $C_3$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{1-(1+\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$<br>$+\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1-(\cos 2\beta\ell-\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{1-\cos 2\beta\ell\cdot e^{-2\beta\ell}\right\}$<br>$+\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1+(\cos 2\beta\ell+\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{1+(1-\sin 2\beta)e^{-2\beta}\right\}$<br>$+\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1-(\cos 2\beta-\sin 2\beta)e^{-2\beta}\right\}$ |
| $C_4$ | $-\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1-\cos 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1-(2-\cos 2\beta\ell-\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$ | $-\frac{H^*}{\Delta}\left(\sin 2\beta\ell\cdot e^{-2\beta\ell}\right)$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1+(\cos 2\beta\ell-\sin 2\beta\ell)e^{-2\beta\ell}\right\}$ | $\frac{H^*}{\Delta}\left\{(1+\cos 2\beta)e^{-2\beta}\right\}$<br>$-\frac{\beta M^*}{\Delta}\left\{1+(2+\cos 2\beta+\sin 2\beta)e^{-2\beta}\right\}$ |
| $\Delta$ | $1-2(2-\cos 2\beta)e^{-2\beta}+e^{-4\beta}$ | $1-2\sin 2\beta\cdot e^{-2\beta}-e^{-4\beta}$ | $1+2(2+\cos 2\beta)e^{-2\beta}+e^{-4\beta}$ |

⑹　杭の断面変化位置の設計

①　第 1 断面変化位置

杭の第 1 断面変化位置は、**式（15.37）**により求める。

$$\ell_1 \geqq \ell_a + \ell_f \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.37)$$

ここに、$\ell_1$　：杭頭から第 1 断面変化位置までの距離（m）
ただし、鋼管杭の場合は、0.5m 単位で切り上げる。
なお、既製コンクリート杭の場合は、1m 単位で切り上げるものとするが、杭体内補強鉄筋を使用する場合は、鉄筋をハツリ出す部分を含んだ杭の長さが 1m 単位となるように決定する。

$\ell_a$　：フーチング下面から地中部の曲げモーメントの値が最大曲げモーメント $M_{max}$ の 1/2 となる位置までの長さ（m）

$\ell_f$　：フーチングへの埋込み長（m）

$M_{max}$：$M_t$、$M_m$ のいずれか大きい方の曲げモーメント（kN･m）

$M_t$　：杭頭剛結として求めた杭頭曲げモーメント（kN･m）

$M_m$　：杭頭ヒンジとして求めた地中部最大曲げモーメント（kN･m）

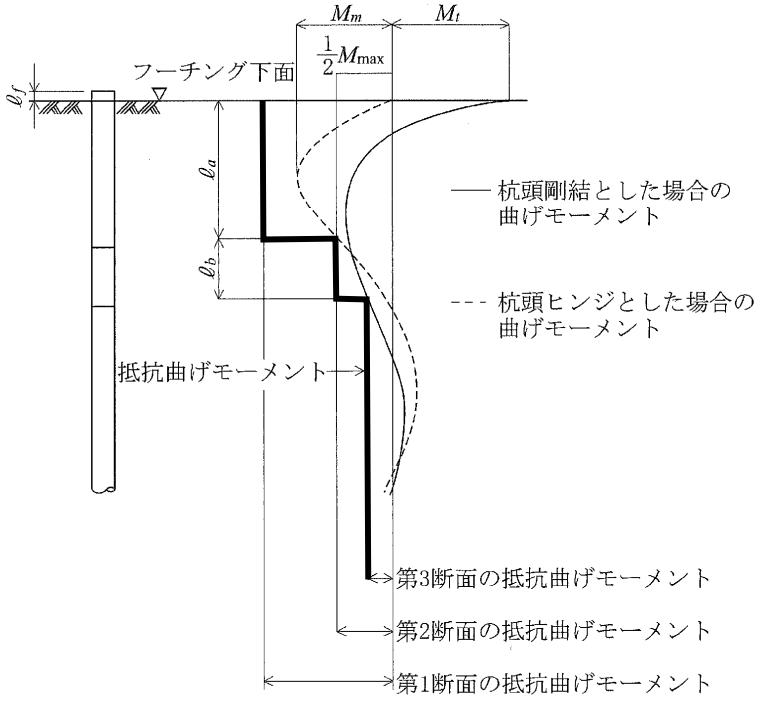



**図-15.27**　断面変化の設計位置

② 第2断面変化位置

第2断面変化位置は、**式（15.38）**により求められる。

$$\ell_2 \geqq \ell_a + \ell_b + \ell_f \cdots\cdots (15.38)$$

ここに、$\ell_2$ ：杭頭から第2断面変化位置までの距離（m）
ただし、鋼管杭の場合は、0.5m 単位で切り上げる。
既製コンクリート杭の場合は、1.0m 単位で切り上げる。

$\ell_b$ ：第1断面下端位置より、設計用曲げモーメントと第3断面の抵抗曲げモーメントが一致する位置までの距離（m）
ただし、鋼管杭では$\ell_b \geqq 2$m とする。

既製コンクリート杭の単体長は、通常 4～15m の 1m 間隔であり、断面長さを決定する場合は、最低単体長以上で長さを選定する必要がある。

### 15.3.5 杭材の許容応力

設計は、原則として限界状態設計法を適用して行うこととするが、これにより難い場合は、許容応力度設計法を適用して行うことも妨げない。参考として杭材の許容応力を以下に示す。

⑴ 既製コンクリート杭

RC、PHC 杭のコンクリートの許容応力は、**表-15.27** 及び**表-15.28** に示す値とする。

**表-15.27** PHC 杭のコンクリートの許容応力（N/mm²）

| 応力の種類＼杭種 | RC 杭 | PHC 杭 | SC 杭 |
|---|---|---|---|
| 設計基準強度 | 40.0 | 80.0 | 80.0 |
| 曲げ圧縮応力 | 13.5 | 27.0 | 27.0 |
| 軸圧縮応力 | 11.5 | 23.0 | 23.0 |
| せん断応力 | 0.36 | 0.85 | 0.85 |

注） レベル1地震時は上記の1.5倍とする。

**表-15.28** PHC 杭のコンクリートの曲げ引張応力（N/mm²）

| 有効プレストレスト$\sigma_{ce}$（N/mm²） | | 3.9≦$\sigma_{ce}$＜7.8 | 7.8≦$\sigma_{ce}$ |
|---|---|---|---|
| 曲げ引張応力 | 常時 | 0 | 0 |
| | 地震時（レベル1） | 3 | 5 |

注） 有効プレストレストは、A 種…$\sigma_{ce}$＝ 4.0N/mm²
B 種…$\sigma_{ce}$＝ 8.0N/mm²
C 種…$\sigma_{ce}$＝10.0N/mm²

⑵ 場所打ちコンクリート杭

場所打ち杭のコンクリートの許容応力は、**表-15.29** の値とする。ただし、コンクリートの配合は単位セメント量 350kg/m³ 以上、水セメント比 55%以下、スランプ 180～210mm を原則とする。

**表-15.29**　水中で施工する場所打ち杭のコンクリートの許容応力（N/mm²）

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| コンクリートの呼び強度 | | 30 | 35 | 40 |
| 水中コンクリートの設計基準強度 | | 24 | 27 | 30 |
| 圧縮応力 | 曲げ圧縮応力 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| | 軸圧縮応力 | 6.5 | 7.5 | 8.5 |
| せん断応力 | コンクリートのみでせん断力を負担する場合 | 0.23 | 0.24 | 0.25 |
| | 斜引張鉄筋と協同して負担する場合 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |
| 付着応力（異形棒鋼） | | 1.2 | 1.3 | 1.4 |

注）　レベル1地震時は上記の1.5倍とする。

⑶　鋼管杭、鋼管ソイルセメント杭

鋼管杭の許容応力は、**表-15.30** に示す値とする。なお、鋼管杭の使用に当たっては、以下に留意する。

①　鋼管杭は JIS A 5525（鋼管ぐい）の規格に適合するものを標準とする。

②　鋼管杭の各部の厚さは強度計算上必要な厚さに腐食による減厚を加えたものとし、最小肉厚は 9mm 以上とする。

③　鋼管杭の腐食減厚は杭が土又は水に接する面について考慮するものとする。ただし、鋼管の内面については考慮しなくてもよい。

〔参　考〕

鋼管杭の腐食減厚は、海水や鋼の腐食を促進させる工場排水等の影響を受けない場合で、腐食調査も行わず、また、腐食処理も施さないときは、常時水中及び地中にある部分（地下水中にある部分も含む）について、一般に 1mm の腐食代を考慮するのがよい。

**表-15.30**　鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭の許容応力（N/mm²）

| 区分 | | | 鋼材記号 / 応力の種類 | SKK400 | SKK490 |
|---|---|---|---|---|---|
| 母材部 | | | 引張<br>圧縮<br>せん断 | 140<br>140<br>80 | 185<br>185<br>105 |
| 溶接部 | 工場溶接 | グループ溶接 | 引張<br>圧縮<br>せん断 | 140<br>140<br>80 | 185<br>185<br>105 |
| | | すみ肉溶接 | せん断 | 80 | 105 |
| | 現場溶接 | | 引張<br>圧縮<br>せん断 | 原則として工場溶接と同じ値とする。 | |

注）　レベル1地震時は上記の1.5倍とする。

## 15.3.6 主な既製杭の特徴

⑴ 木杭

| 規　　準 | 利　　点 | 問　題　点 | 中　心　間　隔 |
|---|---|---|---|
| 割れ等欠点のない生丸太樹皮を除いたもの。元口から末口までおよそ一様に径が変化、末口の径12cm以上のもの。両端中心線が杭の外に出ないこと。 | 重量が軽く、運搬･取扱い容易。<br>打込み長さの調節が容易、工期が短くてすむ。 | 常時水面下に限られる。<br>地下水の上下するところでは腐食する。<br>大きな荷重を支えるのに適しない。<br>曲がり等の欠点がある。<br>入手が困難。 | 元口の 2.5 倍以上、かつ60cm 以上。 |

⑵ 既製コンクリート杭

| 規　　準 | 利　　点 | 問　題　点 | 中　心　間　隔 |
|---|---|---|---|
| 運搬・打込み又は埋込み等によりひび割れ、破損を生じないもの。<br>JIS A 5372「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」附属書 1<br>JIS A 5373「プレキャストプレストレストコンクリート製品」附属書 5<br>１本の長さは 15m 以下とする。 | 品質が均等密質で、強度や衝撃抵抗が大きい。継杭でないとき、でき上りの確実性が大きい。<br>常時の水位に関係なく、使用できる。<br>やや堅硬な中間層も貫通できる。 | 重量が大で取扱いに注意しないと、亀裂が生じる。<br>継手が適切でないものは信頼性に疑問がある。<br>中間層が割合い硬い場合、頭部破損のおそれがある。 | 杭頭部径の 2.5 倍以上。 |

⑶ 鋼杭

| 規　　準 | 利　　点 | 問　題　点 | 中　心　間　隔 |
|---|---|---|---|
| 運搬・打込み又は埋込み等に対し十分な強度をもつよう断面を定め必要に応じ補強材を設ける。<br>JIS A 5525「鋼管ぐい」<br>JIS A 5526「H形鋼ぐい」 | 長さの長い杭が施工できる（70m ぐらい）。材料が均質で継手も施工しやすく、信頼性が高い。<br>衝撃･曲げ抵抗が大、支持力が大きい。<br>中間砂礫層の貫通が容易（$N$50～70 まで）。コンクリート杭の 1/3 程度の重量であり、比較的取扱いが容易である。<br>必要に応じ切断・溶接ができ、長さの調節が容易。 | 価格が高くつく場合がある。<br>腐食のおそれがあり、腐食代をみるか、防錆処置が必要。 | 杭頭部径の 2.5 倍以上。 |

### 15.3.7　施工法による杭の分類

⑴　打込み杭

打込み杭とは、ハンマーで杭頭を打撃するか押込みによって既製杭を地盤中に打込むものをいう。他の工法と比べ、貫入することにより地盤を締固める作用をする、打止め時の貫入量を測定でき、施工管理が容易である等の利点がある。

しかし、打込みに大きな打撃力を必要とし、適当なハンマーの大きさ、シューの形状等を吟味しないと、下記のような杭体の破損を起こす。コンクリート杭の打撃応力の許容限界は静的圧縮強度の 65%程度を目安とする。

また、鋼杭の打撃応力の許容限界は、母材の引張降伏応力の 0.7 程度とみてよい。

打撃による杭の破損現象の主なものは、次のとおりである。

コンクリート杭　①　杭頭部や継手部に部分破壊やひび割れが発生する。
②　軟弱層を貫通する際の杭先端からの引張反射波によって水平ひび割れを発生する。
③　曲げ破損を生じる。
④　先端閉端杭のシューが、せん断破壊する。
⑤　開端部の場合、下方に土が詰まり、この内圧によって縦に割れを生じる。

鋼　　杭　①　杭頭部や継手にちょうちん座屈や局部座屈を生じる。
②　H 形鋼杭を均質地盤に打込んだ場合、ねじれ破損を生じる。

打込み杭の施工に当たっては、上記のような杭体の破損を生じることなく、所定の打止め条件が得られるまで打込む。このため、原則として杭打ち試験を行う。

⑵　埋込み杭

埋込み杭は、地盤を掘削することによって既製杭を沈設する杭で、騒音・振動等の公害を低減する目的で次第に普及してきたものである。

沈設の方法には、次のようなものがある。

①　プレボーリング工法

掘削ビット及びロッドを用いて掘削・泥土化した掘削孔内の地盤に根固め液、杭周面固定液を注入、攪拌混合してソイルセメント状にした後、既製コンクリート杭を沈設する工法。所定の支持層まで掘削した後、根固液を注入・撹拌混合しながら反復して根固部を築造する。

②　中掘り工法

先端開放の既製杭の内部にスパイラルオーガーなどを通して地盤を掘削しながら杭を所定の深さまで沈設したのち、所定の支持力が得られるよう先端処理を行う工法。

③　ウォータージェット工法

既製杭の先端部にジェットノズルを装備し、水を噴射して、地盤抵抗を弱め、杭を沈設するもの。

④　圧入工法

圧入装置を用いて、既製杭を圧入沈降させるもの。

埋込み杭は沈設後、先端支持力・摩擦抵抗を高めるため、次のような措置を講ずる。

(i)　ハンマーで打撃を加える。

(ii)　先端部にコンクリートを打設するかグラウトを行う。

(iii)　プレボーリング工法の場合、沈設後、杭と地盤の間隙をセメントミルクにより固結化する。

埋込み杭の施工に当たって留意すべき点は、次のとおりである。

(i) 掘削に湾曲を生じ、挿入された既製コンクリート杭が曲げ破損を起こすことがある。

(ii) 打込み杭に比べ、地盤を緩めるため許容支持力が低下する。

(iii) 埋込み杭の底部は確実に支持層に到達させるため、支持層の深さの変化等を十分確認しておく必要がある。

(iv) 支持層への根入れ深さは杭径とほぼ同等以上とする。

(v) 中心間隔は杭頭部の 2.5 倍以上とする。

⑶ 場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭とは、あらかじめ地盤中に削孔された孔内にコンクリートを打設することによって造成する杭をいう。

場所打ちコンクリート杭には、次の種類がある。

① 掘削法による分類

(i) 回転バケットによるもの

(ii) ハンマーグラブを使用するもの

(iii) カッターによるもの

(iv) オーガを使用するもの

(v) ピットによるもの

② 孔壁の保護法による分類

(i) ケーシングを使用するもの

(ii) ベントナイト泥水、又は清水の液圧を利用するもの

③ コンクリートの打設法による分類

(i) 素掘り後、コンクリート打ちを行うもの

(ii) オーガ掘削後、ロッド先端からモルタルを注入するもの

(iii) トレミー管によってコンクリートを打設し、泥水や清水と置換するもの

(iv) ピットによる撹拌土にモルタルを注入するもの

これらの組合せによって、数多くの工法が実用化されているが、大別すると、オールケーシング工法・リバース工法・アースドリル工法・深礎工法の 4 つの工法がある。

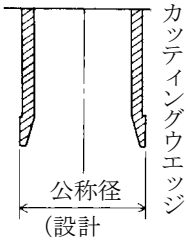



**図-15.28** オールケーシング工法の場合

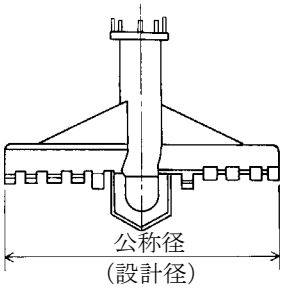
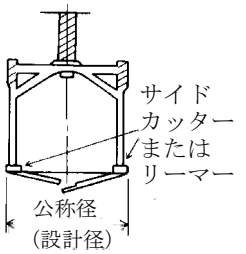



**図-15.29** リバース工法の場合




注) 安定液使用の場合，設計径は(公称径－0.05)m とする。

**図-15.30** アースドリル工法の場合

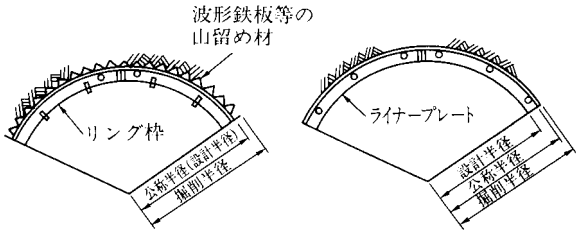



**図-15.31**　深礎工法の場合

場所打ちコンクリート杭の施工に当たっては、孔壁の崩壊・ボイリング並びに掘削機器引上げ時の吸引現象等による支持層の緩みを生じないようにするとともに、孔底のスライム除去対策を講じる必要がある。

杭の底部は支持層に確実に到達させ、通常 1m 以上支持層中に貫入させるものとする。設計径は深礎工法で 140cm 以上、その他の工法 80cm 以上とし、設計径は 10cm きざみとする。主鉄筋量は、設計断面積の 0.4%以上 6%を最大とし、本数は 6 本以上、主鉄筋と設計径外周との距離は深礎工法で 10cm 以上、その他の工法で 15cm 以上とする。

また、帯鉄筋あるいはらせん筋で補強する必要がある。

杭の中心間隔は、杭頭部径の 2.5 倍以上とする。

⑷　その他

近年、建築構造物を中心として拡底杭工法、節付き杭工法、回転貫入杭工法等の新技術が開発されてきているが、これらの新技術を採用するに当たっては、経済性、施工性、安全性等を十分に検討する。

また、新工法を採用するときの安全性の確認については、新技術情報提供システム（NETIS）の評価や建設技術審査証明協議会による技術審査証明などを参考とする。

### 15.3.8 杭の構造細目

⑴ 杭頭の設計方法

① 設計の基本

ポンプ場における杭頭結合方法は、ピン結合による方法と剛結合による方法があり、次に示すような場合については剛結合による方法とする。

（i） 杭に引き抜き力が作用する場合。

(ii) 水平変位量を小さくしたい場合。

(iii) 以下のような特殊地盤の場合。

・地表面及び支持層の傾斜が著しい地盤
・負の周面摩擦力が生ずる地盤
・摩擦杭としなければならない地盤
・側方移動が生ずる地盤

(iv) レベル 2 地震動に対する耐震設計を必要とする場合。

大地震では、上下方向の地震波動にも留意する必要がある。このため、上記(i)～(iv)の条件にかかわらず、剛結合による方法とする。

② 設計方法

杭頭部及び杭体の設計方法は、杭頭の結合方法によって、以下のとおり行うものとする。

（i） ピン結合

ピン結合は、剛結合に比べ杭体に発生する曲げモーメントが小さく、経済的に有利である。また、底版の剛性が小さい場合でも杭頭モーメントを底版に反映させる必要がないという利点がある。なお、杭頭を底版に挿入する場合は、水平力が発生することに留意する。

ピン結合の杭体の設計は、杭頭をヒンジモデルとして解析した杭体応力により照査を行ってよいものとする。なお、杭頭は完全なヒンジとはならないため、杭頭部は地中部最大曲げモーメントにより杭体応力を照査するとともに、底版コンクリートの押し抜きせん断と垂直及び水平支圧応力についての照査も行う。

底版と杭をエラスタイト等により分離しない場合は、杭頭を剛結合として杭体応力の照査を行うものとする。（単に杭を 100mm 程度基礎スラブに埋め込んだ場合、杭頭の固定度は、軸力の有無によって異なるが 40～80％程度になる。「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）

(ii) 剛結合

杭頭を剛結合とする場合の杭体の設計は、杭頭剛結とヒンジの両方で杭体応力を照査するとともに、底版コンクリートの押し抜きせん断と垂直及び水平支圧応力の照査を行う。鉄筋により杭頭の補強を行う場合は、鉄筋コンクリート断面を仮定して、コンクリート及び鉄筋の応力についても照査を行う。

なお、底版の剛性が小さい等、杭頭モーメントの底版への影響が無視できないと判断される場合には、これを考慮した底版の設計を行う必要がある。

⑵　杭頭の結合方法

①　ピン結合

ピン結合は、原則として杭頭にモーメントが生じてはならない。したがって、杭頭部分に水平力が作用した場合にも、底版コンクリートによって杭頭が拘束されないことが条件となる。ピン結合の標準的な杭頭処理方法を以下に示す。

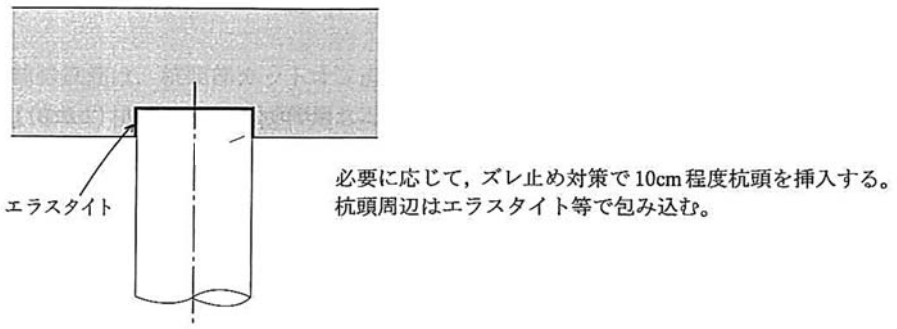



**図-15.32**　ピン結合の標準的な杭頭処理方法

②　剛結合

剛結合の杭頭結合方法は、「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編」（日本道道路協会）による。

ポンプ場の構造物は、底版に 100mm 埋込み、主として鉄筋で補強することにより杭頭拘束曲げモーメントに抵抗する方法を標準とする。なお、底版コンクリートの厚さが十分でなく、かつ剛結合としなければならない場合は、「剛結合に準じた方法」として底版コンクリート内に補強鉄筋の定着長のみ確保すればよいものとする。

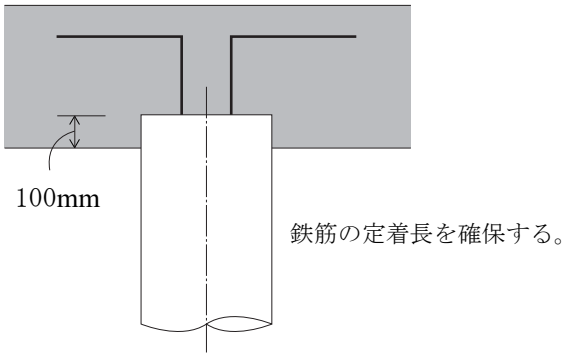



**図-15.33**　剛結合に準じた標準的な杭頭処理方法

⑶ 杭頭の細部構造

① ピン結合の杭頭処理

（i） 鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭の場合（**図-15.34** 参照）

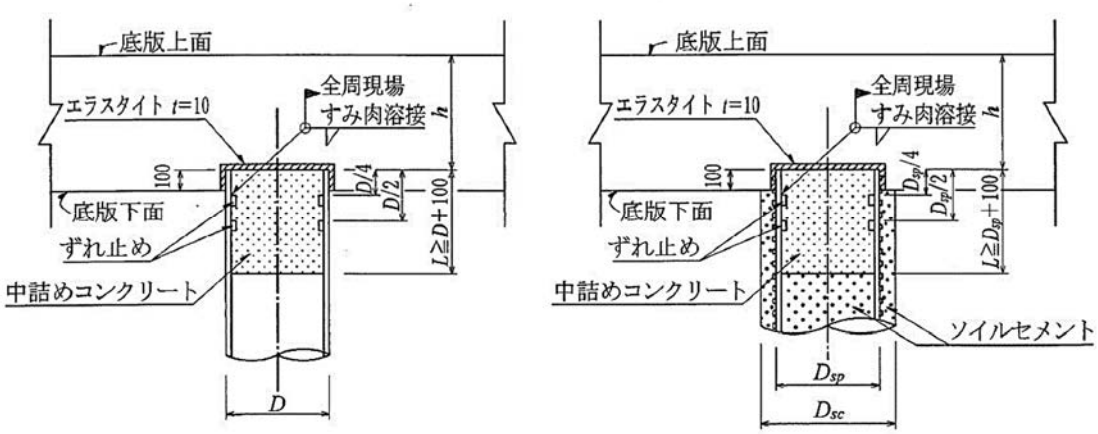
a. 杭体内のずれ止めは、**表-15.31** に示す肉厚で 2 段取付けるものを標準とする。ずれ止めの幅は肉厚の 2 倍以上とする。なお、ずれ止めの現場溶接はその施工性を考慮して、ずれ止め上面の全周すみ肉溶接とする。

b. 杭頭部は必要に応じ底版内に 100mm 程度埋込み、中空部は杭頭面より杭径＋100mm 以上の深さの中詰コンクリートで補強する。

c. 杭頭部を底版内に埋込む場合は、杭が底版コンクリートに拘束されないようエラスタイト等で杭頭部を包み込む。

**表-15.31** 杭体内外のずれ止めの肉厚

| 杭径（mm） | ずれ止め厚さ（mm） |
|---|---|
| 800 未満 | 9 |
| 800 以上～1,200 未満 | 12 |
| 1,200 以上～1,500 未満 | 16 |




a. 鋼管杭　　b. 鋼管ソイルセメント杭

**図-15.34** 鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭の杭頭処理（ピン結合）

（ii） PHC 杭の場合（**図-15.35** 参照）

a. カットオフを行わない場合

ア）杭頭部は必要に応じ底版内に 100mm 程度埋込み、中空部は杭頭面より杭径＋100mm 以上の深さの中詰コンクリートで補強する。

イ）杭頭部を底版内に埋込む場合は、杭が底版コンクリートに拘束されないようエラスタイト等で杭頭部を包み込む。

b. カットオフを行う場合

杭の高止まりなどでカットオフを行う場合は、中詰補強鉄筋で杭頭部を補強する必要がある。

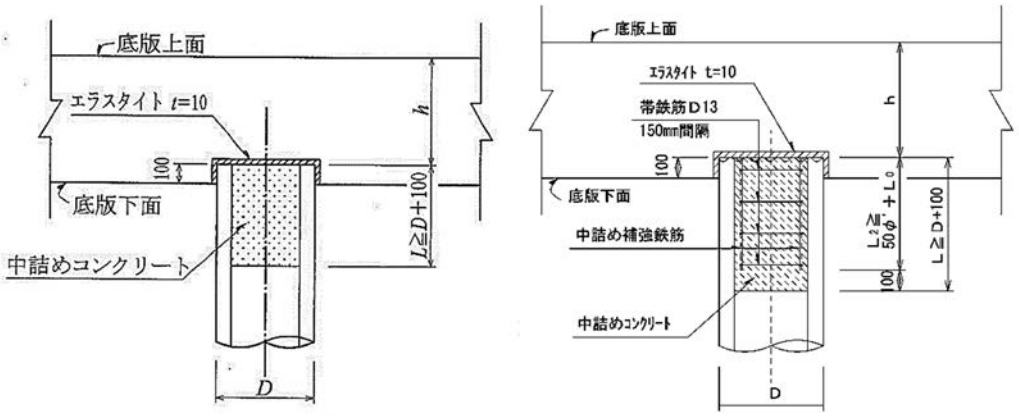
ア）中詰補強鉄筋は、杭頭部カットオフ面より下方に $L_2=50\phi'+L_0$ 以上の長さを確保する。

（$\phi$ ’は PC 鋼材の径（mm）、$L_0$は中詰補強鉄筋の定着長、$\phi$は補強鉄筋の直径。）

イ）中詰補強鉄筋は、$D$13mm 以上で最少 6 本として、150mm 以下の間隔で配置する。

ウ）中詰コンクリートの深さは、杭径＋100mm 以上とする。

エ）PC 鋼材は杭頭面で切断してよいものとする。




a. カットオフなし　　b. カットオフあり

**図-15.35**　PHC 杭の杭頭処理（ピン結合）

(iii)　RC 杭及び SC 杭の構造細目は PHC 杭に準じるものとする。

②　剛結合に準じた杭頭処理

（i）　鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭の場合（**図-15.36** 参照）

a. 杭体内のずれ止めは、**図-15.34** によるものとする。

b. ずれ止めと鉄筋の間隔は一般に 15mm 以上、杭と鉄筋のあきは鉄筋径以上とする。

c. 鉄筋の定着長は、**式（15.39）**に規定する鉄筋の重ね継手長に等しい長さにする。

$$L_0=\frac{\sigma_{sa}}{4\cdot\tau_{0a}}\cdot\phi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15.39)$$

ここに、$L_0$　：付着応力より算出する重ね継手長（$L_0 \geqq 30\phi$とする）（mm）

$\sigma_{sa}$　：鉄筋の許容引張応力（N/mm$^2$）

$\tau_{0a}$　：コンクリートの許容付着応力（N/mm$^2$）

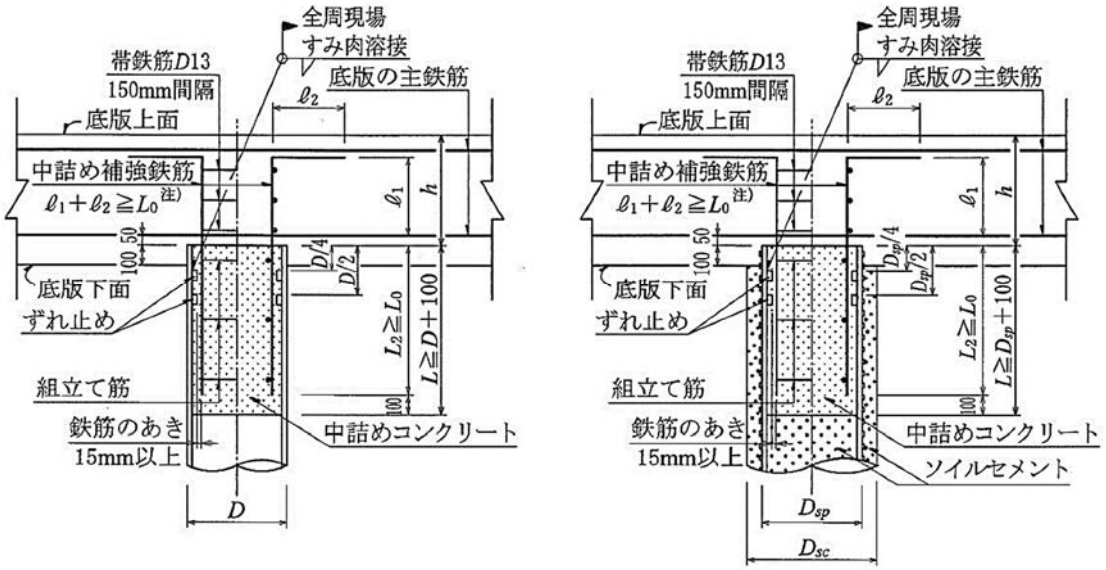
$\phi$　：鉄筋の直径（mm）

d. 鋼管杭の中詰め補強鉄筋は、原則として鉄筋かご方式によるものとする。

e. 中詰補強筋の底版コンクリートへの定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は、$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$）を確保する。なお、レベル 2 地震動における $10\phi$の必要性とは、地震時の繰返し載荷の影響により鉄筋とコンクリートとの付着が切れ、補強鉄筋の定着が有効とならない範囲が生じることに配慮し、必要定着に余裕を見込むために考慮するものである。

f. 詰め補強筋の杭頭面より下方の長さは$L_0$以上の定着長を確保し、中詰コンクリートの深さは杭径＋100mm 以上を確保する。

g. 斜杭を用いる場合には、フーチングへの杭の埋込み長さは最小の部分が 100mm とする。




a. 鋼管杭　　b. 鋼管ソイルセメント杭

注）レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の定着長は、$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$とする。

**図-15.36**　鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭の杭頭処理（剛結合に準じた方法）

(ii)　PHC 杭の場合

PHC 杭の剛結合に準じた杭頭処理方法は、次のいずれかの方法とする。

a. 中詰補強鉄筋だけを配置する方法。

b. 杭体内補強鉄筋及び中詰補強鉄筋を配置する方法。

a. 中詰補強鉄筋だけを配置する場合（**図-15.37** 参照）

a-1. カットオフを行わない場合

ア）中詰補強筋の底版コンクリートへの定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に $\ell_1+\ell_2 \geqq L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は、$L_0+10\phi$）以上を確保する。

イ）中詰補強筋の杭頭面より下方の長さは $L_0$ 以上の定着長を確保し、中詰コンクリートの深さは杭径（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は杭径の 2.5 倍）＋100 mm 以上を確保する。

ウ）中詰補強鉄筋は、最少 6 本とし、$D$13 mm 以上で 150 mm 以下の間隔とする。

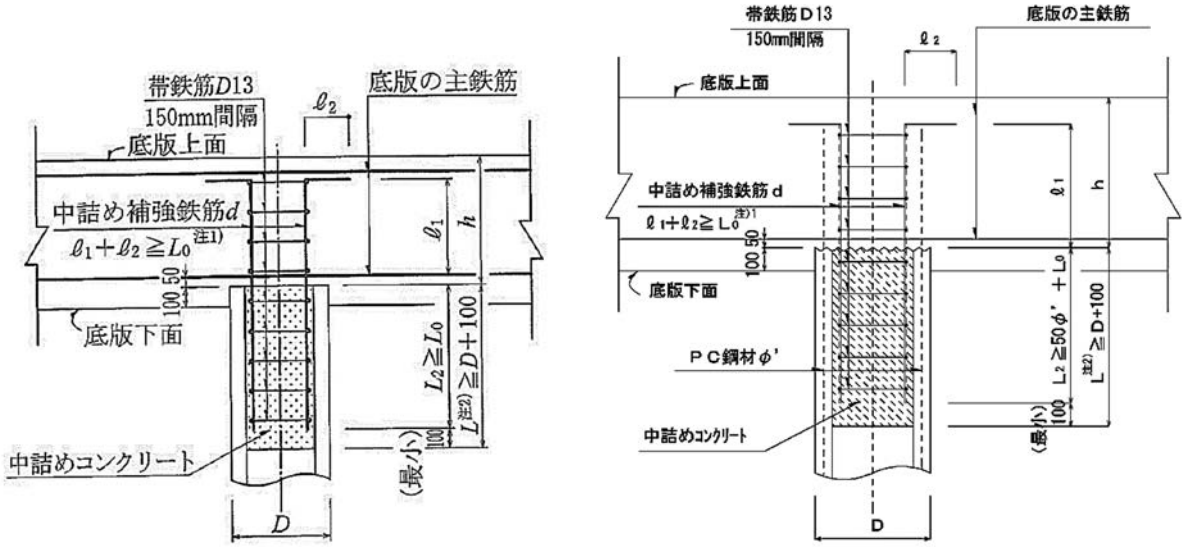
エ）中詰補強鉄筋だけで対処できない場合には、杭体内補強鉄筋を考慮しカットオフによる杭頭処理を行うものとする。

a-2. カットオフを行う場合

杭の高止まりなどでカットオフを行う場合は、中詰補強鉄筋の長さを次のとおりとする。

ア）底版コンクリートへの定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に $\ell_1+\ell_2=L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は $L_0+10\phi$）以上を確保する。

イ）カットオフ面から下方の長さは、$L_2=50\phi'+L_0$ 以上の定着長を確保する。




a-1．カットオフなし　　a-2．カットオフあり

注 1）レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の定着長は、$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$とする
2）レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の中詰めコンクリートの深さは、$L \geqq 2.5D+100$mm とする。

**図-15.37**　PHC 杭の杭頭処理 a （剛結合に準じた方法）

b．杭体内補強鉄筋及び中詰補強鉄筋を配置する場合（**図-15.38** 参照）

b-1．杭体内補強鉄筋

ア）底版コンクリートへの鉄筋の定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は、$L_0+10\phi$）以上とする。

イ）カットオフ面から下方での定着長は、$L_2=50\phi'+L_0$以上とする。このため、支持層の推定誤差や高止まりを考慮する必要がある場合は、高止まり分を余裕長として見込んでおく必要がある。

ウ）鉄筋は、最少 6 本とし、$D$13mm 以上で 150mm 以下の間隔とする。

エ）カットオフ部の PC 鋼材は原則として切断しないが、底版内における立ち上がり長さが$\ell_1$を超える場合は、$\ell_1$の位置で切断してもよい。

b-2．中詰補強鉄筋

ア）底版コンクリートへの鉄筋の定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に$\ell_1+\ell_2=L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は、$L_0+10\phi$）以上を確保する。

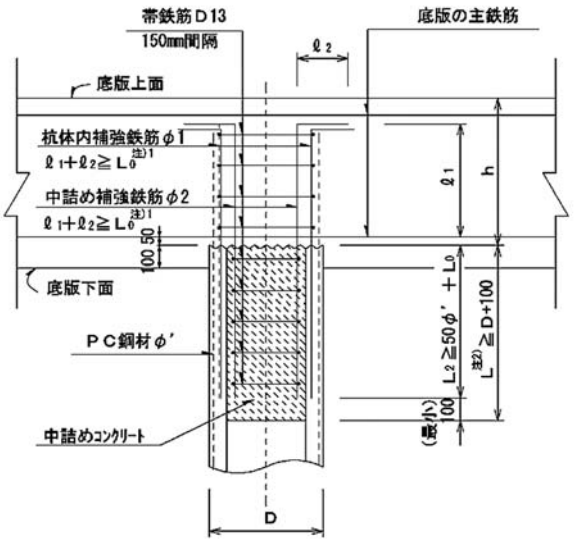
イ）カットオフ面より下方では、$L_2=50\phi'+L_0$以上の定着長を確保する。

ウ）中詰補強鉄筋は、杭体内補強鉄筋本数の 1/2 以上とし、最少 6 本配置する。

エ）鉄筋は $D$13mm 以上で 150mm 以下の間隔で配置する。

オ）中空部での杭体と鉄筋のあきは、帯鉄筋で 15mm 以上確保する。

カ）仮想鉄筋コンクリート断面の応力計算は、杭体内補強鉄筋だけで計算してもよいが、中詰補強鉄筋は配置しなければならない。



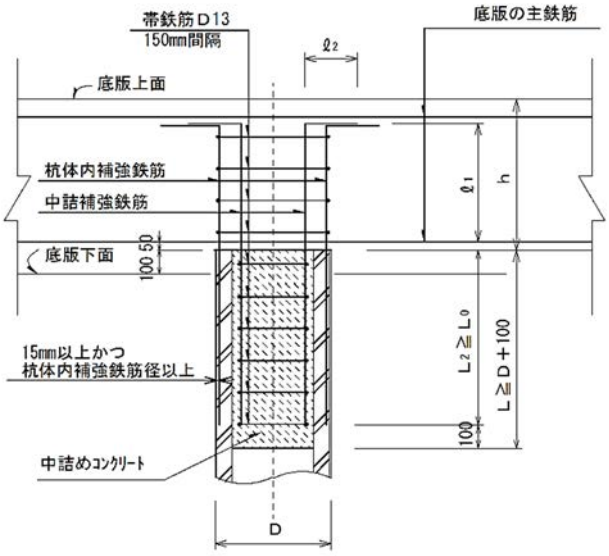

注 1） レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の定着長は、$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$ とする。
2） レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の中詰めコンクリートの深さは、$L \geqq 2.5D$+100mm とする。

**図-15.38** PHC 杭の杭頭処理 b（剛結合に準じた方法）

(iii) SC 杭の場合

SC 杭の剛結合に準じた杭頭処理方法は、**図-15.39** に示すとおり、前述の鋼管杭及び鋼管ソイルセメント同様に、中詰補強鉄筋を用いた鉄筋かご方式とする。

a. 底版コンクリートへの鉄筋の定着長は、床版下側鉄筋の中心より上方に $\ell_1+\ell_2=L_0$（レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合は、$L_0+10\phi$）以上を確保する。

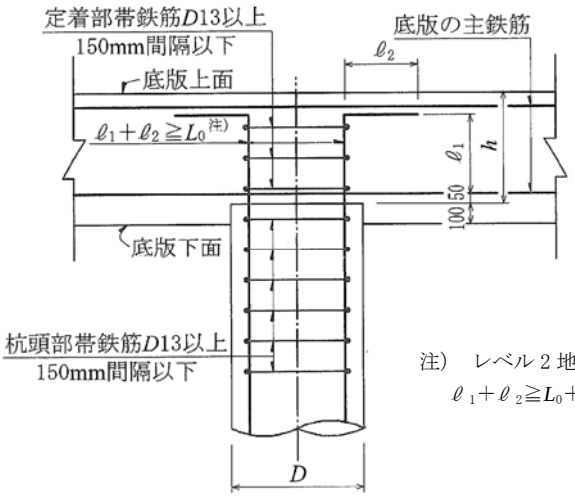



注1） レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の定着長は、$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$ とする。
2） レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の中詰めコンクリートの深さは、$L \geqq 2.5D+100$mm とする。

**図-15.39** SC 杭の杭頭処理（剛結合に準じた方法）

(iv) RC 杭の構造細目は、PHC 杭に準じるものとする。

(v)　場所打ち杭の構造細目を**図-15.40** に示す。




注)　レベル 2 地震動の耐震設計を行う場合の定着長は、
$\ell_1+\ell_2 \geqq L_0+10\phi$ とする。

**図-15.40**　場所打ち杭の杭頭処理（剛結合に準じた方法）

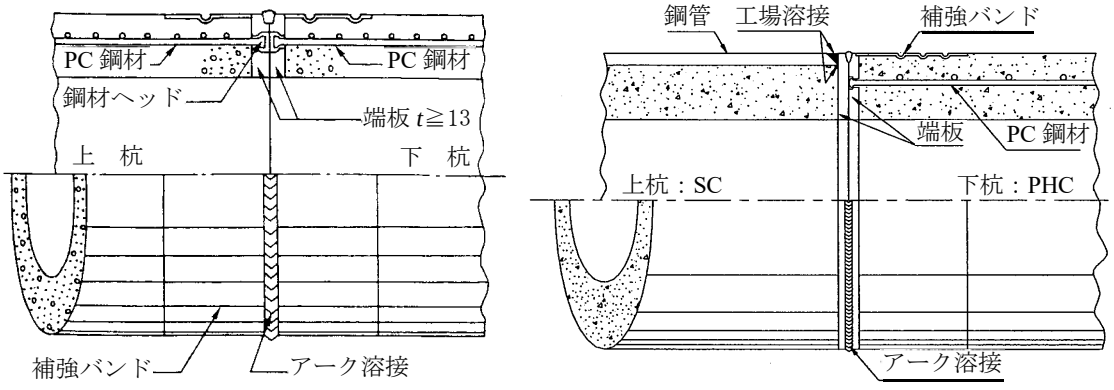
(4)　継手部

プレストレスコンクリート杭の継手を、**図-15.41** に示す。

また、継手は地下水面下に施工されるので、腐食が心配される場合、防食対策が必要である。

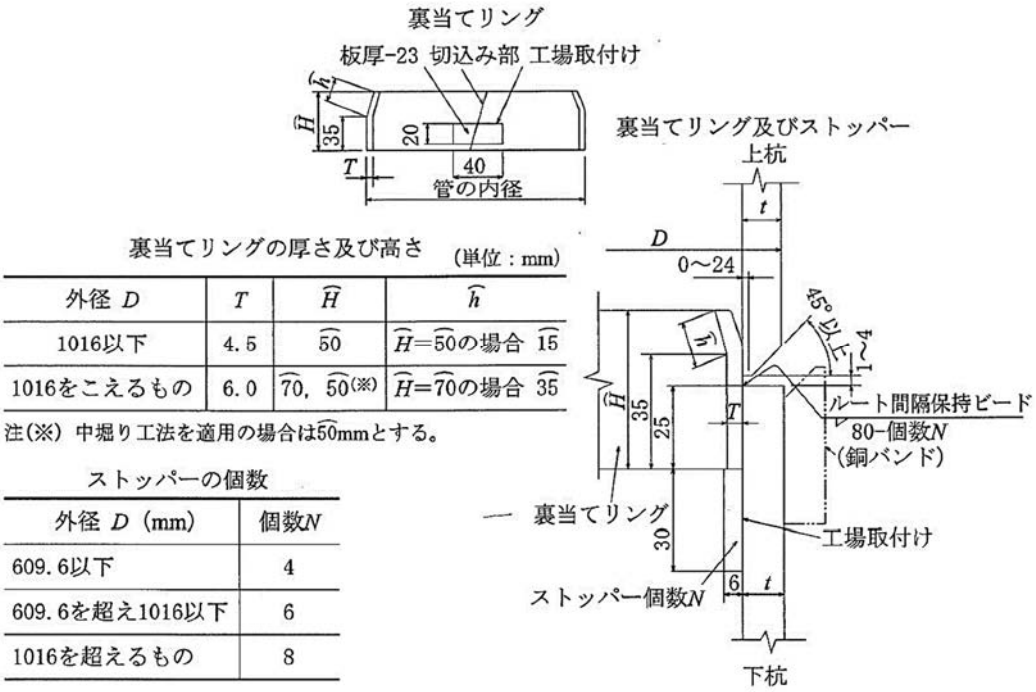
鋼管杭の継手は半自動溶接法によるのが確実で、工費も他の方法に比較して安い。半自動溶接現場継手の標準形状は**図-15.42** によるものとする。厚さの異なる管を継ぐときは、JIS A 5525 の規定によるものとするが、工場溶接を原則とする。

なお、杭先端部は通常補強する必要はないが、中間層の打ち抜きや堅硬地盤への打ち込みの場合、補強バンドをするが、取付部の標準形状は**図-15.43** によるものとする。




a. PHC 杭　　b. SC 杭

**図-15.41**　PHC 杭及び SC 杭の継手部の構造例




裏当てリングの厚さ及び高さ (単位：mm)

| 外径 $D$ | $T$ | $\widehat{H}$ | $\widehat{h}$ |
|---|---|---|---|
| 1016以下 | 4.5 | $\widehat{50}$ | $\widehat{H}=\widehat{50}$の場合 $\widehat{15}$ |
| 1016をこえるもの | 6.0 | $\widehat{70}$, $\widehat{50}$(※) | $\widehat{H}=\widehat{70}$の場合 $\widehat{35}$ |

注(※) 中堀り工法を適用の場合は$\widehat{50}$mmとする。

ストッパーの個数

| 外径 $D$ (mm) | 個数$N$ |
|---|---|
| 609.6以下 | 4 |
| 609.6を超え1016以下 | 6 |
| 1016を超えるもの | 8 |

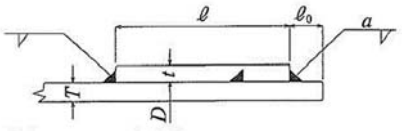
図-15.42 鋼管杭の半自動溶接現場継手標準形状寸法

注）$t$ ：9mm とする。
$\ell$ ：$\phi$600 以下 200mm、$\phi$600 超は 300mm とする。
$\ell_0$ ：18mm とする。
溶接はすみ肉溶接によるものとし、脚長 $a$ は 6mm 以上とする。

図-15.43 鋼管杭の先端補強バンド取付け部標準形状

## 15.4　ケーソン基礎

ケーソン基礎は、良質な地盤に直接支持させるものとし、上部構造からの荷重・土圧・水圧等のほか、施工中の各条件に対し、十分に安全を考慮する必要がある。

ケーソンには、オープンケーソン（ウェル）とニューマチックケーソンがある。

オープンケーソンは、上下端のあいた円形・長円形・長方形・だ円形等の断面をもった筒（ウェル）をあらかじめ地上又は水中に据付け、底部の土を掘り取って、自重又は荷重を利用して所定の地層まで沈下させ、底部にコンクリートを打設して設置するものである。

ニューマチックケーソンは、筒の下方に床版を設け、その下を作業室とし、その中に圧縮空気を入れ、ケーソン外部の水圧に対抗させて水の浸入を防ぎ、作業室内に人が入って下を掘りながら沈下させる形式のケーソンであるが、人間が医学的に抵抗できる作業気圧（3.5～4.0 気圧）以上の水圧がかかる場合には、この工法を採用できない。

ケーソンは、上部構造の用途・形状・荷重のほか地盤の性質を考慮して形状・寸法を決定し、完成後に作用する荷重と、施工時、各段階で考えられる荷重条件についても十分検討し、各部が安全であるよう設計する。

施工時の条件としては、沈下作業開始直後のケーソンの支持状態、沈下作業中の状態、沈下作業終了直前、及び直後の空気圧の急激な減少やウェルの中空状態、作業時の安全も考え合わせ検討する。

ケーソン基礎の支持力は、載荷試験によって求めることは困難で、地盤の支持力算定式によって求めるか、平板載荷試験の結果によって検討する。この場合、原則として、ケーソンの周面摩擦抵抗力は考慮しない。

ケーソンにかかる水平荷重は原則として、ケーソン底面の鉛直地盤反力、周面の水平地盤反力及び底面のせん断抵抗力で支持させる。

ケーソンのコンクリートの許容応力は、上部構造と同様コンクリートの設計基準強度の 1/3 をとり、沈設後打設するケーソン底部のコンクリートについては、場所打ちコンクリート杭のコンクリート許容応力による。

ケーソン本体の設計については、設計基準「頭首工」を参照する。

## 15.5　地盤改良

地盤を改良する場合には、土を締固めるか、土中水を排除するかによって土の密度を高める方法と、安定剤を添加するか、注入するかによって土を固結させる方法に大別される。

これら地盤改良法はその対象とする土層の深さにおいて、一般に次のような方法がとられている。

⑴　浅層安定処理

一般には、乱した土に対し含水量の調節、あるいは粒度を調整した後締固めを行うか、又は安定剤を土に添加、混合した後、締固めて土の固結化を図る方法がとられる。

⑵　深層安定処理

一般に、乱されない原状のまま地盤を締固め、排水あるいは安定剤の注入等によって安定化を図る方法。前者は土に安定化しうる条件をあらかじめ与えておいて安定処理を図るのに対し、後者は地盤上の在来の性質の弱点を締固めや排水によって改良を図るものである。

浅層、深層安定処理の比較を、**表-15.32** に示す。

地盤改良工法の原理と種類は**表-15.33** に、また一般的に採用されている各種工法の性能、適用条件の概要を**表-15.34** に示す。

なお、地盤改良工法は、直接基礎、杭基礎等の基礎工の前処理として一般に用いられるが、その工法採用に当たっては、設計、施工管理に十分注意しなければならない。深層にわたって地盤改良するような場合は、その圧密・沈下時間、効果等について、特に入念な検討が必要である。地盤改良の施工中は、十分な管理試験を行い、改良後の地盤に対しては、土質試験、標準貫入試験等、地盤の条件に適した試験法により、改良を確認する必要がある。

**表-15.32** 安定処理方法の違いの比較

| 安定処理区分 | 土質区分 | 高密度化 | | 粒度調整 | 固結化 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 排水、含水調節 | 締固め | | |
| 浅層安定処理 | 粗粒土 | 最適含水比付近に調節。 | ローラ、ランマ､ブルドーザ等による｡振動ローラが有効。 | 道路の表層､基層､基盤に適した粒度に調整。 | セメント、アスファルトを混合、転圧。<br>10%以上の細粒分のあるときは石灰混合も可。急速固結を要するときは、化学的安定剤を使用。 |
| | 細粒土 | 一般に乾燥による含水量調節困難。<br>乾燥土を混合<br>生石灰の添加<br>含水調節用化学安定剤の添加。 | ブルドーザ等による(高含水粘土では軽重量ブルドーザ)。<br>飽和度で締固めを規制。 | 粗粒土の混合、主としてトラフィカビリチーの確保。 | 生石灰、消石灰等石灰系安定剤の混合、転圧。<br>目的に応じて化学的安定剤の混合、散布、転圧。 |
| 深層安定処理 | 粗粒土（砂質土） | 揚水による地下水位の低下。 | 振動､衝撃を与える(水の噴射を併用することもある)。<br>高密度の砂杭の形成と周辺土の高密度化。 | 細粒土によるコア。<br>保護層による止水。 | 各種グラウトの注入、透水性､固結速度､固結効果によってグラウトの種類、反応速度を変える。<br>地盤の安定化と浸透水の制御との二つの目的がある。 |
| | 細粒土（粘性土） | 圧密排水によるものが主流。<br>排水促進のために砂杭、カードボードを挿入、電気的な排水を行うこともある。 | 高密度の砂杭を作り､荷重負担の軽減による処置もある（複合地盤)。 | 置換工法の場合の置換材料。 | 透水係数の低い粘性土地盤ではグラウトの注入は不可。<br>石灰混合によるパイル形成法が試みられている。 |

**表-15.33**　地盤改良工法の原理と種類

| 改良原理の区分 | | 改良手段 | 地盤改良工法の原理と概要 | 代表的な工法名 |
|---|---|---|---|---|
| 置換工法 | 軟弱土を良質土に置き換える方法 | 掘削置換 | 軟弱地盤の一部又は全層を掘削あるいは浚渫除去し、良質土と置換する。 | 床掘置換工法 |
| | | 破壊置換 | 爆破・水ジェットあるいは大きな盛土により地盤のすべり破壊を発生させ、破壊と同時に良質土に置換する。 | （爆破置換工法） |
| | | 強制置換 | 大径のサンドコンパクションパイルを密に圧入造成して、強制的に締まった砂に置換する。 | 締固め砂杭による置換工法 |
| 密度増大工法 | 排水（脱水）を主とする方法 | 先行載荷圧密 | あらかじめ構造物と同程度の載荷を与えて、地盤を圧密沈下させ、強度増加を図るとともに将来の沈下防止を行う。 | プレローディング工法 |
| | | 化学的脱水 | 生石灰の水和反応による吸水膨張を利用して粘性土を脱水強化する。 | 生石灰杭工法 |
| | | 加圧脱水（ドレーン材による脱水） | 粘性土地盤中にある間隔で垂直なドレーン柱、あるいは水平なドレーン層を造成し、載荷重により圧密を促進して強度増加を図る。 | バーチカルドレーン工法、真空圧密工法 |
| | | 地下水位低下 | 地下水位を下げて有効応力を増大させて、圧密を促進する。 | ディープウェル工法、ウェルポイント工法 |
| | | 電気的脱水 | 電気浸透現象を利用して粘性土を脱水強化する。 | （電気浸透工法） |
| | 排水（脱水）と締固めをする方法 | 締固め砂杭 | 軟弱地盤中に締まった砂杭を造成して地盤の締固め（主に砂質土）及び地盤の砂杭応力集中並びにドレーン効果（主に粘性土）によって地盤の強化を図る。 | サンドコンパクションパイル工法 |
| | 締固めを主とする方法 | 振動締固め | 地盤に振動機を作用させて締固める。 | ロッドコンパクション工法 |
| | | 振動水締め | 棒状振動機の貫入と注水及び土砂の投入により地盤の振動水締めを図る。 | バイブロフローテーション工法 |
| | | 衝撃締固め | 地盤に落下、爆破などの衝撃エネルギを作用させて締固める。 | 動圧密工法 |
| 固結工法 | 土粒子同士を固結させる方法 | 撹拌混合 | 地盤中にセメント系あるいは石灰系の地盤改良材を供給し、撹拌機により原位置で土と撹拌混合して、土を化学的に固結する。 | 機械撹拌混合処理工法 |
| | | 噴射混合 | 土質安定材の供給及び混合を地盤改良材の高圧噴射を原位置で行い、土を化学的に固結する。 | 高圧噴射撹拌工法 |
| | | プラント混合処理 | 土を一度プラントに入れ、土と地盤改良材をプラントで混合した後、所定場所に戻す。 | （排土式地上混合処理工法） |
| | | 薬液注入 | 地盤の間隙に効果性の薬液を注入充填し、土を固結する。 | 薬液注入工法 |
| | | 凍　　結 | 土中の間隙水を凍結させて、一時的に固結する。 | 凍結工法 |
| | | 焼　　結 | 土を高温に加熱することにより焼結させて固結する。 | （固結工法） |

注）代表的な工法名の（　）書きは、わが国での適用事例の少ないものである。

**表-15.34** 各種工法の性能・適用条件（森本辰雄による）

| 地盤 | 工法名 | | 粘土・シルト分含有量の限界（%） | 改良深度の限界（m） | 打設ピッチ（m） | 改良効果（$N$値） | 適用条件 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砂質土地盤 | バイブロフロテーション工法 | | 15 | 18 | 1.0～1.5 | 10～15 | 補強材としての砂が、振動により流動しやすい粒度分布を有しているかどうかで、改良効果が左右される。 |
| | 十字バイブロ工法 | | 30 | 12 | 1.5～3.0 | 10～15 | 砂利層・転石等があると施工困難。 |
| | バイブロコンポーザ工法 | | 35 | 30 | 1.2～1.6 | 10～20 | 粘性土が30%を超すところでは、そのままでは改良困難で、載荷を必要とする。また、地盤の初期強度が$N$=10以上になると、貫入のために射水を併用する。 |
| | サンドコンパクション工法 | | 35 | 15 | 1.5～2.0 | 10～20 | 機械の打撃力が大きいために、故障により施工能率が低下する。砂柱強度そのものはかなり大きい。 |
| | ダイレクトパワーコンパクション工法 | | 30 | 20 | 3.5～5.0 | 10～40 | 粘性土の含有量が多くなると極端に改良効果が低下するので、シルト粘土の含有が30%を超すと、施工中周辺から砂の投入を行う必要がある。 |
| 粘性土地盤 | サンドドレーン工法 | バイブロ式 | 軟弱粘土地盤に適す | 30 | 1.5～3.0 | － | 一般に広く用いられており、径が 400～500mm のものが多い。載荷盛土を必要とする。 |
| | | ジェット式 | 同上 | 30 | 〃 | － | やぐらが軽く移動も容易である。射水削孔方式であるため周辺地盤の強度低下を招かないという特徴もあるが、排水処理を考えておく必要がある。載荷を要す。 |
| | | ハンマリング式 | 同上 | 20 | 〃 | － | 打込み引抜きのためにやぐらの大規模なものを必要とし、木造のものが多い。載荷が必要である。 |
| | バックドレーン | | 超軟弱地盤に適す | 20 | 0.8～2.0 | － | 施工実績は少ないが、効果は確実で問題ない。径 120mm のものが多いが、径 400mm ぐらいのものもあって、超軟弱地盤に適す。載荷必要。 |
| | 生石灰パイル | | 同上 | 20 | 〃 | － | 超軟弱地盤に適し、強制脱水効果があるので強度も驚くほど上るが、施工方法に難があり、この点でまだ開発されきっていない。載荷不要。 |
| | ペーパードレーン工法 | カード・ボード | 同上 | 25 | 0.6～1.5 | － | 長期にわたる品質維持に不安があるが、いままでの施工実績も多く改良価格も安い。載荷盛土を必要とする。 |
| | | ケミカル・ペーパー | 同上 | 25 | 〃 | － | 品質維持の不安がなく、裸打ちが可能で湿潤強度も高い。透水、吸水特性はなく化学的安定性も高い。載荷盛土を必要とする。 |

⑶　浅層改良における支持力検討

1）　支持力の検討

基礎地盤の支持力は以下により検討する。

$$q_{max} \leqq q_a \qquad \cdots\cdots\cdots\

# 第 16 章　建屋の設計

関連条項〔基準 11、運用 11-1～11-3〕

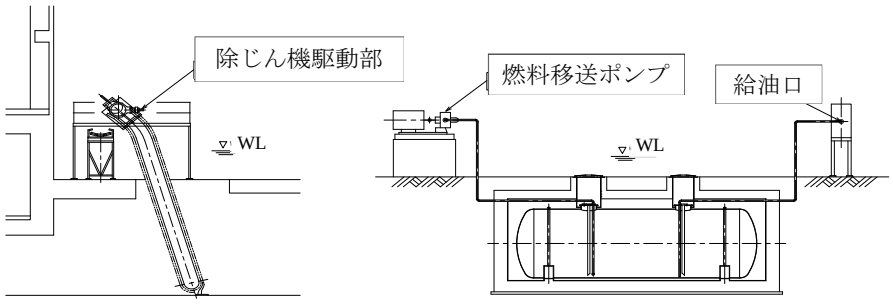
## 16.1　一般

### 16.1.1　建屋の設計に当たっての留意事項

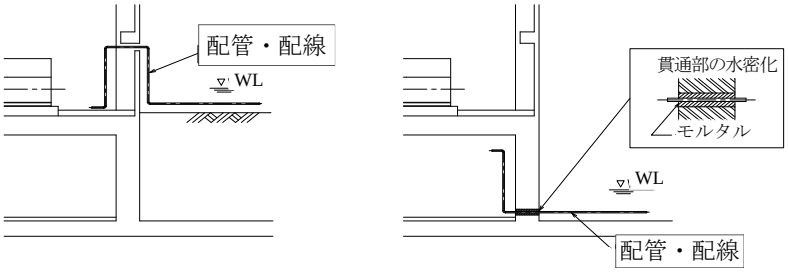
建屋の設計は、設備の規模及び各機器の目的、種類、操作性等を考慮すると共に、耐水対策及び将来の管理等も含めて設計する必要がある。ポンプ室、操作室及び電気室等は、各機器が十分にその性能を発揮できるように配置する必要がある。

⑴　ポンプ室は風雨から各機器を守るため及び管理のために設けるもので、内水や雨水が浸入しない構造、配置とし、主原動機、機側操作盤等、運転に必要な機器を設置する床面は、最高吸込水位より高くする。また、それが不可能な場合には、ポンプ室及び機器への浸水がないよう、建屋、搬入口扉を水密性の構造とする。具体的な例は以下のとおりである。(**図-16.1** 参照)

| 状　　況 | 対策・処置 |
|---|---|
| ①　最高吸込水位が除じん機駆動部より高くなる場合 | ：除じん機駆動部の高所設置 |
| ②　最高吸込水位が給油口及び燃料移送ポンプの設置面より高くなる場合 | ：給油口・燃料移送ポンプの高所設置 |
| ③　最高吸込水位が貫通穴より高くなる場合(a) | ：配管・配線貫通穴の高所設置 |
| ④　最高吸込水位が貫通穴より高くなる場合(b) | ：貫通穴の水密化 |
| ⑤　最高吸込水位が機器設置面より高くなる場合 | ：止水壁の設置 |
| ⑥　最高吸込水位がポンプ室壁面及び搬入口より高くなる場合 | ：ポンプ室壁の止水化 |
| ⑦　最高吸込水位がポンプ床面より高くなる場合 | ：ポンプ床の止水化 |

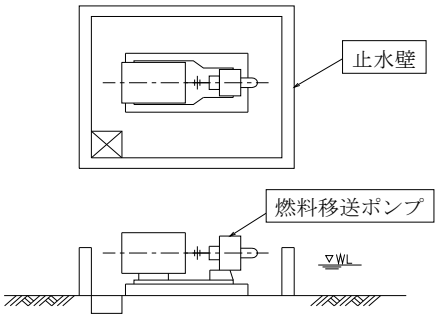



①　除じん機駆動部の高所設置　　②　給油口・燃料移送ポンプの高所設置

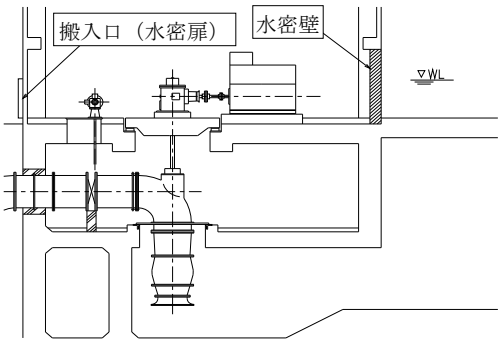



③　配管・配線貫通穴の高所設置　　④　貫通穴の水密化

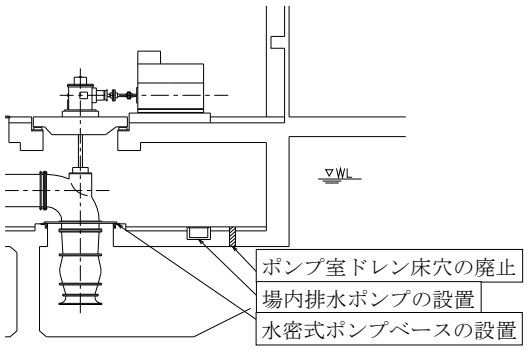
**図-16.1(a)**　浸水対策（例）




⑤　止水壁の設置




⑥　機場の止水壁化




⑦　ポンプ床の止水化

**図-16.1(b)**　浸水対策（例）

なお、天井クレーンを設けないで移動式クレーンにより、建屋の天井より機器を搬入・搬出する場合は、天井の搬入口の防水、防じん構造化等を考慮する。天井クレーンを設けない場合のポンプ室の高さは、設置される機器の高さ、保守管理を考慮して決定する。具体的には、ポンプ室の高さは床面から天井梁下までの高さにより求まるが、内燃機関のダクト、消音器等とのメンテナンススペースやピストン抜き出し高さ及び照明器具との干渉等を考慮して決定する。

⑵　操作室は機械、電気設備の管理に適した場所に設け、監視盤、操作盤等の配置は、監視、操作、点検がしやすいスペースを確保すると同時に、換気、防音、空調等を考慮したものとする。

⑶　電気室は電源の引込み、屋内配線に適し、浸水のおそれのない乾燥した場所に設ける。また、配電盤の周囲は、操作、点検、補修に必要なスペースを確保する。

⑷　制御機器室及び発電機室は室温が上昇するので換気を十分行う。

⑸　主原動機が内燃機関等でポンプ室内に燃料を貯蔵し取り扱う場合は、消防法に定められる危険物の指定数量の規制を受ける。ポンプ室内に指定数量以上の危険物を貯蔵し取り扱う場合は、「危険物の規制に関する政令」等により設計を行う必要がある。

⑹　立地条件によっては、騒音、振動、修景等周辺環境への配慮が必要である。

⑺　「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を踏まえ、木材の利用を促進し、地球温暖化対策に貢献する観点から、間伐材等を利用した木造化や内装等の木質化に努める。

### 16.1.2 想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等に対する対策

ポンプ設備が最高吸込水位に対して運転不能に陥らないよう、前項に記載する対策を講じることとするが、想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生する浸水位についても検討し、浸水位が最高吸込水位を超える場合には、ポンプ設備の早期の機能回復及び浸水被害の軽減を可能とする対策を講じる必要がある。

⑴ 想定浸水位の検討

想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生するポンプ場地点の浸水位は、都道府県及び市町村が公表する「ハザードマップ」等を基に検討する。

⑵ 対策の内容

対策は、建屋の止水化・耐水化と機器の高所化・耐水化に分けられる。対策の内容は、想定される浸水の高さ・要因、ポンプ場の重要度等に応じて、経済性、維持管理の容易性、操作性等を考慮して、適切な対策を組み合わせて選定するものとする。

**表-16.1** 及び**図-16.2** に対象施設ごとの浸水対策の例を示す。

また、**表-16.2** に高所化・耐水化の対象となる機器等を示す。

**表-16.1**　災害を想定した浸水対策の事例

| 項目 | 対　　策 | 対策の内容 | 効　　果 |
|---|---|---|---|
| ①施設の配置・構造 | 建屋開口部の位置の工夫 | 吸込水槽や搬入口等の大きな開口部を海側、河川側に設けない。 | 浸水の流入を防ぐ。 |
| | 機器の高所化 | 機器を高所に配置する。 | 水に弱い設備の浸水被害を防止する。 |
| | 機器の耐水化 | 機器を耐水化する。 | 水に弱い設備の浸水被害を防止する。 |
| | 立軸ポンプの採用 | 立軸ポンプを採用する。 | 主原動機をより高所に配置することで浸水被害を防止する。 |
| ②建屋構造 | 鉄筋・鉄骨鉄筋コンクリート化 | 建屋構造を鉄筋コンクリート又は鉄骨鉄筋コンクリート造とする。 | 津波等の衝撃に対する耐久性を高める。 |
| | 電気室等の高所化 | 電気室、操作室、自家用発電機室等を 2 階以上に配置し、テラス形式の資機材搬入口を設ける。 | 水に弱い設備の浸水被害を防止する。 |
| ③マンホール | マンホールの屋外設置 | 下部工への進入用マンホールは屋外に設置する。 | マンホールからポンプ室内への水の浸入を防止する。 |
| ④窓、換気施設 | 高所化 | 窓や換気施設の開口部を想定浸水位より上部に配置する。 | ポンプ室内への水の浸入を抑制する。 |
| | 耐久性向上 | 網入りガラスとする。<br>既設はガラスブロック等により閉塞する。 | 水圧による窓ガラスの損壊を防止する。 |
| | 配置・閉塞 | 海側、河川側には配置しない。<br>既設はブロック等により閉塞する。 | ポンプ室内への水の浸入を抑制する。水圧による窓ガラスの損壊を防止する。 |
| ⑤資機材搬入口 | 角落し、止水板の設置 | 搬入口に角落しや止水板を常設する。 | 搬入口からポンプ室内への水の浸入を抑制する。 |
| | 鉄扉化 | 外開き鉄扉とする。 | 搬入口からポンプ室内への水の浸入を抑制する。 |
| ⑥管理者用出入口 | 高所化 | 昇降階段式の構造とする。 | 出入口扉の損壊による水の浸入を抑制する。 |
| | 鉄扉化 | 外開き鉄扉とする。 | 出入口扉の損壊による水の浸入を抑制する。 |
| | 搬入口との兼用化 | 搬入口内の小扉とする。 | 開口部分を減らし、浸水を抑制する。 |
| ⑦避難場所 | 避難場所設置 | 建屋内の高所に避難場所を設置する。 | 浸水時における安全を確保する。 |
| | 屋根への開口部設置 | 屋根に開口部を設ける。 | 浸水時に舟等を使用した屋外への避難経路を確保する。 |

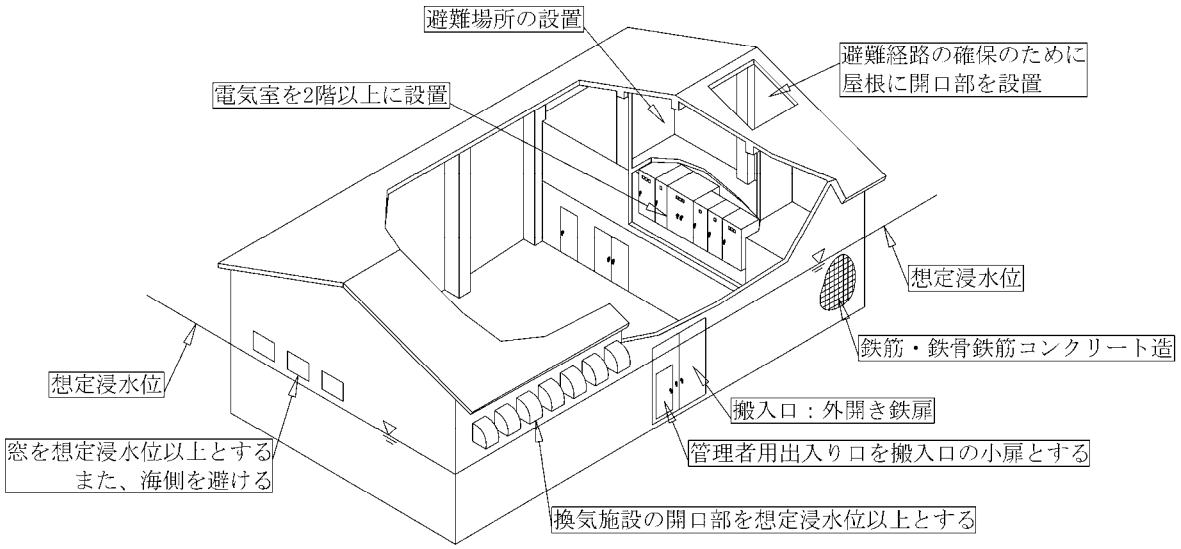



**図-16.2** 災害を想定した浸水対策の事例

**表-16.2** 高所化・耐水化の対象となる機器等

| 対　策 | 対 象 部 | 対 象 機 器 |
|---|---|---|
| 機器の浸水を防ぐための高所化 | 機器本体 | 主ポンプ駆動設備（原動機，減速機）、監視操作制御設備（操作盤、制御盤、CCTV、計装設備）、系統機器設備（燃料移送ポンプ、クーリングタワー、別置ラジエータ、オートストレーナ、空気圧縮機、潤滑油ポンプ）、電源設備（受変電設備、自家発電設備、制御用電源設備） |
| | 機器駆動部 | 除じん設備（除じん機、コンベヤ、ホッパ） |
| | 貯油槽・給油口 | 燃料貯油槽の給油口、通気孔 |
| | 配線 | 配線・ケーブル接続部、プルボックス |
| 機器の浸水を防ぐための耐水化 | 機器本体 | 水位計、補機類のポンプ、燃料貯油槽の蓋 |
| | 機器駆動部 | ゲートや弁の電動駆動部 |
| | 機器端子箱 | 端子箱 |

### 16.1.3　建屋の様式

建屋の様式は、主ポンプの機種（軸流ポンプ、斜流ポンプ、渦巻ポンプ、チューブラポンプ）及び形式（横軸形、立軸形、斜軸形）と、吸込水槽が建屋内に入る場合又は建屋の外に設ける場合等によって異なり、これらを十分に理解して設計する必要がある。

吸込水槽の一部又は全部の上に建屋を設ける場合は、建屋の荷重が吸込水槽にかかるので、建屋の構造設計は吸込水槽の構造と合わせて行う必要がある。なお、建屋の構造計算は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」((一社)日本建築学会）等に準拠する。

建屋の様式は大別すると、次のとおりである。

⑴　一床式構造

①　渦巻ポンプの横軸形には、押込み式（**図-16.3**）と吸上げ式（**図-16.4**、**図-16.5**）とがある。

押込み式は、主ポンプが吸込水位よりも低い位置に設置されるので、建屋は地下階となる。

吸上げ式は、吸込水槽が建屋内に入る場合（**図-16.4**）と、建屋の外に設ける場合（**図-16.5**）があって、いずれも地上に建屋が建てられる。

**図-16.3**及び**図-16.8**に示すように、建屋が地下階となる場合は、漏水防止を考慮し建屋の壁のみで仕切らずに、吸込水槽と建屋との間にドライエリアを設けるのが望ましい。この場合、ドライエリア内の排水を考慮しておくことが必要である。

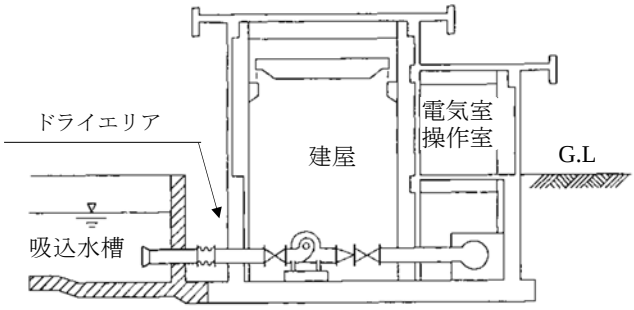



**図-16.3**　押込み式

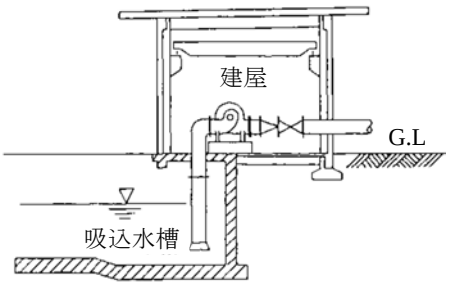



**図-16.4**　吸上げ式

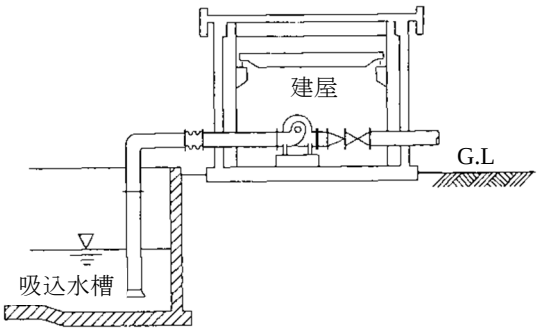



**図-16.5**　吸上げ式

②　軸流、斜流ポンプの横軸形は、**図-16.6** のように吸込水槽を建屋内に入れることが一般的である。また、横軸形は建屋の梁間が大きくなる傾向にあるので、ポンプ場の敷地スペースが確保できない場合には建屋を小さくするため、主ポンプ形式を立軸形（**図-16.7**）とする場合がある。

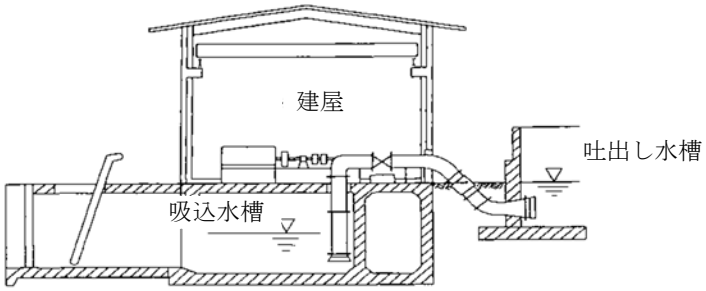



**図-16.6** 横軸軸流ポンプ

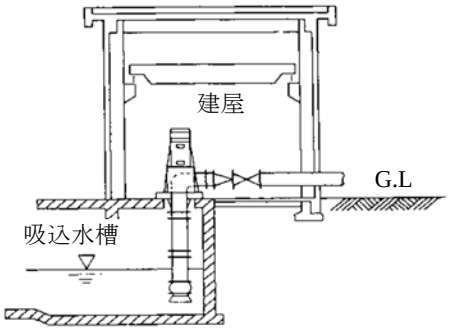



**図-16.7** 立軸斜流ポンプ

⑵ 二床式構造

① 押込み式の場合（**図-16.3**）は、主ポンプの設置位置が地下階となるので、主原動機を洪水から守る場合や敷地が狭く建屋スペースを小さくする必要がある場合は、**図-16.8**のように二床式が用いられる。

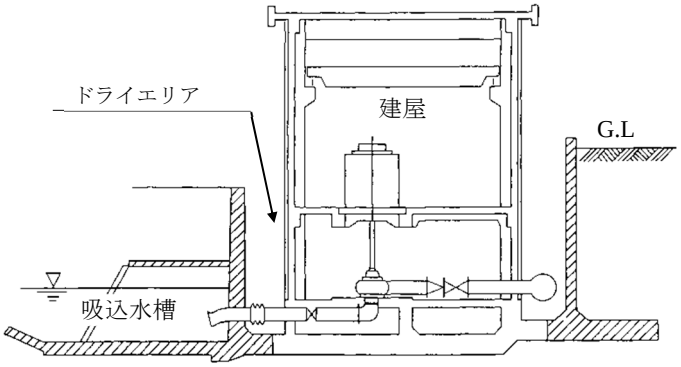
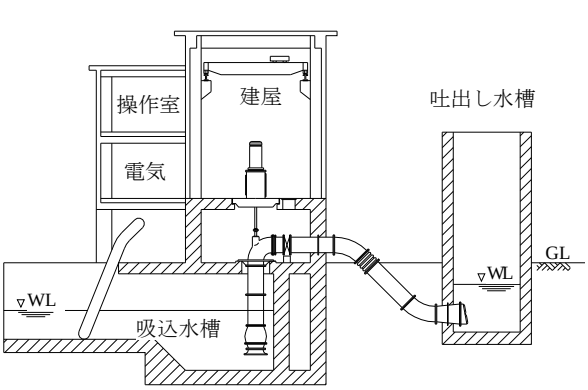
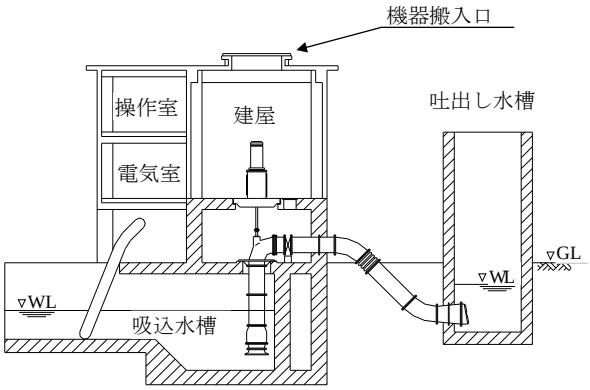



**図-16.8** 立軸渦巻ポンプ

② 軸流及び斜流ポンプの立軸形は、**図-16.9**のように、建屋下に吸込水槽がとりこまれて設けられる。建屋の範囲は、一般的には図に示すように、主原動機据付床面上より上部とするが、主ポンプ据付床面（一床部分）への管理用入口、通路等の形態によっては主ポンプ据付床面上より上部も建築構造物としての適用を受ける場合がある。なお、**図-16.9** に天井クレーン有り及び無しの場合の例を示す。天井クレーン無しの場合には、天井に防水構造の機器搬入口を設ける必要がある。




a）天井クレーン有りの場合




b）天井クレーン無しの場合
（移動式クレーンで据付）

**図-16.9** 立軸斜流ポンプ

⑶　半二床式構造

**図-16.10**は、軸流及び斜流ポンプの立軸形で、半二床式構造の例を示したものである。

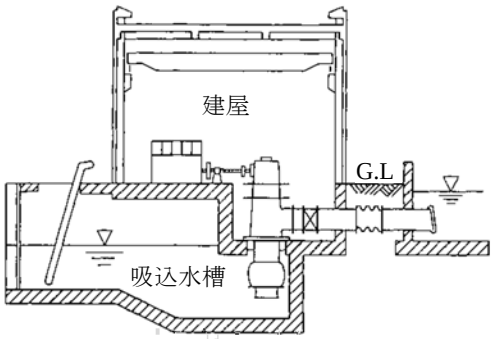



**図-16.10**　立軸斜流ポンプ

⑷　コンクリートケーシング

大容量の軸流及び斜流ポンプは、コンクリートケーシング（傘形、ベンド形及び埋込傘形）の実例（**図-16.11～13**）が、多く見受けられる。

建屋は、このコンクリートケーシング上に建てられる。建屋の範囲は、軸流及び斜流ポンプの立軸形二床式の場合と同様である。

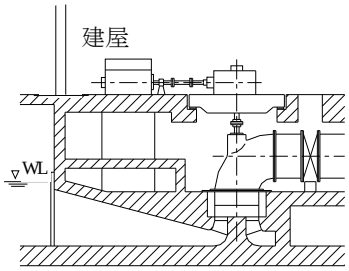



**図-16.11**　吸込傘形

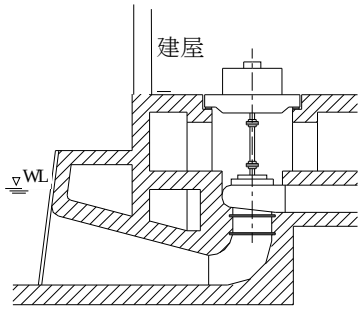



**図-16.12**　吸込ベンド形

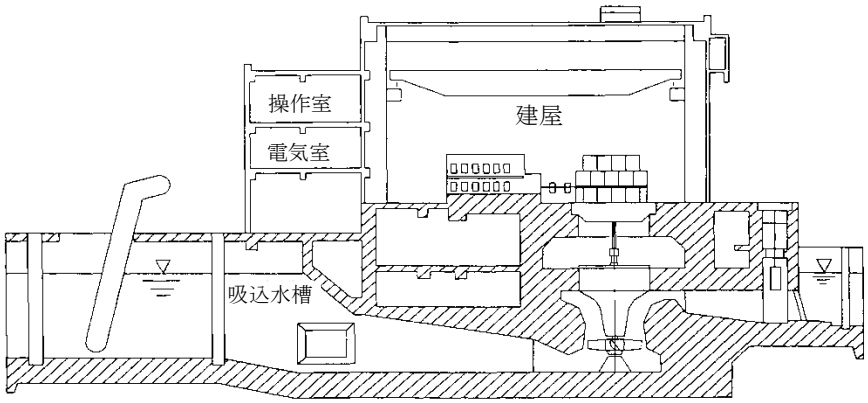



**図-16.13**　埋込傘形

### 16.1.4 機械搬入方式

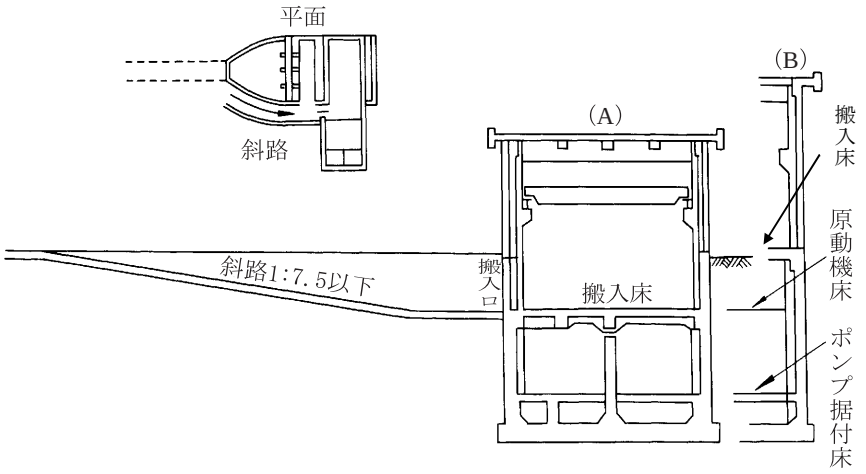
主ポンプ及び主原動機等のポンプ室内への搬入は、容易にできるようにすべきで、特に天井クレーンを設けるポンプ場にあっては、搬入方法によって建屋の設計に影響があるので、次の事項等について十分検討する必要がある。

⑴ 主ポンプ及び主原動機等が容易に出し入れできる高さと幅の搬入口とする。特に大容量の主ポンプでは、トラックやクレーンで搬入できる大きさとする。

⑵ 主ポンプ据付床が地上にあるときは、そのまま搬入床となるが、主ポンプ据付床（一床式の場合）が地下深くなる場合には、周囲地盤高と同じ高さに搬入床を設けると、建屋の天井が高くなり、無駄な空間が多くなると同時に建築費も高価となるので好ましくない。この対策として、次の方法が考えられる。

① 斜路を設け、周囲地盤より搬入床を下げる方法

搬入床の高さを斜路により低くできることで建屋の天井高さを下げる方法で、この場合には、斜路の建設に要する費用と低くなった部分の建屋の建築費との比較検討が必要である（**図-16.14** 参照）。



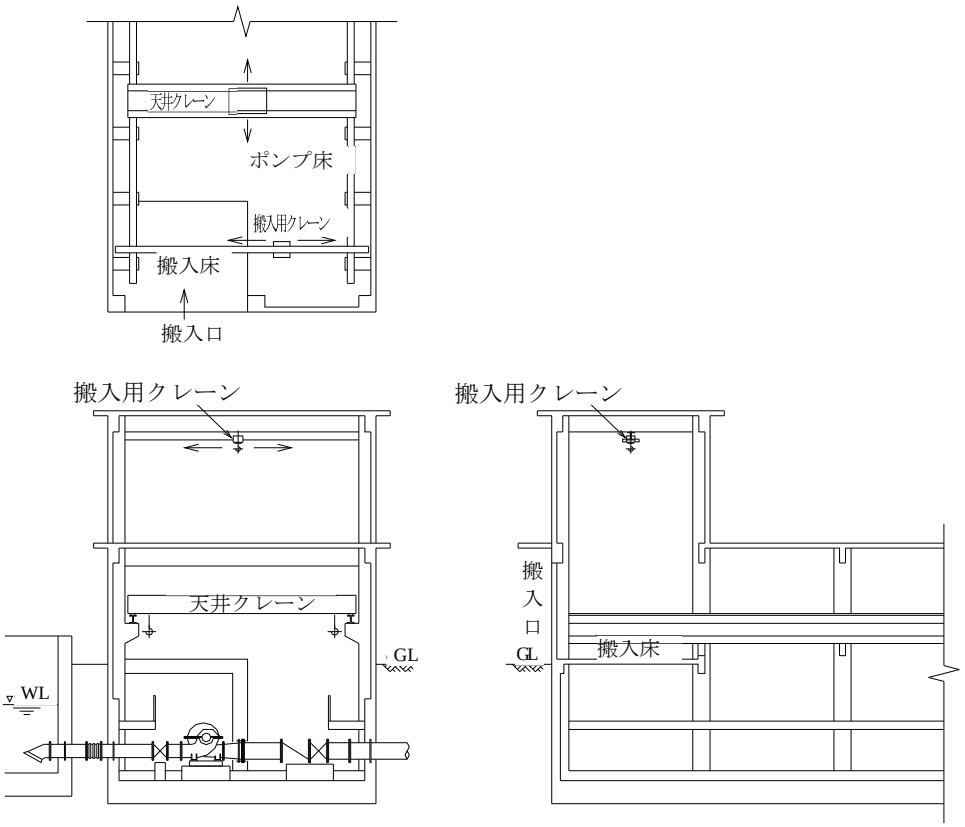

注 1） (B) は、斜路を設けないときの建屋の高さを示す。
2） 斜路からの雨水等は、搬入口の前面に側溝を設けて、建屋内に浸入しないように排水する。

**図-16.14** 斜路による搬入床

施設の床高を浸水位以上にできない場合の対策として、出入口の設置高さを高くすることや止水扉による防水構造化、機器周囲への水密壁の設置等がある。また、機器や配管の壁貫通部や開口部からの浸水を防ぐ必要がある。

② 二段クレーン形式とする方法

主ポンプ及び主原動機等機器を搬入する専用のクレーンを設けて、ポンプ場建屋の天井の高さを下げる方法で、この場合も搬入用クレーン設置費用と、低くなった部分の建屋の建築費との比較検討が必要である（**図-16.15** 参照）。




注）ポンプ室のクレーンを搬入床下に設置する場合もある。

**図-16.15**　二段クレーン形式

③　屋根開口部から移動式クレーンにより機器を搬入する方法

屋根に開閉できる開口部を設け、移動式クレーン等により主ポンプ及び主原動機等を吊り上げ、開口部よりポンプ室内に搬入する方法である。ただし、この方法による場合は、次の条件を確認する必要がある。

(i)　地上部分の建屋の軒高が低く、移動式クレーン等による吊り上げが容易であり、現地における作業スペースの確保等もできること。（詳細は、「**17.4　クレーン設備**」参照）

(ii)　吊り荷重が、移動式クレーン等の容量範囲内であることを確かめる必要があり、大容量ポンプの場合には適切な方法ではない（**図-16.16** 参照）。

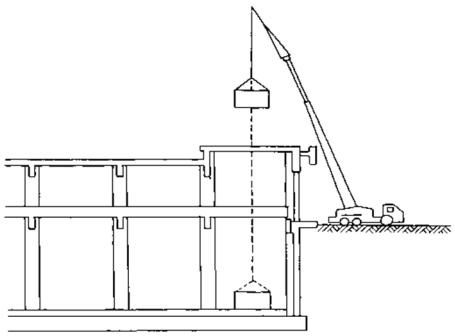
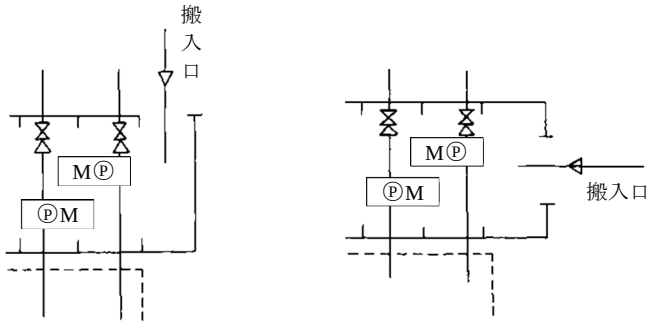


**図-16.16**　移動式クレーンによる搬入

⑶ 搬入口は建屋の平面計画及び敷地の状況により、梁間方向又は桁行方向に設けられる（**図-16.17** 参照）。




(a)梁間方向　　(b)桁行方向

注） Ⓟ＝主ポンプ、M＝主原動機

**図-16.17** ポンプ室への搬入口方向（平面）

## 16.2 各室の設計

ポンプ場の各室の設計に当たっては、基準の運用「**11-2 各室の設計**」に規定する基本的事項のほか、次の事項についても十分考慮する必要がある。

① 地下ポンプ室、中央操作室、電気室等の機械搬入口、階段
② 換気装置とその位置、ガラリ等
③ 排気消音器の設置場所
④ 吸込水槽、冷却水槽の点検排除口、水位検出器の取付孔
⑤ 点検歩廊（必要な場合）
⑥ 配管、配線、換気ダクト用貫通口

なお、地下ポンプ室への搬入口の大きさは、下床に配置される主ポンプ及び吐出し弁以外の最も大きな機器が搬入できる大きさにする。

なお、万一の異常水位を考え、電気室等はその水位以上とする必要がある。

## 16.2.1　ポンプ室

⑴　主ポンプの配列

ポンプ室の平面計画は、主ポンプ等の配置によって異なる。

一般的に採用されている配置を、**図-16.18(a)～(c)**に示す。

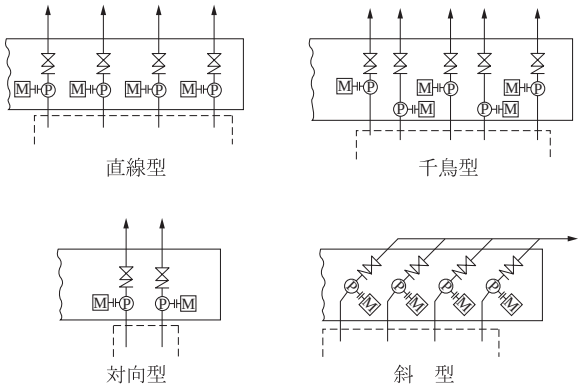



**図-16.18(a)**　横軸渦巻ポンプの配置

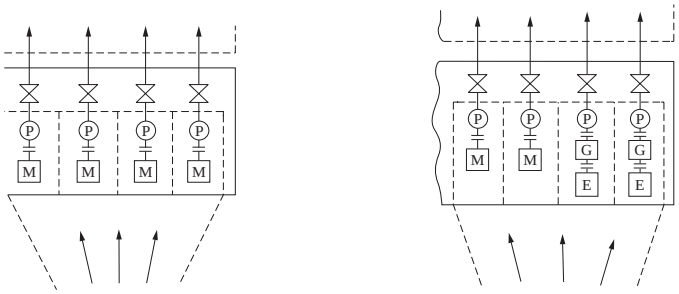


**図-16.18(b)**　横軸軸流・斜流ポンプの配置

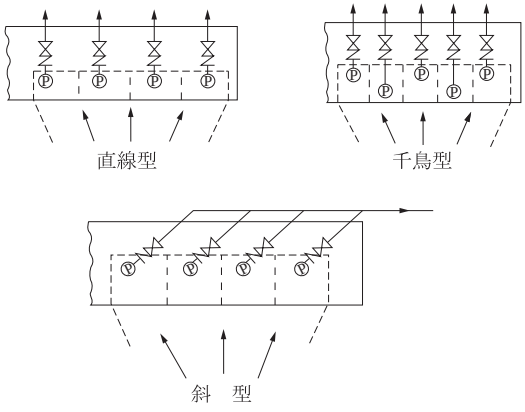



**図-16.18(c)**　立軸軸流・斜流ポンプの配置

⑵ ポンプ室の梁間（水流方向の床面長さ）

ポンプ室の梁間は、原則として、主ポンプ、弁、減速機、主原動機等を天井クレーンにより、垂直に吊るものとして算出する。

注1) ポンプ室の梁間寸法（$L$）は、ポンプ室の壁内面間を基準とする。

2) ポンプ設備によっては、天井クレーンを必要としない場合や、天井クレーンによる弁の吊り上げを必要としない場合がある。

3) 天井クレーンにより弁の吊り上げを行う場合、建屋の柱が障害となるときは、フック位置とレール間の最小拡幅寸法を大きくすることができる。

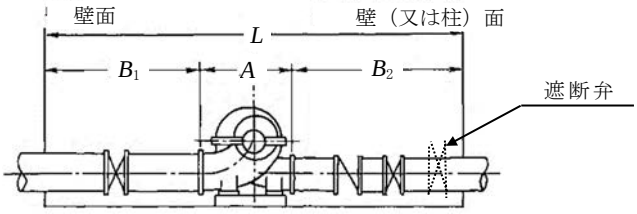
① 高揚程ポンプ

(i) 横軸渦巻ポンプの梁間は、**式（16.1）**から求める。

$$L=A+B_1+B_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.1)$$

ここに、$L$ ：ポンプ室の梁間　　$A$ ：両吸込渦巻ポンプフランジ面間寸法

$B_1$ ：吸込管部寸法　　$B_2$：吐出し管部寸法




横軸渦巻ポンプ

**表-16.3** 横軸両吸込渦巻ポンプの梁間寸法（参考値）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A$ | $B_1$ | $B_2$ | | $A$ | $B_1$ | $B_2$ |
| 3 超～ 5 以下 | 800 | 1,000 | 2,000 | 36 超～ 50 以下 | 1,700 | 2,160 | 4,160 |
| 5 超～ 8 以下 | 850 | 1,100 | 2,200 | 50 超～ 70 以下 | 1,900 | 2,260 | 4,610 |
| 8 超～12 以下 | 900 | 1,150 | 2,550 | 70 超～ 90 以下 | 2,200 | 2,490 | 5,100 |
| 12 超～18 以下 | 1,050 | 1,300 | 2,830 | 90 超～115 以下 | 2,400 | 2,690 | 5,540 |
| 18 超～23 以下 | 1,100 | 1,470 | 3,120 | 115 超～150 以下 | 2,600 | 3,000 | 6,000 |
| 23 超～28 以下 | 1,200 | 1,625 | 3,400 | 150 超～200 以下 | 3,100 | 3,500 | 6,500 |
| 28 超～36 以下 | 1,300 | 1,780 | 3,680 | | | | |

注1) この表の$A$寸法は、横軸両吸込単段渦巻ポンプの寸法を示す。また、全揚程が 50m 以上の場合の $A$ 寸法は、**表-5.27** 及び注釈を参照する。横軸両吸込多段渦巻ポンプの場合は、**表-5.29** の$A$寸法を使用すること。

2) 吸込側の弁が不要の時は、弁のフランジ面間寸法分のみ狭くすることができる。

3) 吐出し側にさらに遮断弁を入れる場合には、弁のフランジ面間寸法分を広くする。

4) 逆止め弁を使用せず、油圧コーン弁等を採用する時は遮断弁を必ず取付ける（手動弁でよい）。

5) 点検歩廊の必要性のある場合は、上記表から算出した梁間寸法に 1～1.5m加える。

6) 梁間は上表の数値を基本とするが、補機の配置、建屋の表示寸法等を考慮し作図の上、最終寸法を決定する。

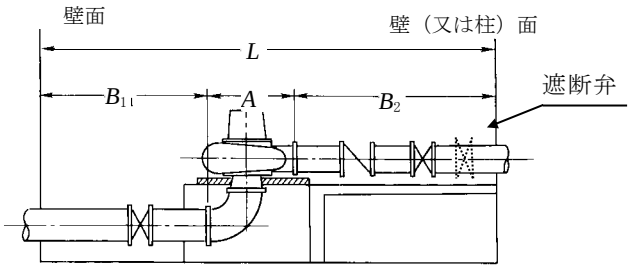
7) バイパス管を設ける場合は、T 字管の寸法等を調査し、必要寸法を確保する。

(ii)　立軸渦巻ポンプの梁間は、**式（16.2）**から求める。

$$L=A+B_1+B_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.2)$$

ここに、$L$ ：ポンプ室の梁間　　$A$ ：立軸片吸込渦巻ポンプのフランジ面間寸法

$B_1$ ：吸込管部寸法　　$B_2$：吐出し管部寸法




立軸渦巻ポンプ

**表-16.4**　立軸片吸込渦巻ポンプの梁間寸法（参考値）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 （mm） | | | 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 （mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A$ | $B_1$ | $B_2$ | | $A$ | $B_1$ | $B_2$ |
| 8 超～12 以下 | 950 | 1,150 | 2,550 | 50 超～ 70 以下 | 1,650 | 2,260 | 4,610 |
| 12 超～18 以下 | 1,000 | 1,300 | 2,830 | 70 超～ 90 以下 | 1,850 | 2,490 | 5,100 |
| 18 超～23 以下 | 1,050 | 1,470 | 3,120 | 90 超～115 以下 | 2,050 | 2,690 | 5,540 |
| 23 超～28 以下 | 1,150 | 1,625 | 3,400 | 115 超～150 以下 | 2,300 | 3,000 | 6,000 |
| 28 超～36 以下 | 1,250 | 1,780 | 3,680 | 150 超～200 以下 | 2,750 | 3,500 | 6,500 |
| 36 超～50 以下 | 1,450 | 2,060 | 4,160 | | | | |

注 1)　記入外寸法は、**表-5.28** 立軸片吸込渦巻ポンプ概略寸法表による。また、全揚程が 50m 以上の場合の $A$ 寸法は**表-5.28** 及び注釈を参照する。

2)　吸込側の弁が不要の時は、弁のフランジ面間寸法分のみ狭くすることができる。

3)　吐出し側にさらに遮断弁を入れる場合には、弁のフランジ面間寸法分を広くする。

4)　逆止め弁を使用せず、油圧コーン弁等を採用する時は遮断弁を必ず取付ける（手動弁でよい）。

5)　点検歩廊の必要性のある場合は、上記表から算出した梁間寸法に 1～1.5m 加える。

6)　梁間は上表の数値を基本とするが、補機の配置、建屋の表示寸法等を考慮し作図の上、最終寸法を決定する。

②　低揚程ポンプ

ポンプ室の梁間は**式（16.3）**により算出するが、補機の配置、建屋の表示寸法等を考慮し作図の上、最終寸法を決定する。

$$L=A+B+C \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.3)$$

ここに、$L$ ：ポンプ室の梁間

$A$ ：主ポンプ中心より吐出し側壁（又は柱）[注)] 面までの寸法（**表-16.5(a)**、**表-16.5(b)**参照）

$B$ ：主ポンプ中心より原動機後方までの寸法

$C$ ：主原動機後方より壁面までの寸法

注）天井クレーンで吐出し弁を垂直吊りする場合に、建屋の柱が障害となるときは柱面とする。

**表-16.5(a)** 主ポンプ中心より壁（又は柱）面までの寸法（参考値）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | A 寸法 (mm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 横軸軸流 | | 横軸斜流 | | 立軸軸流 一床式 | 立軸軸流 一床式 | 立軸斜流 一床式 | 立軸斜流 一床式 |
| | (Ⅰ型) | (Ⅱ型) | (Ⅰ型) | (Ⅱ型) | (Ⅰ型) | (Ⅱ型) | (Ⅰ型) | (Ⅱ型) |
| 12 超～ 23 以下 | 2,100 | 2,025 | 2,250 | 2,175 | 1,750 | 1,675 | 1,750 | 1,675 |
| 23 超～ 36 以下 | 2,250 | 2,200 | 2,450 | 2,400 | 1,850 | 1,800 | 2,000 | 1,800 |
| 36 超～ 50 以下 | 2,450 | 2,400 | 2,650 | 2,600 | 2,100 | 2,000 | 2,100 | 2,000 |
| 50 超～ 70 以下 | 2,600 | 2,550 | 2,900 | 2,850 | 2,150 | 2,100 | 2,450 | 2,350 |
| 70 超～ 90 以下 | 2,900 | 2,750 | 3,400 | 3,250 | 2,650 | 2,350 | 2,650 | 2,450 |
| 90 超～115 以下 | 3,200 | 3,150 | 3,600 | 3,550 | 2,750 | 2,650 | 2,750 | 2,650 |
| 115 超～150 以下 | 3,300 | 3,250 | 3,750 | 3,700 | 2,850 | 2,750 | 2,850 | 2,750 |
| 150 超～200 以下 | 3,800 | 3,600 | 4,450 | 4,250 | 3,100 | 2,700 | 3,200 | 2,800 |
| 200 超～255 以下 | 4,250 | 4,100 | 5,300 | 5,100 | 3,400 | 3,150 | 3,400 | 3,150 |
| 255 超～325 以下 | 4,550 | 4,350 | 5,600 | 5,400 | 3,600 | 3,350 | 3,600 | 3,450 |
| 325 超～400 以下 | 5,200 | 4,950 | 6,000 | 5,750 | － | － | － | － |
| 400 超～480 以下 | 5,650 | 5,400 | 6,600 | 6,350 | － | － | － | － |
| 480 超～600 以下 | 6,200 | 5,950 | 7,150 | 6,900 | － | － | － | － |

**表-16.5(b)** 主ポンプ中心より壁（又は柱）面までの寸法（参考値）

| 吐出し量 ($m^3$/min) | A 寸法 (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 立軸軸流 二床式 (Ⅰ型) | 立軸軸流 二床式 (Ⅱ型) | 立軸斜流 二床式 (Ⅰ型) | 立軸斜流 二床式 (Ⅱ型) |
| 12 超～ 23 以下 | 2,550 | 2,550 | 2,550 | 2,550 |
| 23 超～ 36 以下 | 2,600 | 2,600 | 2,750 | 2,600 |
| 36 超～ 50 以下 | 2,950 | 2,950 | 2,950 | 2,950 |
| 50 超～ 70 以下 | 3,050 | 3,050 | 3,350 | 3,350 |
| 70 超～ 90 以下 | 3,450 | 3,450 | 3,450 | 3,450 |
| 90 超～115 以下 | 3,550 | 3,550 | 3,550 | 3,550 |
| 115 超～150 以下 | 3,800 | 3,800 | 3,800 | 3,800 |
| 150 超～200 以下 | 3,950 | 3,950 | 4,050 | 4,050 |
| 200 超～255 以下 | 4,200 | 4,100 | 4,200 | 4,200 |
| 255 超～325 以下 | 4,250 | 4,250 | 4,350 | 4,350 |
| 325 超～400 以下 | 4,700 | 4,700 | 4,800 | 4,800 |
| 400 超～480 以下 | 4,950 | 4,950 | 5,250 | 5,250 |
| 480 超～600 以下 | 5,450 | 5,450 | 5,550 | 5,550 |

注1) 本表は吐出し弁を天井クレーンにより垂直吊りすることを前提とした寸法であり、建屋の柱が障害となる場合は、*A* 寸法を柱面までとする。

2) 管内クーラ付の場合の寸法は別途寸法加算するか、又は、個々の寸法の積上げを行う。

3) 立軸ポンプの *A* 寸法は、据付床面から吸込ベルまでの長さを 4m（ただし、吐出し量 480 超～600$m^3$/min 以下は 4.5m）とした場合の天井クレーンの規格をもとに算出している。

4) 低揚程の斜流ポンプ（全揚程：3.2m 以下）及び軸流ポンプ（全揚程：2.5m 以下）の場合は「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

5) 立軸ポンプⅢ型の *A* 寸法は、Ⅱ型と同一とする。

(i)　横軸ポンプ

主ポンプ中心から吐出し側壁（又は柱）面までの $A$ 寸法は、**式（16.4）**により求める。

$$A=e+f+g \quad \cdots\cdots (16.4)$$

ここに、$e$ ：主ポンプ寸法、**表-5.31～表-5.36** に定める $A$ 寸法。

$f$ ：弁中心までの寸法、**表-9.3** に定める $A$ 寸法。
管内クーラを設ける場合は、必要寸法を確保する。必要寸法は**表-10.3** を参照。

$g$ ：弁中心から壁（又は柱）面までの寸法、 **表-17.6** からクレーン容量を選び、**表-17.8～表-17.11** に定める寸法（$D$ 寸法又は $E$ 寸法の小さい方の値）＋$B$ 寸法より求める。

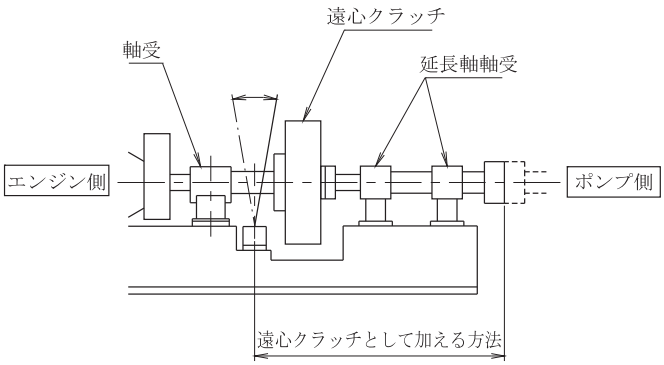
主ポンプ中心から原動機後方までの $B$ 寸法（**図-16.19(a)(b)**参照）は、**式（16.5）**により求める。

$$B=a+b+c \quad \cdots\cdots (16.5)$$

ここに、$a$ ：主ポンプ寸法、**表-5.31～表-5.36**に定める $B$ 寸法。

$b$ ：減速機、**表-7.4～表-7.11**参照。

$c$ ：主原動機寸法、**表-13.19～表-13.23**及び**図-13.21(a)～図-13.25(b)**参照。
クラッチ等を設ける場合は、必要寸法を加える。
遠心クラッチを設ける場合の寸法は、**表-16.6** により決定し、ディーゼル機関の寸法に加えること。




遠心クラッチの据付寸法

**表-16.6**　遠心クラッチの概略据付寸法（単位：mm）

| 機関出力（kW） | 150 未満 | 150 以上～300 未満 | 300 以上～590 未満 | 590 以上～740 未満 |
|---|---|---|---|---|
| 遠心クラッチの寸法 | 1,100 | 1,600 | 1,800 | 2,000 |

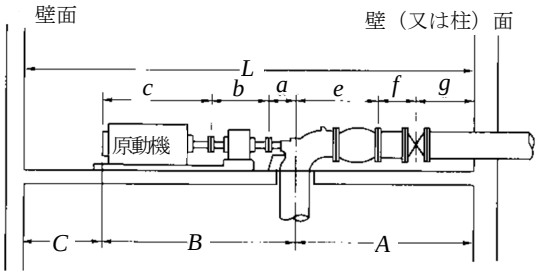



**図-16.19(a)**　横軸ポンプ

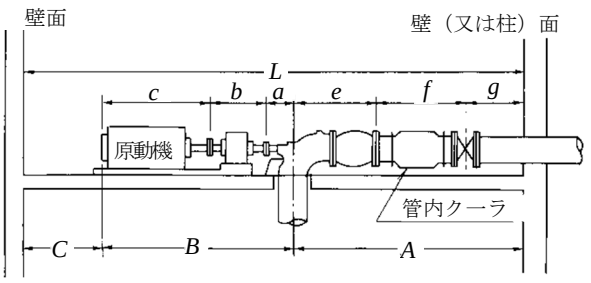



**図-16.19(b)**　横軸ポンプ（管内クーラ付）

主原動機後方から壁面までの $C$ 寸法は、原則として**表-16.7** に掲げる値以上とする。

**表-16.7** 主原動機後方から壁面までの寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 12 超～150 以下 | 150 超～600 以下 |
|---|---|---|
| $C$ 寸 法 (mm) | 2,500 | 3,000 |

注 1) $C$ 寸法は、通路及び保守管理用スペースの確保として 1.5～2 m、補機（内燃機関始動用空気圧縮機等）の設置スペースとして口径別に 1 m あるいは 1.5 m を考慮して定めた値である。よって、補機の配置によっては、$C$ 寸法は 2 m 程度に縮小することは可能である。
2) 低揚程の斜流ポンプ（全揚程：3.2m 以下）及び軸流ポンプ（全揚程：2.5m 以下）の場合は「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

(ii) 立軸ポンプ（一床式）

一床式（**図-16.20(a)、(b)**）の場合の主ポンプ中心から吐出し側壁（又は柱）面までの $A$ 寸法は、**式（16.6）**により求める。

なお、半二床式の場合は一床式に準ずるものとする。

$$A = e + f + g \quad \cdots\cdots (16.6)$$

ここに、$e$ ：主ポンプ寸法、**表-5.37**、**表-5.39～5.40**、**表-5.43～5.44**、**表-5.47～5.51** に定める $I$ 寸法参照。

$f$ ：弁中心までの寸法、横軸ポンプの方法と同様とする。

$g$ ：弁中心から壁（又は柱）面までの寸法、**図-17.10～図-17.14** 又は**表-17.7** からクレーン容量を選び、**表-17.8～表-17.11** に定める寸法（$D$ 寸法又は $E$ 寸法の小さい方の値）＋$B$ 寸法より求める。

主ポンプ中心から主原動機後方までの $B$ 寸法は、**式（16.7）**により求める。

$$B = a + c \quad \cdots\cdots (16.7)$$

ここに、$a$ ：主ポンプ軸中心から主原動機の軸端までの寸法、**表-16.8** の寸法とする。

$c$ ：主原動機寸法、横軸ポンプに定める寸法と同じとする。

**表-16.8** 主ポンプ軸中心から主原動機軸端までの寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 12 超～23 以下 | 23 超～36 以下 | 36 超～50 以下 | 50 超～70 以下 | 70 超～90 以下 | 90 超～115 以下 | 115 超～150 以下 | 150 超～200 以下 | 200 超～255 以下 | 255 超～325 以下 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 寸 法 $a$ (mm) | 1,400 | 1,500 | 1,500 | 1,600 | 1,700 | 1,800 | 1,900 | 2,000 | 2,100 | 2,300 |

注 1) $a$ は実績、作業性を考慮し、1,000mm＋$\phi C/2$ として算出した値を丸めたものである。
2) なお、$\phi C$ は、**表-5.37**、**表-5.39～5.40**、**表-5.43～5.44**、**表-5.47～5.51** による。

なお、半二床式の場合は一床式に準ずるものとする。

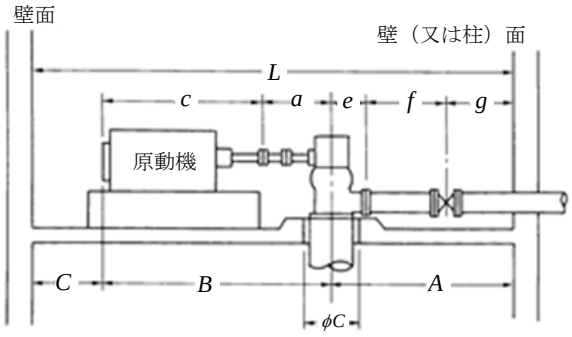



**図-16.20(a)** 立軸ポンプ（一床式）

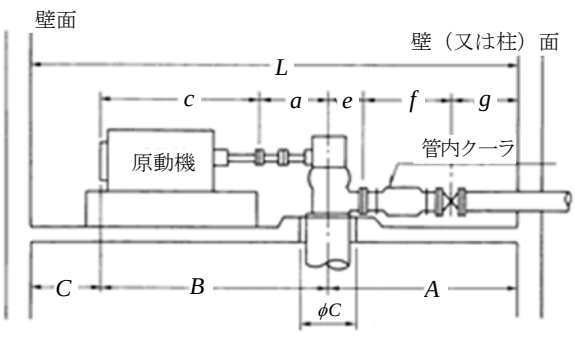



**図-16.20(b)** 立軸ポンプ（一床式、管内クーラ付）

なお、立軸電動機の場合は下記とする。

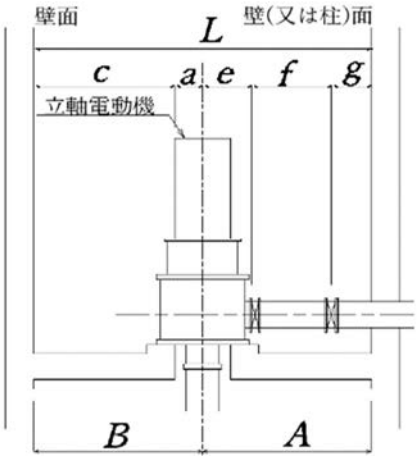



**図-16.20(c)**　立軸電動機駆動立軸ポンプの床面長さ

ポンプ軸中心から反吐出管側壁（又は柱）面までの寸法

$B=a+c$

ここに、

$a$ ：ポンプ軸中心から立軸電動機端の寸法もしくは架台端寸法の大きい方

$c$ ：立軸電動機端部から壁（又は柱）面までの寸法（**表-16.9**）

**表-16.9**　電動機端部から壁（又は柱）面までの概略寸法

単位 mm

| 吐出し量($m^3$/min) | 12 以上～150 以下 | 150 超～600 以下 |
|---|---|---|
| $c$ | 2,500 | 3,000 |

注 1)　$c$ 寸法は通路の確保として 1.5m 程度で、電動機付属機器（抵抗器等）の設置スペースとして口径別に 1～1.5m を考慮して定めた値である。よって、系統機器の配置によっては $c$ 寸法は 2m 程度に縮小できる場合もある。
　また、$B$ 寸法は吸水槽形状から決まる構造寸法と比較の上、大きい方を採用する。

$a$ 寸法には電動機の点検用階段の寸法も含むものとする。

(iii)　立軸ポンプ（二床式）

主ポンプ中心より吐出し側壁（又は柱）面までの$A$寸法は、**式（16.8）**により求める。

$$A=\frac{{}^{\square}K}{2}+i+100+\frac{V}{2}+g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.8)$$

ここに、${}^{\square}K$　：**表-5.38**、**表-5.41～5.42**、**表-5.45～5.46** に定める${}^{\square}K$ 寸法。

$i$　：床支持梁の最大幅寸法。$i$は**表-16.10** に掲げる値を標準とする。

$V$　：弁のフランジ面間寸法。**表-9.5**に定める$L$寸法参照。

$g$　：弁中心から壁（又は柱）面までの寸法、立軸ポンプ（一床式）に定める寸法と同じとする。

**表-16.10** 床支持梁の最大寸法

| 吐出し量（$m^3$/min） | 12 超～36 以下 | 36 超～115 以下 | 115 超～325 以下 | 325 超～600 以下 |
|---|---|---|---|---|
| $i$　寸　法（mm） | 900 | 1,000 | 1,200 | 1,500 |

管内クーラを設ける場合、$A$寸法は、**式（16.9）**により求める。

$$A = e + f + g \quad \cdots\cdots (16.9)$$

ここに、$e$ ：主ポンプ寸法、**表-5.38**、**表-5.41～5.42**、**表-5.45～5.46** に定める I 寸法参照。

$f$ ：管内クーラ設置必要寸法（**表-10.3** を参照）。

$g$ ：弁中心から壁（又は柱）面までの寸法、立軸ポンプ（一床式）に定める寸法と同じとする。

主ポンプ中心より主原動機の後面までの$B$寸法は、**式（16.10）**により求める。

$$B = a + c \quad \cdots\cdots (16.10)$$

ここに、 $a = \dfrac{\square K}{2} + 500$ （mm）

$a$ ：主ポンプ軸中心から主原動機の軸端までの寸法

$c$ ：主原動機寸法、横軸ポンプの方法と同様とする。

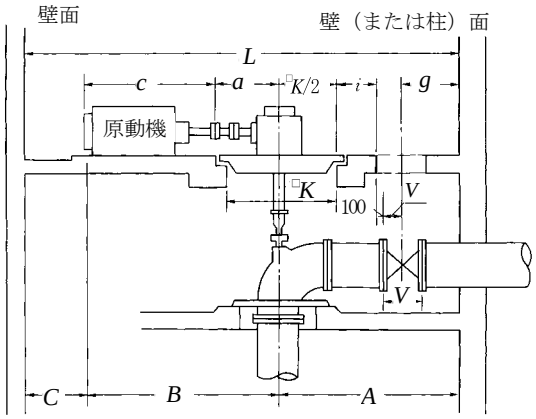



**図-16.21(a)** 立軸ポンプ（二床式）

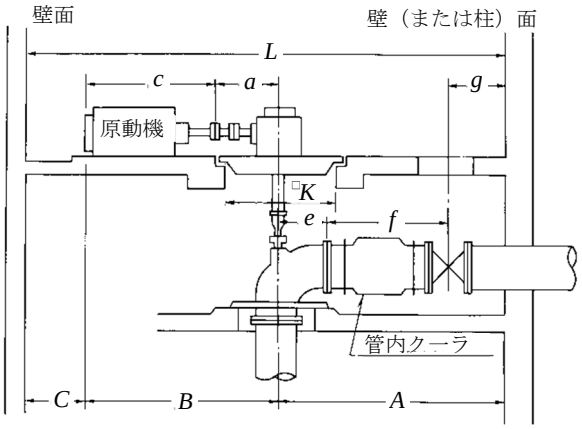



**図-16.21(b)** 立軸ポンプ（二床式、管内クーラ付）

③　チューブラポンプ

チューブラポンプの梁間は、**式（16.11）**により求める。

$$L=2B_1+A \quad \cdots\cdots\cdots\

⑶ ポンプ室の桁行（水流に直角方向の長さ）

ポンプ室の桁行は、次の事項に留意し算出する。

① 主ポンプ相互の間隔は、保守管理及び保安上必要な距離を確保する。

② 搬入スペースは、ポンプ室の桁方向より搬入する場合は原則としてスパン分をあてるが、トラック等の大きさ及び作業性を考慮し適正なスペースとする。また、梁間方向より搬入する場合は、トラック等がポンプ室に進入し主ポンプ等を天井クレーンで吊り上げ作業ができるスペースとする。**図-16.14**に搬入口を示す。

③ 弁操作用の油圧ポンプ等の設備を必要とする場合には、設置場所を見込む。

④ 大規模なポンプ場で補機が多い場合には、別途必要なスペースを考慮する。

⑤ 桁行方向の柱の配置は、吸込管及び吐出し管を避けて柱間隔を4～7m程度にとり、可能な限り等間隔とする。

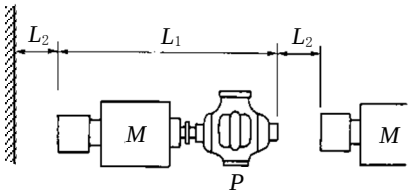
(i) 渦巻ポンプ

主ポンプ及び主電動機の周囲は、保守管理、保安上、下記の寸法とする。

吐出し量 28m$^3$/min以下　　$L_2 \geqq 1$m

吐出し量 28m$^3$/min超～115m$^3$/min以下　　$L_2 \geqq 1.5$m

吐出し量 115m$^3$/min超　　$L_2 \geqq 2$m




注） 吸込水槽隔壁間中心線と、主ポンプ中心線及び主ポンプ据付間隔からも合わせて検討する。

**図-16.22** 渦巻ポンプの桁行

(ii) 軸流ポンプ及び斜流ポンプ

主ポンプ1台当たりの据付けに必要な寸法は、**式（16.12）**により算出する。

$$M = A + B \quad \cdots\cdots (16.12)$$

ここに、 $M$ ：主ポンプ1台当たりの据付けに必要な寸法

$A$ ：吸込水槽有効幅

$B$ ：吸込水槽隔壁の厚さ

注） 搬入に必要な寸法は、原則として主ポンプ1台の据付けに必要な寸法を確保する。

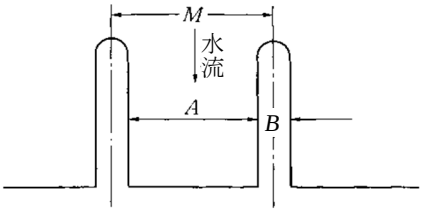
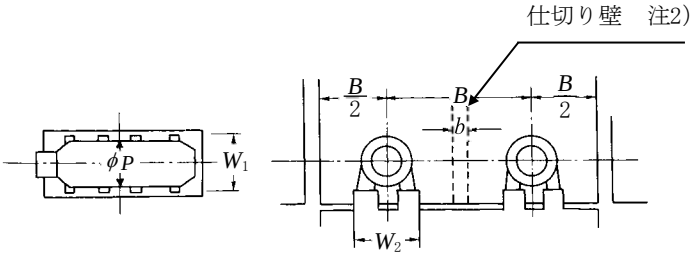



**図-16.23** 軸流ポンプ及び斜流ポンプの桁行

(iii)　チューブラポンプ

チューブラポンプの桁行寸法は、**表-16.13** 及び**表-16.14** による。




チューブラポンプの桁行

**表-16.13**　軸流形チューブラポンプ（Ⅰ型、Ⅱ型）桁行寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $B$ | | $\phi P$ | $W_1$ | $W_2$ | $B$ |
| 36 超～ 50 以下 | 1,220 | 1,200 | 1,500 | 2,500 | 200 超～255 以下 | 2,000 | 1,900 | 2,300 | 4,500 |
| 50 超～ 70 以下 | 1,320 | 1,300 | 1,600 | 2,800 | 255 超～325 以下 | 2,100 | 2,000 | 2,500 | 5,000 |
| 70 超～ 90 以下 | 1,380 | 1,400 | 1,700 | 3,200 | 325 超～400 以下 | 2,600 | 2,400 | 2,900 | 5,500 |
| 90 超～115 以下 | 1,590 | 1,600 | 1,900 | 3,500 | 400 超～480 以下 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 6,000 |
| 115 超～150 以下 | 1,640 | 1,600 | 1,900 | 3,800 | 480 超～600 以下 | 2,760 | 2,600 | 3,100 | 6,500 |
| 150 超～200 以下 | 1,760 | 1,700 | 2,100 | 4,000 | | | | | |

注1)　主ポンプの据付けに必要な寸法は、主ポンプの最大寸法 $\phi P$ と主ポンプ周囲の作業性を考慮して決めてある。なお、主ポンプ間に仕切壁や梁が入る場合には、さらにその寸法を別途加算すること。

2)　ポンプ室が地下深くなり、周囲から大きな土圧を受ける場合には、各主ポンプ間に支持梁、又は仕切壁 $b$ を設けることがある。この場合の各主ポンプの据付間隔は、$B$ 寸法に支持梁又は仕切壁の厚さを加算する。

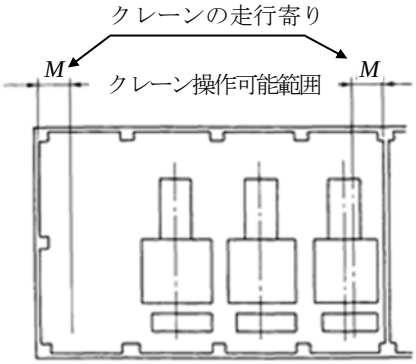
3)　$B/2$ 決定に際しては、作業性の他に弁の開閉機構の寸法（**表-9.9** の $A$ 寸法)、階段の有無、クレーンの寄り等を検討すること。

**表-16.14**　斜流形チューブラポンプ（Ⅰ型、Ⅱ型）桁行寸法

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | | 吐出し量 ($m^3$/min) | 主 要 寸 法 (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\phi P$ | $B$ | $W_1$ | $W_2$ | | $\phi P$ | $B$ | $W_1$ | $W_2$ |
| 36 超～ 50 以下 | 1,350 | 2,500 | 1,400 | 1,700 | 200 超～255 以下 | 1,950 | 4,500 | 1,800 | 2,200 |
| 50 超～ 70 以下 | 1,380 | 2,800 | 1,400 | 1,700 | 255 超～325 以下 | 2,200 | 5,000 | 2,100 | 2,600 |
| 70 超～ 90 以下 | 1,500 | 3,200 | 1,500 | 1,800 | 325 超～400 以下 | 2,600 | 5,500 | 2,400 | 2,900 |
| 90 超～115 以下 | 1,640 | 3,500 | 1,600 | 1,900 | 400 超～480 以下 | 2,760 | 6,000 | 2,600 | 3,100 |
| 115 超～150 以下 | 1,760 | 3,800 | 1,700 | 2,000 | 480 超～600 以下 | 2,760 | 6,500 | 2,600 | 3,100 |
| 150 超～200 以下 | 1,870 | 4,200 | 1,700 | 2,100 | | | | | |

注)　**表-16.13** の注）を参照。

⑥ ポンプ室の桁行寸法は、**表-16.15** に示すクレーンの走行方向寄り $M$ からクレーンの操作可能範囲を求め、主ポンプの軸中心線がこの範囲内に入ってくることを確かめ、もし範囲を外れた場合は操作範囲を延長するか、天井クレーンの製作時に配慮する必要がある。




大口径ポンプと小口径ポンプの組合せ時のクレーン寄り寸法が足りなくなる可能性あるので注意すること。(大ポンプを壁際に設置する等)

**表-16.15** クレーンの走行寄り寸法

| | 容 量 (t) | $M$ (mm) |
|---|---|---|
| 手 動 | 5まで | 1,100 |
| 〃 | 7.5、10 | 1,500 |
| 電 動 | 7.5 | 2,400 |
| 〃 | 10 | 2,400 |
| 〃 | 13 | 2,400 |
| 〃 | 15 | 2,600 |
| 〃 | 20 | 2,800 |
| 〃 | 25/5 | 3,000 |
| 〃 | 32/8 | 3,100 |
| 〃 | 35/8 | 3,100 |
| 〃 | 40/8 | 3,100 |
| 〃 | 50/10 | 3,400 |

⑷ ポンプ室の高さ

ポンプ室の天井の高さは、主ポンプ等の据付け及び保守管理に必要な天井クレーンの吊り上げ高さによって決まる。

天井高に必要な寸法は、**式 (16.13)** により求める。

$$H=j+F+A+K \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.13)$$

ここに、 $H$ ：天井の高さ

$j$ ：天井クレーンの吊り上げ高さ

$A$、$F$ ：**表-17.8～表-17.11**に示す $A$、$F$ 寸法参照。
$F$ はレール上端からフックまでの寸法

$K$ ：梁せい

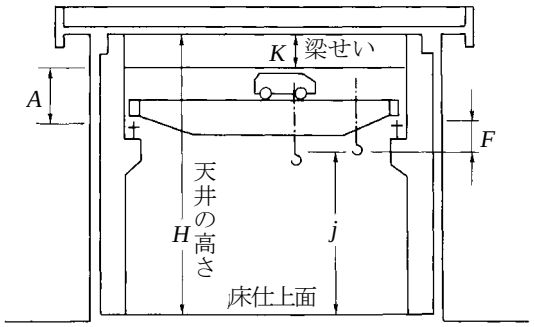



**図-16.24** ポンプ室の高さ

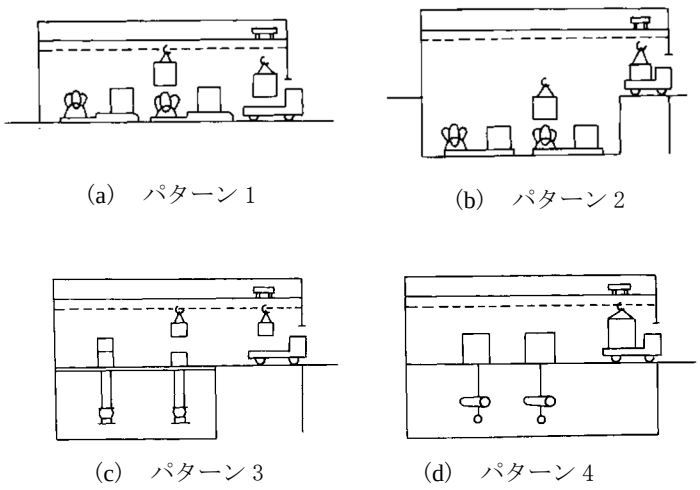
天井クレーンの吊り上げ高さとは、ポンプ場の使用機器の据付け及び保守管理に必要なもので、主ポンプの据付床面よりクレーンフックの最高位置までとする。以下に示す吊り上げ高さは最小値であるので、他の理由により必要な場合は高くしても差し支えない。

なお、立軸ガスタービンを採用する場合、天井クレーン吊り上げ高さの決定に当たっては、搬入、搬出時の立軸ガスタービン本体及びダクト等を考慮した寸法で、天井クレーン吊り上げ高さを決定する必要がある。

注 1) 天井クレーン本体レール等を吊り上げるため、梁、柱、側面にフックを埋込むと便利である。
2) 二床式のポンプ場においては、補機関係（主ポンプ床に設置される場合）の据付、点検整備の際に吊り上げが容易になるよう、梁、天井にフックを埋込むと便利である。

① 高揚程ポンプ

主ポンプの吊り上げ高さを決めるパターンは、**図-16.25**の４形式とする。



(a)　パターン 1　　(b)　パターン 2

(c)　パターン 3　　(d)　パターン 4

**図-16.25**　主ポンプの吊り上げ高さ形式

(a)　パターン 1 の吊り上げ高さ

高揚程両吸込単段渦巻ポンプは、**表-16.16** ①による。

高揚程両吸込多段渦巻ポンプは、**表-16.16** ③による。

(b)　パターン 2 の吊り上げ高さ

高揚程両吸込単段渦巻ポンプは、〔**表-16.16** ①又は（**表-16.16**②＋搬入床と据付床の差)〕のいずれか大きい方。

高揚程両吸込多段渦巻ポンプは、〔**表-16.16** ③又は（**表-16.16**④＋搬入床と据付床の差)〕のいずれか大きい方。

(c)　パターン 3 の吊り上げ高さは、**表-16.16** ⑤による。

(d)　パターン 4 の吊り上げ高さは、**表-16.16** ⑥による。

注）　吐出し量 36m$^3$/min 以下の渦巻ポンプでクレーン容量が 3.2t 程度の小容量のものについては、建屋高さを低くするためにコロ引きによって搬出入させることもできる。

**表-16.16** 高揚程ポンプ天井クレーン吊り上げ高さ

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 表-16.16 ① (mm) | | 表-16.16 ② (mm) | | 表-16.16 ③ (mm) | 表-16.16 ④ (mm) | 表-16.16 ⑤ (mm) | 表-16.16 ⑥ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 全揚程 50m以下 | 全揚程 51m以上 | 全揚程 50m以下 | 全揚程 51m以上 | | | | |
| 8超 ～12以下 | 3,700 | 4,330 | 3,700 | 4,000 | 5,750 | 5,600 | 5,700 | 4,300 |
| 12超 ～18以下 | 4,250 | 4,940 | 4,050 | 4,500 | 6,650 | 6,250 | 5,800 | 4,500 |
| 18超 ～23以下 | 4,600 | 5,160 | 4,300 | 4,800 | 7,100 | 6,550 | 5,900 | 4,800 |
| 23超 ～28以下 | 4,900 | 5,880 | 4,400 | 5,000 | 7,550 | 6,850 | 6,000 | 5,000 |
| 28超 ～36以下 | 5,400 | 6,190 | 4,600 | 5,100 | 7,950 | 7,150 | 6,100 | 5,300 |
| 36超 ～50以下 | 6,140 | 7,050 | 5,100 | 5,700 | 8,650 | 7,550 | 6,200 | 5,700 |
| 50超 ～70以下 | 6,640 | 8,090 | 5,300 | 6,350 | 9,250 | 7,750 | 6,400 | 6,350 |
| 70超 ～90以下 | 7,620 | 8,930 | 5,850 | 6,850 | | | 6,500 | 6,850 |
| 90超～115以下 | 8,170 | 9,430 | 6,050 | 7,050 | | | 7,000 | 7,500 |
| 115超～150以下 | 9,070 | 10,430 | 6,890 | 7,930 | | | | 7,930 |
| 150超～200以下 | 9,800 | 11,270 | 7,400 | 8,510 | | | | 8,510 |
| 備　考 | 主ポンプのケーシング上を通過して主電動機本体を所定の位置に移すための必要高さである。「高揚程両吸込単段渦巻ポンプ」*C*ゾーンポンプ | | 主電動機をトラックに積み搬入口より機場内に入れて主電動機を吊り上げるために必要な高さである。「高揚程両吸込単段渦巻ポンプ」*C*ゾーンポンプ | | 吐出し弁上部を通過して主電動機本体を所定の位置に移すために必要な高さである。「高揚程両吸込多段渦巻ポンプ」*D*ゾーンポンプ | 表-16.16 ②と同じ。ただし、「高揚程両吸込多段渦巻ポンプ」*D*ゾーンポンプ | ①主ポンプ据付分解、②主電動機のトラックによる搬入、③主電動機取付、取外し。3つのいずれも可能な高さである。主ポンプの形式は立軸斜流ポンプで据付床よりベルマウス先端まで4mを基準とするが、それ以上の場合でも本高さを採用して差支えない。 | 主電動機をトラックに積み搬入口より機場内に入れて主電動機を吊り上げるために必要な高さ及び主電動機の据付取外しに必要な高さで、主電動機床からの高さで表す。「高揚程立軸片吸込単段渦巻ポンプ」*C*ゾーンポンプ |

② 低揚程ポンプ

低揚程ポンプの天井クレーン吊り上げ高さは、**表-16.17**及び**表-16.18**による。

**表-16.17**　低揚程ポンプ天井クレーン吊り上げ高さ

| 主ポンプ形式 / 吐出し量 ($m^3$/min) | 横軸ポンプ (mm) (Ⅰ型、Ⅱ型) | 立軸ポンプ (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一床式 | | | | 二床式 | |
| | | $H_1$ (Ⅰ型) | $H_2$ (Ⅰ型) | $H_1$ (Ⅱ型) | $H_2$ (Ⅱ型) | (Ⅰ型) | (Ⅱ型) |
| 12 超～ 23 以下 | 3,500 | 3,600 | 4,700 | 3,600 | 4,700 | 3,600 | 3,600 |
| 23 超～ 36 以下 | 3,600 | 3,700 | 5,000 | 3,600 | 4,700 | 3,700 | 3,600 |
| 36 超～ 50 以下 | 3,700 | 3,800 | 5,400 | 3,700 | 5,000 | 3,800 | 3,700 |
| 50 超～ 70 以下 | 3,700 | 4,000 | 5,600 | 3,800 | 5,400 | 3,900 | 3,800 |
| 70 超～ 90 以下 | 3,900 | 4,200 | 6,000 | 4,000 | 5,600 | 4,000 | 3,900 |
| 90 超～115 以下 | 4,200 | 4,500 | 6,600 | 4,200 | 6,000 | 4,100 | 4,000 |
| 115 超～150 以下 | 3,800 | 4,800 | 7,100 | 4,500 | 6,600 | 4,400 | 4,100 |
| 150 超～200 以下 | 4,000 | 5,300 | 7,900 | 4,800 | 7,100 | 4,800 | 4,400 |
| 200 超～255 以下 | 4,200 | 5,700 | 8,500 | 5,300 | 7,900 | 4,900 | 4,800 |
| 255 超～325 以下 | 4,500 | 6,100 | 9,200 | 5,700 | 8,500 | 5,100 | 4,900 |
| 325 超～400 以下 | 4,800 | － | － | － | － | 5,800 | 5,100 |
| 400 超～480 以下 | 5,200 | － | － | － | － | 6,300 | 5,800 |
| 480 超～600 以下 | 5,800 | － | － | － | － | 7,000 | 6,300 |

注1)　主ポンプ吊り上げ高さは、主ポンプの据付床面（二床式の場合は上床）から、クレーンフックの最高位置までの寸法をいう。

立軸ポンプの一床式の吊り上げ高さは機器搬入口床面に $H_1$ を加えたレベル、又は仕上げ床面に $H_2$ を加えたレベルのいずれか高くなるレベルにより決定する。(**図-16.26** 参照)

2)　上表に示す主ポンプ吊り上げ高さは最小値であるので、他に理由がある場合はクレーンの吊り上げ高さを大きくしてもよい。

3)　ワイヤー玉掛開き角度は 90°とした。

4)　上表の値は、吊り上げ物と床面（又は障害物）との高さ方向クリアランス及びクレーンのブレーキ遅れ等を考慮したものである。

5)　横軸、立軸一床式、立軸二床式は軸流ポンプ、斜流ポンプ共通の寸法とした。

6)　横軸ポンプは吐出し量 115$m^3$/min 以下は一体吊りとし、吐出し量 115$m^3$/min 超は分解し、下ケーシングを吊った場合の寸法である。

7)　立軸ポンプは、吊り上げ高さが大きくなるので主ポンプを最小寸法に分割することで吊り上げ高さを決定している。

8)　クレーン容量が 3.2t 程度の小容量のものについては、建屋高さを低くするためにコロ引きによって搬出入させることもできる。

9)　立軸ポンプⅢ型の吊上げ高さは、Ⅰ型と同一とする。

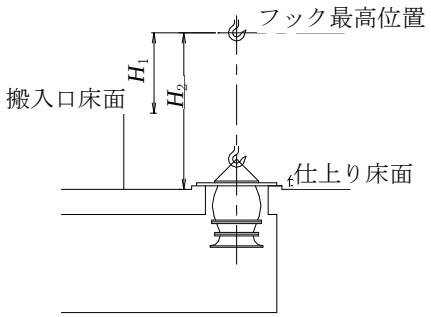



**図-16.26**　立軸ポンプ（一床式）吊り上げ高さ

**表-16.18**　大容量軸･斜流ポンプ天井クレーン吊り上げ高さ

| 主ポンプ形式 / 吐出し量 ($m^3$/min) | 軸流 (mm) | 斜流 (mm) | 主ポンプ形式 / 吐出し量 ($m^3$/min) | 軸流 (mm) | 斜流 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 600 超～740 以下 | 5,500 | 7,000 | 850 超～1,000 以下 | 6,500 | 8,000 |
| 740 超～850 以下 | 6,000 | 7,500 | 1,000 超～1,150 以下 | 7,000 | 8,500 |

注)　二床式の上床（主原動機設置床）から、クレーンフックの最高位置までの寸法をいう。

### 16.2.2 電気室、操作室、自家用発電機室

電気室等の所要面積を決定するには、関係法令に準拠するとともに、下記の点にも留意する必要がある。設計に当たっては、関連基準を遵守するとともに電気設備計画設計技術指針（高低圧編）を参考とする。

① 電気室の広さは、機器の適正な配置に必要な面積と、保守点検のために必要な通路の面積を確保する。

② 機器の搬入に支障のないよう、搬入口、搬入路を考える。

③ 電気室の天井高さ（梁のある場合は梁下高さ）は、3mを標準とする。

④ 天井梁下高さは、設置される盤の高さ（換気ファン搭載の場合はその高さも含む）に500㎜以上の余裕をとる。

⑴ 関連基準

高圧受電設備規程（(一社) 日本電気協会）

⑵ 保有距離について

防火上有効な空間を保持するために必要な最小保有距離が、消防法の規定に基づいて、各地方自治体の火災予防条例により定められている。この規定により、電気室の機器の周囲、自家用発電設備機器の周囲、及び蓄電池設備機器の周囲の必要スペースを決定する。

また、受変電設備の最小保有距離に関しては、高圧受変電設備規程に保守点検に必要な距離も加味して、定められている。**表-16.19**に必要な保有距離を示す。

**表-16.19**　電気設備の保有距離

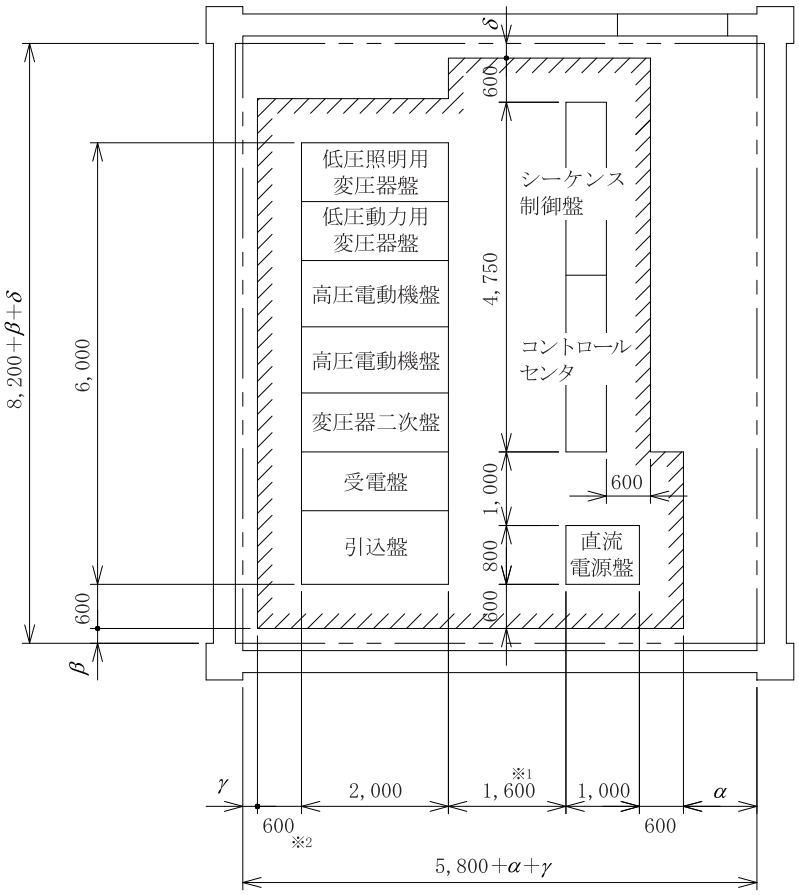
| | 機器名 | 部位 | 高圧受電設備規定(H14.8)(m) | 火災予防条例の例(m) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 受変電設備 | 配電盤 | 操作面 | 1.0 | 1.0 | |
| | | 操作面が相対する場合 | 1.2 | 1.2 | |
| | | 点検面 | 0.6 | 0.6 | |
| | | 換気口を有する面 | | 0.2 | |
| | 変圧器コンデンサ | 点検面 | 0.6 | 0.6 | |
| | | 隣合せの場合 | 1.2 | 1.0 | |
| | | その他の面 | 0.2 | 0.1 | |
| | 屋外設置 | | | 3.0 | ただし、不燃材料で造られたものは、この限りでない。 |
| 発電設備 | 発電機及び内燃機関 | 周囲 | | 0.6 | |
| | | 相互間 | | 1.0 | |
| | 操作盤 | 操作面 | | 1.0 | ただし、操作を行う面が相互に面する場合は1.2m以上。 |
| | | 点検面 | | 0.6 | ただし、点検に支障をならない部分については、この限りでない。 |
| | | 換気口を有する面 | | 0.2 | |
| | 燃料タンクと原動機との間隔 | 予熱する方式 | | 2.0 | |
| | | その他 | | 0.6 | |
| 蓄電池設備 | 充電装置 | 操作面 | | 1.0 | |
| | | 点検面 | | 0.6 | |
| | | 換気口を有する面 | | 0.2 | |
| | 蓄電池 | 点検面 | | 0.6 | |
| | | 列の相互間 | | 0.6 | 架台等に設ける場合で蓄電池の上端の高さが､床面から1.6mを超えるものにあっては1.0m以上。 |
| | | その他の面 | | 0.1 | ただし、単位電槽相互間を除く。 |

注1)　数値の異なるものに関しては、大きい方を採用すること。
2)　火災予防条例の数値に関しては、所轄の消防署に確認をすること。

(3) 計画例

① 電気室計画例（高圧受電―高圧負荷の場合）

配電盤を電気室に配置すると**図-16.27** のとおりとなる。図の斜線部は最低限必要とされる面積の例である。




注1) α、β、γ、δは余裕寸法であり任意に決めてよい数字であるが、運搬、換気、照明、採光等の付属設備に要するスペースを考慮し決定する。

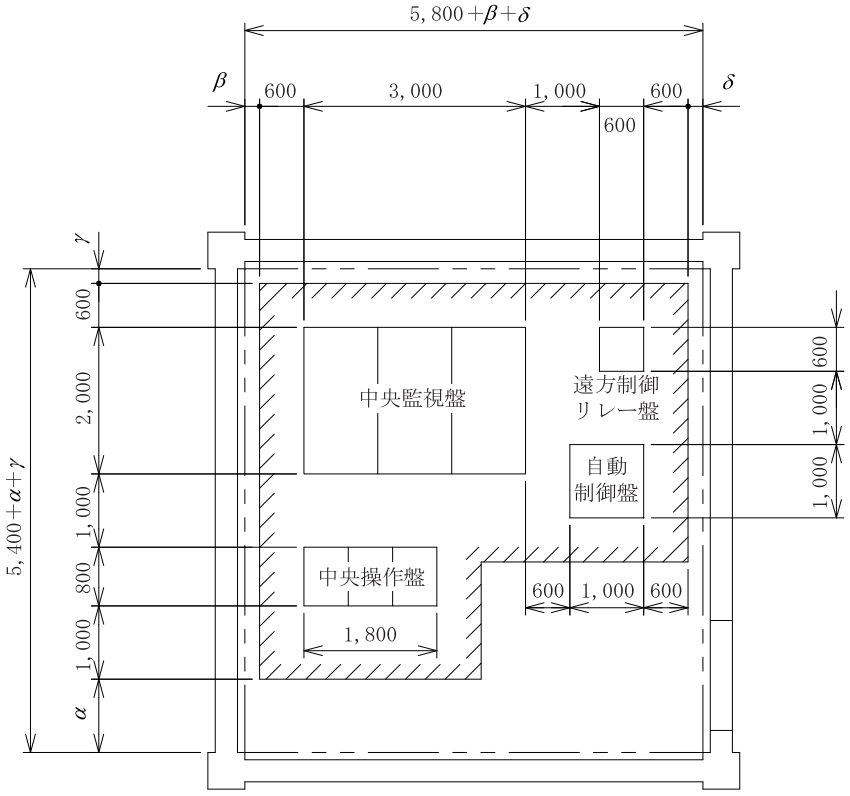
2) ※1 の寸法は引込盤、受電盤等に収納されている断路器や遮断器を引き出すのに必要な最小寸法 1,600 mm で決定している。

3) ※2 の寸法 600mm は、盤の背面が掛戸式の場合であり、扉式の場合は扉幅以上の寸法が必要である。

**図-16.27** 電気室計画例

② 操作室計画例

**図-16.28** の斜線部は、消防法により最低限必要とされる面積である。




注） α、β、γ、δは余裕寸法であり任意に決めてよい数字であるが、運搬、換気、照明、採光等の付属設備に要するスペースを考慮し決定する。

**図-16.28**　操作室計画例

③ 自家用発電機室計画例

自家用発電機室の計画例を**図-16.29** に示すが、同図中の各寸法は、**表-16.20** による。

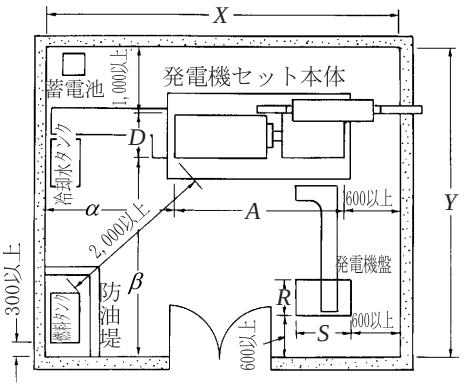



**図-16.29**　自家用発電機室計画例

**表-16.20** 自家用発電機室の寸法

(a)ディーゼル（循環水冷式）自家用発電機

| 寸法 / 容量（kVA） | 発電機概略寸（mm） | | 発電機盤概略寸（mm） | | 自家用発電機室（mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *D* | *R* | *S* | *X* | *Y* | 梁下高さ |
| 20 | 2,300 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 37.5 | 2,300 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 50 | 2,300 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 62.5 | 2,350 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 75 | 2,700 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 100 | 2,750 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 4,500 | 4,000 |
| 125 | 2,800 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 4,500 | 4,000 |
| 150 | 2,800 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 5,000 | 4,000 |
| 200 | 2,990 | 1,100 | 900 | 1,400 | 7,000 | 5,000 | 4,000 |
| 250 | 3,070 | 1,100 | 900 | 1,400 | 7,000 | 5,000 | 4,000 |
| 300 | 3,320 | 1,110 | 900 | 1,400 | 7,000 | 6,000 | 4,000 |
| 375 | 3,430 | 1,350 | 900 | 1,400 | 7,000 | 6,000 | 4,000 |
| 500 | 4,060 | 1,500 | 900 | 1,400 | 7,000 | 7,000 | 4,000 |

注1) **図-16.9**において、$\alpha$、$\beta$は任意に決めてよい数字であるが、換気、照明、採光等付属設備に要するスペースを考慮し決定する。

2) 自家用発電機室の広さは、保守点検のスペースを考慮して決定する。なお、発電機の寸法は機種、製造メーカによって異なるので、ここでは概略寸法としている。計画に際しては**表-13.21**の寸法表も参考にしながら決定する。

3) 燃料は、主としてA重油である。

4) 十分な容量を持った換気設備を考慮する。

(b)ディーゼル（ラジエータ冷却式）自家用発電機

| 寸法 / 容量(kVA) | 発電機概略寸法（mm） | | 発電機盤概略寸（mm） | | 自家用発電機室（mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *D* | *R* | *S* | *X* | *Y* | 梁下高さ |
| 20 | 2,500 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 5,500 | 4,000 |
| 37.5 | 2,600 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 5,500 | 4,000 |
| 50 | 2,700 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 5,500 | 4,000 |
| 62.5 | 2,800 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,000 | 5,500 | 4,000 |
| 75 | 3,130 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 5,500 | 4,000 |
| 100 | 3,250 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 5,500 | 4,000 |
| 125 | 3,250 | 1,100 | 900 | 1,400 | 6,500 | 5,500 | 4,000 |
| 150 | 3,550 | 1,300 | 900 | 1,400 | 7,000 | 6,000 | 4,000 |
| 200 | 3,660 | 1,300 | 900 | 1,400 | 7,000 | 6,000 | 4,000 |
| 250 | 3,820 | 1,300 | 900 | 1,400 | 7,000 | 6,500 | 4,000 |
| 300 | 4,240 | 1,330 | 900 | 1,400 | 7,500 | 7,000 | 4,000 |
| 375 | 4,450 | 1,420 | 900 | 1,400 | 7,500 | 7,500 | 4,500 |
| 500 | 4,450 | 1,420 | 900 | 1,400 | 7,500 | 7,500 | 4,500 |

注1) **図-16.29**において、$\alpha$、$\beta$は任意に決めてよい数字であるが、換気、照明、採光等付属設備に要するスペースを考慮し決定する。

2) 自家用発電機室の広さは、保守点検のスペースを考慮して決定する。なお、発電機の寸法は機種、製造メーカによって異なるので、ここでは概略寸法としている。計画に際しては**表-13.21**の寸法表も参考にしながら決定する。

3) 燃料は、主としてA重油である。

4) 十分な容量を持った換気設備を考慮する。

5) **図-16.29**は循環水冷式の設置例である。ラジエータ冷却式の場合には、排気ダクト等についての配慮が必要である。

(c)パッケージ形ディーゼル自家用発電機（減音対策なし）

| 寸法 / 容量(kVA) | 発電機概略寸法（mm） | | 自家用発電機室（mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *D* | *X* | *Y* | 梁下高さ |
| 20 | 2,300 | 1,100 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 37.5 | 2,300 | 1,150 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 50 | 2,400 | 1,300 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 62.5 | 2,700 | 1,300 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 75 | 2,700 | 1,300 | 6,000 | 4,500 | 4,000 |
| 100 | 3,250 | 1,300 | 7,000 | 4,500 | 4,000 |
| 125 | 3,250 | 1,400 | 7,000 | 4,500 | 4,000 |
| 150 | 3,750 | 1,450 | 7,000 | 5,000 | 4,000 |
| 200 | 3,750 | 1,450 | 7,000 | 5,000 | 4,000 |
| 250 | 4,050 | 1,500 | 7,000 | 5,000 | 4,000 |
| 300 | 4,600 | 1,500 | 7,500 | 6,000 | 4,000 |
| 375 | 4,600 | 1,500 | 7,500 | 6,000 | 4,000 |
| 500 | 4,600 | 1,600 | 7,500 | 7,000 | 4,000 |

注1)　**図-16.29** において、$\alpha$、$\beta$は任意に決めてよい数字であるが、換気、照明、採光等付属設備に要するスペースを考慮し決定する。
2)　自家用発電機室の広さは、保守点検のスペースを考慮して決定する。なお、発電機の寸法は機種、製造メーカによって異なるので、ここでは概略寸法としている。計画に際しては**表-13.21** の寸法表も参考にしながら決定する。
3)　燃料は、主として A 重油である。
4)　十分な容量を持った換気設備を考慮する。

(d)ガスタービン自家用発電機

| 寸法 / 容量（kVA） | 発電機概略寸法（mm） | | 発電機盤概略寸（mm） | | 自家用発電機室（mm） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *D* | *R* | *S* | *X* | *Y* | 梁下高さ |
| 125 | 3,650 | 1,400 | 900 | 1,400 | 8,000 | 6,500 | 5,000 |
| 150 | 3,650 | 1,400 | 900 | 1,400 | 8,000 | 6,500 | 5,000 |
| 200 | 4,150 | 1,400 | 900 | 1,400 | 8,000 | 6,500 | 5,000 |
| 250 | 4,350 | 1,410 | 900 | 1,400 | 8,000 | 6,500 | 5,000 |
| 300 | 4,670 | 1,530 | 900 | 1,400 | 8,500 | 7,000 | 5,500 |
| 375 | 4,870 | 1,630 | 900 | 1,400 | 9,000 | 7,500 | 5,500 |
| 500 | 5,280 | 1,700 | 900 | 1,400 | 9,500 | 7,500 | 5,500 |

注1)　**図-16.29**において、$\alpha$、$\beta$は任意に決めてよい数字であるが、換気、照明、採光等付属設備に要するスペースを考慮し決定する。
2)　自家用発電機室の広さは、保守点検のスペースを考慮して決定する。なお、発電機の寸法は機種、製造メーカによって異なるので、ここでは概略寸法としている。計画に際しては**表-13.21** の寸法表も参考にしながら決定する。
3)　燃料は、主として A 重油である。
4)　十分な容量を持った換気設備を考慮する。
5)　**図-16.29**は循環水冷式の設置例である。ガスタービン駆動の場合には、排気ダクト等についての配慮が必要である。

### 16.2.3 室内の設計

⑴ 室内仕上げ及び建具

① 室内仕上げ

(i) 室内の仕上げは、明るい色調でまとめる。

(ii) 床は、清潔、堅固かつ滑らない材料で仕上げる。

(iii) 壁は清掃しやすい、堅固な材料で必要に応じて断熱、吸音の材料で仕上げる。

(iv) 天井は屋根の構造により異なるが、コンクリートスラブの場合は、必要に応じて断熱の材料で仕上げる。

② 建具

建具は採光、換気及び出入口の用途として設ける。

(i) 採光及び換気のため窓を設ける場合は、窓総面積及び窓位置等を検討し、必要以上に大きくしない。

(ii) 窓は硝子を用い、掃除、取付け等が容易にできるようにする。なお、硝子は必要に応じて網入硝子とする。

(iii) 塩害を受けるおそれのあるところは、防錆の製品を使用するよう考慮する。

(iv) 換気設備や照明設備等の点検整備に必要な昇降設備も考慮しておく。

⑵ 換気設備

① 換気設備の設置

(i) 主原動機、配電盤等から発生する熱により室内の温度が上昇することを防ぎ、機器類の維持、燃焼及び運転管理者の健康衛生上、必要な空気の供給等が規定されている建築基準法、労働基準法による換気量を確保するため換気を行う。

(ii) 換気送風機の台数決定に当たっては、ポンプ設備の運転台数と頻度、稼働条件、ダクト計画及び据付スペース等を考慮する。

(iii) 主原動機にガスタービンを用いた場合の換気（量）については、メーカ及び形式並びに換気方法等などにより大きく異なるので注意する。

(iv) 騒音規制を受ける場合は、騒音防止対策を考慮する必要がある。

② 換気方式

(i) 換気には自然又は機械的手段による方式があり、機械換気は送風機によって強制的に給気、又は排気する方法である。

(ii) 一般に、中小規模の機場では室外へ排出する強制排気扇、大規模な機場では室内へ取入れる強制給気扇が用いられる。

自然換気は小規模な機場で主原動機に電動機を使用する場合等に用いられている。

なお、地下に主原動機として電動機あるいは内燃機関が設置される場合には、強制給気により地下部分に給気することを考慮する。換気設備の計画・設計は「**17.5 換気設備**」を参照のこと。

排気扇の場合には、室内が負圧にならない大きさのガラリ又は給気扇を設けて空気の取入れを考える。

なお、給気口については屋外の塵芥、ほこり、雨水、鳥類等の侵入及び騒音対策も考慮する必要がある（騒音対策については、「**16.3 環境対策**」参照のこと）。

③　換気容量

換気容量は各機器から発生する熱の排除、及び燃料の燃焼に必要な空気量を供給できるものとし、「**17.5　換気設備**」から求める。

⑶　照明設備

ポンプ場には照明設備を設け、運転及び維持管理に必要な照度を確保する。

①　ポンプ場内の標準的な所要照度は、**表-16.21** のとおりとする。

**表-16.21**　所要照度

| 場　　所 | 所要照度 lx | 備　　考 |
|---|---|---|
| 操作室の床面 | 300 | JIS Z 9110-1979 による |
| 電気室の床面 | 150 | |
| 主ポンプの据付床面 | 150 | 二床式の一床面（地下ポンプ室）は 75（lx） |
| 主ポンプ駆動用内燃機関の据付床面 | 150 | |
| 補機の据付床面 | 150 | |
| 除じん機の据付床面 | 50 | |
| 吸込水路の水面 | 30 | スクリーン付近 |
| ゲートの据付床面 | 30 | |

注）　操作室と電気室が同一の部屋となる場合は、照度が高い 300lx を採用する。

②　屋内照明用の光源には白熱灯、蛍光灯、LED 等がある。操作室、管理室の照明には効率のよい線光源の蛍光灯や LED を用い、天井の高いポンプ室では LED を用い、停電時の保安灯等には白熱灯が用いられている。

**表-16.22**　光束

JIS C 7501

| 一般照明用電球 | 光束 F（lm） |
|---|---|
| L100V 20W | 175 |
| L100V 30W | 340 |
| L100V 40W | 510 |
| L100V 60W | 850 |
| L100V 100W | 1,600 |
| L100V 150W | 2,450 |
| L100V 200W | 3,450 |

JIS C 7601

| 蛍光ランプ | 光束 F（lm） |
|---|---|
| FL10W | 460 |
| FL20SW | 1,160 |
| FL30SW | 1,700 |
| FL40SW | 3,000 |

注：定格ランプ電力によって定格入力電圧が異なる（AC100V）無色透明

⑷　排水設備

ポンプ室は、床面の洗浄等をすることがあるので、床には排水溝を設け、屋外へ排水する。

ポンプ室の床面が吸込水面や地盤面より低く、自然排水できない場合は、屋内排水ポンプが必要となるので排水溜を設ける。

## 16.3 環境対策

### 16.3.1 騒音対策

騒音規制法のなかで、「特定工場等において発生する騒音の規制に関する基準」が決められているほか、都道府県及び市町村ごとにも詳細な規制が定められているので、これらの規制を遵守して騒音対策について十分検討する必要がある。

**表-16.23** 騒音規制値

| 時間の区分 / 区 域 | 時 間 帯 (dB (A)) | | | 用 途 区 域 |
|---|---|---|---|---|
| | 昼間 | 朝･夕 | 夜間 | |
| 第 1 種 区 域 | 45 以上 50 以下 | 40 以上 45 以下 | 40 以上 45 以下 | 住居専用地区 |
| 第 2 種 区 域 | 50 以上 60 以下 | 45 以上 50 以下 | 40 以上 50 以下 | 住居地区 |
| 第 3 種 区 域 | 60 以上 65 以下 | 55 以上 65 以下 | 50 以上 55 以下 | 商業、準工業地区 |
| 第 4 種 区 域 | 65 以上 70 以下 | 60 以上 70 以下 | 55 以上 65 以下 | 工業地区 |

注1) 騒音規制法「特定工場等において発生する騒音の規制に関する基準」に基づく規制値。
2) 騒音規制値に関しては各都道府県に確認すること。
3) 学校、幼稚園、保育所、病院・患者を収容する施設を有する診療所、図書館、特別養護老人ホームの施設が周囲にある場合、さらに減音が求められるので、機場周囲の調査を十分行うこと。

ポンプ場の騒音対策を行う場合は、主ポンプ・主原動機等の騒音源とその特性及び建屋構造、開口部等の騒音の伝播経路を明らかにした上で、各機器の騒音の低減を図るとともにポンプ場の配置、機器の配列、さらにポンプ場全体を総合的に検討して騒音対策を立案することが必要である。

なお、騒音対策に当たっては、ポンプ場外に対する検討の他、ポンプ場の操作･維持管理する際に、支障がないように考慮することが重要である。必要に応じて、機器本体の騒音を下げる低騒音形の採用や防音カバーの設置による対策等を講じるような検討を行うものとする。

その検討手順を、**図-16.30**に示す。

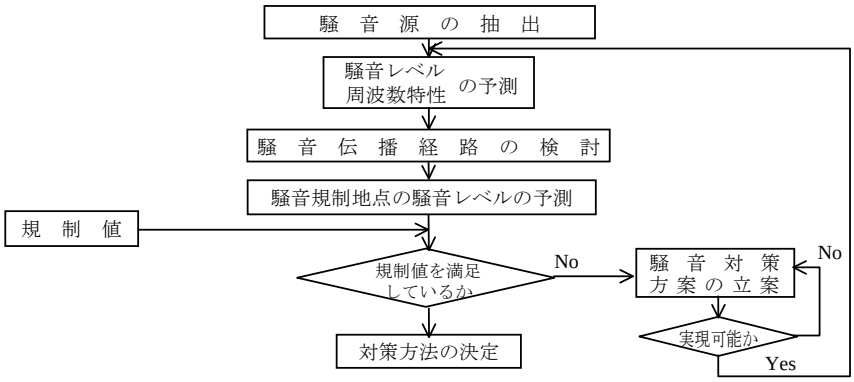



**図-16.30** 騒音対策の検討手順

(1) ポンプ場における騒音

ポンプ場における騒音源には、主ポンプから発生する流体音と主原動機及び動力伝達装置から発生する機械音に分類される。

① 主ポンプの騒音 主ポンプから発生する騒音には次のようなものがある。

(i) インペラから流出した液体が、ボリュート巻き始め部、あるいはガイドケーシングの入口部の狭い部分を通過するときに発生する流体音。

(ii)　インペラ、主軸、軸継手等の回転体部分の不釣合や軸受の摩耗、及び流体の圧力脈動と機械構造部との共振等によるもの。

(iii)　キャビテーション、吸込水槽内の渦流音、サージング騒音、水撃作用等によるポンプ設備から発生するもの。

②　電動機の騒音　電動機から発生する騒音には、次のようなものがある。

(i)　軸受や巻線形の集電環装置における刷子の摩擦による機械音。

(ii)　冷却ファンや回転子、固定子に設けられた通風ダクトが風を切ったりするときに発生する通風音。

(iii)　空隙における固定子及び回転子の高周波磁束が干渉することにより発生する磁気音。

③　ディーゼル機関の騒音　ディーゼル機関の騒音には機械音と排気音がある。

④　自家用発電機や換気装置の騒音。

⑤　屋外に設置される除じん機、クーリングタワーの騒音。

⑵　騒音の伝播経路

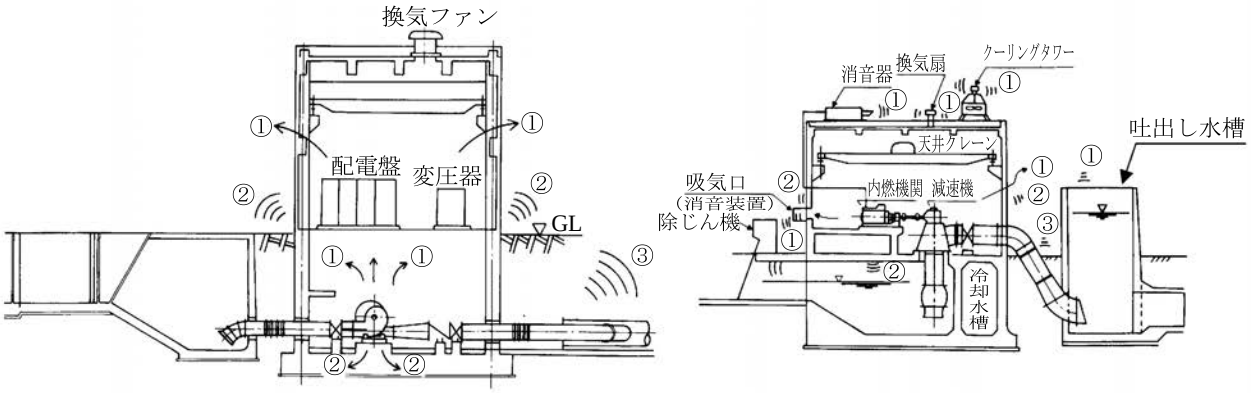
騒音の伝播経路には、次のようなものがある。

①　空気伝播：ポンプ場からの騒音が空気を媒質として伝達させる経路。

②　固体伝播：ポンプ場からの騒音や振動が基礎、建物等構造体を伝達する経路。

③　流体伝播：管路内を流れる流体の圧力脈動が、配管の管壁等を振動させ、それが固体伝播の形で伝達する経路。

以上の伝播は、おおむね**図-16.31** に示す経路をとるが、騒音発生のメカニズムは複雑で、その伝播経路も多岐にわたることが多く、設計段階で把握できない諸条件による騒音が発生することがある。この場合、発生の原因を究明し、適切な処置をする必要がある。




①：空気伝播　　②：固体伝播　　③：流体伝播

**図-16.31**　騒音伝播経路

⑶　騒音の防止

境界線において規制値を上回ることが予想される場合、主ポンプ、主原動機等の機械設備の低騒音設計とともに、次のような対策を検討する必要がある。

①　空気伝播音対策

(i)　ポンプ場全体の配置を見直し、距離による減衰を活かすようにする。

(ii)　壁の厚さを増す。

(iii)　室内に吸音材を施工する。

(iv) 問題となる境界線側には開口部を避ける。
(v) 窓はガラスブロック、二重窓、気密サッシ等に換える。
(vi) 音の透過しやすいシャッターは二重シャッターや防音シャッターにし、境界側は取付けない。
(vii) 換気口は敷地境界側を避け、必要に応じ消音装置を取付けたり、換気扇は防音カバー付きにする。

② 固体伝播音対策
(i) 主ポンプ基礎を防振床盤とする。
(ii) 主ポンプ基礎と床面を絶縁し、独立基礎とする。
(iii) 外壁面に防振形防音パネルを取付ける。

③ 流体伝播音対策
(i) 低脈動ポンプとする。
(ii) 配管系の共振を避けるサイドブランチやパイプサイレンサを取付ける。

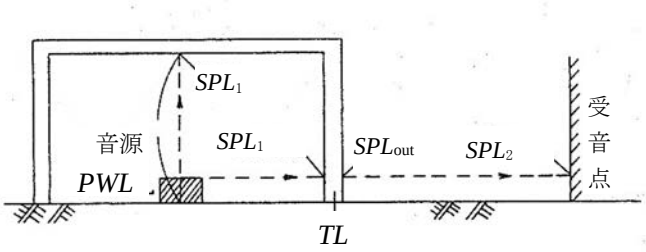
④ その他屋外設置機器対策
(i) クーリングタワーは低騒音形を採用したり、防音塀を取付ける。
(ii) 除じん機は防音壁を取付ける。
(iii) 変圧器は設置場所を移したり、防音塀を取付ける。

以上の防止対策等があるが、いずれにしても騒音の防止対策は機械設備と土木建築と組合せて総合的な検討が必要である。騒音の防止対策に当たっては、ポンプ場の建設費にも影響があるため、経済性も検討する必要がある。

⑷ 空気伝播音による騒音の計算方法

ポンプ場内に設置される機器から発生する騒音は、空気を媒体として伝播する。発生した騒音はポンプ室内壁近傍まで到達してから壁又は窓等を透過し、距離減衰しながら敷地境界に至る。これを具体的な計算方法で示すと以下となる。

なお、この方法は、ポンプ場内の個々の音源が、ポンプ場床上の中央点に全部集中したとして仮定して行う近似的計算方法である。




① 各機器の音源パワーレベル（*PWL*）

各機器の周波数帯域ごとの *SPL*（音圧レベル）をメーカーのデータや実測により求める。*SPL* は各機器の機側 1m における平均値とする。

また、各機器の周波数帯域ごとのパワーレベル *PWL* は、上記の音圧レベル *SPL* を次式に代入して求めるか、参考文献等によって求めてもよい。なお、**式（16.14）**、**式（16.15）**はコンクリート基礎上に据付られた場合で半自由空間（指向係数 $Q=2$ とした）に適用する。

$$PWL = SPL + 20\log_{10} rs + 8\text{dB（A）} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.14)$$

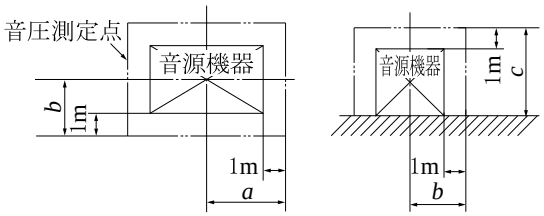
$$rs \fallingdotseq \sqrt{\frac{a\ (b+c)}{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.15)$$

ここに、 $PWL$　：音源のパワーレベル dB（A）

$SPL$　：音源機側 1m における音圧レベルの平均 dB（A）

$rs$　：$a$、$b$、$c$ の平均的（等価）距離（m）

$a$、$b$、$c$　：機器中心から音圧レベルの測定点までの距離（m）




平面図　　側面図

$PWL$ は周波数帯域ごとに計算し、一般的に中心周波数 125Hz、250Hz、1,000Hz、2,000Hz、4,000Hz オクターブバンド周波数帯域を標準とする。

②　合成 $PWL$（合成パワーレベル）

各機器の周波数帯域ごとの $PWL$ を $SPL$（音圧レベル）等より求めたら、全機器運転時の周波数帯域ごとの合成 $PWL$（dB）を**式（16.16）**により求める。

$$\text{合成 } PWL = 10\log\left\{10^{\frac{PWL_1}{10}} + 10^{\frac{PWL_2}{10}} + \cdots\cdots + 10^{\frac{PWL_n}{10}}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.16)$$

注）$PWL_1$、$PWL_2$、$\cdots\cdots PWL_n$：各機器の周波数帯域ごとの $PWL$

なお、合成 $PWL$ は個々の音源 $PWL$ がポンプ場床上の中央点に集まったと見なした場合である。

③　ポンプ室内壁近傍における騒音

ポンプ室内壁近傍での推定騒音は、**式（16.17）**により求められる。

$$SPL_1 = PWL + 10\log_{10}\left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.17)$$

ここに、 $SPL_1$：受音点（ポンプ室内壁近傍）での騒音レベル〔dB（A）〕

$PWL$：音源のパワーレベル〔dB（A）〕

$R$　：室定数＝$S \cdot \alpha / (1-\alpha)$、$S$：室内吸音面積（$m^2$）＝$\Sigma S_i$

$r$　：音源からポンプ場内壁までの距離（m）

$Q$　：指向係数（≒2 とする）

$\alpha$　：室内平均吸音率＝$\dfrac{\Sigma \alpha_i \cdot S_i}{\Sigma S_i}$

$S_i$　：吸音の異なる部分に分けたそれぞれの面積（$m^2$）

$\alpha_i$　：上記部分の吸音率

④　ポンプ場外壁における騒音

また、壁面及び防音扉等からの透過音は、**式（16.18）**、**式（16.19）**から求められる。

$$TL = 18\log_{10}(M \cdot f) - 44 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (16.18)$$

ここに、 $TL$ ：壁面等の透過損失（dB）
$M$ ：壁面等の面密度（kg/m$^2$）
$f$ ：騒音の周波数（Hz）

$$SPL_0 = SPL_1 - TL - 6 \text{ 注)} \quad \cdots\cdots (16.19)$$

ここに、 $SPL_0$ ：建屋外壁面（防音扉等）
$SPL_1$ ：音源室内壁面
$TL$ ：壁面等の透過損失（dB）

注） 機器中心から 2m 以内に壁のある場合には 6dB を減じないこともある。

⑤ 受音点（敷地境界線）における騒音

さらに外壁面等近傍の騒音が、敷地境界線上に至るまでの距離減衰は、**式(16.20)**、**式(16.21)**、及び**式（16.22）**から求められる。

$a<b$（ここで示す $a$、$b$ は**図-16.32** で使われている外壁面短辺及び外壁面長辺の長さのことである。）

$r \leqq r_0$ の場合

$$N_R = 0 \quad \cdots\cdots (16.20)$$

$r_0 < r \leqq r_1$ の場合

$$N_R = 10\log_{10}\left(\frac{r}{r_0}\right) \quad \cdots\cdots (16.21)$$

$r_1 < r$ の場合

$$N_R = 10\log_{10}\left(\frac{r}{r_0}\right) + 20\log_{10}\left(\frac{r}{r_1}\right) \quad \cdots\cdots (16.22)$$

ここに、 $N_R$ ：距離減衰量（dB）
$r_0$ ：$a/\pi$で表される壁面からの距離（m）
$a$ ：外壁面短辺の長さ（m）
$r_1$ ：$b/\pi$で表される壁面からの距離（m）
$b$ ：外壁面長辺の長さ（m）
$r$ ：敷地境点までの距離（m）

この関係を、**図-16.32** に示す。

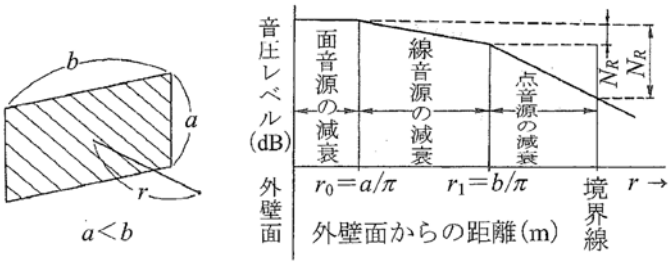



**図-16.32** 音源の減衰

### 16.3.2　振動対策

振動規制法のなかで、「特定工場等において発生する振動の規制に関する基準」が決められているほか、都道府県及び市町村ごとにも詳細な規制が定められているので、これらの規制を遵守して振動対策について十分検討する必要がある。

**表-16.24**　振動規制値

| 時間の区分 / 区域 | 時間帯（dB（A）） | | 用途区域 |
|---|---|---|---|
| | 昼間 | 夜間 | |
| 第 1 種 区域 | 60 以上 65 以下 | 55 以上 60 以下 | 住居専用地区 |
| 第 2 種 区域 | 65 以上 70 以下 | 60 以上 65 以下 | 住居地区、商業地区、工業地区 |

注 1)　振動規制法「特定工場等において発生する振動の規制に関する基準」に基づく規制値。
2)　振動規制値に関しては、各都道府県に確認すること。

ポンプ場の振動対策を行う場合は、主ポンプ・主原動機等の振動源とその特性、及び建屋構造・下部構造等の伝播経路を明らかにしたうえで、各機器の振動の低減を図るとともに、ポンプ場の配置、機器の配列、さらにポンプ場全体を総合的に検討して、振動対策を立案することが必要である。近年、主に監視操作制御設備に採用されているコンピュータ等の精密機器には、特に悪影響を及ぼさぬよう配慮する必要がある。それらの検討手順は、基本的には騒音対策と同様で、**図-16.30** に示すとおりである。

⑴　ポンプ場における振動

ポンプ場における振動源には、主ポンプから発生する振動と主原動機及び動力伝達装置から発生する振動に分類される。

①　主ポンプの振動

高揚程ポンプに発生する振動は、その原因により流体的振動と機械的振動に大別される。

(i)　流体的振動　主ポンプ内の圧力変動、渦、キャビテーション、サージング、水撃等に起因する振動。

(ii)　機械的振動　回転体のアンバランス、回転軸の危険速度、オイルウィップ又はオイルホワール、共振、軸受の損耗等に起因する振動。

②　主原動機等の振動

主原動機等の振動も、主ポンプの機械的振動とおおむね同様であるが、特にディーゼル機関は往復動式のため振動が比較的大きく、軸長の長い場合にはねじり振動を発生することもあり、十分な事前検討が必要である。

⑵　振動の伝播経路

振動と騒音は相関関係にあり、振動の伝播経路は騒音と同様に考えてよい。

⑶　振動の防止

防止対策も騒音と共通点が多いため、ここでは振動特有の原因と対策について記述する。

①　主ポンプの振動防止

(i)　流体的振動の防止

a. 圧力脈動
- インペラ外形とボリュートの隙間を調整。
- ボリュート舌端部、インペラにスキューをつける。
- 位相羽根の採用。
- インペラ入口の流れに予旋回を与える。

b. 渦
・インペラ後縁の形状を変えてカルマン渦の発生を抑制。
・構造物の固有振動を、予想されるカルマン渦の周波数から十分に離す。
・吸込水槽の渦に対しては、渦流防止装置、整流板等を取付けたり、吸込ベルの没水深を増やす。

c. キャビテーション
・押込み揚程の不足、吸込管損失又は要求正味吸込揚程に起因する場合は、計画段階で十分事前検討が必要である。
・過大吐出し量での運転や回転速度が過大な場合は、計画段階で十分な検討を行うことが必要となるが、運転範囲の見直し等も対策の一つとなる。

d. サージング
・主ポンプ揚程曲線が右上り勾配の場合に発生するため、計画時点であらかじめ検討しておく必要がある。
・配管中に空気溜りのあるときに発生する場合があり、あらかじめ空気溜りの発生しない形状とするか、空気抜き対策を講じる必要がある。

e. 水撃
・主ポンプの始動・停止や停電等による動力遮断の際に、配管に生ずる流体過渡現象である。通常1/10～10Hz程度の低サイクルで異常な圧力上昇あるいは圧力降下を発生するもので、計画時点で適切な対策（フライホイール、サージタンク、エアチャンバ等の設置）を講じておかなければならない。
水撃対策については「**8.7　水撃作用の軽減方法**」を参照のこと。

(ii)　機械的振動の防止

a. アンバランス振動
・回転体のバランス不良により発生する場合、フィールドバランスを含めたバランス修正を行う。ただし、回転体の変形・損傷や異物の付着による場合もあるため、十分原因調査の上で対策を講じる必要がある。
・センタリング不良（芯狂い）は、据付時点で許容値内であって経年、始動・停止の繰返し、又は基礎地盤の不同沈下により発生する場合が多く、径方向及び面方向の軸芯出し調整を行う必要がある。

b. 回転軸の危険速度
・回転軸の固有振動数と回転速度が一致した場合に、危険速度となり振動が急激に増大する現象で、計画段階で常用運転速度は回転軸の固有振動数から25%程度離しておく必要がある。
・長尺の中間軸にフレキシブルシャフトを使用する場合、減衰効果が少なく、振動過大、軸破損となることがあり、この場合は計画段階で、ダンパー（ゴム）軸受の設置等の対策が有効。

c. オイルウィップ
又は
オイルホワール
・回転サイクルの 1/2 以下の振動数で、すべり軸受を用いた高速の軸系に多く発生する振動で、軸受の油膜に基づく自励振動である。その回避方法には、軸の偏心率を大きくしたり、軸受の中央に溝を設けたり、あるいは主ポンプの内部シールの隙間又は形状を変更する等がある。

d. 共振

・回転速度のアンバランスや各種流体力による共振が一般に多く、振動周波数としては、

Ｎ　：主ポンプ回転速度

Ｎ'：駆動機回転速度

Ｎ×Ｚ：主ポンプ回転速度×羽根枚数

等があり、これらの周波数を避けるように計画段階で検討しておく必要がある。

・軸系と異なりケーシング等の構造系や、基礎を含む全体系の固有振動数が、回転速度に近づくことがある。この場合は、ケーシングの剛性及び基礎・床を含めた支持系の剛性を高め、固有振動数を増大する必要がある。

② ディーゼル機関のねじり振動

一般にディーゼル機関は、シリンダ内の爆発がクランク軸に伝達され回転軸系に周期的な強制振動を与えている。また、クランク軸・伝達軸及び被動機軸系は**図-16.33**に示すとおり、多数の質量円板を持った自由振動軸系となっている。

この自由振動（固有振動数）と強制振動（加振力による振動）が一致した場合、危険速度となり軸系が共振状態となるため、軸に**図-16.34**に示すように過大な付加応力及び振幅が生じ、軸の破損や付属歯車に大きな衝撃を与えて故障を起こすことがある。

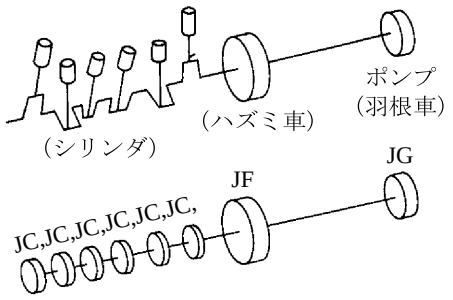



**図-16.33**　ディーゼル機関の軸系図

一般に、この振動解析には、ホルツァーの逐次近似法により固有振動数を求め、振幅計算により危険速度、振幅角及び付加応力を求める。

以上、振動解析により使用回転速度又は回転速度幅に危険速度が存在し、許容値をオーバーする場合の回避又は抑制方法として、①使用回転速度（回転速度幅）を変える、②弾性継手等を主原動機と伝達軸間に挿入し、軸系の弾性を変える、③流体継手を使用し、軸系を変えて固有振動数を変える、方法等がある。

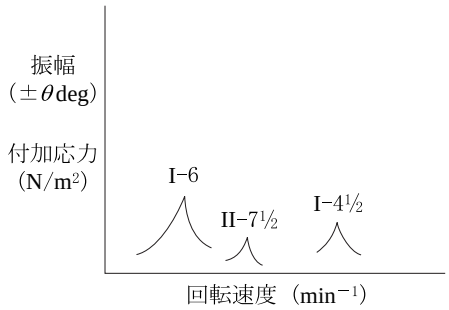



**図-16.34** 振幅（付加応力）線図

③ 建屋振動及び伝播防止

振動は、前述のように振動源となっている主ポンプ等の機器自体の振動対策のみならず、たとえば、圧力脈動防止としての配管サイドブランチや建築・土木側で実施する対策があり、特に建築・土木側では質量増加や剛性を高める方法と、伝播された振動を吸収させる方法がある。後者については、**図-16.35** に示すような方式がある。

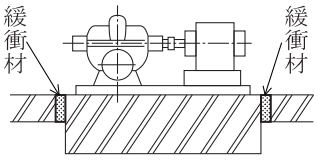



**図-16.35** 機械基礎と床の絶縁方式

（ア）絶縁方式……建物と地盤、あるいは機械基礎と床との間の力の伝達をなくしたり、小さくすることにより、振動の伝播を低減する方式。

（イ）周期調節方式……建物や機器等を支えている部材の剛性を低くして、振動周期を長周期化し、優性な短周期成分の機械振動に対する感応度を低減する方式。

（ウ）エネルギ吸収方式……建物や機器等を支えている部材の塑性化や、ダッシュポットあるいは充填材の摩擦等で振動エネルギを消費し、大きな減衰性を付与することにより、振動を抑制する方式。

（エ）遮断方式……交通や工事雑音等の軽減のために、敷地や構造物周囲に堀を設ける手法もあり、工事振動の防止等に多用されている方式である。

以上のように、ポンプ場の振動対策は、まず振動源となっている主ポンプ等の各機器における対策のみならず、構造物も含めた全体として総合的に検討を加え、振動対策及び伝播防止対策を立案することが必要であるとともに、建屋の設計段階で電気室や操作室をポンプ室の真上に配置しない等の配慮が必要である。

### 16.3.3　排出ガス対策

ポンプ場における主ポンプ及び自家発電機等の駆動用原動機として内燃機関（ディーゼル機関、ガスタービン）を用いる場合、内燃機関（(注) 燃料の燃焼能力が重油換算 50ℓ/h 以上。ディーゼル機関ではおおむね 150kW、ガスタービンではおおむね 90kW 以上のものが相当。）は、大気汚染防止法施行令の規制対象施設として、ボイラー等の従来の規制対象施設と同様に、新設施設については昭和 63 年 2 月 1 日（政令第 361 号）から、また、既設施設については平成 2 年 2 月 1 日から同法「ばい煙発生施設」の適用を受けている。

大気汚染防止法では、「ばい煙発生施設」に対し、施行規則第 3 条、4 条、5 条において、「ばい煙発生施設ごとの排出ガス規制基準」を定め、規制しているほか、第8条においては「ばい煙発生施設の設置の届出」、第 15 条においては「ばい煙量等の測定」を義務づけている。

ただし、非常用施設（停電時、災害時及び事故時に専ら用いられる水門、排水機場、ダム、堰、トンネル換気・防災設備、無線設備・建築設備等）の動力、並びに予備発電の動力として用いる内燃機関については、「排出ガス規制基準」は当分の間適用されないこととなっているが、「設置の届出」及び「ばい煙量等の測定義務」は適用を受ける。

なお、大気汚染防止法に定める「ばい煙発生施設」の対象となる内燃機関の排気ガス成分は、次のとおりである。

燃焼中の炭素、水素等が空気中の酸素と結合してできる二酸化炭素（$CO_2$、炭酸ガス）や水（$H_2O$）の他、大気汚染の対象となるものを記載すると、次のものがある。

① 硫黄酸化物（$SO_X$）
② 窒素酸化物（$NO_X$）
③ 固形炭素（C）……ばいじん
④ 一酸化炭素（CO）
⑤ 炭化水素（HC）

これらの排気ガス成分うち、ディーゼル機関、ガスタービンでは、

① 硫黄酸化物（$SO_X$）
② 窒素酸化物（$NO_X$）
③ ばいじん（主に固形炭素C）

これらが、大気汚染防止法の規制対象となる。それらの規制内容は**表-16.25** のとおりである。

（シリンダ直径400mm 未満のもの）

**表-16.25**　大気汚染防止法における排気ガス成分の規制

| | |
|---|---|
| 硫黄酸化物　$SO_X$ | ・ボイラーに準じて定められた基準適用。<br>・総量規制基準、使用燃料基準。<br>・地域により $K$ 値の規制あり、煙突の高さとの関係あり。<br>（使用燃料中の硫黄分が大きく左右される。） |
| 窒素酸化物　$NO_X$ | 950ppm 以下（酸素濃度 13%に換算した値） |
| ばいじん | 0.10g/$Nm^3$ |

なお、一部の都道府県では独自の条令を制定し、法令よりも厳しい数値を定めている場合もあるので確認が必要である。

### 16.3.4 塵芥対策

主ポンプの運転時には、流入水路（内水河川を含む）内のさまざまな浮遊物が主ポンプ吸込水槽へ流入している。これらの浮遊物は除じん設備等により排除する必要があるが、この排除した塵芥の処理対策が必要である。

⑴ 塵芥の種類

水路を流れてくる塵芥は生活環境の変化により、自転車、家具、家電製品等の粗大ごみ、ビニール、缶類、ビン、木片、雑草等種々多岐にわたっている。

⑵ 塵芥の管理

排除した塵芥は、一般にホッパ内や、排水ポンプ場敷地内で野積みする場合等がある。これらの塵芥は異臭を放つことが多く、長くそのままにしておくと付近住民の苦情のもとになる。したがって、できるだけ早く処理するか、他へ移動させる必要がある。

⑶ 塵芥の処理

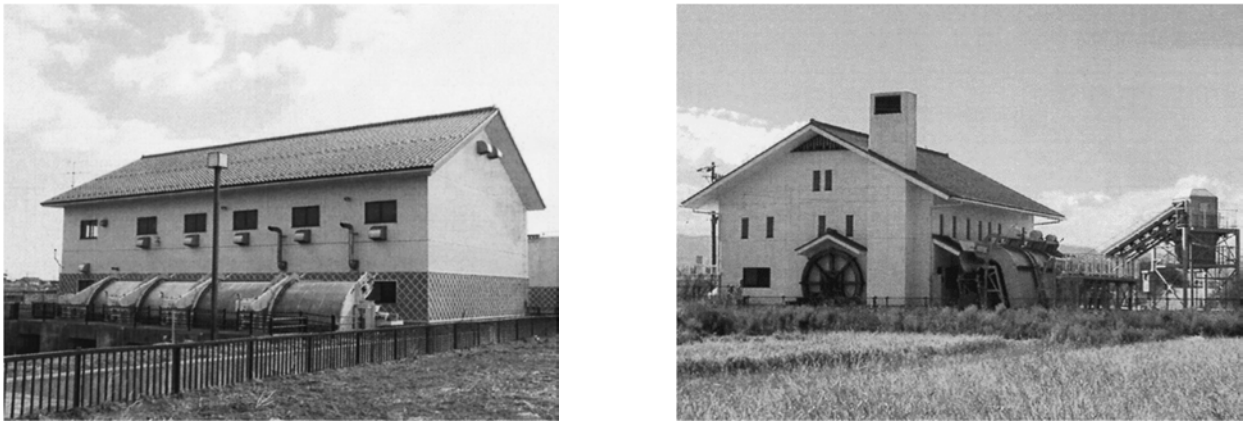
塵芥の処理は、自らの手で行うか、第三者に依頼するかのいずれかの方法を選択する。

自らの手で行う場合は焼却炉が必要だが、ダイオキシンの問題から焼却処理、産業廃棄物として処理しているのが一般的である。

なお、各自治体により廃棄物処理の対応が異なるので、塵芥の処分については事前に協議し、必要な施設を確認した上で、許可等の必要がある場合は、その処置を講じなければならない。

### 16.3.5 景観対策

ポンプ場の設計に当たっては、地域の文化及び色調等について調査を行い、周辺の景観を損わないよう配慮する必要がある。景観に配慮したポンプ場としては、**図-16.36** の例がある。ここでは、壁面を日本古来より用いられているなまこ壁模様（A 地区）とする等周辺環境との調和を図っている。



A 地区　　B 地区

**図-16.36** 景観に配慮したポンプ場の例

## 16.4　建屋の構造

### 16.4.1　構造形式

建屋の構造形式には、鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造、木構造等があるが、そのポンプ場の規模に応じて最も適した構造形式を選ばなければならない。

特に小規模のポンプ場の建屋（走行クレーン設備を必要としないもの）については、軽量鉄骨構造、補強コンクリートブロック構造等が一般に用いられている。

また、東日本大震災の津波により浸水した建屋においては、鉄筋コンクリート構造が鉄骨造に比べて津波の衝撃に伴う損壊率が低い状況であったことから、津波により浸水する可能性がある場合にはこれを考慮して構造形式を選定する必要がある。

⑴　鉄骨構造

鉄骨構造は、鉄骨を耐力上主要部材とする構造である。

梁間、軒高の大きいもの、建築面積の大きいものに適し、経済的であるが、被覆されていない鋼材は、腐食による被害を受けやすいので、適宜塗装を行わなければならない。鉄筋コンクリート構造に比較すれば、鉄骨構造は 1/4 程度の自重であるから軟弱地盤に建屋を設ける場合は有利である。

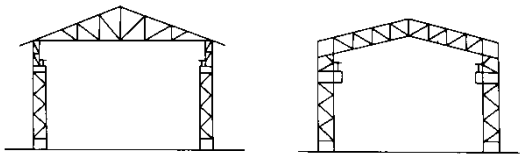


**図-16.37**　トラス形式

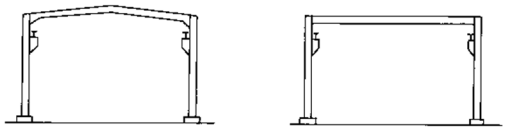


**図-16.38**　ラーメン形式

骨組構造は、トラス、ラーメン、アーチ等があり、ポンプ場建屋には、トラス、ラーメンの形式が多く用いられている。トラス構造は一般に形鋼と鋼板の組合せが用いられる。ラーメン構造は、H 形鋼、鋼板等が用いられる。接合は溶接が多く用いられ、現場組立には、高張力ボルト接合による工法が使用される。

⑵　鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造は、耐火、耐久、耐震、耐風、耐雪の一体式構造で、その特性上ポンプ場建屋の構造に広く用いられる。梁間 10m 以内で経済的であるが、最近は梁間 15m 程度のものにまで使用される。柱割は 4～7m 程度が経済的で、多く用いられる。

⑶　鉄骨鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造に比べて、高層、大スパンの場合に鉄骨鉄筋コンクリート構造が有利であり、かつ耐火、耐久、耐風、耐雪の一体式構造である。

長所は、比較的小さい断面内に多量の鋼材を無理なく納めることができる。したがって、断面の小さい割に丈夫であり、粘り強い特徴をもっている。

⑷ 木構造

木構造は、木材を主材料として組み立てた骨組を建物の主体とする構造体の総称であり、一般的な木造建築において、材料は構造材と造作材に分けられる。

「公共建築物における木材利用の促進に関する法律」において、国は率先して公共建築物における木材の利用の推進に努めることとされ、また、同法に基づく「公共建築物における木材の利用の促進に関する基本方針」において、国自らが整備する低層の公共建築物については、原則として木造化を図ることとされていることに留意して木構造の適用を検討する。

ただし、建築基準法その他の法令に基づく基準において耐火建築物とすること又は主要構造部を耐火構造とすることが求められる施設、災害時の活動拠点室等を有する災害応急対策活動に必要な施設、危険物を貯蔵又は使用する施設等、当該施設に求められる機能等の観点から、木構造の適用の対象とならない場合がある。

なお、木構造の適用の対象とならない場合であっても、施設の内装等について木質化を推進する必要がある。

### 16.4.2 屋根の形式

屋根の形式は大別すると、ろく（陸）屋根と、勾配屋根とがある。

勾配屋根には、切妻、片流れ、寄せ棟等が一般に用いられ、鉄骨構造の屋根に適している。ろく屋根は鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造の屋根に普通用いられている。なお、鉄骨構造ラーメン形式には、ろく屋根が用いられる。

⑴ 勾配屋根

勾配屋根は標準的な屋根の勾配が 1/10～5/10 で屋根材を露出させる屋根形式で、漏水に対する安全性が高いので維持管理が少なくてすみ、耐用年数も長い等の利点がある。また、勾配屋根の屋根ふき材料には、スレートぶき、金属板ぶきが多く用いられる。

ス レ ー ト ぶ き：パルプ、ビニロン繊維等にセメントを配合し、圧縮して作ったもので、平板と波形とがある。平板の形状も種々あって、着色された製品もあり、野地板の上に防水紙（アスファルト系、タール系、ビニール系）を敷込んでスレートを亜鉛めっき釘等で打ち止め、多くは菱形又は一文字ぶきの形式が用いられる。波形板は大波と小波があって、母屋、棟木へ亜鉛めっきスレート釘又はフックボルトで止め、ふき上げる。

金 属 板 ぶ き　：金属板の種類は、亜鉛鉄板、着色鉄板、アルミニウム板等があって、ふき方には、平ぶき、かわら棒ぶき、波形板ぶき等がある。平ぶきは意匠として一文字ぶき、菱形ぶき、亀甲ぶき等があるが、一文字ぶきが多く用いられる。

ふき方は、こはぜぶきで野地板に釘子止めとする。かわら棒ぶきは、長尺平板を用い、流れの方向に継目がないので平ぶきに比べ、水切りがよく勾配の小さい屋根にも適している。ふき方は、真木（4×4.5cm 程度の木材）のあるものと真木のない平板加工とがあっていずれも垂木（間隔 36～45cm 程度）に固定する。

⑵ ろく屋根

ろく屋根は、防水材料をもって雨水の浸入を防ぐものである。

屋根の使用条件　：歩行用と非歩行用に区別される。
防水層の選択　：防水層の選択に当たっては、地域性（気温条件、沿岸地域の塩害等）施工及び工期、構造体の種別、建物の重要度、屋根の形状と勾配及び下地等によって選択する。屋根の勾配は 1/50 以上がよい。

また、建築物等に法令で避雷設備の設置が義務付けられているか、又は、施設の立地条件や重要度などから避雷設備の設置が必要と判断される場合は、避雷針設備を設けるものとする。

### 16.4.3　壁体の形式

壁体は、概して直立し、単独に諸機能を満足させる必要がある。また、壁面は人の目にふれ、手に触れるから表面仕上げの吟味が必要である。構造的には自身のひずみを防ぐとともに屋根や床を支え、また風圧や地震力にも耐える必要がある。窓、出入口の開口部を設ける。

⑴　フレーム式壁体

鉄骨構造の柱と梁との間に、カーテンウォールとして壁体を入れたもので、壁自体は屋根、床の荷重を受けない。接合部を完全にすれば外力に対してもかなり強い壁となる。カーテンウォールには金属板（アルミニウム、ステンレススチール、鉄材）、プレキャストコンクリート、アルミ鋳鉄等種類も手法も豊富である。なお、レディメードのカーテンウォールは、現在いくつかのメーカーによって生産発売されている。

⑵　一体式壁体

コンクリート造のように、壁と他の構造物が一体に造られるもので、自由な形に造ることができ、耐震、耐火、耐久の点で優れた構造形式である。

⑶　組積式壁体

ブロック造等のように材料を積み重ねて造るものである。

〔参　考〕ポンプ場設計例

用排水ポンプ場の設計例を、**図-16.39～図-16.43** に示す。

**例(1)** 横軸斜流ポンプ（排水用）

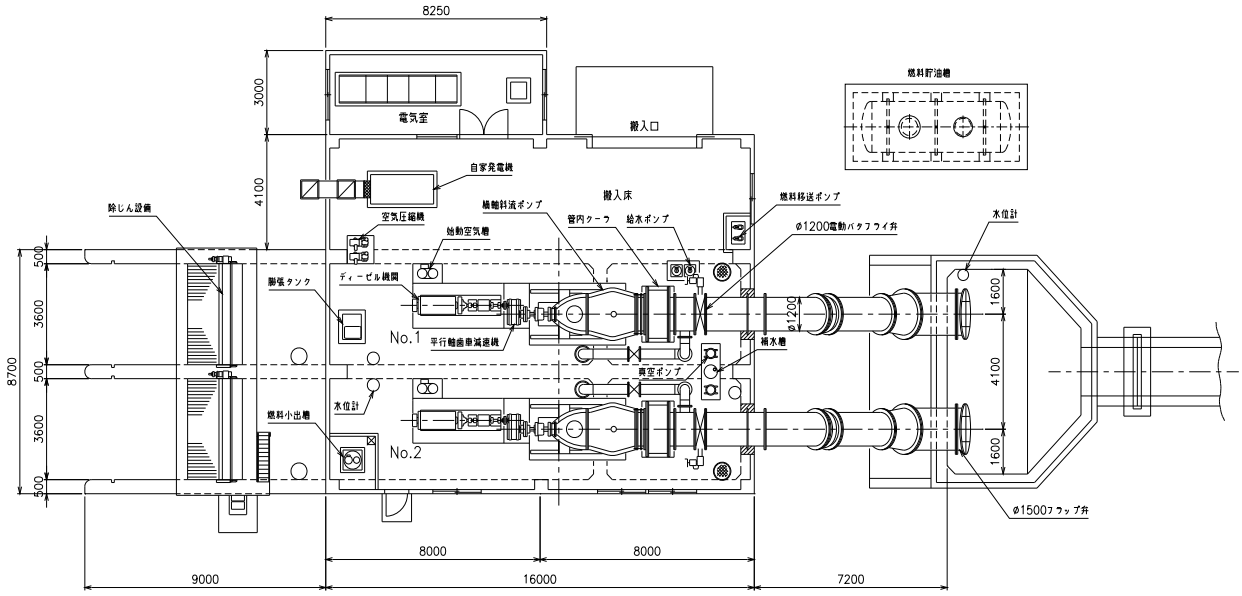
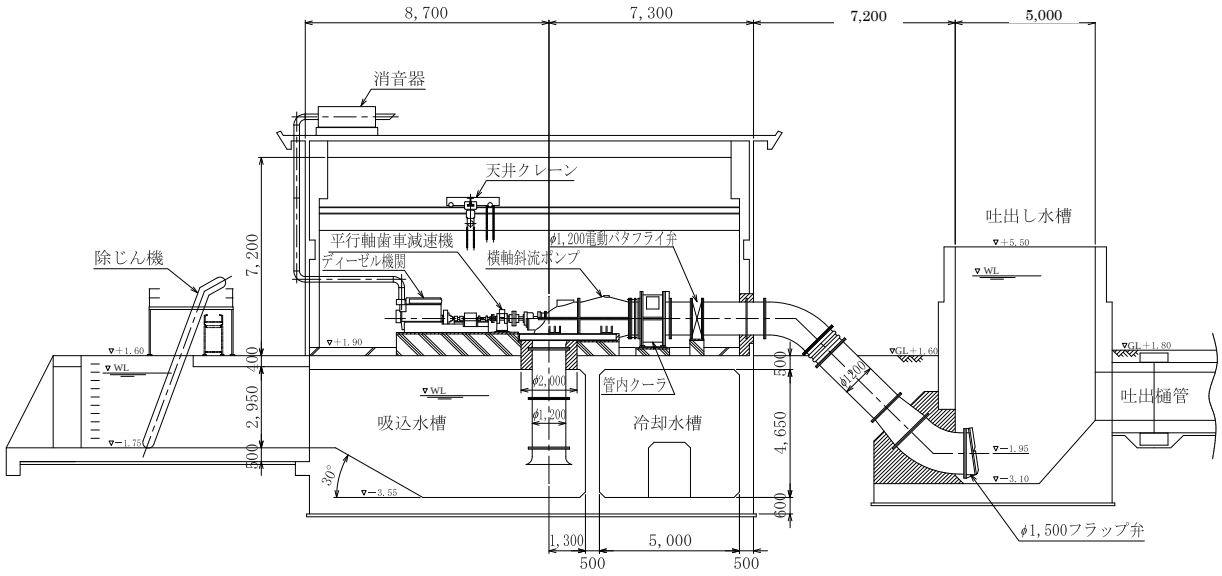



**図-16.39(a)-参**　横軸斜流ポンプ平面図（例）




| 用　途 | 排水 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 形　式 | 横軸斜流ポンプ | | | |
| 吐出し口径（mm） | 吐出し量（$m^3$/min） | 全揚程（m） | 原　動　機　出　力 | 備　考 |
| 1,200 | 120×2＝240 | 2.60 | 95kW（エンジン） | |

**図-16.39(b)-参**　横軸斜流ポンプ断面図（例）

**例(2)** 立軸斜流ポンプ（用排水用）

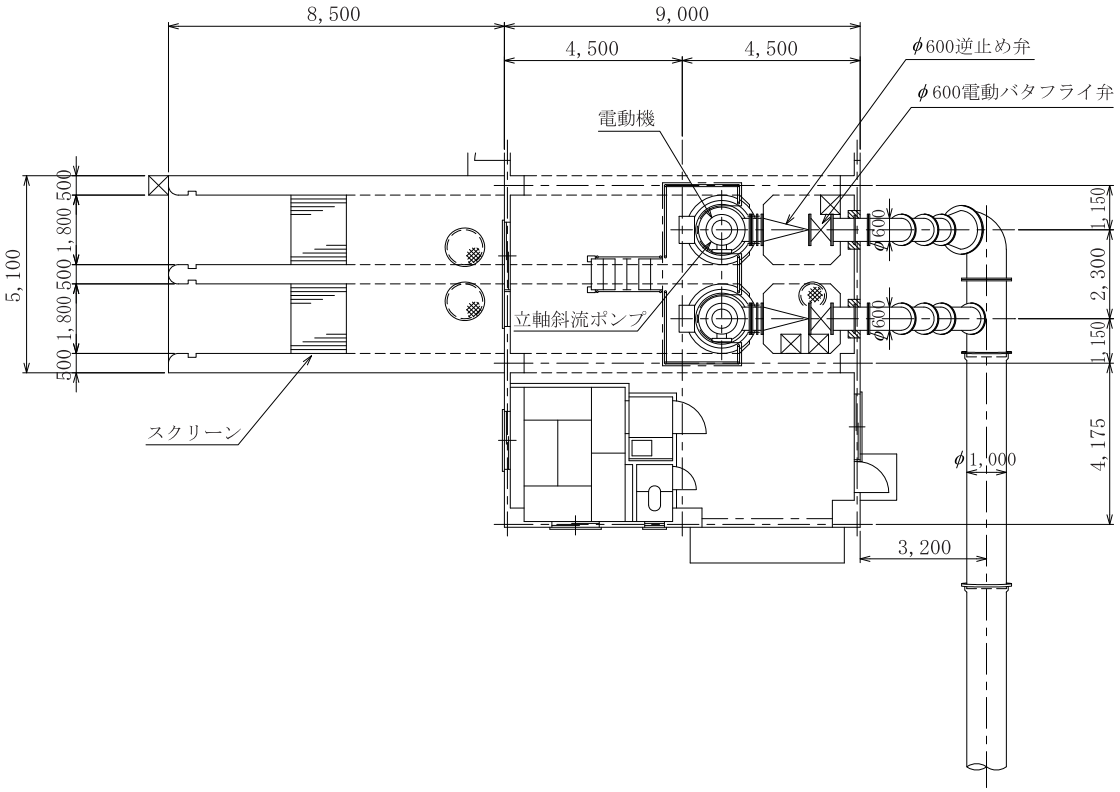
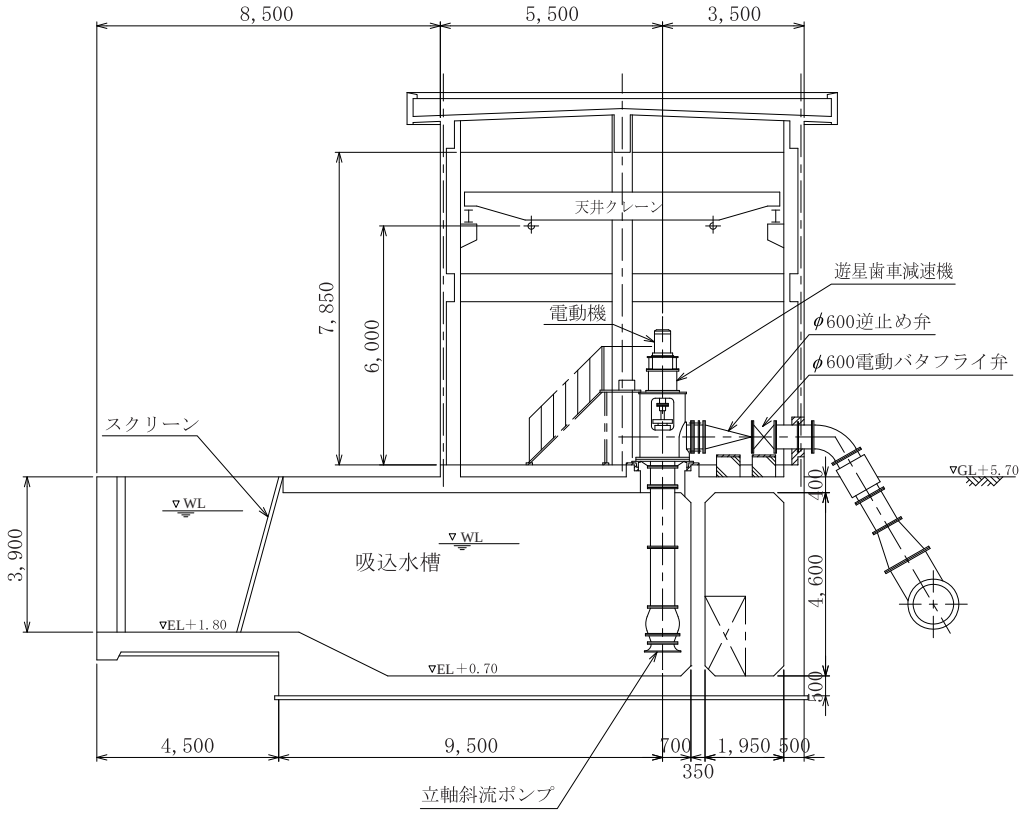



**図-16.40(a)-参**　立軸斜流ポンプ平面図（例）




| 用　途 | 用排水 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 形　式 | 立軸斜流ポンプ | | | |
| 吐出し口径（mm） | 吐出し量（$m^3$/min） | 全揚程（m） | 原　動　機　出　力 | 備　　考 |
| 600 | 43.2×2＝86.4 | 4.5 | 50kW（電動機） | |

**図-16.40(b)-参**　立軸斜流ポンプ断面図（例）

**例(3)** 横軸両吸込渦巻ポンプ（用水用）

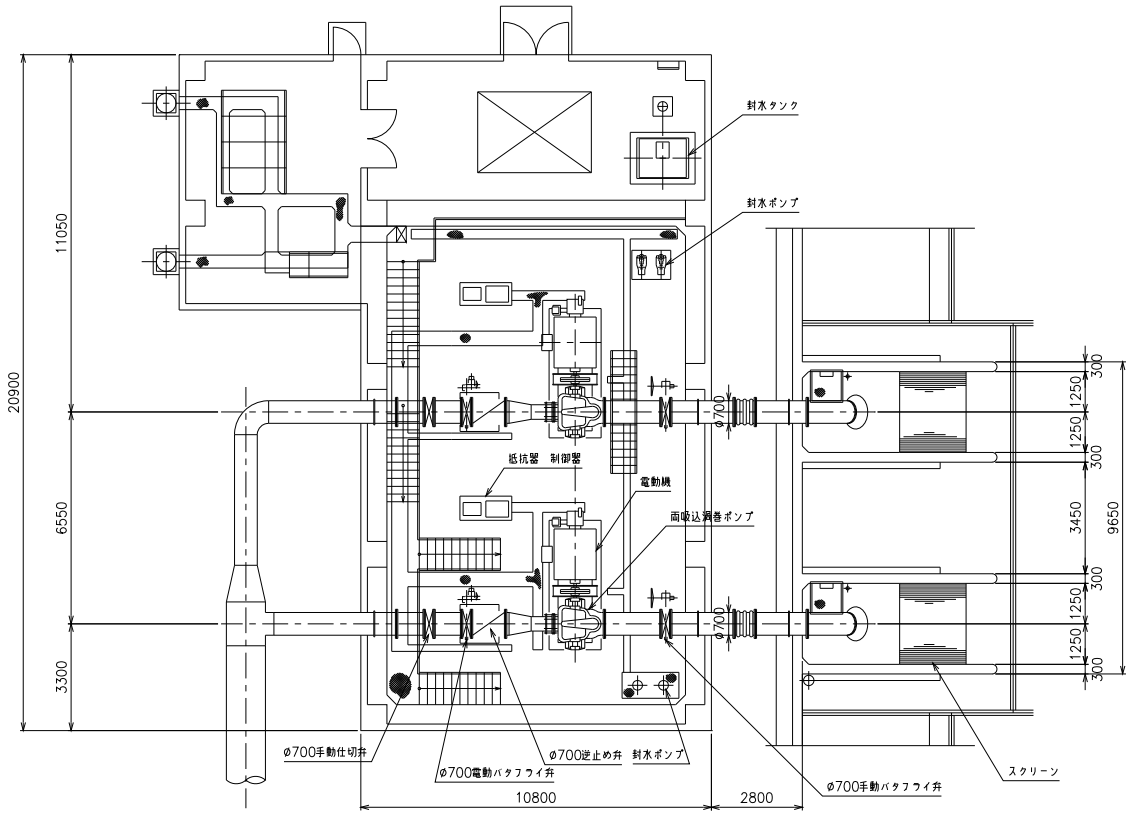
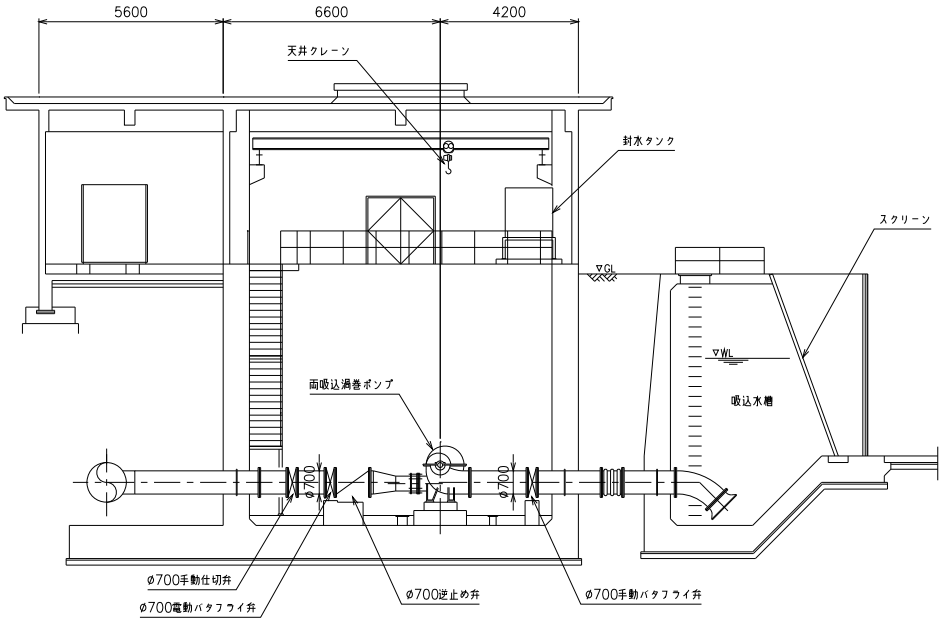



**図-16.41(a)-参**　横軸両吸込渦巻ポンプ平面図（例）




| 用　　途 | 用水 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 形　　式 | 横軸両吸込渦巻ポンプ | | | |
| 吸込口径×吐出し口径（mm） | 吐出し量（$m^3$/min） | 全揚程（m） | 原　動　機　出　力 | 備　　考 |
| 700×450 | 55.08×2＝110.16 | 56.0 | 650kW（電動機） | |

**図-16.41(b)-参**　横軸両吸込渦巻ポンプ断面図（例）

**例(4)** 横軸両吸込渦巻ポンプ（用水用）

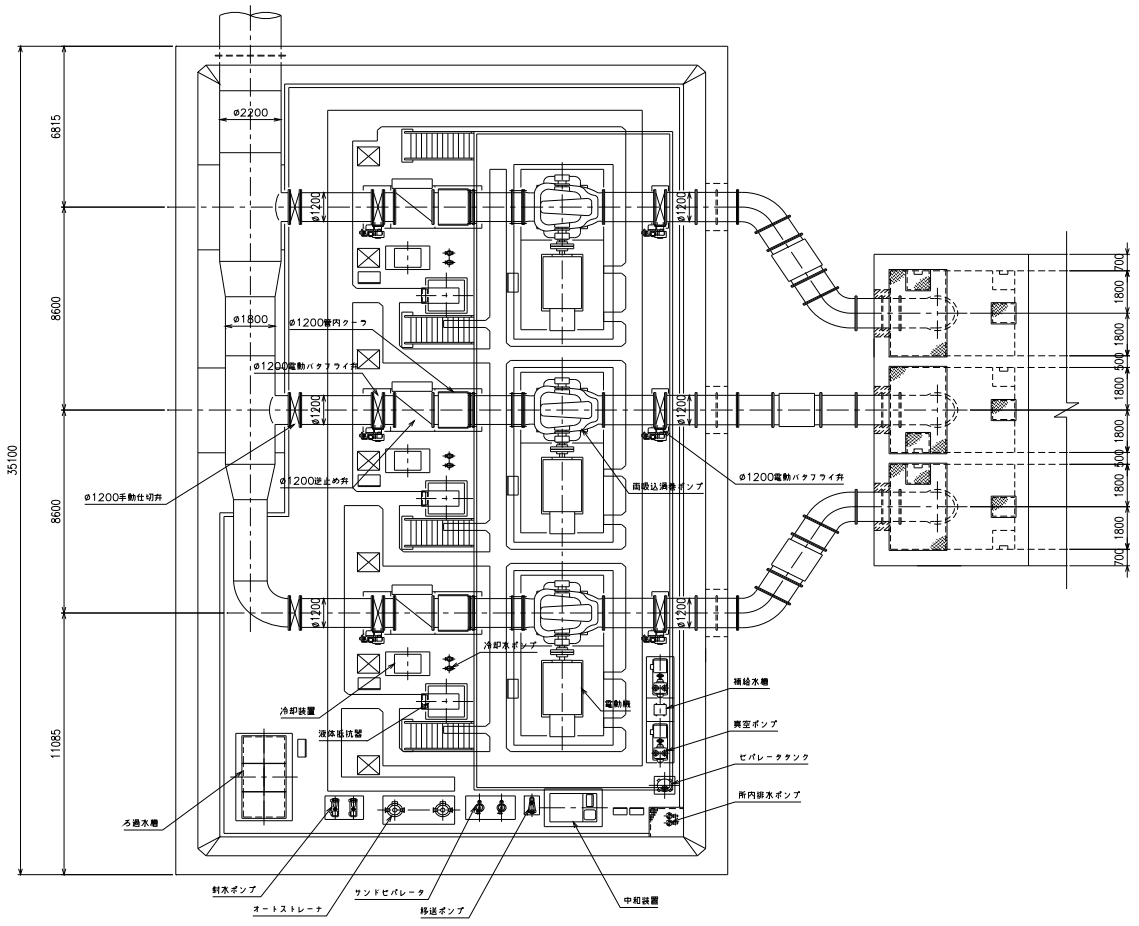
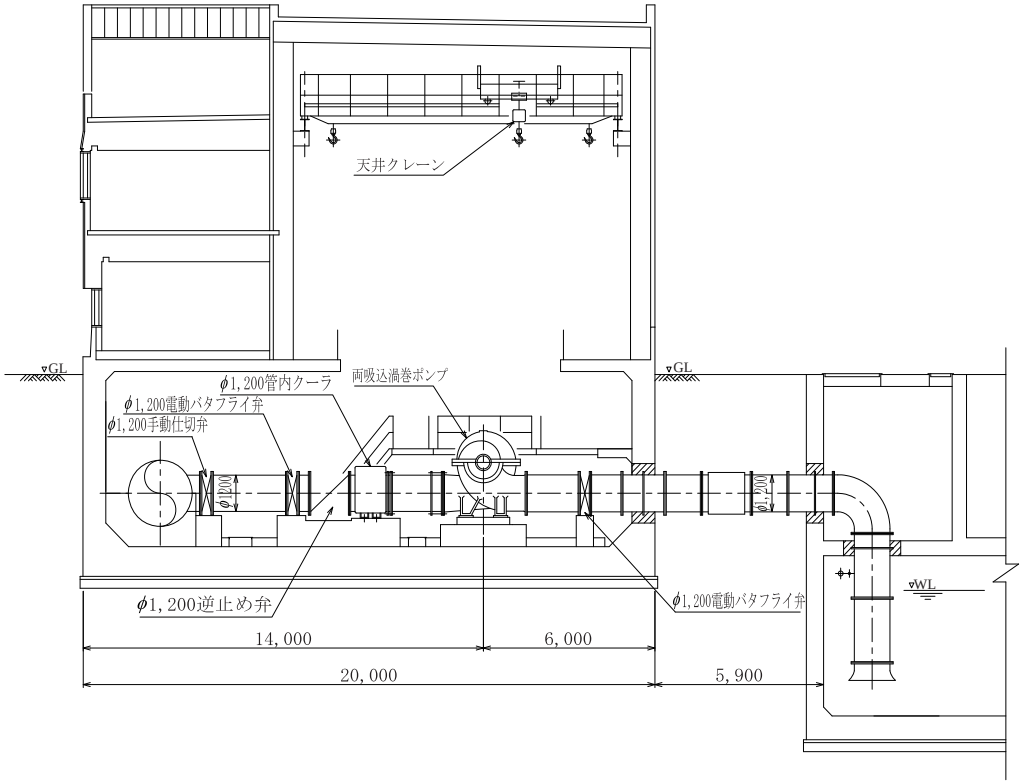



**図-16.42(a)-参**　横軸両吸込渦巻ポンプ平面図（例）




| 用　　途 | 用水 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 形　　式 | 横軸両吸込渦巻ポンプ | | | |
| 吸込口径×吐出し口径（mm） | 吐出し量（$m^3$/min） | 全揚程（m） | 原　動　機　出　力 | 備　　考 |
| 1200×1200 | 156.94×3＝470.82 | 19.0 | 650kW（電動機） | |

**図-16.42(b)-参**　横軸両吸込渦巻ポンプ断面図（例）

**例(5)** 横軸可動羽根斜流チューブラポンプ、横軸斜流チューブラポンプ（排水用）

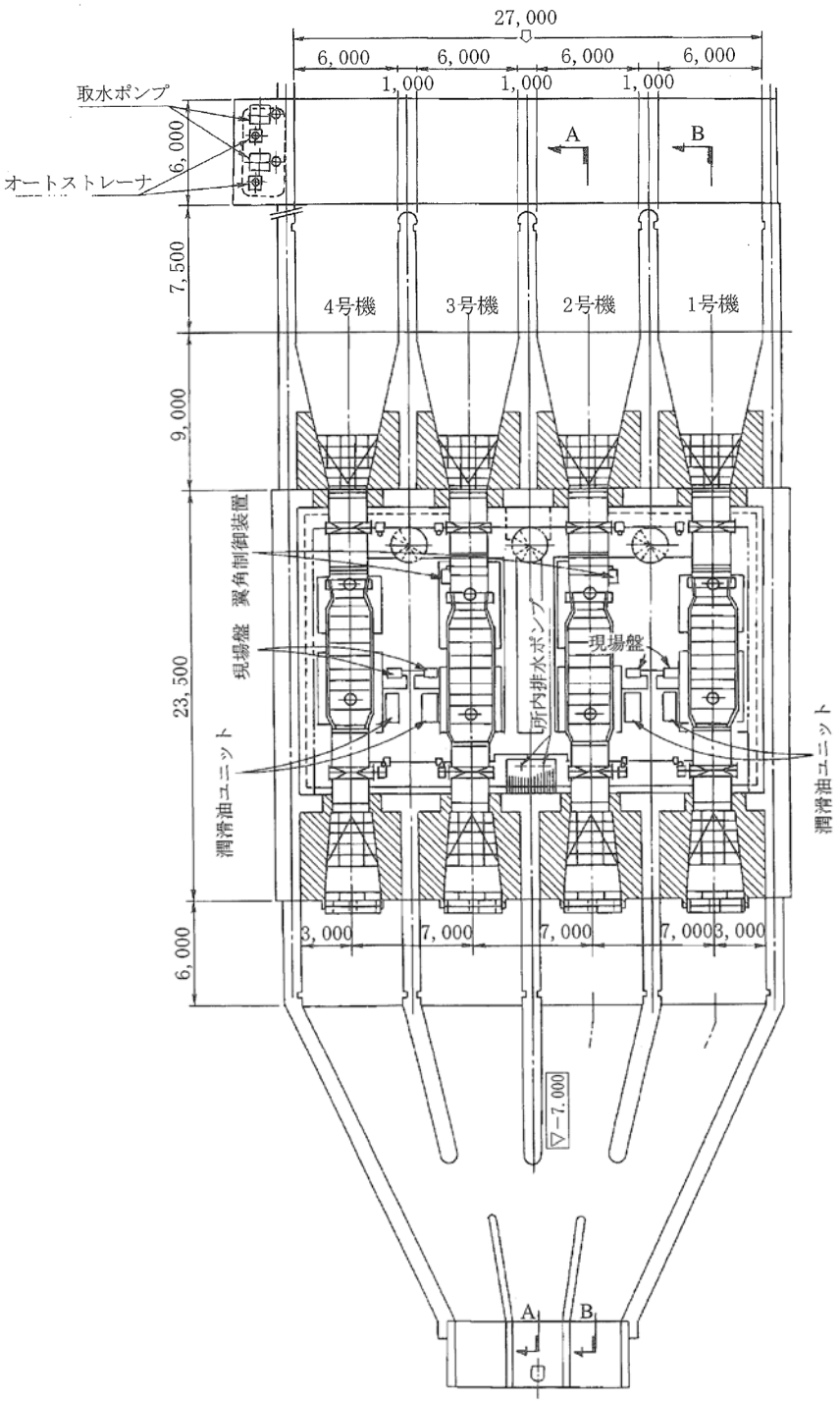
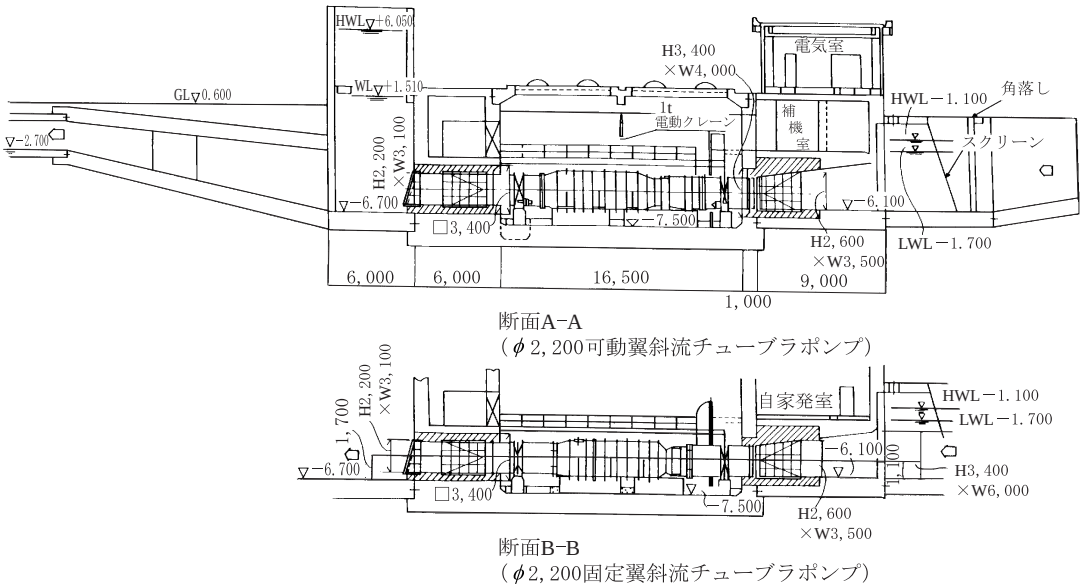



**図-16.43(a)-参**　横軸可動羽根斜流チューブラポンプ、横軸斜流チューブラポンプ平面図（例）




| 用 途 | 湛水防除 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 形 式 | 横軸可動羽根斜流チューブラポンプ･横軸斜流チューブラポンプ | | | |
| 吐出し口径（mm） | 吐出し量（$m^3$/min） | 全揚程（m） | 原 動 機 出 力 | 備 考 |
| 2, 200 | 692×2＝1384 | 7.1 | 1, 030kW（電動機） | 可動翼 |
| 2, 200 | 692×2＝1384 | 7.1 | 1, 030kW（電動機） | 固定翼 |

**図−16.43(b)−参** 横軸可動羽根斜流チューブラポンプ、横軸斜流チューブラポンプ断面図（例）

# 第 17 章　ポンプ場附帯設備の設計

関連条項〔基準 12、運用 12-1～12-5〕

## 17.1　水門設備

本項では、水門設備の概要及び一般的な形式等を示す。

設計に当たっては、「鋼構造物計画設計技術指針（水門扉編）」及び「鋼構造物計画設計技術指針（小型水門扉編）利用の手引き」を参考とする。

なお、河川からの取水ゲート設備など河川工作物となる場合は、「河川工作物の耐震性能照査指針（案）・同解説」に基づき設計しなければならない。

ポンプ場に設置される水門設備の使用目的は、取水口用、水路切替用、吐出樋門用、主ポンプ点検・修理用等であり、形式としては、ローラゲート、スライドゲート及び角落しがある。

各ゲート特長は、**表-17.1**のとおりとする。

**表-17.1**　ポンプ場に設置される水門設備

| 形　　式 | 構　　造 | 特　　長 | 用　　途 |
|---|---|---|---|
| ローラゲート | ・扉体側面に取付けた複数の支承部ローラが戸当たりレール面を移動する。 | ・操作水深が大きくても比較的小さい操作力で円滑に開閉できる。 | ・大容量排水ポンプの吐出し側遮断。<br>・排水樋門の出口。<br>・自然排水路の切替。<br>・ポンプ場前後の水路遮断。 |
| スライドゲート | ・扉体側面に取付けた金属製摺動部が戸当たりレール面を移動する。 | ・操作時の摩擦力が大きく比較的大きな操作力を要する。 | ・ポンプ場前後の水路遮断。<br>・水路切替。 |
| 角落し | ・扉体に鋼板を用い水密ゴムを配するものと、単に角材を積み重ねたものとがある。 | ・前後の水位をバランスさせて、着脱装置を用い角落しの引上げ・引下げを行う。<br>・水路幅が同じであれば角落しは各水路共通で使用できる。 | ・ポンプ場の主ポンプ、除じん機、フラップ弁等の点検・補修。<br>・吸込水槽等の清掃。 |

### 17.1.1　ローラゲートとスライドゲートの比較

ローラゲート及びスライドゲートは、**図-17.1**及び**図-17.2**に示すとおりであり、両ゲートを比較すると次のような相違がある。

⑴　扉体について大きく異なる点は、ローラゲートはローラによって水圧荷重を戸当たりに伝えるのに対して、スライドゲートは支圧板によって伝える。

⑵　戸当たり金物はローラゲートの場合、ローラレールと水密板をもって構成されるのに対して、スライドゲートは支圧板及び水密板によって構成されている。

⑶　ゲートの種類は、ローラゲート又はスライドゲートが多く用いられている。

⑷　開閉装置には、手動、電動、油圧の形式がある。開閉装置の選定に当たっては、対象とする水門形式・規模を考慮し適切な形式を選定するものとする。ローラゲートはラック式又はワイヤーロープ式、スライドゲートではラック式が一般的であるが、ポンプ場機器に油圧を用いる油圧式が多く用いられる。開閉速度は、一般的に毎分0.3m程度とする。

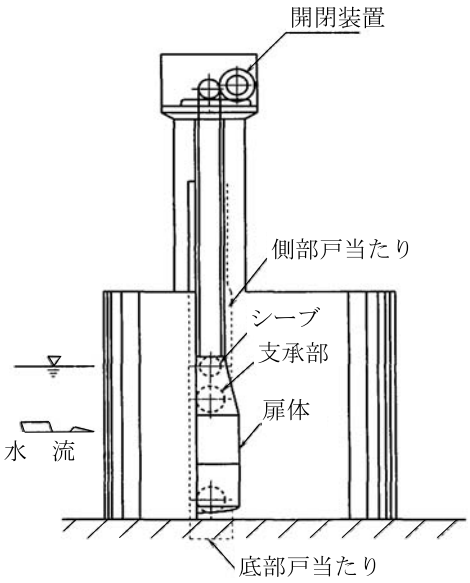



**図-17.1** ローラゲート

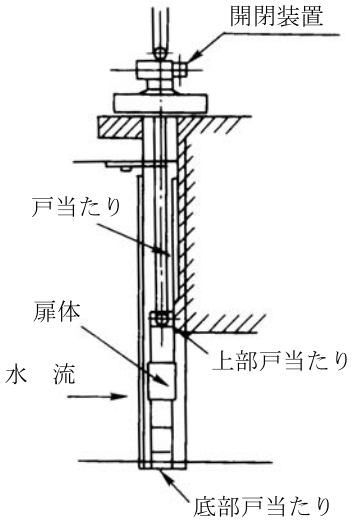



**図-17.2** スライドゲート

### 17.1.2　角落し

⑴　角落し

吸込水槽内の排砂作業や主ポンプ、スクリーン、除じん機、土木構造等の点検整備時の止水のために角落しを設置するものとし、スクリーンの 2m 程度上流側に設けるのが一般的である。

⑵　配置及び構造

①　複数台の主ポンプや除じん機が設置されている場合、それぞれの流入水路ごとに水抜きが可能なように、角落しの配置を計画するものとする。

②　角落しは鋼板製多段式で、水密方式が開渠の場合は片面三方水密とする。暗きょの場合は片面四方水密とするのが一般的である。また、角落しはできるだけ各水路に互換性をもたせるものとし、取付け・取り外し、運搬及び格納が容易なように一枚の高さは 1～1.5m（鋼板製の場合）とする。トラッククレーン等による吊り上げが可能な作業スペース及び格納場所を確保するか、吊り上げ及び格納するためのホイストクレーンや台車等を設ける必要がある。

なお、戸当たりは全水路に設けるものとする。

③　水路断面の規模によっては、木製又は FRP 等による角落しとする場合もある。

なお、木製とする場合は、腐食を考慮し、防腐処理を行うのが一般的である。

④　収納場所の形状、寸法については、角落しの寸法、数量、移動方法等総合的に検討するものとする。

**図-17.3** に角落し及び着脱装置付吊上げ金具の一例を示す。

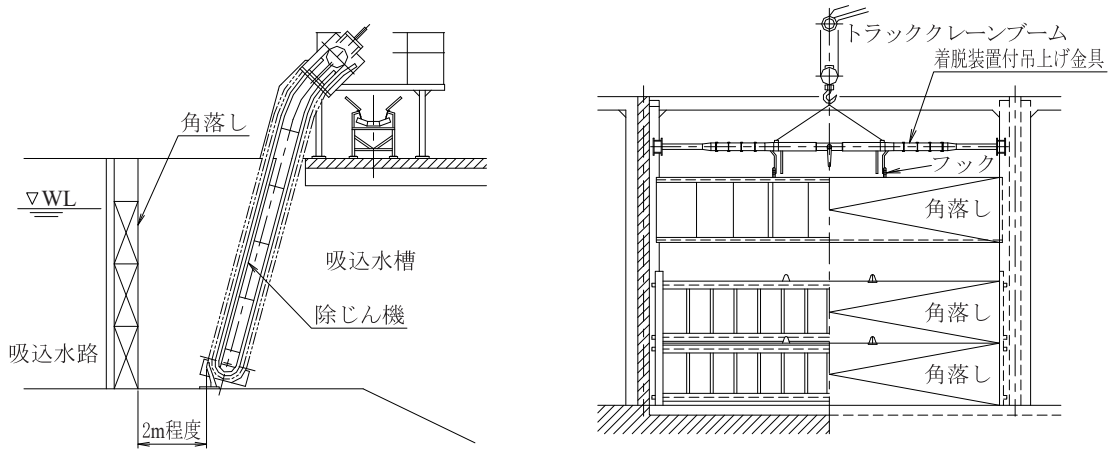



**図-17.3**　角落し及び着脱装置付吊上げ金具（例）

## 17.2 除じん設備

本項では、除じん設備の概要及び一般的な形式等を示す。

設計に当たっては、「鋼構造物計画設計技術指針（除塵設備編）」を参考とする。

### 17.2.1 スクリーン

⑴ スクリーンは、一般にポンプ場吸込水槽の入口に設置され、塵芥等の流入による主ポンプの閉塞や損傷を防止するものである。

⑵ スクリーンにかかる塵芥等は、人力あるいは機械によって取除く必要がある。

⑶ スクリーンの有効目幅は、主ポンプの用途、主ポンプ内の異物通過面積及び塵芥等の質や量によって決定するのが望ましい。かんがいポンプは塵芥等は少ないものの、一般的に主ポンプ形式に渦巻形が多く、主ポンプ内の異物通過面積が小さいことから、スクリーンの目幅は極力狭い方が望ましい。また、かんがい用であっても形式が軸流、斜流ポンプになる場合には排水ポンプ用の目幅を採用してもよい。一方、排水ポンプの場合、塵芥等は多いが異物通過面積が大きい軸流又は斜流形が多く採用されるのでスクリーンの目幅を大きくし、塵芥等を通過・排出させ、スクリーン部での水位差軽減を図るのが望ましい。

なお、かんがいポンプ及び排水ポンプの有効目幅を**表-17.2(a)**及び(b)に示すが、塵芥の質や量によってスクリーンにかかる塵芥が異なるので、この有効目幅は標準的な目安として取り扱うものとする。

また、かんがい用水を送配水する末端がスプリンクラーになっている場合等では目詰まりを生じるおそれがあるので、ネット式スクリーンの採用等を考慮する。

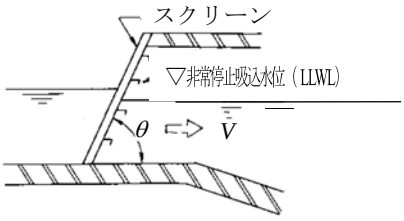
**表-17.2(a)** スクリーン有効目幅（かんがいポンプ）（参考値）

| ポンプ口径（mm） | スクリーン有効目幅（mm） | ポンプ口径（mm） | スクリーン有効目幅（mm） |
|---|---|---|---|
| 200 | 20 | 600 | 30 |
| 250 | 20 | 700 | 30 |
| 300 | 20 | 800 | 30 |
| 350 | 25 | 900 | 40 |
| 400 | 25 | 1,000 | 40 |
| 500 | 25 | 1,200 | 50 |

**表-17.2(b)** スクリーン有効目幅（排水ポンプ）（参考値）

| ポンプ口径（mm） | スクリーン有効目幅（mm） | ポンプ口径（mm） | スクリーン有効目幅（mm） | ポンプ口径（mm） | スクリーン有効目幅（mm） |
|---|---|---|---|---|---|
| 350 | 30 | 1,000 | 100 | 2,000 | 140 |
| 400 | 40 | 1,200 | 100 | 2,200 | 150 |
| 500 | 50 | 1,350 | 100 | 2,400 | 150 |
| 600 | 60 | 1,500 | 120 | 2,600 | 150 |
| 700 | 60 | 1,650 | 120 | 2,800 | 150 |
| 800 | 80 | 1,800 | 140 | 3,000 | 150 |
| 900 | 80 | | | | |

注 1） スクリーンの目幅は、かんがいポンプの場合口径の1/10～1/30、排水ポンプの場合口径の1/10～1/20 を目安としている。
2） 防護柵としての役割もあるので、主ポンプの大きさによらず目幅の最大を 150mm 以下とする。
3） 2,000mm 以下の可動翼ポンプの場合は、上記1）項によって得られる値より多少小さくする必要がある。
4） スクリーンを 2 カ所に設置する場合、上流側のスクリーンの目幅は、上記1）、2）及び3）による。また、除じん機を設ける場合は、上流側のスクリーンに設置する。なお、保安上の目的で下流側に設置するスクリーンの目幅は、150mm 以下とする。
5） バースクリーンで対応できない場合は、ネット式スクリーンの採用も検討する。




⑷　スクリーンの傾斜角度は、機械除じん方式の場合は $\theta$＝75° 前後、手掻き除じん方式の場合は $\theta$＝45～60° 前後を標準とするが、極力小さくすることが望ましい。

⑸　スクリーン後面の水路内の平均流速 $V$ は、計画流量の下において、運転可能最低水位の状態で、

①　手掻き除じん方式の場合には、$V$＝0.3m/s 以下

②　機械除じん方式の場合には、非常停止吸込水位（LLWL）において標準流速オープン形、高流速オープン形（渦流防止板付）吸込水槽で $V$＝0.5m/s、セミクローズ形吸込水槽で 0.65m/s、クローズ形吸込水槽で 0.8m/s 程度となるようにし、最大吐出し量においても 1.0m/s 以下とする。

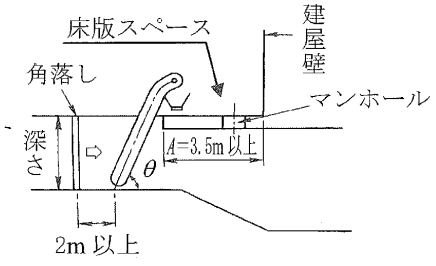
⑹　スクリーンの強度は、計画最高水位の状態において 1m 程度の水位差を生じても支障のないものとする。

⑺　主ポンプの全揚程を定めるときのスクリーン損失水頭は、除じん方式に従って下記のとおりとする。

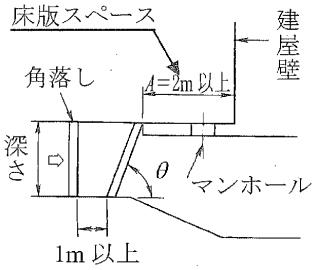
| 方　式 | スクリーン損失水頭 |
|---|---|
| 定置式機械除じん機 | 0.1　m |
| 移動式機械除じん機 | 0.15　m |
| 手 掻 き 除 じ ん | 0.3　m |

二次側に保安用の粗目スクリーンがある場合は、スリーンの目幅、塵芥の量によって水位差がつくことがあるので注意を要する。なお、二次側とは流入路の下流側（主ポンプ吸込口に近い側）をいう。

⑻　塵芥掻き上げに要する作業や、除じん機の設置、点検等のために**図-17.4** に示す床版スペースと角落しを設ける。




a. 機械式除じん




b. 手掻き除じん

除じん機据付床面は機械式除じん機の形式別必要スペース、また点検スペース等を確保する必要がある。さらに、ディーゼル機関の消音器等をこの付近に設ける場合は、3.5m よりも大きくなることがある。

スクリーン取付角 $\theta$ が小さい場合や深さが大きいときには、$A$ 寸法は大きくする。

**図-17.4**　除じん設備の設置位置

### 17.2.2 除じん機

常時運転のポンプ場や増水時に運転する大容量機場では、スクリーンに流着する塵芥を取除くため各種の除じん機が用いられる。

除じん機（機器駆動部）の浸水対策としては、高所に設置するのが一般的である。

### 17.2.3 搬送・貯留設備

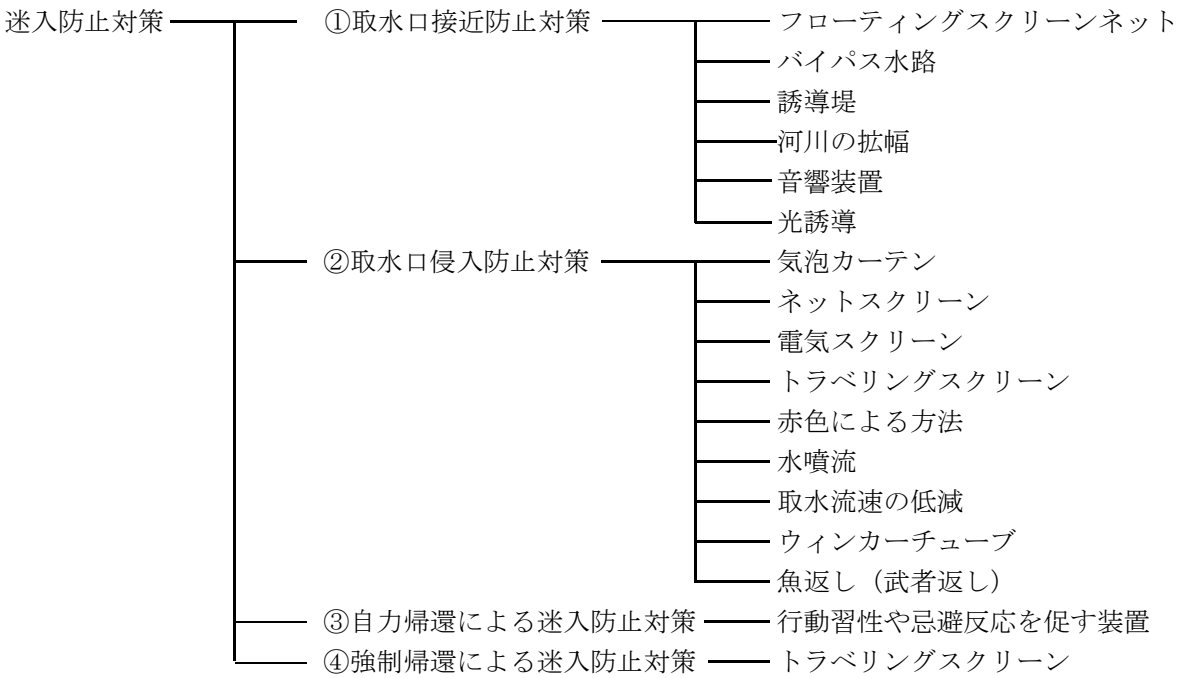
搬送・貯留設備は、除じん後の塵芥を運搬する設備と構外に搬出するまでに一時貯留する設備から構成され、コンベヤ及びホッパ等がある。

## 17.3 迷入防止対策

魚類等の生物の迷入や有害な外来種水生生物の拡散等の防止を図ることが必要なポンプ場については迷入防止対策を考慮する必要がある。迷入防止対策の方法には、各種の方式があるが対象とする魚の種類等により効果の程度も異なってくる。

したがって、検討する場合には、対象とする魚の種類等を十分把握した上で、各種方式の特徴（水利性能、施設の維持管理性、魚体への影響、人への安全性、周辺環境への影響等）、実績等を調査して選定を行う必要がある。なお、条件によっては、これらの方法を組合せて選定することも検討する。

取水口等における迷入防止対策方法の事例として、取水口接近防止対策あるいは進入対策や取水口に近づいた魚及び迷入した魚を誘導等によって方向転換させる方法等、これまでの実績から以下の手法が用いられている。




詳細については、「最新　魚道の設計―魚道と関連施設―」（ダム水源地環境整備センター）を参照のこと。

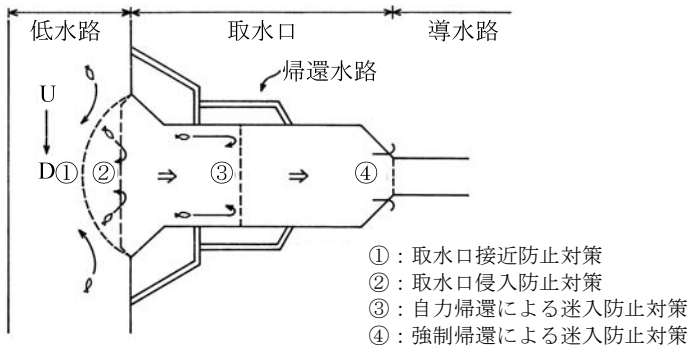



**図-17.5**　迷入防止対策の分類概念図

なお、迷入防止対策の検討に当たっては、下記に留意する。

①　取水口接近防止対策

(i)　フローティングスクリーンネット方式

取水口前面に設置する「網場」のように水面にフロートを浮かべ、その下にスクリーンネットを張り魚類の迷入を防止する方式である。稚魚等にも効果が高いといわれているが、網が塵芥による目づまりを起こすため、流水障害が発生する可能性がある。また、付着した塵芥の除去及び処理が必要となる。

(ii)　バイパス水路方式

取水口部に誘導スクリーンを設置し、遡上した魚がバイパス水路から河川に戻るように誘導する方式である。この方法は防止効果はある程度期待できるが、誘導スクリーンの塵芥の処理及び除去作業が必要である。また、取り付け、取り外しに難点があるため他の方式との組合せについても検討することが望ましい。

(iii)　誘導堤

誘導堤は、遊泳力の弱い仔魚等に対し、澪筋を取水口の対岸側に導くことにより、取り込まれる魚類を減少させるものである。河川内に横堤等を設けることが考えられている。

(iv)　河川の拡幅

河川の拡幅は、遊泳力の弱い仔魚等に対し、取水口の対岸を上流側から拡幅し河川のミオ筋を対岸に導くことにより、取水口に迷入する魚類を少なくするものである。拡幅に併せ河床を掘り下げることも考えられている。

(v)　音響装置方式

音波を水中に発信して魚の負の走音性を利用して迷入を防止する方式である。この方式は、音が漏れるおそれがあるため周辺に対し騒音の影響を与える可能性がある。また、魚に対する忌避効果の高い周波数については不明な部分がある。

(vi)　光誘導方式

水中の濁質に長波長の光線を反射させ、長波長の光線によってできる照度格差を利用して迷入を防止する方法であるが、濁水時の効果が不明である。また、水中照明の取替えが難しいので設置方法の工夫や取付場所を考慮することが必要である。

② 取水口侵入防止対策

(i) 気泡カーテン方式

水中に気泡を放出させ、形成される気泡スクリーンで迷入を防止する方法である。この方法では、流速が速いと気泡スクリーンの形成が困難となり効果が減少すると言われている。

また、気泡が流されてポンプの中に入るとポンプの性能に影響を与えるおそれがあるので、流入しないように十分な距離を設ける等の配慮が必要である。

(ii) ネットスクリーン方式

水路幅全体に金網を設置し、魚の進入を防止する方法であるが、この方法では金網に塵芥が付着した場合に流水損失が大きくなり取水障害を起こす可能性がある。また、付着した塵芥の除去及び処理が必要となる。

(iii) 電気スクリーン方式

この方式は、取水口に電極を配置して、水中放電を行い魚に負の走電性を起こさせて進入を防止する方法である。この方式による魚体への損傷や稚魚への効果に対しては未だ不明な部分がある。また、人に対する安全対策が必要である。

(iv) トラベリングスクリーン

面状で回転式のメッシュスクリーンである。

(v) 赤色による方法

魚類は赤色を嫌うものが多く、取放水口付近を赤色に塗装したり、同色の板を張ったりして迷入を防止する方法が用いられている。

(vi) 水噴流

水噴流は気泡カーテンと同様に、取放水口前面の水路敷高に連続的に穴のあいた配管を設置し、ポンプで昇圧した水をその穴から放出し、これにより構成される高圧水のカーテンで、魚類の迷入を防止するものである。気泡カーテンと併用した事例もある。

(vii) 取水流速の低減

遊泳力の小さい仔魚や稚魚については、取水流速を低減させることにより取り込まれる量を減少させることができる。一定の取水流量を取り込み流速を低減させるには、取水口の幅を拡げる等の対策がある。

(viii) ウィンカーチューブ

「すずらん灯」のように、透明の細長い中空容器の内部に一定間隔でライトを取り付け、水中に沈め点灯させる。

(ix) 魚返し（武者返し）

主に取水口の壁沿いに上ってくる底生魚の迷入防止である。

その他にも様々な方式があるが、効果の程度、保守管理性、実績等を勘案して検討する必要がある。

## 17.4　クレーン設備

ポンプ場は、恒久的な施設であるので、機器の据付や将来の保守管理を見込んで、クレーン設備を計画しておく必要がある。

クレーン設備には、ポンプ設備の規模等によって、次の考え方がある。

①　屋根の梁にフック等を設け、クレーン設備を必要としない場合。

②　建屋にI型鋼を設置し、これにチェンブロック等を取付ける場合。

③　吊り上げ荷重に基づいた、天井クレーンを設置する場合。

④　ポンプ場周囲の作業スペース等の諸条件や、保守管理面に支障がない場合の移動式クレーンで対応する場合。

これらのクレーン設備は、ポンプ設備の形式と規模、その保守管理等の使用頻度を検討し、適切なものを必要に応じて設けるものとする。

### 17.4.1　クレーン設備の選定

#### 17.4.1.1　クレーン設備の分類と比較

⑴　クレーン設備の検討

クレーン設備については、ポンプ場の状況に応じて、天井クレーンを設置するか、移動式クレーンを使用するか検討する必要がある。

⑵　クレーン設備の分類と比較

ポンプ場で用いるクレーン設備を大別すると、**図-17.6** のように移動式クレーンと天井クレーンに分類され、両者の比較を**表-17.3** に示す。

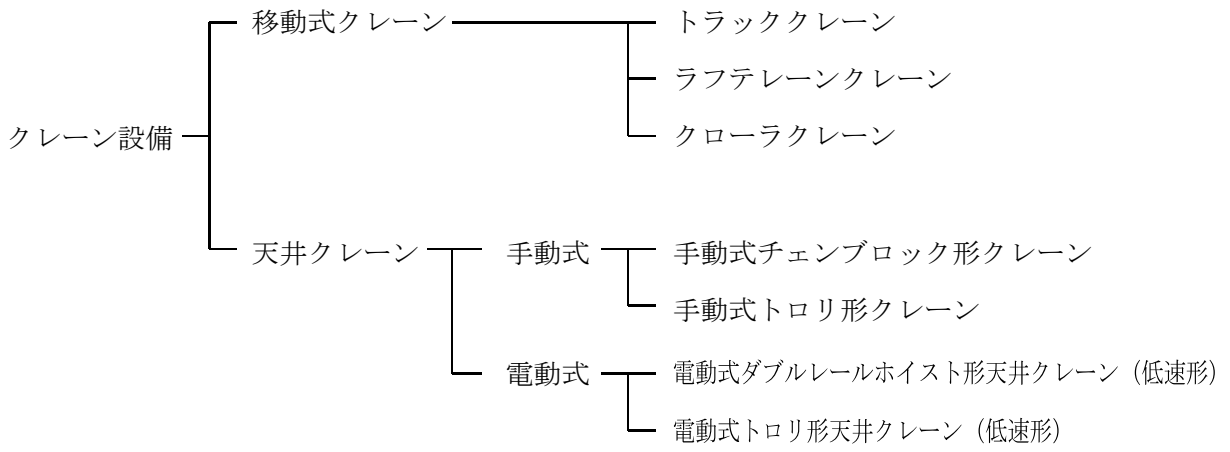



**図-17.6**　クレーン設備の分類

**表-17.3** 移動式クレーンと天井クレーンの比較

| 比較項目＼クレーン設備 | | | 移動式クレーン | 天井クレーン |
|---|---|---|---|---|
| 建屋構造物 | | | ・建屋上部（屋根）に搬入口を設ける必要がある。<br>・搬入口からの雨水等の浸入に注意する必要がある。<br>・必要に応じて上屋構造物を設置する。 | ・据付時及び保守管理時の吊り上げ荷重を考慮する必要がある。 |
| 使用形態 | | | ・必要とする都度調達 | ・常設 |
| 作業スペース | | | ・吊り上げ荷重と作業半径から決まるクレーン車の設置スペースを確保する。 | —— |
| 作業性と安全性 | | | ・捲上速度が速い（約 20cm/s）ので、芯出し作業が困難<br>・オペレータが吊り荷を直視できないので、誘導員が必要<br>・油圧回路のためインチング操作が困難なため、芯出し作業が困難 | ・捲上速度が遅い（約 3cm/s）ので、精密な作業に適し､作業性に優れている。<br>・オペレータが吊り荷を直視できる、作業性と安全性に優れている。<br>・電気回路のためインチング操作が容易なため、芯出し作業が容易 |
| 保守管理 | | | ・保守管理用のクレーン設備が必要な場合がある。<br>・保守管理に伴う移動式クレーンの費用は、施設管理者負担。 | ・常設につき、必要なときに即使用可能<br>・電動式の場合は、法規に定める定期点検が必要 |
| 緊急時の対応 | | | ・悪天候時の対応が困難<br>・災害時の移動式クレーンの進入経路に留意が必要<br>・その都度、移動式クレーン及びオペレータの確保が必要 | ・悪天候時でも対応が可能 |
| 資格 注) | 運転業務 | 吊り上げ荷重が 5t 以上 | ・移動式クレーン運転士免許取得者 | ・クレーン運転士免許取得者<br>・運転する者が荷の移動と共に移動する方式の場合は、床上操作式クレーン運転技能講習の修了者 |
| | | 吊り上げ荷重が 1t 以上 5t 未満 | ・移動式クレーン運転士免許取得者<br>・小型移動式クレーン運転技能講習の修了者 | ・クレーン運転士免許取得者<br>・運転する者が荷の移動と共に移動する方式の場合は、床上操作式クレーン運転技能講習の修了者<br>・特別教育の修了者 |
| | | 吊り上げ荷重が 1t 未満 | ・移動式クレーン運転士免許取得者<br>・小型移動式クレーン運転技能講習の修了者<br>・特別教育の修了者 | |
| | 玉掛け作業 | 吊り上げ荷重が 1t 以上 | ・玉掛け技能講習の修了者 | |
| | | 吊り上げ荷重が 1t 未満 | ・玉掛け技能講習の修了者<br>・特別教育の修了者 | |

注） 吊り上げ荷重 0.5t 以上の手動式巻上機（通常手動式クレーンと呼ばれているもの）を除いたクレーンについて規定されている。ただし、詳細は労働安全衛生法、労働安全衛生法施行令、労働安全衛生規則及びクレーン等安全規則によるものとする。

### 17.4.1.2　移動式クレーンの選定

⑴　移動式クレーンは、クレーン動作の全部又は大部分を油圧式機構によって行うタイプと、機械式機構によって行うタイプがある。

移動式クレーンの容量は、作業半径によって異なるので、定格容量の決定に当たっては、吊り上げ対象物の質量を考慮して決定する必要がある。

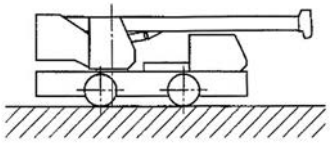
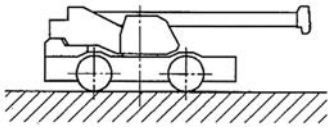
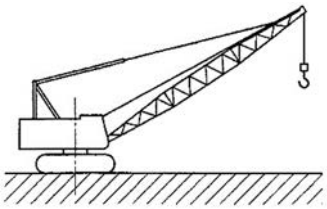
①　トラッククレーンは、下部走行体の走行部にタイヤを使用した自走クレーンであって、一般に下部走行体及び上部旋回体にそれぞれ運転室をもち、走行操作を下部走行体の運転席から行うもの。

②　ラフテレーンクレーンは、下部走行体の走行部にタイヤを使用した自走クレーンであって、一般に一つの運転室及び原動機（エンジン）をもち、それによって走行とクレーン操作を行うもの。

③　クローラクレーンは、下部走行体の走行部にクローラベルトを使用した自走クレーン。

上記の各移動式クレーンの比較を**表-17.4** に示す。

**表-17.4**　移動式クレーンの比較

| 種類 / 項目 | トラッククレーン | ラフテレーンクレーン | クローラクレーン |
|---|---|---|---|
| 概略構造図 |  |  |  |
| 概要 | ①　クレーン用キャリアに旋回サークル、アウトリガー等を設備し、その上にクレーン装置を架装したもの。<br>②　大型のものは走行用とクレーン操作用の 2 つの運転室を有する。<br>③　走行速度が比較的速く機動性が大である。 | ①　タイヤ付の車軸で支えられた専用のフレームの上にクレーン装置を架装したもので、1 つの運転室で走行とクレーン操作が行える。<br>②　全輪駆動式のため、不整地や比較的軟弱地でも走行できる。<br>③　走行速度は比較的遅く、構内等の荷役に適する。 | ①　走行体が起動輪、遊動輪、下部ローラ、上部ローラ及び履帯を巻いた装置で構成された台車の上にクレーン装置を仮装したもの。<br>②　接地面積がホイール式に比べて広いので安定性が良い。<br>③　走行速度が遅いが、不整地や傾斜面の走行が可能である。 |
| 国内メーカ製作クレーン能力[注 1)] | 500t 程度 | 70t 程度 | 800t 程度 |
| 調達性 | 良い[注 2)] | 良い | 普通 |
| 留意点 | 大きな設置スペースが必要となる。 | | 走行速度が極めて遅く、現地での組立て作業を伴うことが多い。 |

注 1)　出典：(一社) 日本建設機械施工協会発行の「日本建設機械要覧」(2013 年版) による。
ここで示すクレーン能力は、国内メーカが製作している最大容量を示すものであり、国内で保有している能力を示すものではない。国内保有の能力及び台数については別途調査が必要である。

2)　ただし、150t を超える大容量のものは、調達性が極端に悪くなるので注意を要する。

⑵ 移動式クレーンを採用するに当たっての留意事項は、次のとおりである（**図-17.9** クレーン形式の検討フロー参照）。

① 設置する機器の吊り上げ単体質量、作業半径及び吊り上げ高さによって、移動式クレーンの容量が決まるが、周囲に障害物がなくクレーンの搬入が可能で、かつ作業スペースが十分に確保でき、安全に作業が行える作業スペースを確保すること。

② 立地条件から土木構造物の上に移動式クレーンを設置する場合は、構造物の強度について設計時に十分検討する必要がある。（土木側工事の工程も影響するので注意する。）

③ 機器の据付作業は、クレーン運転手から建屋内の状況が確認できない部分がほとんどであるため、無線等による連帯作業となり、高度な技術と安全性が要求される。したがって、充分な作業打合せ、安全管理に留意する必要がある。

④ 保守管理上、ガスタービン本体をパッケージ外へ搬出する場合や、ディーゼル機関のシリンダ引抜き作業を行う場合等、三叉チェンブロック等で吊り上げ作業はできても移動作業に問題があり、危険を伴う作業となるので、保守管理用のクレーン設備の設置を考慮する。

⑤ 各地域で賃貸できる移動式クレーンの調達性、及びその調達先から現地までの道路状況について、充分に調査しておく必要がある。**図-17.7** に移動式クレーンの吊り方法の一例を示す。

⑥ 作業時の不同沈下対策を講ずるものとする。

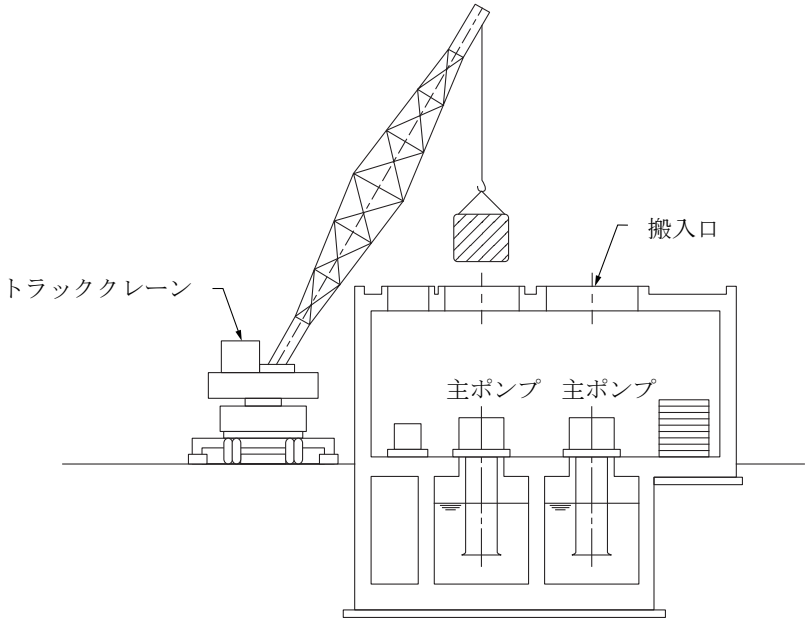



**図-17.7** 移動式クレーンの吊り方法

### 17.4.1.3　天井クレーンの選定

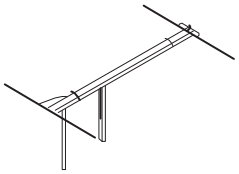
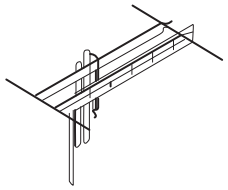
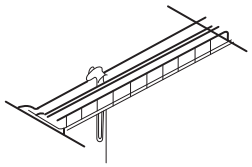
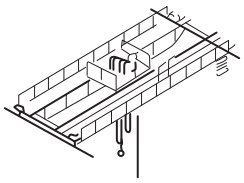
⑴　天井クレーンの形式

天井クレーンは、クラブ、ホイスト又は橋げた（桁）に沿って走行可能なクレーンで、走行サドルによって軌道に直接支持されたガータを持つクレーンが天井走行クレーンである。

ポンプ場に採用される天井クレーンは、一般的に天井走行クレーンを指している。

各天井クレーンの比較を**表-17.5** に示す。

**表-17.5**　天井クレーンの比較

| 形式 / 項目 | 手動式チェンブロック形 | 手動式トロリ形 | 電動式ダブルレールホイスト形 | 電動式トロリ形 |
|---|---|---|---|---|
| 外観 |  |  |  |  |
| 概要 | 主桁を横行するギャードトロリにチェンブロックを懸垂した比較的簡単な構造で、走行、横行、巻上げ下げの操作はすべて手動で行うもの | クレーンガータの上にクラブ式のトロリを取付けたもので走行、横行、巻上げ下げの操作はすべて手動で行うもの | クレーンガータの上にホイストを持ったトロリを取付けたもので、トロリは走行桁上の二本のレール上を横行する。走行、横行、巻上げ下げの操作はすべて電動で行うもの | クレーンガータの上に高荷重巻上装置を有したトロリを取付けたもので、走行、横行、巻上げ下げの操作はすべて電動で行うもの |
| 定格荷重 | 5t 以下 | 10t 以下 | 20t 以下 | 25t 以上 |
| 一般的な定格荷重枠 | 1t<br>2t<br>3.2t<br>5t | 7.5t<br>10t | 7.5t<br>10t<br>13t<br>15t<br>20t | 25t<br>32t<br>35t<br>40t<br>50t |

注 1)　手動式トロリ形で定格荷重 10t を超えるものについては作業効率を十分検討し、作業性を損なわないように配慮すること。

2)　電動式ホイストの種類は JIS C 9620（電気ホイスト）に定められている中のダブルレール式とする。

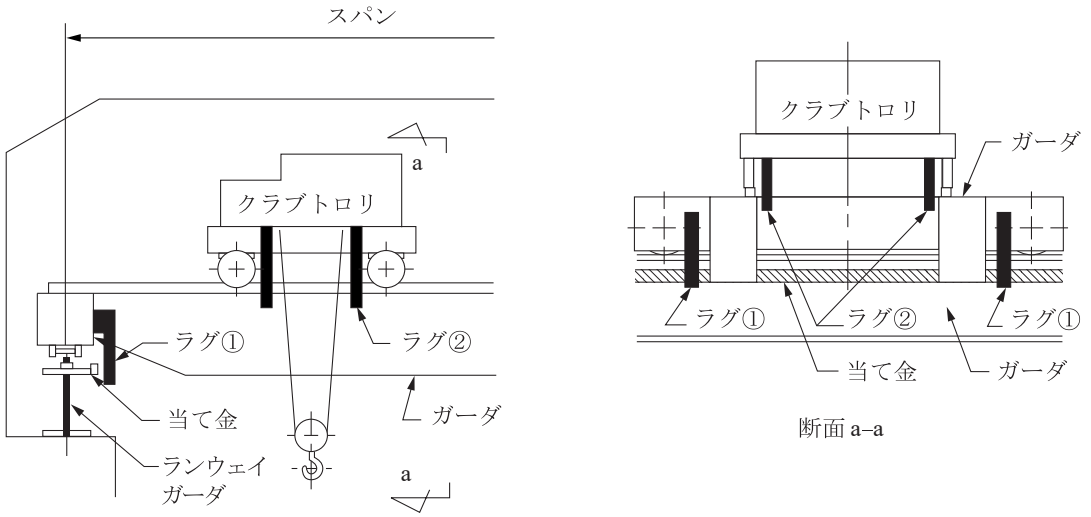
3)　電動式の種類は JIS B 8801（天井クレーン）により高速形、普通形、低速形に分類されているが、主ポンプの組立て、据付けに用いる天井クレーンとしては低速形とする。

なお、電動式クレーンの操作は床上操作方式（操作員が床上で荷とともに移動する方式）とする。

⑵　地震時対策

天井クレーンの設置に際しては、地震を考慮し、クレーンの脱輪転倒防止対策を講ずるものとする。

**図-17.8** に脱輪転倒防止対策の一例を示す。手動式クレーンの逸走防止対策については、手動用チェーンを強固な支持物に固定させる。




注） クレーンの脱輪、転倒を防止する方法
(a) クラブトロリでの対応策
ラグ②をクラブトロリフレームに設置し、クラブトロリが横揺れした際、ラグ②がガータフランジに接触し、クラブトロリの腕輪、転倒を防止する。
(b) ガータ（全体）での対応策
ラグ①をサドルに設置し、ガータが横揺れした際、ラグ①がランウェイガータに接触し、ガータの脱輪、転倒を防止する。

**図-17.8** クレーンの脱輪、転倒防止対策（例）

⑶ 手動式トロリ形の巻上げ作業の電動化

天井クレーンは、使用頻度が多い場合や故障時緊急に修理を要する場合等は、電動式を標準とし、台数、その他から使用頻度が少ないと判断される場合は、手動式とする。手動式とした場合、巻上げに時間を要する（定格荷重7.5t以上では揚程1m当たり約 45 分要し、吊り上げに 2～4人必要）ので、巻上げのみ電動にすることも検討する。（この場合、**表-17.9**（手動式トロリ形天井クレーン主要諸元、主要寸法）における A 寸法は、**表-17.10**（電動式（低速形）ダブルホイスト形天井クレーン主要寸法諸元、主要寸法）における A 寸法と同じにする。）

なお、電動式の場合、巻上げ 1m に対する標準作業時間は、7.5t で約 26 秒（50Hz）～22 秒（60Hz）、10t で約 24 秒（50Hz）～20 秒（60Hz）で、作業性は手動式に比べ格段に良い。

⑷ 電動ホイスト又は電動チェンブロック形

天井クレーンは、面的作業を考えて横行のできるクレーンを標準としているが、作業が直線でよい場合は、走行なしの電動ホイスト、又は電動チェンブロックとすることも可能である。電動ホイストは揚程が4～12m、電動チェンブロックは3～5mの範囲で用いる。

⑸ 電動式トロリ形

電動式トロリ形の種類は、JIS B 8801（天井クレーン）及び JIS B 8820（クレーンの定格荷重、定格速度及び旋回半径）により、高速形、普通形、低速形に分類されているが、主ポンプの組立て、据付に用いる天井クレーンとしては、容量が大きい場合（特に立軸ポンプ）は、低速形を用いるのが望ましい。

高速形についてはスピードが速く作業性が悪いことと、電動機容量が大きくなる等の理由から用いられていない。

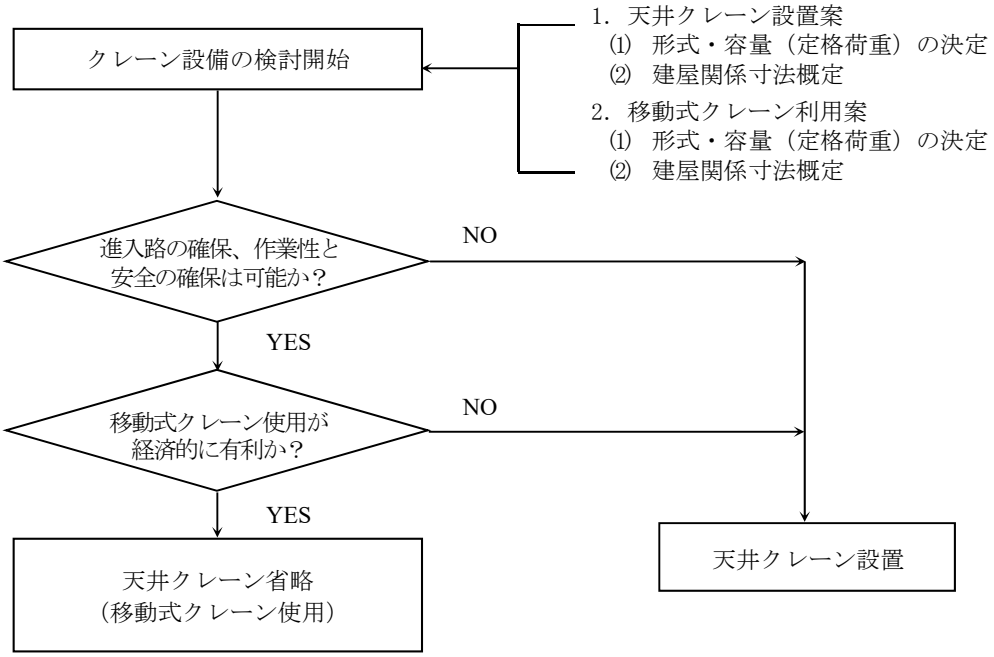
なお、作業性等の条件を十分検討したうえで、普通形を使用している場合もまれにある。

### 17.4.1.4　クレーンの形式選定

機器の据付・点検及び整備に必要なクレーンは、常設形の天井クレーンの他に移動式クレーン（トラッククレーン、ラフテレーンクレーン、クローラクレーン）がある。

機場のコンパクト化を図る趣旨から、ポンプ場周囲の作業スペース等の諸条件や保守管理面に支障がない場合には、天井クレーンを省略し、移動式クレーンにすることも考えられる。

クレーン形式の検討フローを**図-17.9**に示す。




注）　移動式クレーンの選定に当たっては、「**表-17.3**　移動式クレーンと天井クレーンの比較」並びに「**〔参考〕**移動式クレーン選定の留意事項」を参照のこと。

**図-17.9**　クレーン形式の検討フロー

**〔参　考〕**移動式クレーン選定上の留意事項

⑷　移動式クレーンの進入路及び作業スペースの確保

機場の建設時における機器据付だけでなく、増設時や保守管理（定期整備及び保全整備）時における状況に対しても、移動式クレーンの進入路、及びポンプ場周囲の作業スペースが確実に確保することが可能かを慎重に検討する。

⑸　作業環境への対応と工期の確保

移動式クレーンは降雨時、降雪時、強風時において作業を行うことは安全上問題がある場合が多い。特に 10 分間の平均風速が 10m/s 以上の強風時には作業を中止しなければならない。

⑹　作業環境への対応と工期の確保

移動式クレーンで上屋がある場合は、吊り荷が上屋の死角となり、オペレータへの安全性合図のために、数名の作業員を配置する必要がある。

また、移動式クレーンの場合、フックの巻上げ速度が速いため、機器の据付作業に欠せないインチング（寸動）操作が難しく、機器のセッティング用治具、芯出し作業用治具を事前に準備する必要がある。

⑷ 作業性と安全性の確保

「天井クレーン設置・使用案」と「移動式クレーン使用案」との経済比較検討項目は次のとおりである。

a. 建屋関係として、建屋建設費

b. ポンプ場の必要な敷地面積の違いによる用地費

c. 設備の保守管理においてのクレーン使用に伴う費用

① 電動式天井クレーンの場合は、定期点検等に要する検査費用が必要である。

② 移動式クレーンの場合は、レンタル料と補助作業員費が必要である。

d. 据付工事関係

① 天井クレーンの場合は、設置費

② 移動式クレーンの場合は、使用料金と保守管理用クレーン設備の設置費

工事工程表を作成し、作業手順を詳細に検討し、各々の工事工程に必要な移動式クレーンの容量と形式及び使用期間を算定して、使用料金を算出する。

保守管理用クレーン設備は、安全上支障のない吊り上げ装置とする。

### 17.4.2　天井クレーンの形式

ポンプ場に設置する天井クレーンの形式は特殊な場合を除き、次の四種類に分類される（詳細 17.4.1.3 項参照）。

⑴　手動式チェンブロック付形
⑵　手動式トロリ形
⑶　電動式ダブルレールホイスト形（低速形）
⑷　電動式トロリ形（低速形）

### 17.4.3　天井クレーンの定格荷重（クレーンフックにかけることのできる最大荷重）

⑴　高揚程ポンプ

①　両吸込単段渦巻ポンプ、両吸込多段渦巻ポンプ（**図-5.18**(a)、(b)の C ゾーンポンプ、D ゾーンポンプ）の場合は、主ポンプ自体分解可能であるので、電動機の質量（**図-13.21**(b)～**図-13.25**(b)）により定まる。

②　立軸片吸込渦巻ポンプ（**図-5.18**(a)、(b)の C ゾーン）の場合は、主ポンプ自体分解可能であるので電動機の質量（**図-13.26**(b)～**図-13.30**(b)）により定まる。

③　立軸斜流ポンプの場合は、主ポンプの吐出し量及び主ポンプの長さ（**図-17.10**）により定まる。

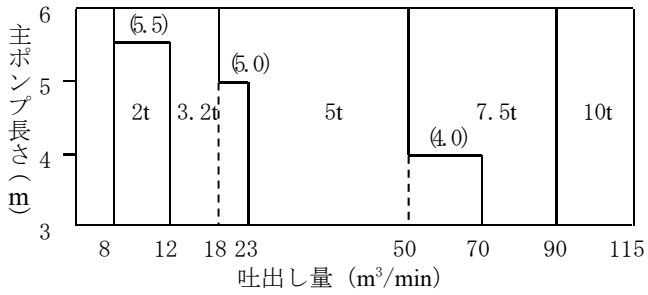


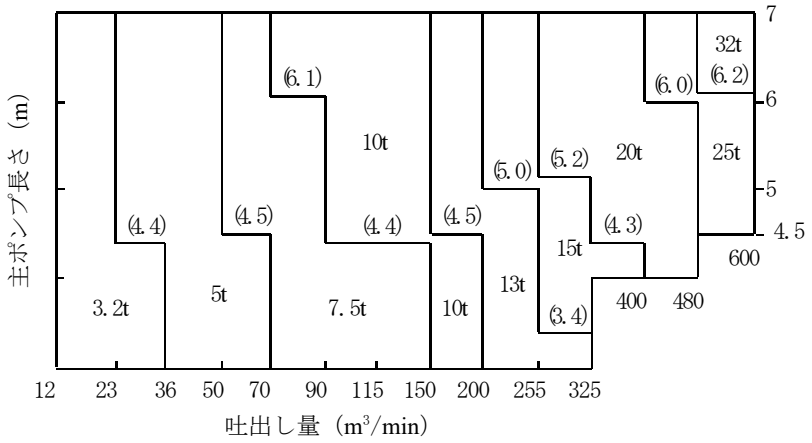

**図-17.10**　高揚程立軸斜流ポンプ用天井クレーン容量選定図

⑵　低揚程ポンプ

①　Ⅰ、Ⅱ型横軸軸流ポンプ及び横軸斜流ポンプ用天井クレーン容量は、**表-17.6**による。
②　Ⅰ、Ⅲ型立軸軸流ポンプ用天井クレーン容量は、**図-17.11** による。
③　Ⅰ、Ⅲ型立軸斜流ポンプ用天井クレーン容量は、**図-17.12**による。
④　Ⅱ型立軸軸流ポンプ用天井クレーン容量は、**図-17.13**による。
⑤　Ⅱ型立軸斜流ポンプ用天井クレーン容量は、**図-17.14** による。
⑥　大容量立軸軸流・斜流ポンプ用天井クレーン容量は、**表-17.7**による。

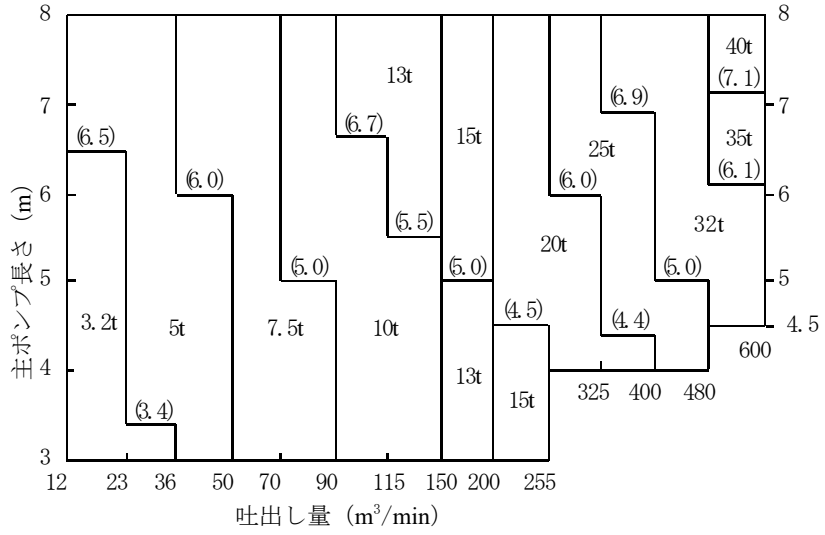
**表-17.6** Ⅰ、Ⅱ型横軸軸流ポンプ及び横軸斜流ポンプ用天井クレーン容量選定表

| 吐出し量 ($m^3$/min) | 横軸軸流ポンプ (t) | 横軸斜流ポンプ (t) | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 12 超 ～ 23 以下 | 1 | 1 | 注 1) 115$m^3$/min 以下は一体吊りとする。 |
| 23 超 ～ 36 以下 | 1 | 2 | 2) 115$m^3$/min 超の主ポンプは分解して下部ケーシングを吊ると考える。ただし、分解質量には主軸、インペラ、軸受等の質量は含めない。 |
| 36 超 ～ 50 以下 | 2 | 2 | |
| 50 超 ～ 70 以下 | 2 | 3.2 | |
| 70 超 ～ 90 以下 | 3.2 | 5 | 3) 主ポンプ質量は、全揚程が斜流ポンプの場合は 5m、軸流ポンプの場合は 2.5m で算出している。 |
| 90 超 ～ 115 以下 | 5 (3.2) 注 5) | 5 | |
| 115 超 ～ 150 以下 | 3.2 | 3.2 | |
| 150 超 ～ 200 以下 | 3.2 | 5 | 4) 全揚程が斜流ポンプで 3.2m 以下、軸流ポンプで 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。 |
| 200 超 ～ 255 以下 | 5 | 7.5 | |
| 255 超 ～ 325 以下 | 5 | 7.5 | |
| 325 超 ～ 400 以下 | 7.5 | 10 | 5) ( ) 内は、Ⅱ型のクレーン容量を示す。これ以外すべて、Ⅰ、Ⅱ型のクレーン容量を示す。 |
| 400 超 ～ 480 以下 | 10 | 13 | |
| 480 超 ～ 600 以下 | 10 | 15 | |



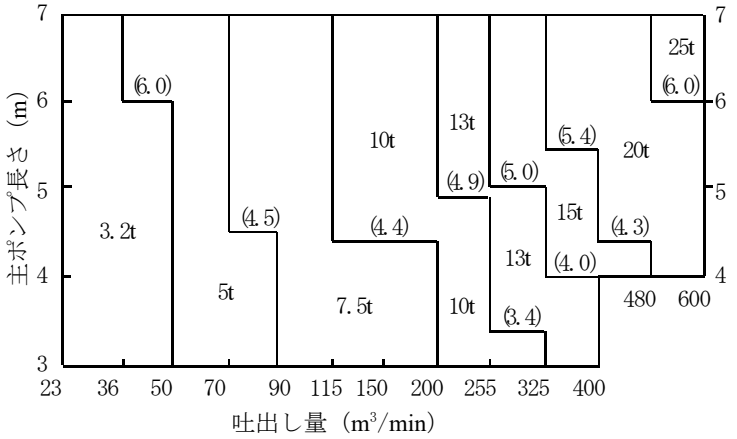

注 1) 上図は、主ポンプ吐出し量が 115$m^3$/min 以下のものは一体吊り、115$m^3$/min 超のものは吐出ケーシングを外して吊り上るものとして作成している。
2) 主ポンプ長さ (m) とは、据付床面からベルマウス先端までをいう。
3) 全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

**図-17.11** Ⅰ、Ⅲ型立軸軸流ポンプ用天井クレーン容量選定図



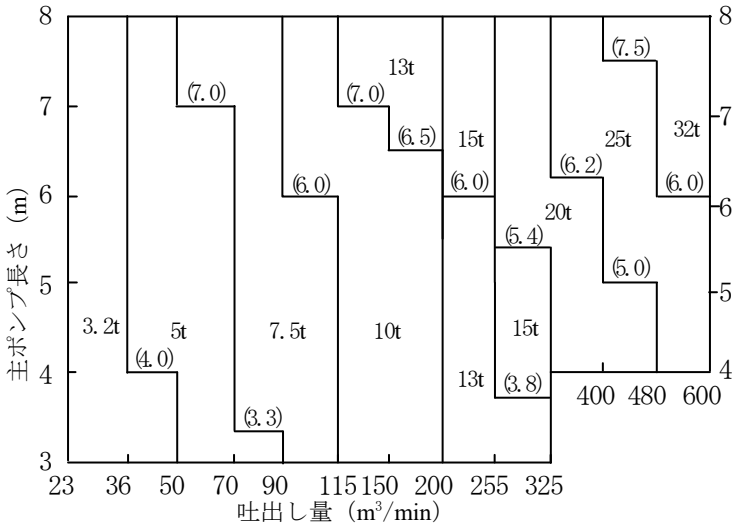

注 1)　上図は、主ポンプ吐出し量が 115m³/min 以下のものは一体吊り、115m³/min 超のものは吐出ケーシングを外して吊り上るものとして作成している。
2)　主ポンプ長さ（m）とは、据付床面からベルマウス先端までをいう。
3)　全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

**図-17.12**　Ⅰ、Ⅲ型立軸斜流ポンプ用天井クレーン容量選定図




注 1)　上図は、主ポンプ吐出し量が 150m³/min 以下のものは一体吊り、150m³/min 超のものは吐出ケーシングを外して吊り上るものとして作成している。
2)　主ポンプ長さ（m）とは、据付床面からベルマウス先端までをいう。
3)　全揚程が 2.5m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

**図-17.13**　Ⅱ型立軸軸流ポンプ用天井クレーン容量選定図




注 1） 上図は、主ポンプ吐出し量が 150m³/min 以下のものは一体吊り、150m³/min 超のものは吐出ケーシングを外して吊り上るものとして作成している。
2） 主ポンプ長さ（m）とは、据付床面からベルマウス先端までをいう。
3） 全揚程が 3.2m 以下の場合は、「**5.4.4.1〔参考〕**主ポンプ選定上の注意」を参照の上使用する。

**図-17.14** Ⅱ型立軸斜流ポンプ用天井クレーン容量選定図

**表-17.7** 大容量立軸軸・斜流ポンプ用天井クレーン容量選定表

| 主ポンプ形式 / 吐出し量（m³/min） | 軸流ポンプ（t） | 斜流ポンプ（t） |
|---|---|---|
| 600 超 ～ 740 以下 | 20 | 25 |
| 740 超 ～ 850 以下 | 25 | 32 |
| 850 超 ～ 1,000 以下 | 32 | 35 |
| 1,000 超 ～ 1,150 以下 | 35 | 40 |

### 17.4.4　天井クレーン主要諸元、主要寸法他

⑴　手動式チェンブロック付形天井クレーン

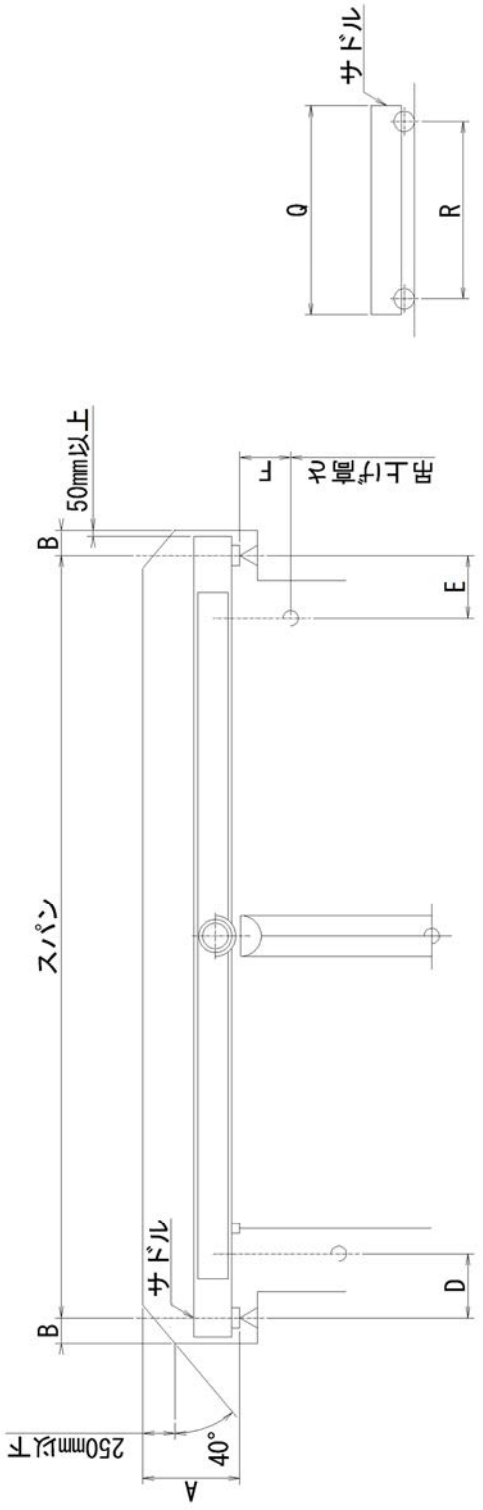



表-17.8　手動式チェンブロック付形天井クレーン主要諸元、主要寸法

| 定格荷重 (t) | スパン (m) | 操作力 (N) | | | 走行レール (kg/m) | 主要寸法 (mm) | | | | | | 最大車輪荷重(kN) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 巻上機 | 横行 | 走行 | | A | B | D | E | F | Q | R | スパン (m) 6 | スパン (m) 10 |
| 1 | 6～10 | 294 | 196 | 147 | 15 | 700 | 200 | 500 | 500 | 400 | 1,650 | 1,400 | 6.9 | 7.8 |
| 2 | 6～10 | 294 | 196 | 147 | 15 | 750 | 200 | 500 | 500 | 400 | 1,650 | 1,400 | 11.8 | 12.7 |
| 3.2 | 6～10 | 294 | 196 | 147 | 15 | 800 | 200 | 500 | 500 | 400 | 1,650 | 1,400 | 16.7 | 18.6 |
| 5 | 6～10 | 343 | 196 | 147 | 15 | 800 | 200 | 650 | 650 | 600 | 1,700 | 1,400 | 26.5 | 29.4 |

注 1）サドルの車輪総数は 4 個とする。
2）この表における主要寸法 *A*～*R*は、それぞれ上図に示す *A*～*R*の箇所の寸法を示す。
3）*F*はレール上端からフックまでの寸法を示す。

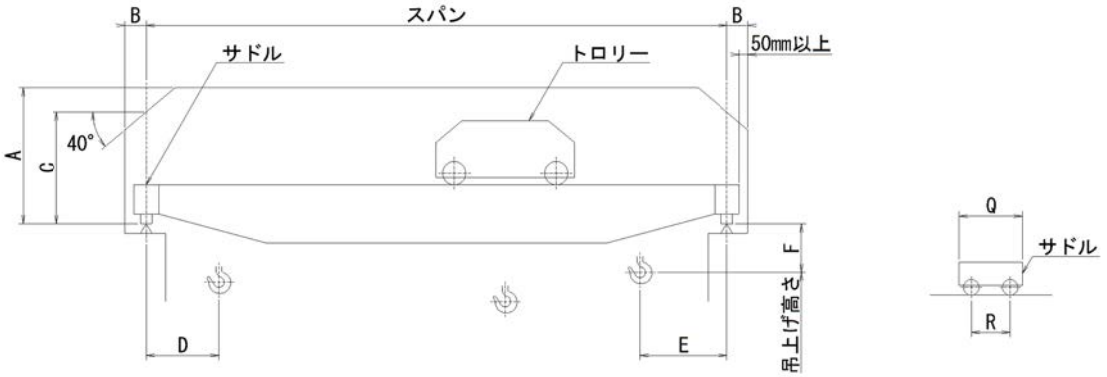



**表-17.9** 手動式トロリ形天井クレーン主要諸元、主要寸法

| 定格荷重 (t) | スパン (m) | 操作力 (N) | | | 走行レール (kg/m) | 主要寸法 (mm) | | | | | | | | 最大車輪荷重(kN) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 巻上機 | 横行 | 走行 | | *A* | *B* | *C* | *D* | *E* | *F* | *Q* | *R* | スパン (m) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 | 10 | 15 | 20 |
| 7.5 | 6～20 | 343 | 196 | 215 | 15 | 1,400 | 220 | 1,150 | 950 | 900 | 300 | 2,550 | 2,000 | 44.1 | 47.0 | 52.9 | 59.8 |
| 10 | 6～20 | 343 | 196 | 264 | 15 | 1,400 | 220 | 1,150 | 950 | 900 | 400 | 2,550 | 2,000 | 56.8 | 66.6 | 66.6 | 73.5 |

注 1) サドルの車輪総数は 4 個とする。
2) この表における主要寸法 *A*～*R* は、それぞれ上図に示す *A*～*R* の箇所の寸法を示す。
3) *F* はレール上端からフックまでの寸法を示す。
4) 手動式天井クレーンの最大車輪荷重は、スパンが 6m、10m、15m 及び 20m のものについて示してあるので、これ以外のスパンのものについては本表に定める値を用いて推定するのがよい。巻上機、横行及び走行については、操作力で規定し、主要寸法については、天井クレーンメーカの平均値に基づいている。また、トロリ上面(クレーン限界)と建築限界との隙間は 100mm 以上とする。
なお、定格荷重が大きくなると、チェンのたぐり長さに対する荷の吊り上げ高さが小さくなるので、作業性等を十分検討して選定するのがよい。

## (3)　電動式ダブルレールホイスト形天井クレーン（低速形）

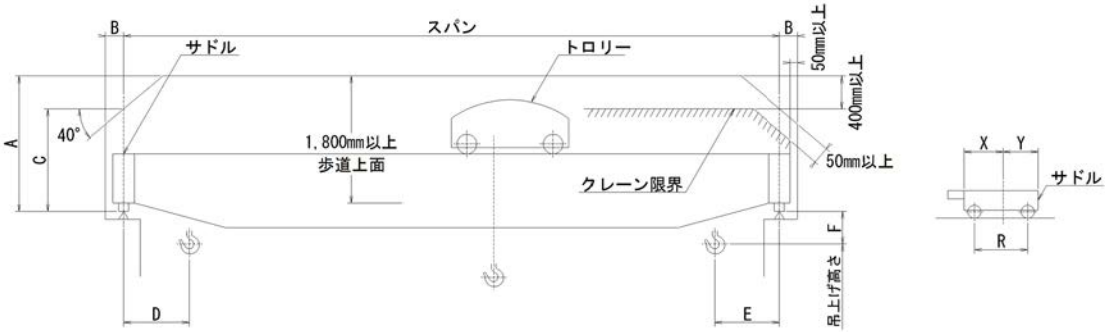



**表-17.10**　電動式(低速形)ダブルレールホイスト形天井クレーン主要諸元、主要寸法

| 定格荷重 / 巻上機 | スパン (m) | 巻上機 | | 横行 | | 走行 | | 走行レール (kg/m) | 主要寸法 (mm) | | | | | | | | | 最大車輪荷重 (kN) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 巻上速度 (m/min) | 電動機出力 (kW) | 速度 (m/min) | 電動機出力 (kW) | 速度 (m/min) | 電動機出力 (kW) | | A | B | C | D | E | F | X | Y | R | スパン (m) 8 | 12 | 16 | 20 |
| 7.5 | 8～20 | 2.3 (2.8) | 4.2 | 8.3 (10) | 0.55 | 20 | 0.75×2 | 22 | 2,050 | 220 | 1,700 | 1,000 | 800 | 0 | 1,920 | 1,500 | 2,400 | 66.6 | 71.5 | 80.4 | 88.2 |
| 10 | 8～20 | 2.5 (3.0) | 6 | 8.3 (10) | 0.55 | 20 | 0.75×2 | 30 | 2,100 | 220 | 1,750 | 1,000 | 800 | 50 | 1,920 | 1,500 | 2,400 | 78.4 | 85.5 | 92.1 | 98.0 |
| 13 | 8～20 | 2.5 (3.0) | 8.5 | 8.3 (10) | 0.75 | 20 | 1.5×2 | 30 | 2,200 | 230 | 1,850 | 1,200 | 1,000 | 250 | 2,600 | 1,600 | 2,800 | 105.8 | 114.7 | 127.4 | 134.3 |
| 15 | 8～20 | 2.5 (3.0) | 8.5 | 8.3 (10) | 0.75 | 20 | 1.5×2 | 30 | 2,200 | 230 | 1,850 | 1,200 | 1,000 | 250 | 2,600 | 1,600 | 2,800 | 110.7 | 119.6 | 132.3 | 139.2 |
| 20 | 8～20 | 2.3 (2.8) | 11.5 | 8.3 (10) | 0.75 | 20 | 1.5×2 | 30 | 2,200 | 230 | 1,850 | 1,300 | 1,000 | 400 | 2,800 | 1,700 | 3,000 | 139.2 | 151.9 | 158.8 | 172.5 |

注 1)　巻上げ速度及び横行速度の( )内数値は、60Hz の場合を示す。
2)　電動機はかご形とし、電動機出力は参考値である。
3)　サドルの車輪総数は 4 個とする。
4)　この表における主要寸法 $A$～$R$は、それぞれ上図に示す $A$～$R$の箇所の寸法を示す。
5)　$F$はレール上端からフックまでの寸法を示す。
6)　定格荷重 13t は JIS に規定されていないが、それに準ずるものとして記載した。
7)　ダブルレールホイスト形天井クレーンの主要寸法及び巻上機、横行、走行用の電動機については、ホイストメーカの平均値に基づいている。なお、最大車輪荷重は電動式トロリ形天井クレーンを参考とし、スパンが 8m、12m、16m 及び 20m のものについて示してあるので、これ以外のスパンのものについては本表に示す値を用いて推定してもよい。

## (4) 電動式トロリ形天井クレーン（低速形）

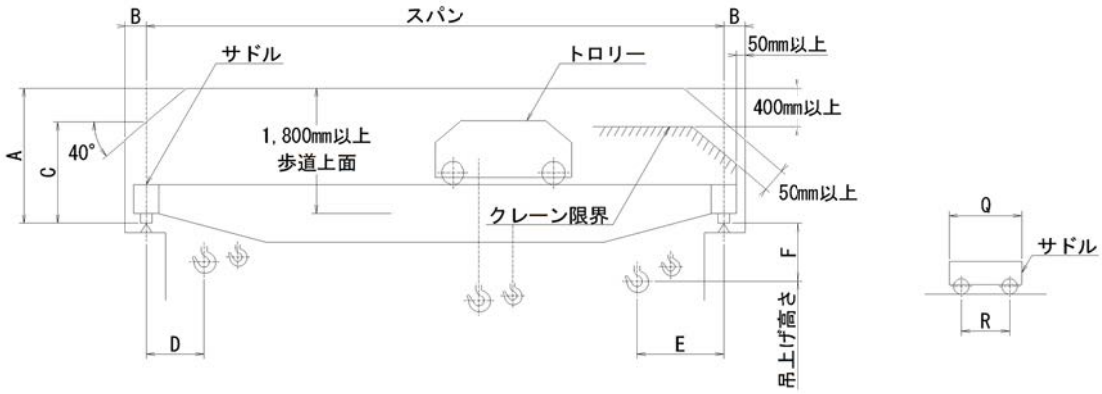


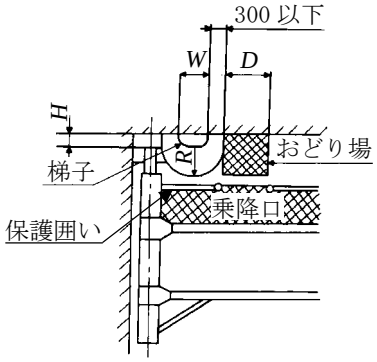

**表-17.11**　電動式(低速形) トロリ形天井クレーン主要諸元、主要寸法

| 定格荷重 主巻上機 (t) | 定格荷重 補巻上機 (t) | スパン (m) | 主巻上機 巻上速度 (m/min) | 主巻上機 電動機出力 (kW) | 補巻上機 巻上速度 (m/min) | 補巻上機 電動機出力 (kW) | 横行 速度 (m/min) | 横行 電動機出力 (kW) | 走行 速度 (m/min) | 走行 電動機出力 (kW) | 走行レール (kg/m) | 主要寸法 (mm) A | B | C | D | E | F | Q | 最大車輪荷重 (kN) R | スパン (m) 8 | 12 | 16 | 20 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 5 | 6.3～25 | 2 | 13 | 12.5 | 13 | 10 | 1.5 | 20 | 1.5×2 | 30 | 2,600 | 320 | 1,900 | 1,300 | 1,600 | 900 | 5,500 | 4,200 | 168.5 | 180.3 | 191.1 | 200.9 | 215.6 |
| 32 | 8 | 6.3～25 | 1.6 | 13 | 10 | 17 | 10 | 1.5 | 20 | 2.2×2 | 30 | 2,700 | 320 | 2,000 | 1,400 | 1,700 | 1,000 | 5,700 | 4,400 | 197.9 | 215.6 | 226.3 | 237.1 | 254.8 |
| 35 | 8 | 6.3～25 | 1.6 | 17 | 10 | 17 | 10 | 1.5 | 20 | 2.2×2 | 30 | 2,800 | 340 | 2,100 | 1,500 | 1,700 | 1,100 | 5,700 | 4,400 | 215.6 | 235.2 | 249.9 | 264.6 | 284.2 |
| 40 | 8 | 6.3～25 | 1.6 | 17 | 10 | 17 | 10 | 1.5 | 20 | 2.2×2 | 30 | 2,900 | 340 | 2,150 | 1,600 | 1,800 | 1,100 | 5,800 | 4,400 | 245.0 | 264.6 | 275.3 | 294.0 | 313.6 |
| 50 | 10 | 8 ～25 | 1.6 | 25 | 8 | 17 | 10 | 1.5 | 20 | 3.7×2 | 37 | 3,300 | 340 | 2,450 | 1,700 | 1,900 | 1,100 | 6,300 | 4,900 | 303.8 | 318.5 | 333.2 | 362.6 | 382.0 |

注 1) 横行、走行用電動機はかご形とし、電動機出力は参考値である。
2) サドルの車輪総数は 4 個とする。
3) この表における主要寸法 $A$～$R$は、それぞれ上図に示す $A$～$R$の箇所の寸法を示す。
4) $F$はレール上端からフックまでの寸法を示す。
5) 電動式トロリ形天井クレーンの定格荷重が 25t 以上(35t 除く)のものの主要諸元及び主要寸法は、JIS B 8801「天井クレーン」に規定されている低速形の値を参考としている。
定格荷重が 35t のスパンごとの最大車輪荷重については規定されていないので、これら以外の定格荷重の値を参考にし、主要寸法についてはメーカの平均値に基づいて示した。
最大車輪荷重は、スパンが 8m、12m、16m、20m 及び 25m のものについて示してあるので、これ以外のスパンのものについては本表に示す値を用いて推定してもよい。
なお、主要寸法欄中の $A$ の値については、据付作業を容易にするため 100mm 程度加算することが望ましい。また、電動式トロリ形の電動機出力で主巻上機用は巻線形、横行・走行用はかご形の参考値である。
6) 図中の $C$ 寸法及び角度 40° は参考値を示す。また、電動式トロリ形天井クレーンの天井端部の傾斜の間隔 50mm 以上は鉄骨トラス屋根における方杖(ほうづえ)の場合に適用する。
なお、建屋の照明はクレーンと干渉しないように注意する。

⑸　天井クレーンの点検用梯子他

ポンプ場建屋におけるクレーン点検用梯子・おどり場は、「クレーン構造規格」に準拠して施工する。一例を**図-17.15** に示す。

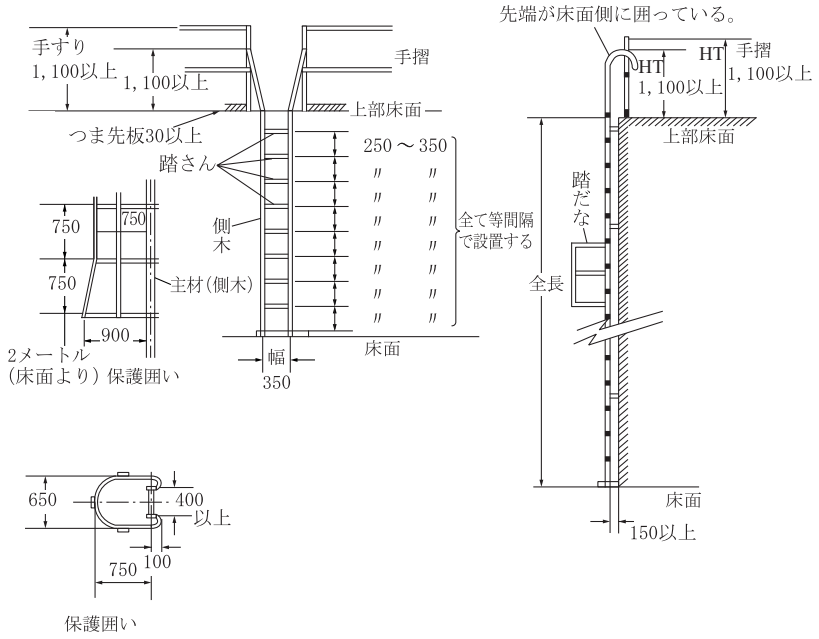



各部参考寸法（単位：mm）
梯　　子　：$W$　＝400
　　$H$　＝150 以上
梯子間隔　：$P$　＝250～350 で等間隔
おどり場　：$D$　＝800×800 以上
手　　摺　：$HT$ ＝1,100 以上
保護囲い　：梯子との間隔 $R$＝750 以上

**図-17.15**　クレーン点検用梯子・おどり場（例）

**〔参　考〕**クレーンに備えられる梯子及びおどり場（上部床面）の寸法諸元

クレーン構造規格に基づいて、梯子の主要寸法（mm）を**図-17.16-参**に一例を示す。




注 1)　全長が 15m を超える場合は 10m 以内ごとに踏だなを設ける。踏だなとは、休み場所のことで、最低次のようになる。
全長 15m の時：床面上 7.5m の所に 1 箇所
全長 20m の時：床面上 10m の所に 1 箇所
全長 30m の時：床面上 10m の所と 20m の所に 2 箇所

2)　梯子及びおどり場（上部床面）の手摺の高さ（HT）は、クレーン構造規格（「クレーン等各構造規格の解説」平成 27 年 12 月改訂 3 版、（一社）日本クレーン協会）では各々 750mm 以上、900mm 以上であるが、安全を考慮し 1,100mm 以上とする。

3)　これらのほか、高さが 2m 以上になる場合は保護囲いを設けると安全である。
（労働基準監督署指導により、保護囲いを必要とする場合があるので注意する。）

**図-17.16-参**　梯子（例）

## 17.5 換気設備

ポンプ場には、各種油、ガス等の燃焼に伴い発生するガス、及び電動機、内燃機関や配電盤等から発生する熱の排除、エンジンの燃焼に必要な空気量、運転管理者の健康衛生上必要な空気の供給等のために、給排気系統補機設備（換気装置）が必要となる。換気装置の容量の検討は次により行う。

なお、建築基準法、労働基準法に規定される場合にはそれによる。

⑴ 換気方式

換気方式は自然換気と機械装置による強制換気に分類できる。

a. 自然換気

小規模の機場で主原動機に電動機を使用する場合は自然換気とすることもある。窓、搬入口シャッター等を開放する場合は騒音に対する注意が必要である。

b. 強制換気

主原動機にディーゼル機関、ガスタービンを使用している場合、また、電動機駆動でも中規模以上の機場では一般に換気ファンによる強制換気とする。強制換気には、⒜強制給排気、⒝強制給気、⒞強制排気があり、それぞれ⒜第 1 種機械換気、⒝第 2 種機械換気、⒞第 3 種機械換気と呼ぶこともある。

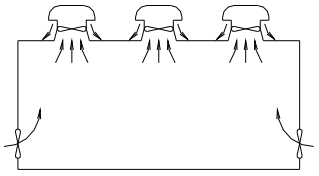
給排気口の取付位置は風の流れが室内で滞留しないで、一様の流れとなるようにするとともに、できるだけ騒音の影響が少ない方向とする。

また、騒音に対しては規制値に適合するよう、室内の騒音が極力外に出ない構造とするとともに、必要に応じサイレンサの取付も検討する。

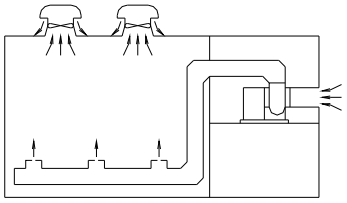
なお、給気口については屋外の塵芥、ほこり、雨水、鳥類等の侵入及び騒音対策も考慮する必要がある（騒音対策については、「**16.3 環境対策**」参照のこと）。

⒜ 強制給排気方式（第 1 種機械換気）

給気・排気と送風機により強制換気を行うものである。**図-17.17** の(a)にその一例を示す。

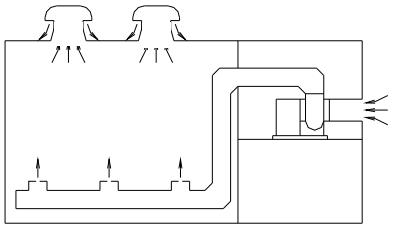


a-1. 地上機場の例

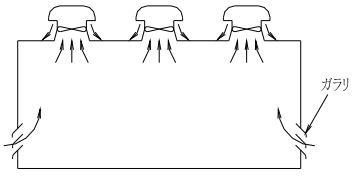


a-2. 地下機場の例

(a) 強制給排気方式（第 1 種機械換気）



(b) 強制給気方式（第 2 種機械換気）




(c) 強制排気方式（第 3 種機械換気）

**図-17.17** 強制換気方式の種類

⑹　強制給気方式（第 2 種機械換気）

給気を換気ファンで行い、排気は自然排気とする方式である。多翼形ファンで給気、排気は天井のベンチレータ等で自然排気するものである。一例を**図-17.17** の(b)に示す。

⑹　強制排気方式（第 3 種機械換気）

排気を天井形又は壁掛形換気ファンで行い、空気の取入れは室内が負圧にならない大きさのガラリ等で自然給気を行う。天井形換気ファンの一例を**図-17.17** の(c)に示す。

ポンプ場における換気は主として室内温度上昇の防止が目的となる。したがって、空気の給気はなるべく床に近い方がよく、また、排気口は天井に近いのが望ましい。換気方式としては壁にガラリ等の給気口を設けることができる場合には、⑹強制排気方式が最も一般的であり、⑹強制給気方式は地下室等ダクトによる換気が必要な場合、大規模ポンプ場でダクトにより均等に給気する場合、また、騒音防止のためサイレンサを設ける場合等に適している。⑹強制給排気方式は大規模ポンプ場で部分的に空気が滞留しないよう、換気効率を上げる場合に適している。

⑵　各機器から発生する熱量

a. 電動機から発生する熱量

電動機から発生する熱量は、**式（17.1）**により算出する。

$$Q_M = \frac{P_M \cdot (1-\eta)}{\eta} \cdot 3,600 \quad \cdots\cdots (17.1)$$

ここに、$Q_M$　：電動機の発生熱量（kJ/h）

$P_M$　：電動機出力（kW）

$\eta$　：電動機効率（**表-17.12** による）

**表-17.12**　電動機効率$\eta$（参考）

| 電動機出力<br>（kW） | 標準電動機<br>効率 | トップランナー<br>電動機効率 |
|---|---|---|
| 7.5～　45 | | 0.89～0.93 |
| 55～　160 | 0.88～0.92 | 0.93～0.95 |
| 160～　375 | 0.92～0.94 | 0.95 |
| 375～1,000 | 0.94～0.95 | |

注）　電動機効率は、出力及び極数により異なるので、詳細は「電気設備計画設計技術指針（高低圧編）」を参照する。

b. ディーゼル機関から発生する熱量

ディーゼル機関から発生する熱量は、**式（17.2）**により算出する。

$$Q_E = P_E \cdot B_E \cdot H_U \cdot f \quad \cdots\cdots (17.2)$$

ここに、$Q_E$　：ディーゼル機関から発生する熱量（kJ/h）

$P_E$　：ディーゼル機関出力（kW）

$B_E$　：燃料消費率（kg/kW･h）

「**10.4　燃料系統補機設備**」の**表-10.11** による。

$H_U$　：燃料の発生熱量　A 重油　42,700kJ/kg

$f$ ： ディーゼル機関の放熱比率
高速ディーゼル機関（1,200min$^{-1}$以上）0.04
低速ディーゼル機関（600～1,000 min$^{-1}$以下）0.02～0.025

なお、空冷ディーゼル機関において、パッケージ型とする場合には、発生する熱量（$Q_E$）の80%が排風により排除されるため、**式（17.2）**により算出された熱量（$Q_E$）の 20%を発生する熱量として考慮するものとする。

c. ガスタービンパッケージから発生する熱量

ガスタービンパッケージから発生する熱量は、**式（17.3）**により算出する。

$$Q_{GT}=\alpha \cdot Q_r \cdots\cdots (17.3)$$

ここに、 $Q_{GT}$ ： ガスタービンパッケージからの放熱量（kJ/h）
$\alpha$ ： パッケージの熱放散係数 0.05
$Q_r$ ： ガスタービン装置総発生熱量（kJ/h）（**図-17.18** 中の $Q_r$ による）

d. 発電機から発生する熱量

発電機から発生する熱量は、**式（17.4）**により算出する。

$$Q_G=\frac{P_G \cdot P_{fG}}{\eta_G}\cdot(1-\eta_G)\cdot 3,600 \cdots\cdots (17.4)$$

ここに、 $Q_G$ ： 発電機から発生する熱量（kJ/h）
$P_G$ ： 発電機出力（kVA）
$\eta_G$ ： 発電機効率（**表-11.12**参照）
$P_{fG}$ ： 発電機力率 0.8

e. 流体継手から発生する熱量

流体継手から発生する熱量は、**式（17.5）**により算出する。

$$Q_R=K \cdot P_S \cdot (1-\eta) \cdots\cdots (17.5)$$

ここに、 $Q_R$ ： 放熱量（kJ/h）
$P_S$ ： 伝達動力（kW）
$\eta$ ： 伝達効率 約 0.96
$K$ ： 係数 540（＝3,600kJ/h･kW×0.15） 0.15：熱放散係数

f. 減速機から発生する熱量

減速機から発生する熱量は、**式（17.6）**により算出する。

$$Q_B=K \cdot P_S \cdot (1-\eta) \cdots\cdots (17.6)$$

ここに、 $Q_B$ ： 放熱量（kJ/h）
$P_S$ ： 伝達動力（kW）
$\eta$ ： 伝達効率（**表-6.24** による）
$K$ ： 係数 水冷の場合、熱放散係数＝0.15 として、
$K$＝540（＝3,600 kJ/h･kW×0.15）
空冷（自然冷却、機付ファン冷却）の場合、熱放散係数＝1.0 とする。

g. 消音器及び排気管から発生する熱量

消音機及び排気管から発生する熱量は、**式（17.7）**、**（17.8）**により算出する。

なお、表面温度が妥当な値であるかどうかを**式（17.8）**及び**（17.10）**で確認する。

円筒部：

$$Q_{P1}=\frac{2\pi\cdot(T_o-T_r)}{\frac{2}{d_1\cdot\alpha}+\frac{1}{\lambda}\cdot\log_e\left(\frac{d_1}{d_0}\right)}\cdot L \quad \cdots\cdots (17.7)$$

$$T_S=\frac{Q_{P1}}{\pi\cdot d_1\cdot L\cdot\alpha}+T_r \quad \cdots\cdots (17.8)$$

平面部（円板部）：

$$Q_{P2}=\frac{T_o-T_r}{\frac{1}{\alpha}+\frac{X}{\lambda}}\cdot\frac{2\pi\cdot d_1^{\,2}}{4} \quad \cdots\cdots (17.9)$$

$$T_S=\frac{Q_{P2}}{\frac{2\pi\cdot d_1^{\,2}}{4}\cdot\alpha}+T_r \quad \cdots\cdots (17.10)$$

ここに、 $Q_{P1}$、$Q_{P2}$ ： 消音器及び排気管保温材外周からの放熱量（kJ/h）
$T_o$ ： 消音器の内部温度（＝排気温度）（℃）（一般に 350～450℃程度）
$T_r$ ： 消音器の周囲温度（＝室内温度）（℃）（一般に 40℃程度）
$T_S$ ： 消音器の表面温度（℃）（一般に 80～90℃程度）
$d_0$ ： 保温材の内径（消音器及び排気管）（m）
$d_1$ ： 保温材の外径（消音器及び排気管）（m）
$X$ ： 保温材の厚さ（消音器及び排気管）（m）（一般に 0.05m 程度）
$\alpha$ ： 表面の熱伝達率、横置無風として 42（kJ/（m²･h･℃））
$\lambda$ ： 保温材の熱伝導率、ロックウール（平均温度 220℃）として 0.288（kJ/（m･h･℃））
$L$ ： 保温材の円筒部の長さ（消音器及び排気管）（m）
$\log_e$ ： 自然対数

h. 配電盤から発生する熱量

配電盤から発生する熱量 $Q_S$ は**表-17.13** を参考とする。

**表-17.13**　配電盤からの発生熱量

| 盤　名　称 | 1 面当たりの発生熱量 $Q_S$（kJ/h） |
|---|---|
| 高圧引込盤 | 1,800 |
| 高圧受電盤 | 1,800 |
| 低圧受電盤 | 1,800 |
| 変圧器盤 | $P\times\cos\theta\times\frac{1-\eta}{\eta}\times 3,600$<br>$P$　：変圧器の容量（kVA）<br>$\cos\theta$：力率1.0とする<br>$\eta$　：効率0.96とする |
| 高圧電動機盤 | 1,800 |
| 低圧電動機盤 | 1,800 |
| コントロールセンタ | 1,800 |
| 補助継電器盤 | 1,080 |

注）　発熱量の大きな配電盤のみを参考に示した。

⑶ ディーゼル機関の燃焼に必要な空気量

ディーゼル機関の燃焼に必要な空気量は、**式（17.11）**により算出する。

$$V_E = K \cdot P_E \quad \cdots\cdots (17.11)$$

ここに、$V_E$ ：ディーゼル機関の必要空気量（$m^3/min$）

$P_E$ ：ディーゼル機関出力（kW）

$K$ ：係数（**表-17.14**による）

**表-17.14** ディーゼル機関出力の係数 $K$

| 内燃機関出力（kW） | $K$ |
|---|---|
| 73 未満 | 0.167 |
| 73 以上～220 未満 | 0.146 |
| 220 以上～367 未満 | 0.134 |
| 367 以上～735 未満 | 0.120 |
| 735 以上 | 0.113 |

⑷ ラジエータファンによる排気量

ラジエータファンによる排気量は、**式（17.12）**により算出する。

$$V_R = (3 \sim 4) \cdot P_E \quad \cdots\cdots (17.12)$$

ここに、$V_R$ ：ラジエータファンによる排気量（$m^3/min$）

$P_E$ ：ディーゼル機関出力（kW）

⑸ 空冷ディーゼル機関における冷却空気量

空冷ディーゼル機関における冷却空気量は、**式（17.13）**により算出する。

$$V_B = (3 \sim 4) \cdot P_E \quad \cdots\cdots (17.13)$$

ここに、$V_B$ ：空冷ディーゼル機関における冷却空気量（$m^3/min$）

$P_E$ ：ディーゼル機関出力（kW）

⑹ ガスタービンに必要な空気量

ガスタービンを用いた場合の換気は、燃焼用空気とオイルクーラ、冷却用空気、及び室温抑制空気について考える必要がある。

ガスタービンの排気方式には、(a)単独排気方式、(b)補集ダクト方式、(c)エゼクタ排気方式があるが、排水機場の場合には最も適用しやすい(a)単独排気方式について、それぞれの必要空気量を次のようにして求める。

$V_1$：ガスタービン燃焼用空気量（$m^3/min$）（**図-17.18**による）

$V_2$：オイルクーラ、及び発電機（発電設備の場合）冷却用空気量（$m^3/min$）（**図-17.18**による）

$V_3$：室温抑制空気量（$m^3/min$）

$$V_3 = \frac{Q_r}{60 \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T} \quad \cdots\cdots (17.14)$$

ここに、$Q_r$ ：ガスタービン装置総放熱量（kJ/h）

$\rho$ ：空気の密度　1.2（30℃）（$kg/m^3$）

$C_p$ ：空気の定圧比熱　1.01（kJ/kg･℃、at 101.3kPa、30℃）

$\Delta T$ ：温度上昇　5～10℃（室内温度と外気温度との差）

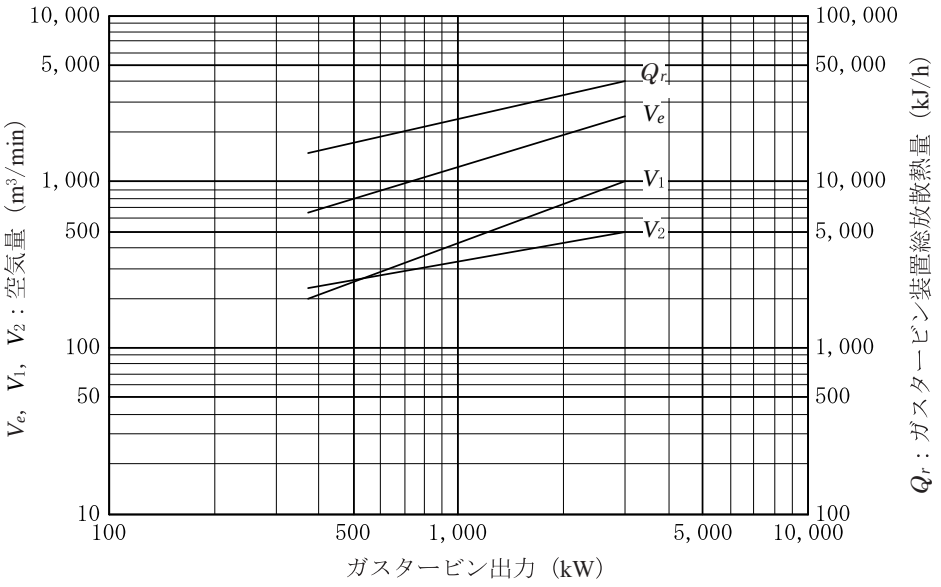
$V_T$：ガスタービンパッケージ内必要空気量（$m^3/min$）

$V_T = V_1 + V_2$

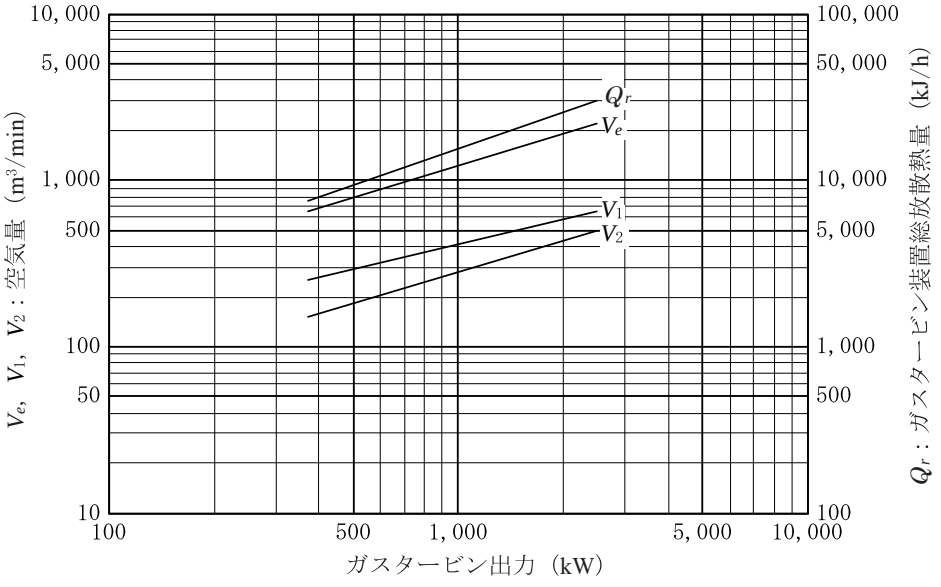
なお、室温抑制空気量（$V_3$）は、ガスタービンパッケージ内必要空気量（$V_T$）として使用されるため、下記のような風量 $V_4$ を定義する。

$V_4$：$V_3-V_T$（$V_4<0$ の場合は、$V_4=0$ とする。また、$V_4>0$ の場合は排気扇に加算する。）

注）　発電機駆動用ガスタービンについても同様に算出する。




(a)　横軸ガスタービン




(b)　立軸ガスタービン

$V_e$ ：ガスタービン排気空気量（m³/min）
$Q_r$ ：ガスタービン装置総放熱量（kJ/h）
$V_1$ ：ガスタービン燃焼用空気量 at 40℃（m³/min）
$V_2$ ：オイルクーラ冷却用空気量 at 40℃（m³/min）

注）　ガスタービンの換気量に関する概略値であり、これらはメーカ及び形式、並びに換気方式等により大きく異なるので、詳細設計を行う場合は確認する。

**図-17.18**　ガスタービンの換気量

⑺ 換気装置の容量

a. 排気扇の容量

室内の温度上昇を防止するために、室内の空気を排出する排気扇の容量決定は、**式（17.15）**、**(17.16)** から算出する。

⒜ ディーゼル機関の場合

$$V_F=\frac{Q_M+Q_E+Q_G+Q_R+Q_B-Q_W+Q_D+Q_S}{60\cdot\rho\cdot C_p\cdot \Delta T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (17.15)$$

⒝ ガスタービンの場合

$$V_F=\frac{Q_M+Q_R+Q_B-Q_W+Q_D+Q_S}{60\cdot\rho\cdot C_p\cdot \Delta T}+V_4 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (17.16)$$

ここに、 $V_F$ ： 排気扇の容量（$m^3$/min）

$Q_M$ ： 電動機の発生熱量（kJ/h）

$Q_E$ ： ディーゼル機関の発生熱量（kJ/h）

$Q_G$ ： 発電機の発生熱量（kJ/h）

$Q_R$ ： 流体継手の発生熱量（kJ/h）

$Q_B$ ： 減速機の発生熱量（kJ/h）

$Q_W$ ： ポンプ室の床、壁面から放熱する熱量（kJ/h）

$Q_D$ ： 消音器及び排気管からの放熱量（kJ/h）

$Q_S$ ： 配電盤からの放熱量（kJ/h）
電気室等に配電盤を設置する場合には、電気室の換気容量計算において考慮のこと

$\rho$ ： 空気の密度　1.2（30℃）（$kg/m^3$）

$C_p$ ： 空気の定圧比熱　1.01（kJ/kg･℃、at 101.3kPa、30℃）

$\Delta T$ ： 温度上昇　5～10℃（外気との差）

$V_4$ ： 室温抑制空気量（$V_3$）からガスタービンパッケージ内必要空気量（$V_T$）を差し引いた値（$m^3$/min）（$V_4<0$ の場合は、$V_4=0$ とする。また、$V_4>0$ の場合は排気扇に加算する。）

排気扇の容量は、ポンプ室内の温度上昇と機械室として要求される適切な換気回数の選定から決定される。

一般には、ポンプ室内の換気回数は8～12 回/h で、平均10 回/h程度で選定する。

**〔参　考〕**

ポンプ室の床、壁面から放熱する熱量（$Q_W$）は、一般に発生熱量の 6～10％である。これは、建屋構造物の形式、使用材料等により異なるため、排気扇の容量の余裕と考え $Q_W$ は省略してもよい。この場合は、室内温度が 6～10％程度低くなる。

b．給気扇の容量

室内温度上昇防止に必要な排気空気量と機関燃焼に必要な空気量を給気するもので、給気扇の容量は、**式**（17.17)、(17.18）により算出する。

⑷　ディーゼル機関の場合

$$V = V_E + V_F + V_R + V_B \cdots\cdots (17.17)$$

ここに、$V$　：給気扇の容量（$m^3/min$）

$V_E$　：ディーゼル機関燃焼に必要な空気量（$m^3/min$）

$V_F$　：排気扇の容量（$m^3/min$）

$V_R$　：ラジエータファンによる排気量（$m^3/min$）

$V_B$　：空冷ディーゼル機関における冷却空気量（$m^3/min$）

⑸　ガスタービンの場合

$$V = V_T + V_F \cdots\cdots (17.18)$$

ここに、$V$　：給気扇の容量（$m^3/min$）

$V_T$　：ガスタービンパッケージ内必要空気量（$m^3/min$）

$V_F$　：排気扇の容量（$m^3/min$）

⑻　換気装置の種類

ポンプ場では天井又は壁面に設置される軸流ファンと、独立した送風機室に設置される多翼ファン（シロッコファン）が一般的に使用される。

a．軸流ファン

軸流ファンは静圧が比較的小さい場合に使用される。騒音公害の問題がないポンプ場では壁掛形換気ファン、天井形換気ファンが強制排気方式として一般に用いられている。給気口及び風路の抵抗により静圧は異なるが、目安として換気ファンを選定する場合は下記の静圧として風量を決定してもよい。ただし、消音器等の抵抗損失がある場合には、これを考慮する必要がある。

壁掛形換気ファン　　静圧　60Pa

天井形換気ファン　　静圧　50Pa

壁掛形、天井形換気ファンの主要諸元、寸法をそれぞれ**表**-17.15、**表**-17.16 に示す。

**表**-17.15　壁掛形換気ファン（例）の主要諸元・寸法

| 電動機出力 (kW) | 50Hz 風量 ($m^3$/min) | 50Hz 騒音 dB（A） | 60Hz 風量 ($m^3$/min) | 60Hz 騒音 dB（A） | 主要寸法（mm） *A* | *B* | *H* | 質量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.25 | 60 | 54 | 75 | 58 | 570 | 494 | 350 | 23 |
| 0.4 | 85 | 49 | 100 | 53 | 660 | 563 | 365 | 25 |
| 0.75 | 130 | 51 | 165 | 56 | 760 | 664 | 380 | 33 |
| 1.5 | 300 | 62 | 300 | 64 | 955 | 825 | 450 | 78 |
| 2.2 | 400 | 69 | 400 | 73 | 1110 | 980 | 440 | 86 |
| 2.2 | 540 | 67 | 550 | 71 | 1262 | 1132 | 560 | 118 |

注1）　風量は、標準的な屋外フード、防火ダンパー、シャッター、防鳥金網設備を設置した場合の抵抗損失（静圧 60Pa）における値である。

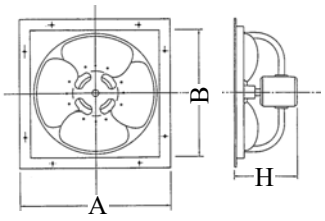
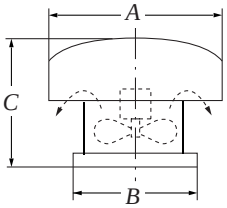


**表-17.16** 天井形換気ファン（例）の主要諸元・寸法

| 電動機出力 (kW) | 50Hz | | 60Hz | | 主要寸法（mm） | | | 質量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 風量 ($m^3$/min) | 騒音 dB（A） | 風量 ($m^3$/min) | 騒音 dB（A） | *A* | *B* | *C* | |
| 0.25 | 50 | 58 | 53 | 61 | 850 | 640 | 825 | 57 |
| 0.4 | 90 | 62 | 98 | 63 | 950 | 720 | 880 | 66 |
| 0.75 | 170 | 67 | 180 | 69 | 1200 | 820 | 1005 | 100 |
| 1.5 | 300 | 73 | 305 | 75 | 1500 | 1020 | 1110 | 168 |
| 2.2 | 400 | 77 | 410 | 80 | 1670 | 1180 | 1235 | 225 |
| 2.2 | 510 | 74 | 530 | 77 | 1950 | 1370 | 1375 | 280 |




注1） 風量は、静圧 50Pa における値である。

b. 多翼形ファン

大規模ポンプ場では、強制給気が多く用いられ、騒音防止を目的とした消音装置付では抵抗損失が大きくなるため、多翼形ファンが一般に使用される。

強制換気を行う場合には、ダクトを用いることもあるが、その場合は、吹出口までの経路の空気抵抗を算出し、換気ファンの静圧を決める。目安として選定する場合には、下記の静圧で風量を概定してもよい。

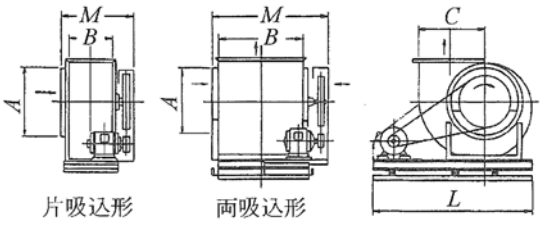
消音装置なしの場合　　静圧　147Pa
消音装置付の場合　　静圧　294Pa
ダクトが長く空気抵抗が大きい場合　　静圧　588Pa

多翼形ファンの主要諸元、寸法を**表-17.17** に示す。

**表-17.17** 多翼形ファン（例）の主要諸元・寸法

| 呼び番号 | 各静圧における風量と出力 | | | | | | 主要寸法 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 147Pa | | 294Pa | | 588Pa | | *A* | *B* | *C* | *L* | *M* |
| | $m^3$/min | kW | $m^3$/min | kW | $M^3$/min | kW | | | | | |
| 2 | 30/60 | 0.4/0.75 | 45/90 | 0.75/1.5 | 65/130 | 2.2/3.7 | 350 | 272/544 | 355/340 | 1,040/1,180 | 500/670 |
| 2 1/2 | 45/90 | 0.75/1.5 | 70/140 | 1.5/3.7 | 95/190 | 3.7/7.5 | 440 | 355/670 | 450/413 | 1,200/1,500 | 570/910 |
| 3 | 65/130 | 0.75/1.5 | 100/200 | 2.2/3.7 | 135/270 | 5.5/11 | 510 | 396/796 | 520/450 | 1,420/1,740 | 673/1,090 |
| 3 1/2 | 90/180 | 1.5/2.2 | 130/260 | 3.7/5.5 | 185/370 | 5.5/11 | 600 | 455/910 | 560/480 | 1,430/1,920 | 742/1,200 |
| 4 | 120/240 | 1.5/3.7 | 170/340 | 3.7/7.5 | 240/480 | 7.5/15 | 670 | 512/1,024 | 710/660 | 1,570/2,050 | 821/1,340 |
| 4 1/2 | 160/320 | 1.5/3.7 | 220/440 | 3.7/7.5 | 300/600 | 7.5/15 | 800 | 572/1,144 | 745/745 | 1,770/2,270 | 901/1,470 |
| 5 | 190/380 | 2.2/3.7 | 270/540 | 5.5/11 | 370/740 | 11/22 | 880 | 630/1,260 | 900/825 | 1,880/2,540 | 995/1,630 |
| 5 1/2 | 230/460 | 2.2/5.5 | 335/670 | 7.5/11 | 450/900 | 15/30 | 1,000 | 688/1,376 | 925/925 | 2,060/2,730 | 1,124/1,810 |
| 6 | 270/540 | 3.7/7.5 | 400/800 | 7.5/15 | 540/1,080 | 15/30 | 1,080 | 750/1,500 | 1,030/1,030 | 2,290/2,810 | 1,199/1,950 |
| 7 | 370/740 | 3.7/7.5 | 540/1,080 | 11/18.5 | 750/1,500 | 18.5/37 | 1,200 | 875/1,750 | 1,150/1,150 | 2,530/3,160 | 1,332/2,300 |
| 8 | 480/960 | 5.5/11 | 700/1,400 | 11/22 | 960/1,920 | 30/55 | 1,360 | 1,000/2,000 | 1,290/1,290 | 2,700/3,530 | 1,495/2,520 |
| 9 | 620/1,240 | 5.5/11 | 900/1,800 | 15/30 | 1,220/2,440 | 37/75 | 1,540 | 1,125/2,250 | 1,450/1,450 | 2,900/3,980 | 1,647/2,830 |
| 10 | 770/1,540 | 7.5/15 | 1,100/2,200 | 22/45 | 1,500/3,000 | 45/90 | 1,700 | 1,250/2,500 | 1,650/1,650 | 3,050/4,270 | 1,825/3,090 |

注 1） 上段数値は片吸込形、下段数値は両吸込形の値である。
2） 寸法は、JIS B 8331 の値を示す（メーカによって多少異なる）。



なお、ポンプ室内にダクトを設ける場合には、そのスペース、経路等を十分検討し、機器の設置、配管等に支障がないようにする必要がある。

ダクト及び外気取入口等の風速は**表-17.18** を目安とする。

**表-17.18**　ダクト・外気取入口等の風速

| 位　　置 | 風速（m/s） | 備　　考 |
|---|---|---|
| 外気取入口 | 2.5～　6 | 有効開口通路風速 |
| ファン吐出し口 | 8　～ 12 | 同　上 |
| 吹出し口 | 5　～　8 | 同　上 |
| 主ダクト | 6　～ 10 | |
| 分岐ダクト | 3　～　5 | |
| フィルタ | 2　～　2.5 | |

⑼　換気装置の設置の留意事項

換気装置は、台風時の風雨による雨水が浸入しない対策が必要である。特に、強制換気の場合は次の留意が必要である。

①　天井に設置する場合は、屋内に設置する機器等の平面的位置を避けて設置する。

②　壁に給気装置を設置する場合は、屋内機器の設置位置を避けるとともに、雨水浸入を防止するために屋外フードを長くする等の対策を講じる。

③　壁に取り付ける排気装置は、停止時にシャッター等が自動的に閉となる装置を取り付ける等の対策を講じる。

④　電気室に設置する換気設備は、排気装置を電気室外壁に取り付け、給気装置を電気室内壁側に取り付けると雨水の浸入防止が図れる。

⑤　排気装置の設置については、外気の逆風に晒されない位置、又は晒されないような対策を講じる。

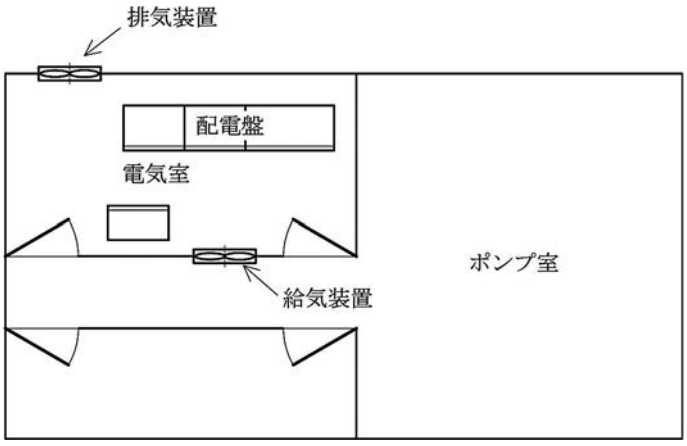



**図-17.19**　換気設備設置図（例）

## 17.6 屋内排水設備

ポンプ室内等屋内のドレン水が自然排水できない場合は、屋内排水設備を設け、機械排水を行う必要がある。

なお、ドレン水の機械排水が必要な場所は、ポンプ室の外に用水ポンプ設備の場合は、流量計室やバルブ室等のドライエリアもある。

本設備の計画に当たっての基本事項は、次のとおりである。

① 機械排水は屋内排水ポンプによるものとし、その能力（1 台当たりの吐出し量）は排水ピット内の有効容量（$V_a$）を 10～20 分間で排水可能なものとする。したがって、屋内排水ポンプの 1 台当りの計画吐出し量（$Q$）は、$V_a$/（10～20 分）$m^3$/min となる。

なお、計画吐出し量は、予想される最大流入量以上とする。

② 屋内排水ポンプの全揚程（$H$）は、大気開放位置の最高位置[注)]（$H_2$）と排水ピットの最低水位（$H_1$）の差を実揚程 $H_a$（$=H_2-H_1$）とし、この値に、計画吐出し量を排水するのに必要な配管損失及び放流損失（$H_\ell$）を加えた値とする。$H=H_a+H_\ell$

注）大気開放口までサイホン形成ができる場合は、その位置が最高位置となる。
サイホン形成ができない。
例えば、最高位置相当なところに空気抜弁を設けなければ、排水が円滑にできないと判断された場合は、その空気抜弁を設けた位置が最高位置となる（**図-17.20** 参照）。

③ 屋内排水ポンプの形式は、水中ポンプを採用するものが一般的である。

④ 水中ポンプの口径は、40mm 以上を選定するものとし、設置台数は 2 台（うち、1 台予備）を標準とする。

⑤ ポンプの始動･停止は、排水ピット内にフロート式又は、電極式等の水位検知器を設置して、それによる自動運転とし、流入水量の増加に応じ先発機と後発機の同時運転が可能なものとする。

なお、流入水量の設定に当たっては、将来の発生源を含め慎重に検討する必要がある。

⑥ 複数ポンプの運転時間の均等化を図るため、自動交互運転方式とする。

⑦ 屋内排水ポンプの操作盤は、独立した固有の盤とすることが多い。

⑧ 屋内排水ポンプの吐出し配管には、逆流防止や保守管理等のための適切な弁類を設けるものとする（**図-17.20** 参照）。

⑨ 屋内排水ポンプの吐出し配管の末端は、必ず大気開放となるようにし、室内に水の逆流の懸念がないようにする必要がある（**図-17.20** 参照）。

⑩ 屋内排水ポンプ用電源は、商用電源を標準とし、商用及び自家発電のいずれからでも供給できるようにする。

⑪ 排水ピットは、屋内最低レベルの適切な位置とする。

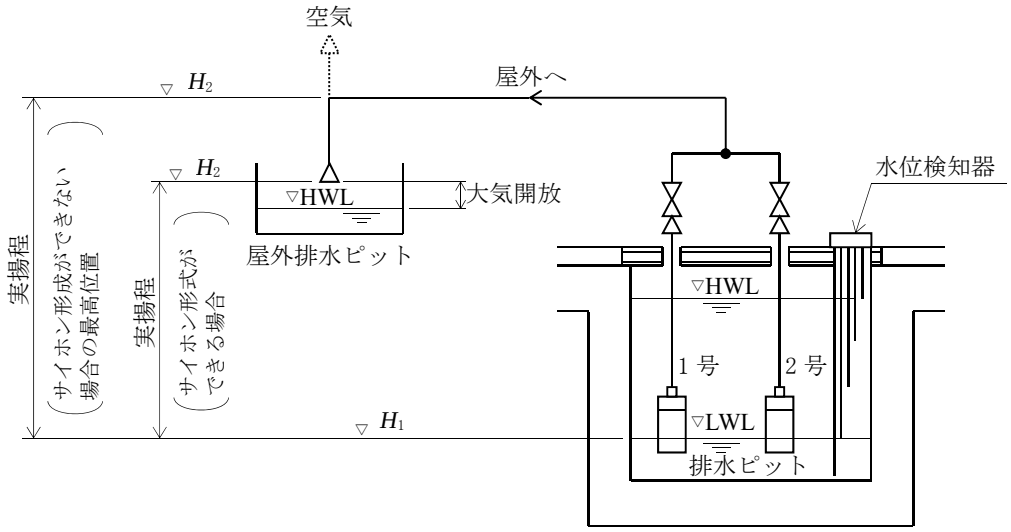



**図-17.20**　屋内排水ポンプ配置（例）

# 第 18 章　管理設備の設計

関連条項〔基準 13、運用 13〕

## 18.1　管理設備

管理所、管理用道路、保安設備等の管理設備は、ポンプ場の規模、運転方式、管理方式、地形及び環境等の立地条件等を考慮して、常時はもちろん、洪水時においてもポンプ場の運転管理及び保守管理の業務が、円滑かつ安全に遂行できるよう、また第三者の安全を確保するために関連法規に従い総合的に整備する必要がある。

⑴　管理所

管理所は、用水及び排水系全体の水管理、又はポンプ場の運転管理の中枢として機能しなければならない重要な役割を担っている。その設置形式としては、水管理システムに応じて用排水系全体の水管理を支配する中央管理所と、それぞれのポンプ場の運転管理を支配する現場管理所とがあり、また設置方式も機場とは別に管理事務所として建設される場合と、機場の建屋の中の管理室等として設けられる場合がある（「**第 16 章　建屋の設計**」を参照）。

管理所の規模、配置、構造、諸設備については、次の点に留意して整備する必要がある。

①　管理所の建屋と敷地面積は、ポンプ設備の規模等に応じてその運転管理に必要なスペースを確保し、その配置は維持管理業務が機能的に遂行できるよう検討する。

②　運転管理業務を遂行するための操作室、事務室等の各室の規模は、設置する機器の操作性及びサービスエリア等を十分検討して決定する。

③　建屋の構造は管理業務の機能を確保するとともに、防犯及び防災対策について十分配慮する。

④　給水設備、空調設備、照明設備、汚水処理設備等の諸設備は、管理職員の環境維持、各種機器の機能維持等の面から十分配慮する。

⑵　管理用道路

ポンプ場の保守管理のため既設の道路からポンプ場までの連絡道路が必要な場合は、管理用道路を設ける。管理用道路の幅員及び構造は、ポンプ場へ搬入する機器等の大きさや質量による交通車両の種類、保守管理のための交通車両等を検討して決定する。

なお、低平地、河川沿い、海岸沿い等のポンプ場で、水害により連絡道路や通路等が冠水するおそれのある場合には、路面の高さ等について対策を検討するとともに、非常時の連絡方法も考慮しておく必要がある。

⑶　ポンプ場の構内設備

ポンプ場の構内の敷地面積は、ポンプ場諸設備の規模と配置、各種機器及び資材の搬入、ごみの集積・処理・搬出・非常時の防災用資材の搬入等について検討し、ポンプ場の管理に必要なスペースを確保する。

また、構内の主要な通路及び作業場等については、その利用状況に応じて舗装するとともに、構内排水溝や囲障等の整備を行うものとする。なお、構内整備に当たっては、ポンプ場周辺の環境保全及び管理職員等の環境維持、各種機器の機能維持についても十分配慮する必要がある。

⑷　保安設備等

設備の運転や維持管理における安全確保ため、設計段階における配慮項目の例を示す。

①　運転操作員や維持管理作業者への安全対策

1）機械による事故防止

回転部や高温部の安全カバーや色彩による警告等により管理作業の安全を図る。

2）電気による事故防止

監視操作制御設備及び電源設備の充電部分で、操作員、点検員が維持管理作業中に接触又は接近することにより感電の危険を生ずるおそれのあるものは、感電を防止するために、視覚による警告を含めた注意喚起や接触を回避するための囲い又は絶縁覆いを設ける。

3）墜落事故の防止

防護柵や点検台、開口部の蓋、安全帯を確実に取り付けるための設備を設ける。

4）作業環境

夜間作業を前提とした照明設備、段差や突起物の解消又は防護カバー、注意喚起の表示を設ける。

5）操作員や点検員への配慮

ⅰ） 水辺周辺、吐出し水槽、ポンプ室等の開口部への墜落防止のために、その深さ又は高さが 2m 以上あるものは、転落防止の為に設ける手すりまたは囲いは高さ 110cm 以上とする。

ⅱ） 高さ 2m 以上の箇所で維持管理作業等を行う場合、作業床を設けるほか上記に準じ手すり等を設ける。

ⅲ） 高さ 2m 以上の箇所で機器の操作・維持管理作業を行う場合、点検員に安全帯を使用させるため、安全帯を確実に取り付けるための設備を設ける。

ⅳ） ポンプ室には、操作員や点検員が使用するために安全な通路を設ける。

ⅴ） 通路には、正常な通行を妨げない程度に採光又は照明器具を設ける。

ⅵ） 通路面は、つまずき、すべり、踏み抜き等危険のない状態とする。

ⅶ） 通路面から高さ 1.8m 以内に障害物となる機器や小配管等は設置しない。

ⅷ） 機器間又はこれと他の設備との間に設ける通路は、幅 80cm 以上とする。

ⅸ） はしごは次の事項を遵守する。

・丈夫な構造とする。
・踏みさんを等間隔に設置する。
・踏みさんと壁との間は、適切な間隔を保つ
・はしごの転倒防止措置を講ずる。
・はしごの上端は、安全を考慮してその床面より 110cm 以上とする。

② 第三者への安全対策

1）転落防止

機場周辺の水路等への転落防止のための防護柵を設ける。

2）進入防止

関係者以外の者が誤って機場敷地内に侵入しないよう、必要に応じてフェンスを設けるとともに、立入禁止の表示を行う。

3）監視設備等

運転時に機場内外の安全を確認するための安全管理施設（監視設備、警報装置）の設置を考慮する。

③ 維持管理に対する配慮

1）原動機、動力伝達装置、軸継手等の回転部分で操作員や点検員に危険を及ぼす恐れのある部

分には安全カバーを取付け、色彩による警告等により管理作業の安全を図る

2）監視操作制御設備、電源設備等の充電部分で、点検員が維持管理作業中に接触又は接近することにより感電の危険を生ずるおそれのあるものは、感電を防止するための囲い又は絶縁覆いを設ける。

3）天井クレーンを使用し維持管理作業を行う時、点検員が安全に作業を行えるように次の事項を遵守する。

ⅰ） 不良ワイヤ、フック等を使用しないこと。

ⅱ） 斜めつり又は横つりを行わないこと。

ⅲ） 荷をつったままで、運転者が運転位置より離脱しないこと。

④ 火災防止

燃料系統、潤滑油系統、圧油源装置等危険物及び変圧器等の電源設備、監視操作制御設備に対して、それらに適応でき、必要な能力をもつ消火器を設置する。

⑤ PL 法

ポンプ場における各種施設、設備は、PL 法（製造物責任法）の対象となる。PL 法でいう欠陥とは、設計欠陥、構造欠陥、表示欠陥の三つで構成され、設計欠陥及び製造欠陥についてはそれぞれ品質管理及び施工管理を通じて対応する。

ポンプ場の各機器の危険部分には安全装置を設けるものとし、それが困難な場合は警告表示を行って安全確保を図る。

## 18.2 管理運転設備

ポンプ場は公共設備としての機能を確実に確保する必要があるので、確実な運転確保のため必要に応じて運転管理設備を設けるものとする。

⑴ 洪水時排水ポンプ

① 排水ポンプ場においては、長期休止による機能劣化が生じやすいため保守管理に配慮し、定期運転としての管理運転が行われる設備とするとともに、管理運転の可能な水位を確保する必要がある。

② 管理運転は、特に洪水時用排水ポンプ場における点検の一手法として実施する運転であり、実負荷運転又は、それに近い状態での総合的な運転を行って、確実な運転確保を第一義的に実施し、併せて機器及び操作制御設備の内部防錆、防塵、なじみ等の機能保持や運転操作員の習熟度を高めるために行う運転である。

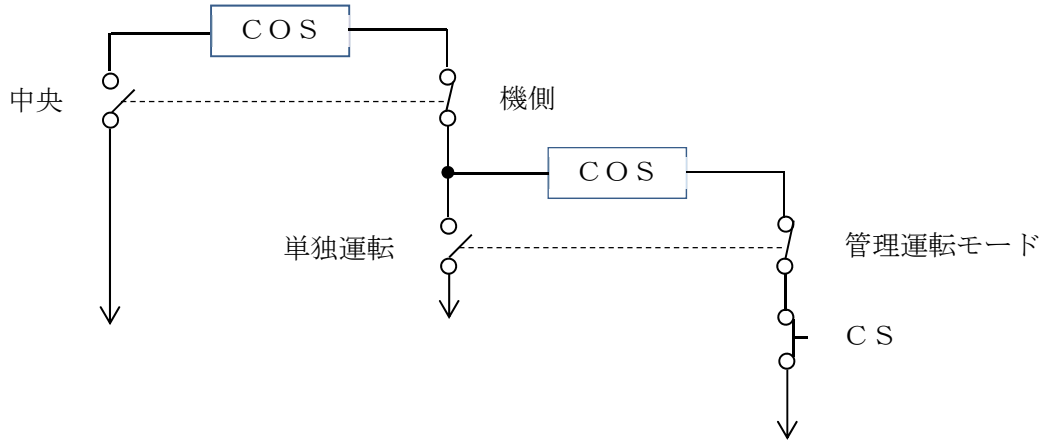
③ 管理運転は、定格排水量に近い全負荷状態での総合運転（全水量運転方式）ができることが望ましい。そのために必要な水を吸込水槽へ取り入れるための方法には、ポンプ場の形式あるいはポンプ場の立地条件により、**表-18.1** の区分（Ⅰ）に示すような方式があるので、最良の方法を選んでポンプ場設備の構造を決定する。

なお、管理運転は 30 分程度連続に行える設備及び土木構造とする。

④ 立地条件等の制約により、設備及び土木構造を実負荷運転に対応させることが不可能な場合に限り、主ポンプの吐出し管からバイパス管をとり、主ポンプの締切に近い状態で吸込管との間で循環逆転する方式（**表-18.1** の区分（Ⅱ））や、これらの方式の採用が困難な場合の次善の策として、主原動機（内燃機関）の駆動側と主ポンプの被駆動側との間にクラッチ（油圧クラッチ又は遠心クラッチ等）を設け、主原動機単独の無負荷運転する方式（**表-18.1** の区分（Ⅲ）

⑵）等考慮する。

⑤　管理運転の操作については、実排水運転時と異なり、管理運転の条件を設定する作業（ゲート、吐出し弁の開閉の設定、管理運転水位の設定等）が必要となる方式がある。単独運転でこれを行おうとする場合、操作が煩雑となり、誤操作を誘引することもあるので、安全で容易に管理運転の操作を行うために、**図-18.1** に示すような管理運転に切替えて操作ができるように管理運転モードを設けることもある。




中央：機場の電気室から遠隔操作する場所

機側：機器の側で操作する場所

COS：切り替えスイッチ

CS　：機器の運転・停止を行うスイッチ

**図-18.1**　管理運転操作方式の例（管理運転モードの場合）

**表-18.1** 管理運転方式の概要（1/2）

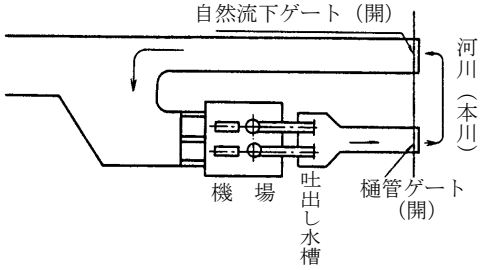
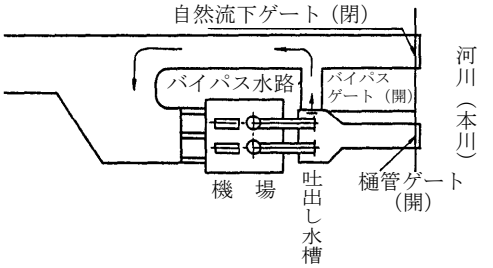
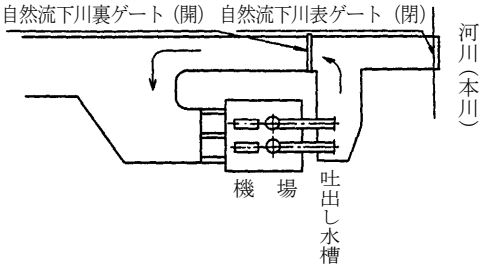
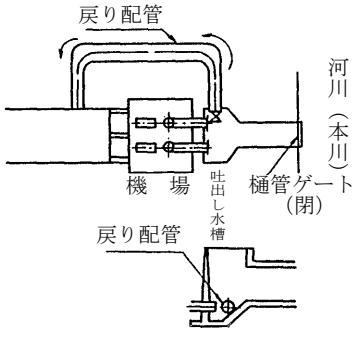
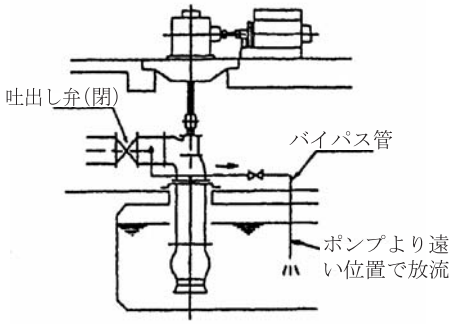
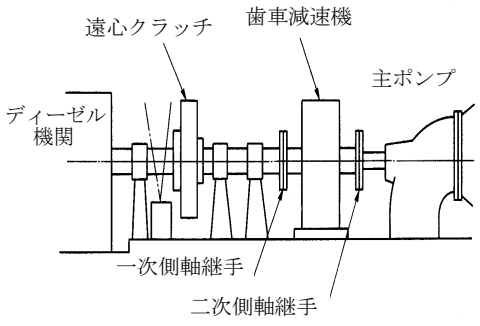
| 区分 | 管理運転方式 | 特　　徴 | 図 |
|---|---|---|---|
| （Ⅰ）全水量運転方式 | ⑴ 本川利用循環方式 | ⑴ 本川を利用した循環方式である。<br>⑵ 本川の下流に位置した排水機場等、本川の水位が常時比較的高い場合に適する。<br>⑶ 概略な適用範囲は、大容量ポンプ場（約 50m³/s） |  |
| | ⑵ バイパス水路循環方式 | ⑴ 吐出し水槽と自然排水路間に、バイパス水路とバイパスゲートを設けて循環する方式である。<br>⑵ 本川の水位は低くても、自然流下ゲートを閉めることにより水路内に水を溜めて運転することができる。<br>⑶ 自然流下を一時的にせき止めることになるので、その時流入水路の水位は上昇することになる。<br>⑷ 概略な適応範囲は、小～大容量ポンプ場。 |  |
| | ⑶ 自然流下ゲート利用循環方式 | ⑴ 吐出し樋管と自然排水路が兼用の場合、吐出し水槽の水を吸込水槽に戻し循環する方式である。<br>⑵ 本川の水位が低くても、自然流下水路がポンプ場に近く、自然流下ゲートを閉めることにより、水路内に水を溜めて運転することができる。<br>⑶ 自然流下を一時的にせき止めることになるので、その時流入水路の水位は上昇することになる。<br>⑷ 概略な適応範囲は、小～大容量ポンプ場。 |  |
| | ⑷ 戻り配管循環方式 | ⑴ 吐出し水槽の水を配管により吸込水槽に戻し、循環運転する方式である。<br>⑵ 水量が確保されるなら、自然流下ゲートを閉鎖する必要がない（本川ゲートのみ閉鎖）<br>⑶ 吐出し水槽は、水位を安定させる意味からできるだけ大きいことが望ましく、また戻り配管は吐出し水槽がオーバーフローしない管径に決定する必要がある。<br>⑷ 概略な適応範囲は、小～中・大容量ポンプ場。 |  |

**表-18.1**　管理運転方式の概要（2/2）

| 区分 | 管理運転方式 | 特　　徴 | 図 |
|---|---|---|---|
| (Ⅱ) 小水量運転方式 | ⑴　バイパス管循環方式 | ⑴　主ポンプ吐出し口と吐出し弁の間から、バイパス管を取りだし、吐出し弁を全閉にして、吐出し水を吸込水槽に戻して循環させる方式である。<br>⑵　吐出し水槽、自然流下水路に関係なく運転可能。<br>⑶　小水量運転（数%）となるため、実際の運転条件とは異なる。<br>⑷　主ポンプによっては過酷な運転条件となり、運転時間が制限されるので、許容運転時間を確認する必要がある。<br>⑸　循環するため、水温が上昇することがある。<br>⑹　概略な適応範囲は、小～中・大容量ポンプ場。 |  |
| (Ⅲ) その他 | ⑴　締切運転方式 | ⑴　吐出し弁を全閉にしての運転である。<br>⑵　主ポンプにとっては好ましくない状態での運転であり、本運転がポンプ特性上許容されるものなのかと共に許容運転時間の確認が必要である。 | |
| | ⑵　原動機単独運転方式 | ⑴　他の方式と併用して、主原動機単独のチェックを行いたい場合に用いる方法である。<br>ただし、被駆動側（主ポンプ）と主原動機の軸を切り離す必要があるため、クラッチが必要となる。<br>⑵　吸込水槽に水のない場合でも、原動機のチェックができる。<br>⑶　主ポンプは運転しないので揚水は関係なく、吸込み側の水量には全く左右されない。<br>ただし、冷却水は必要（水冷方式の場合）<br>⑷　主原動機関連以外の機器の運転はできないので、それらの機器の動作は確認できない。<br>⑸　ディーゼル機関の場合、無負荷運転では燃焼室内等にカーボンが堆積、機関損傷の原因となるおそれもあるため、運転時間は必要最小限とする。 |  <br>遠心クラッチの例 |
| | ⑶　対象機器単独運転方式 | ⑴　以上すべての方式が、採用できない場合には、系統機器類個々の単独運転を実施し、系統機器類の機能確認を行う。 | |

⑵　用水ポンプ場及び常時排水ポンプ場

用水ポンプ場及び常時排水ポンプ場の場合は、稼動期間中、実揚水運転開始時に管理運転を兼ねることができる。

ただし、休止期間の長い間は、ポンプ設備の機能維持を図るために、洪水時排水ポンプ場と同等の対応が必要である。

# 第 19 章　ポンプ場施工上の留意事項

## 19.1　施工計画及び施工管理

### 19.1.1　施工計画

施工計画は、ポンプ場の構成、規模に応じて土木工事、建築工事、施設機械工事等の各工事の工程調整を十分検討するとともに、工事現場の施工条件等を考慮した工事の施工計画を立案し、安全でかつ経済的なものとする必要がある。

施工計画の順序を大別すると次のようになる。

①　設計段階で検討する計画
②　施工を開始する前に必要な総合計画（着工時の業務）
③　施工中に必要な計画（施工中の業務）
④　施工完了後に必要な計画（施工完了後の業務）

施工計画を立案するときの内容は、土木工事共通仕様書、施設機械等工事共通仕様書及び関連する仕様書に明示されているが、設計段階で特に留意すべき事項は、

①　仮設備計画
②　工程計画
③　主要機械計画

である。

工事受注後に受注者が立案する施工計画の内容は、施工中の現場条件等を考慮したものとなる。このため、関連する仕様書及び設計段階の施工計画との整合性について、十分検討を行った上で工事を進めることが肝要である。

⑴　仮設備計画

仮設備計画は、施工計画に従って本工事が所定の工期内で所定の出来形、及び品質を確保し、安全に施工できるよう、仮締切りや水替等について現場の施工条件を十分検討して、実施する必要がある。

また、指定仮設がある場合は、規模、範囲、仕様、工法を明確にする。

a. 工事用地

構造物建設に必要な用地はもちろんのこと、建設資材の仮置場、建設発生土の受入地及び仮置場、ポンプ機器の仮置き、又は組立て用の敷地、資材運搬道路用地等、仮設備工事に必要な用地は、あらかじめ十分な調査のうえ確保しておく必要がある。特にポンプ機器の仮置き、組立て用地は建設工事の途中から必要となる用地であり、土木建築工事と競合する場合があるので、十分検討し遺漏のないようにする。

b. 工事資材及び機器運搬

ポンプ場工事に必要な運搬資機材としては、建設機械、鉄鋼材、コンクリート用資材等の一般的な工事資材のほかにポンプ機器等の搬入がある。

これらの資機材の運搬は、トラック、トレーラによる道路運搬が一般的であるが、道路運搬が不経済又は不可能な場合はケーブル、舟運等の設備を検討する必要がある。道路を考える場合は、運搬する資材の大きさや質量によって既設道路の利用、改良、補修、又は新設をする必要があるが、この他に一般交通への影響、特に騒音、振動等の公害に対する措置も考慮する。

c. 輸送計画

輸送計画は、関連法規を遵守し輸送経路を計画する。輸送経路の計画に当っては、次の事項を検討する。

1）橋梁の通過可能重量

2）高さ制限

3）輸送時期による交通制限、道路工事や期間通行止

輸送計画の作成に当たっては、次の関係法令に注意して諸手続きの不備がないようにする。

**表-19.1**　車輌及び積載物に関する基準

| | 車両制限令<br>【道路】 | 道路交通法<br>【警察】 | 道路運送車輌の保安基準<br>【車輌】 |
|---|---|---|---|
| 長さ | 貨物積載状態で 12m | ①自動車の長さの 10%を越えたはみ出しを禁止<br>②他の車両を牽引する場合の全長 25m | ①自動車の全長（車長）12m<br>②連結車の特例<br>セミトレーラ連結車は、連結装置中心から車輌後端までの距離が 12m<br>トラクタは、車長が 12m |
| 幅 | 貨物積載状態で 2.5m | 貨物の幅は車輌の幅を超えないこと。 | 貨物に関係なく 2.5m |
| 高さ | 貨物積載状態で 3.8m<br>（高さ指定道路は 4.1m） | 貨物積載状態で 3.8m<br>（高さ指定道路は 4.1m） | 車輌の高さ 3.8m |
| 総重量 | ①自動車の重量（自重）＋乗員の体重＋貨物重量<br>・高速自動車国道と重さ指定道路は 25t まで<br>・その他の道路は一律 20t<br>②連結車の特例<br>バン型などのセミトレーラやフルトレーラは、最遠軸距離に応じて<br>・重さ指定道路：25～27t<br>・その他の道路：24～27t | ①規定無し<br>「貨物の最大積載量は、保安基準に準拠（車検証の記載値）」<br>②連結車の特例<br>規定無し | ①自重＋乗車定員の体重（一人当り 55kg）＋貨物の最大積載量<br>・車長や軸距離によって 20～25t<br>②連結車の特例<br>セミトレーラ（被けん引）は、連結中心から最後軸中心までの距離によって 20～28t |
| 運行 | 特殊車輌通行許可を受けた車輌は運行できる。<br>また、緊急自動車や災害救助などを用務として通行する車輌は、車輌制限例の適用外。 | 制限外許可及び制限外けん引許可を受けた最大積載量を超える車輌は運行できる。 | 保安基準の制限値を超える車輌は認定を受ければ基準緩和車輌として運行できる |

※道路法：橋やトンネルなどへの影響を勘案して限度を決める。
・幅、重量、長さなどの最高限度は乗員、貨物が載った状態
・トレーラなど連結車の重量、長さなどの最鋼限度も連結状態
※道路交通法：交通安全上の観点から規定。
・危険防止、交通の安全を図るため過積載を禁止。
・貨物のはみ出しを制限。
※保安基準：自動車の安全性の確保のため、制限がある。
・連結車では、切り離した状態での個々の車輌について規定。

d. 仮設電気設備

仮設電気設備は、工事用機械、照明設備等から各月の電力使用計画を作成し、それにより電力会社とあらかじめ打合せを行い決定する。送電費用があまり多額の場合や、一時的に使用電力量が多い場合は自家発電あるいはその他の電気設備も考え、これらを比較検討する必要がある。

なお、停電時の対策も考慮する必要があり、工種によっては法令上予備電源を常設する必要のあるものもある。

e. 仮締切り

仮締切りの計画高、工法等は、土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」を参考とすることとするが、ポンプ場建設の仮締切りに当たっては、次の点に留意する必要がある。

1）仮締切りの高さを決める場合、海岸付近の工事現場では風向、風速によって予想以上の波浪が襲来して越水するおそれがあるから、現場での聴取等調査を十分に行って余裕高を見込むことが望ましい。

2）一般の土木工事と異なり、ポンプ機器据付け工事中の越水、又は多量の浸透水による仮締切り内の湛水は取返しのつかない重大事故となるので、工法の決定及び工事期間中の保守管理は十分検討する。

⑵ 工程計画

工程計画を立てる場合は、各工事の工程を綿密に検討できるネットワークによるのが望ましい。ネットワーク作成に当たって、各作業（Activity or job）の決め方は合理的で実態に即した適切なものとすることが必要である。

なお、関連しながら施工する工事がある場合は、その工事の内容を十分把握し、事前の工程の調整を行ったうえで適正な工期を設定するものとする。

また、該当工事の内容に変更が生じた場合は、速やかな、工程内容の検討を行い関連工事との調整を行うものとする。

工事の作業時間に制約がある場合は、その内容を明確にした上で工程計画を立てるものとする。関連する工事との工程調整で特に留意すべき事項を示すと次のとおりである。

① 主配管の壁貫通部の施工者、施工方法、施工時期の明確化
② 天井クレーン用ランウエイガータの施工者、施工時期と天井クレーン施工時期の明確化
③ シンダーコンクリートの施工者、施工時期の明確化
④ 主ポンプ、主原動機の据付時期の明確化
⑤ 運転監視操作設備及び電源設備の施工時期の明確化
⑥ 構内配線、配線工事の施工時期の明確化
⑦ 搬入路（仮設道路、管理用道路）造成工事や敷地造成工事の施工時期の明確化

これらの事項の調整を行ったうえで、受電日を予定し、受電について電力会社と協議する必要がある。

⑶ 主要機械計画

一般の土木工事における施工機械は、仮設における杭･矢板打ち機械、掘削機械等その他各種考えられるが、工程計画に合わせた効率的な配置とする。

⑷ その他

① 施設更新時は、旧施設を利用しながらの施工となることもあることから、工事の内容と施工手順を十分明らかにし、仮設備の計画等を考慮するものとする。

② 旧施設を利用する工事の場合は、利用範囲、撤去方法を明確にしておくものとする。

### 19.1.2 施工管理

施工管理は、「土木工事施工管理基準」、「施設機械工事等施工管理基準」等によるものとし、該当工事を安全に施工し、所定の工期内で所定の出来形及び品質を確保するよう適切な管理手法の下に実施する必要がある。

⑴ 施工管理

工事は、当初の施工計画及び施工中において定めた適切な施工管理、及び施工管理体制の下で、定められた品質の工事を所定の工期内に確実かつ安全に施工する必要がある。施工管理は一般に、工程管理、品質管理、出来形管理及びその他の管理から成立っている。

a. 工程管理

工程管理は単なる時間の管理だけでなく、労務配置、資材の調達、機械の配備等を計画の段階、実施の段階を経て総合的に管理することである。工程管理の手法としては一般に、ガントチャート、バーチャート、工程曲線、ネットワーク手法等があるが、重複作業の伴うポンプ場工事ではネットワークによることが望ましい。

b. 品質管理

品質管理は、与えられた規格を十分に満足する製品を経済的に作ることができるよう、統計の理論と技術を用いて製品の品質をチェックし、製品の値のばらつきを安定な状態に保とうとするものである。

また、管理については、工程能力図、ヒストグラム、管理図等により行うのが一般的である。

c. 出来形管理

出来形管理は、構造物等の出来形と設計仕様に対して一定規格値内におさめようとするもので、直接測定による方法と写真撮影による方法がある。このため、管理基準値、規格値及び合格判定値を各工種ごとに定めて管理することとしているので、詳細は「土木工事施工管理基準」及び「施設機械工事等施工管理基準」を参照する。

⑵ 安全衛生管理

工事は最も安全な方法で施工し、かつ衛生面への考慮を払う必要がある。このため、施工は関係法規を遵守するとともに、農林水産省農村振興局整備部制定の「土木工事等施工技術安全指針」等を参考にし、適切な安全衛生管理の下で行う必要がある。

⑶ 施工に関する関係法規

ポンプ場工事はさまざまな内容の工事が行われるが、施工に当たっては関係法規を遵守する。

なお、関係する主な法規等については、基準「**4. 関係法令の遵守**」、基準の運用及び基準書運用の解説を参照する。

## 19.2 仮設工事

### 19.2.1 水替え

ポンプ場工事の基礎底盤は、ほとんど地下水面以下になることが多いため、施工に当たっては地下水を排除する必要がある。地下水位低下工法の代表的なものを分類すると、重力排水方式（釜場排水工、ディープウェル工）と強制排水方式（ウェルポイント工、電気浸透工等その他）があるが、いずれの方式を採用するにしても、工事期間中は完全に排水しておかなければコンクリート構造物の築造及びポンプ機器据付等に支障をきたすこととなる。

特にポンプ機器の搬入据付中に湛水すると、重大な損害を受けることとなるので水替え工の維持管理には十分注意を払う。

⑴ 釜場排水工法

重力排水の水量は当該工事現場の地質、地下水量、仮締切りの方法、透水係数等から推定する。

釜場の位置は、地下水が最もよく集まり工事に支障のない位置とするのがよく、構造は工事期間が長期になる場合、釜場周辺の崩壊を防ぐとともに、土砂の洗掘、流亡を防止する必要がある。

なお、水替えによって排水した泥水、又はセメント混入水によって飲料水、農作物等に影響を及ぼすことがあるので、事前調査を十分に行い、そのおそれのある場合には適切な対策を講じておく必要がある。

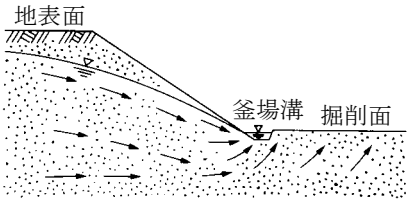



**図-19.1** 釜場排水工

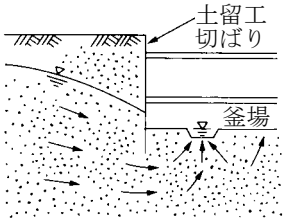



**図-19.2** 矢板併用の場合の釜場排水工

⑵ ディープウェル工法（深井戸工法）

ディープウェル工法は、従来からの深井戸を工事用に改良した工法で地下水位低下、被圧水の減圧、軟弱地盤の改良等に広く普及している工法である。ウェルポイント工法と比べ有利な適用条件としては次の事項が考えられる。

・施工が広い範囲にわたって、大きな地下水位低下を必要とするとき
・透水性の大きな地盤で、揚水量が非常に多量となる場合
・ヒービング等の防止のため深層地下水帯の減圧を図る必要のある場合
・揚水した水を大量に必要とする場合あるいは、工事の性格によって対象地にあまり近づけない場合

⑶ ウェルポイント工法

ポンプ場基礎底盤が地下水面よりある程度深くなると、直接排水では水替えができなくなるが、土質の条件及び透水係数の値によってウェルポイント排水によると、完全にドライワークが可能となるので、この工法による例が多い。

① ウェルポイントの概要

ウェルポイント工法とは、**図-19.3、19.4** のような機構で地中に真空圧を生じさせて強制的に排水する工法であり、ストレーナ、金網と玉弁のついた集水パイプ（いわゆる、ウェルポイント）

を地中に埋込み、地表に設置した真空ポンプにつないで地下水を強制的に吸上げるものであって、地中の水はウェルポイントの周りに強制的に押込まれ、ライザーパイプの中を上昇し、ヘッダーパイプに集まり、主ポンプに集まる。

また、水と同時に入っている空気はセパレートタンクで水と空気に分解され、水は渦巻ポンプを経て排水される。

② ウェルポイントの設計

⑷ ウェルポイントの適用範囲と地下水位低下

ウェルポイントは真空排水であるため、土質に関してその適用範囲は非常に広く、湧水多量の砂層をはじめ、やや透水性の悪い地盤（$k=10^{-4}$～$10^{-5}$cm/s）でも強制的に集水し排水することができる。また、地下水位低下の限界は各種の損失によって 6.6m 程度であるが、一般には 5～5.5m 程度とした方が安全であり、これ以上に地下水低下をさせたいときは、多段方式によって低下させればよい。

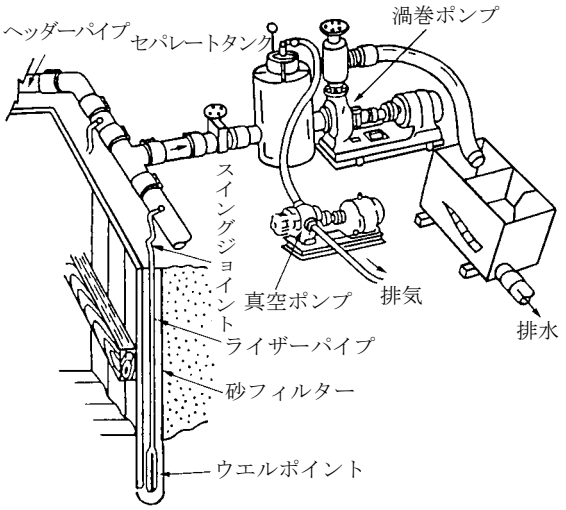



図-19.3　ウェルポイントシステム

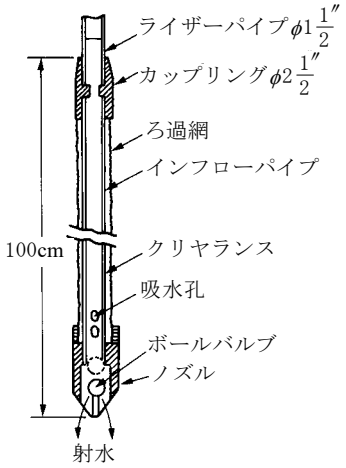



図-19.4　ウェルポイント

⑸ 地下水位低下の公式

任意の井戸の地下水位低下量と揚水量の関係は、次の公式があるが、ウェルポイント設計に当たっては、現場条件に適合した公式によって地下水位低下量及び揚水量を算出する。

ア）自由地下水からの井戸の揚水量

（i） 井底が不透水層にまで達する場合（図-19.5）

$$Q=\frac{\pi\cdot k\cdot(H^2-h_0{}^2)}{2.3\log_{10}(R/r_0)} \quad \cdots\cdots\cdots\

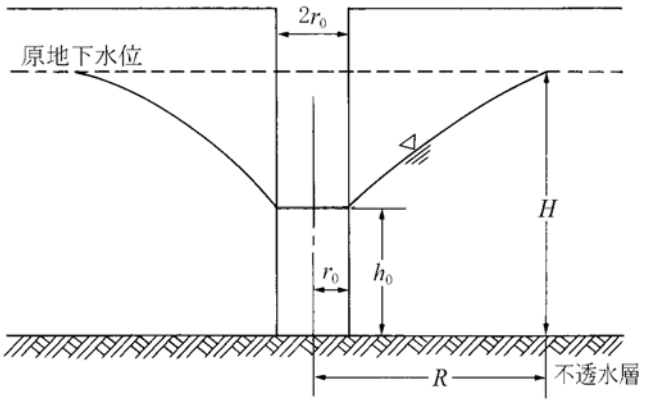



**図-19.5** 不透水層に達している場合

(ii) 井戸が不透水層に達しない場合（**図-19.6**）

この場合の井底と側壁から流入する時の算定式は、フォルヒハイマー（Forchheimer）の**式（19.2）**による。

フォルヒハイマーの式は滞水層が非常に厚いときに過小の $Q$ を与えるので注意を要する。

$$Q=\frac{\pi\cdot k\cdot(H^2-h_0^2)}{2.3\log_{10}(R/r_0)\cdot\left(\dfrac{h_0}{t+0.5r_0}\right)^{0.5}\cdot\left(\dfrac{h_0}{2h_0-t}\right)^{0.25}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (19.2)$$

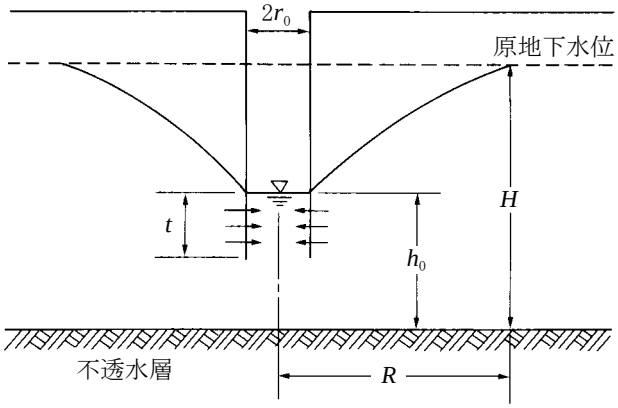



**図-19.6** 不透水層に達しない場合

イ）被圧地下水からの井戸の揚水量

（i） 井戸が帯水層を貫通している場合（**図-19.7**）

$$Q=\frac{2\pi\cdot k\cdot b(H-h_0)}{2.3\log_{10}(R/r_0)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (19.3)$$

ここに、$H$ ： 滞水層の下端から最初の水面までの高さ（m）

$r_0$ ： 井戸の半径（m）

$b$ ： 被圧帯水層の厚さ（m）

$h_0$ ： 井戸の水位（m）

$R$ ： 影響半径（m）

$k$ ： 透水係数（m/min）

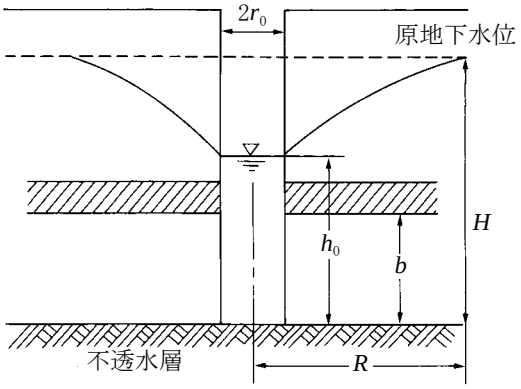



**図-19.7**　帯水層を貫通している場合

(ii)　井戸が帯水層を貫通していない場合（**図-19.8**）

・ド・グリー（de Glee）公式

$$Q \equiv \frac{2\pi \cdot k \cdot (H-h_0)}{2.3/C \cdot \log_{10}\dfrac{\pi \cdot C}{2r_0}+\dfrac{0.1}{b}+\dfrac{2.3}{b}\cdot\log_{10}\dfrac{R}{2b}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (19.4)$$

ここに、$C$ は帯水層中に貫入した井戸壁長で、適用範囲は $1.3C \leqq b$、$C/2r_0 \leqq 5$ とする。

・コツェニー（Kozeny）公式

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot b \cdot C' \cdot (H-h_0)}{2.3\log_{10}(R/r_0)} \cdot \left\{1+7\left(\frac{r_0}{2b \cdot C'}\right)^{1/2} \cdot \cos\frac{\pi \cdot C'}{2}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (19.5)$$

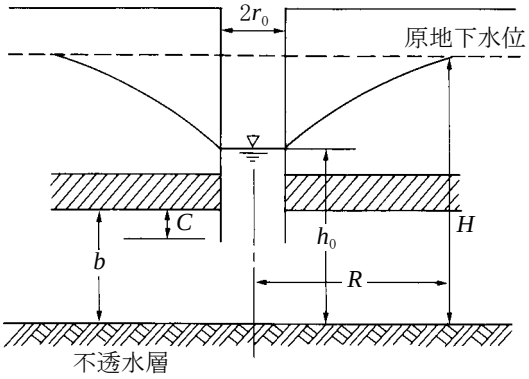



**図-19.8**　帯水層を貫通していない場合

ここに、 $C' = C/b$

〔参　考〕

影響半径 $R$ の推定式

・シーハルト（Sichardt）の提案式

$$R=3000s\sqrt{k} \quad \cdots\cdots (19.6)$$

ここに、$R$ ：影響半径（m）
$s$ ：水位低下量（m）
$k$ ：透水係数（m/s）

・ウェーバー（Waber）の提案式

影響半径は時間とともに増大するため、ウェーバーは実験式として次式を考案している。

$$R=3\cdot\sqrt{\frac{H\cdot k\cdot t}{P}} \quad \cdots\cdots (19.7)$$

ここに、$R$ ： 影響半径（m）
$H$ ： 原地下水深（m）
$k$ ： 透水係数（m/s）
$t$ ： 揚水時間（s）
$P$ ： 空隙率

⑹ 透水係数 $k$ の値は、室内実験、野外試験の 2 法があり、多くの公式が提案されているが、ウェルポイント工法を行う場合は、$k$ の値が重要な要素となるから実測値を求めるのがよい。

また、実測値がない場合は、ヘーゼン（Hazen）の実験式があるので参考とする。

$$k = C(0.7+0.03t)D_{10}^2 \text{（cm/s）} \quad \cdots\cdots (19.8)$$

$k$ ：透水係数
$D_{10}$ ：有効径（cm）、（粒径加積曲線の 10%に相当する粒径・cm）
$t$ ：温度
$C$ ：46～150、一般に 116（**表-19.2-参**　参照）

⑺ ウェルポイントの間隔、1 本当たり揚水量

ウェルポイントの間隔は一般的に 1.0～1.5m 程度とするが、土質及び透水係数によって間隔を狭くすることがある。

1 本当たりの揚水量は、土質別に砂 30～50ℓ/min、砂質粘土 5～10ℓ/min、シルト質粘土 1～5ℓ/min が一般的とされているが、土質及びウェルポイント周囲のフィルタ状態によって値は変動する。また、排水ポンプ能力は吸入側に真空度 0.080～0.087MPa をかけた場合、公称能力の 65～70%と能力が低下し、さらに各種損失に対する余裕を 30%位とする必要から、主ポンプ 1 台当たりのウェルポイント支配本数は 45 本程度を標準とする。

③ ウェルポイントの施工

⑻ ウェルポイントの管理

ウェルポイントを施工した場合、各ウェルポイント揚水量を最大限としなければ計画の地下水位低下はできないので、常に現場を観察して真空度を維持させるよう、グラウンドコック、ジョイントの調整等の措置を講じる必要がある。

⑹　初期排水量と維持排水量

ウェルポイントの揚水量は、施工の初期においては、揚水量が多いが、時間の経過とともに減少し、ある時間経過後は、おおむね一定の揚水量となる。この比率は一般的に 30～40％といわれているが、ウェルポイントの施工時期が長期になるとポンプ台数を減らすことができる。

⑹　その他注意事項

ウェルポイント施工による地下水位の低下は、工事現場内のみでなく、周辺の地区が同時に低下するため、農地及び民家があるとこれらの補償問題が起こることがあるので、あらかじめ周辺の井戸等の調査を十分に行って、止水壁として鋼矢板を打設したり、リチャージ工法によって周辺の地下水位を上昇させる等の対策を講じる必要がある。また、掘削法面を保護するため、法肩に排水溝を設け、法面にショットクリート、モルタル吹付け等を施すと有利な場合がある。

〔参　考〕

ウェルポイント設計資料

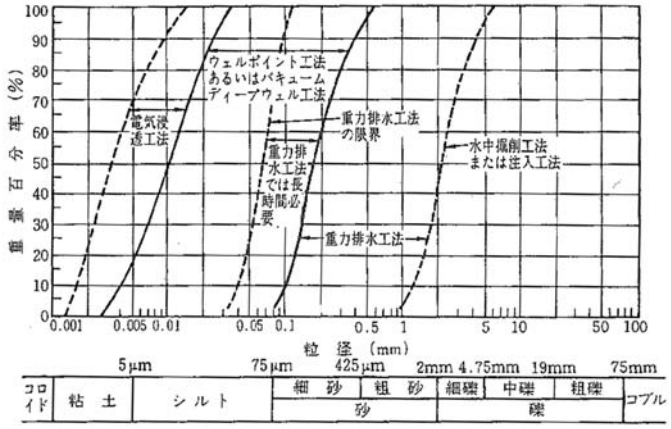



**図-19.9**　土粒子の径と排水工法の適用範囲（モアトレンチ社資料を修正）

**表-19.2-参**　係数 $C_s$ の値

| $C_s$ | ろ過池砂の状態 | |
|---|---|---|
| 150 | 均等な粒子の場合（極大値） | 洗浄砂 |
| 116 | 細砂の緩く締まった状態 | |
| 70 | 細砂のよく締まった状態 | |
| 60 | 大小粒子混合（極小値） | |
| 46 | 非常に汚れたとき | |

**表-19.3-参**　土粒子の径と透水係数

| 土　　質 | 土粒子の径（mm） | 透水係数（cm/s） |
|---|---|---|
| 微　細　砂 | 0.05～0.10 | 0.0035 |
| 細　　砂 | 0.10～0.25 | 0.015 |
| 中　　砂 | 0.25～0.50 | 0.085 |
| 粗　　砂 | 0.50～1.00 | 0.35 |
| 小　砂　礫 | 1.00～5.00 | 3.0 |

**表-19.4-参**　揚水井戸の影響範囲（「土質調査法（1982）」より）

| 土　　質 | | 影　響　半　径 |
|---|---|---|
| 区　　分 | 粒　　径（mm） | $R$（m） |
| 粗　　礫 | ＞10 | ＞1,500 |
| 礫 | 2　　～10 | 500～1,500 |
| 粗　　砂 | 1　　～ 2 | 400～ 500 |
| 粗　　砂 | 0.5　～ 1 | 200～ 400 |
| 粗　　砂 | 0.25 ～ 0.5 | 100～ 200 |
| 細　　砂 | 0.10 ～ 0.25 | 50～ 100 |
| 細　　砂 | 0.05 ～ 0.10 | 10～ 50 |
| シ　ル　ト | 0.025～ 0.05 | 5～ 10 |

### 19.2.2　安全施設

工事施工中における作業の安全及び通行人等第三者の安全を確保するため、必要な施設を諸法令に基づき設置するとともに、工事現場の状況に応じて安全標識、安全施設を設ける必要がある。

⑴　安全標識

立入禁止、工事予告等の掲示板、看板等の設置

⑵　安全施設

工事現場周辺の囲い、墜落の危険のある作業場所での手すり、安全ロープ、防護施設、感電防止柵、照明灯等を状況により設置することが必要である。また、工事専用道路から一般道への出入口等には看視員、誘導員、見張員、信号手等を現場条件により配置して工事の安全管理を行う。

## 19.3　ポンプ場工事

### 19.3.1　掘削

掘削は、施工計画に従い掘削量を考慮して適切な掘削方法を決めるとともに、基礎地盤の強度確保のため過掘は厳に避ける必要がある。

⑴　掘削のための事前調査

ポンプ場工事のための事前調査は、水象調査、地形調査、地盤調査等、計画･設計に当たって必ず行われるが、掘削工事等の施工に関する調査はややもすると二次的に取扱われ、計画･設計のための調査をもって施工に関する調査とみなしている場合が多い。

しかしながら、本来計画･設計のための調査と施工のための調査とは必ずしも一致しない。すなわち、計画･設計のための調査は、構造物本体の支持層の力学的性質を重視するが、施工のための調査は、地表近くの地層の力学的性質とか、地下水の状態を重視する必要がある。掘削のための事前調査のうち重要なものは、環境調査と地盤調査であり、これを細分すると

①　環境調査

(i)　工事用地の広さ

(ii)　周囲の構造物の状況

(iii)　工事騒音の許容される限度

(iv)　その他

②　地盤調査

(i)　掘削土砂の性質

(ii)　地下水位、水量、地下水圧

(iii)　掘削場所周辺の地盤の性質（掘削による周辺地盤の沈下の程度等）

(iv)　その他

となり、これらの調査の結果によって掘削方法をオープンカット工法や、その他の特殊工法とするかを検討して決める。

⑵　掘削方法

工事用地の確保が容易な場合は、安全な法勾配（労働安全衛生規則の規定参照）を有するオープンカット工法が最も安全でかつ経済的であるが、周囲の地盤状態や周辺への悪影響がある場合等は鋼矢板による山留工やアイルランド工法等の特殊工法による必要がある。掘削は、ブルドーザ、ショベル、バックホー等を用いて行うのが一般的であるが、掘削場所及び掘削量によってはポンプ浚渫船により荒掘削を行い、人力で仕上げる方法が行われている。

### 19.3.2 基礎

基礎は、上部構造物と一体となり、荷重を安全に支持し、滑動、沈下、転倒に対して安全性が確保できるよう、設計条件及び施工条件等を検討して適切な方法で施工する必要がある。ポンプ場の基礎地盤まで掘削した場合、調査・設計段階で推定した基礎地盤の地耐力、沈下量等と現場が相違がないかを確認し、異なっている場合は直ちに設計変更等を行い上部構造を安全に支持できる工法等を検討する必要がある。一般に行われている掘削完了後の現場試験は、サウンディング試験、杭打試験等がある。なお、調査方法の詳細については「**第 2 章　ポンプ場に必要な各種調査方法**」の項を参照されたい。

基礎工事の施工箇所は、主ポンプの規模、台数、形式等によって異なるが、一般には導水路、遊水池、吸込水槽、機場本体構造物、建屋、送水路、吐出し水槽、その他の附帯施設の基礎部についてであり、これらの基礎工法としては、「**第 15 章　基礎工の設計**」で形式等を記述しているので参照されたい。

⑴　直接基礎工法

基礎地盤が岩、又はよく締まった土質の場合等で、地盤の支持力が十分にあれば掘削地盤上に直接上部構造を構築してよいこととなる。ただし、掘削で掘り過ぎた部分の埋戻しはコンクリート等を用いて填充する等慎重を期さなければ不同沈下の原因となるため注意する必要がある。

基礎地盤の地耐力が不足している場合、地盤を改良して支持力を増大させる工法には、砂地盤の場合、ローラ、ランマ等を用いて締固める工法、水締めによる方法、締固め杭工法及びセメント又は薬液等を注入して地盤を固結させる地盤改良工法等がある。粘土質地盤の場合には、軟泥土や泥炭土等の軟弱粘土を良質な土質で置換する方法、サンドドレーン工法等による固結工法等が行われている。

⑵　杭基礎工法

杭打ち施工は、周辺人家等に騒音、振動を与えることが多いので、騒音規制法及び地方公共団体の条例、規則による騒音や振動の規制値等をあらかじめ十分調査しておき、影響を及ぼすと判断される場合には、振動、騒音の少ない工法で施工する等考慮する必要がある。

### 19.3.3 吸込・吐出し水槽及び建屋

吸込・吐出し水槽及び建屋は、主ポンプの据付、配管、天井クレーンの据付等との関連に留意してコンクリート打設等を行い、設計における所定の品質及び出来形が得られるよう適切な方法で施工する必要がある。

建屋工事と他の工種の工事との工程上の関連には次の事項等がある。

⑴　吐出し管据付と建屋工事との関連

建屋基礎部（地下室部）近くにあらかじめ吐出し口を埋設しなければ手戻りになる場合は、先に吐出し管の布設を行い一部埋戻し、地盤上部の建屋施工の際は足場をかける等保護して、施工を進める。

⑵　吸込水槽工事と基礎工事の関連

吸込水槽が建屋に接近する場合又は吸込水槽の一部が建屋に入り込む場合には、吸込水槽本体を立ち上げて埋戻しが終った後で建屋の工事が始められる。なお、後者の場合は建屋基礎と吸込水槽本体が連結された場合は、あらかじめ基礎梁（地中梁）の鉄筋に差し筋を行う。

また、建屋の柱及び壁を水槽上に設けた場合も同様に鉄筋は差し筋の措置をしておく。

吸込水槽上に建屋を設ける場合又はコンクリートケーシング上に建屋を設ける場合には、建屋の柱及び壁の鉄筋はあらかじめ差し筋が行われる。

⑶　天井クレーン据付とポンプ室内仕上げとの関連

天井クレーン据付の時期はポンプ室内仕上げ（天井、壁）以前に行うか、又は仕上げ後に天井クレーンを据付けるかの二者がある。先に室内仕上げを行う時は、建屋コンクリート躯体打設に必要なステージ（支保工）を天井及び壁の仕上げ用足場と兼用されるように計画する。この場合、壁、天井は仕上っているので、天井クレーン据付の際汚損させないよう注意が必要である。

工程の関係で内部壁仕上げ以前に天井クレーンを据付ける必要がある場合は、天井クレーン据付後新たに壁仕上げ用足場を掛けて仕上げを行う。

⑷　ポンプ室床とポンプ据付との関連

ポンプ据付後に床仕上げをする場合と、ポンプ据付前に床を仕上げる場合とがある。前者の場合で床仕上げだけを残して全体の建屋工事が完了してしまうような時は、ポンプ据付に要する時期だけ建屋工事の工程が延びると同時に全体の工期にも関連するので、施工順序等を十分検討のうえ決定する必要がある。

⑸　コンクリートの施工

コンクリートの施工に当たっては、各施工箇所の機能に応じて必要な強度、水密性及び耐久性を有し、かつ経済的なコンクリートが得られるよう施工する必要がある。特にポンプ場のコンクリート構造物はポンプ運転に伴う振動、水撃等により発生する外力に耐え得る強度を確保するとともに、擁壁工等に施工されるマスコンクリートについてはひび割れを発生させないために、水和熱による温度上昇が低減するよう配慮するほか、不利な温度変化が生じないように打込み養生に注意する必要がある。

なお、ひび割れを防止する方法の基本は、ダムコンクリートの場合と同様である。しかし、その規模、運搬、打込み、締固め、養生等においてダムコンクリートと同じにできない場合が多いので、ダムコンクリートの施工方法等を十分考慮し、その工事の固有条件をよく検討してひび割れ防止をする必要がある。ダムコンクリートのひび割れについては、別途制定されている土地改良事業計画設計基準･設計「ダム」を参照のこと。また、水面下に及ぶ場合が多いので水密性が要求されるため水セメント比を小さくすることが望ましい。ただし、単位セメント量の増加は温度ひび割れの増加につながるという相反する二面性を有するので、コンクリートの配合設計には留意する。

ポンプ機器を水面下に設置するポンプ場にあっては、床及び壁面等からの透水防止を目的とした防水モルタルを塗布する等、防水対策を考慮することが必要である。

海水の影響を受けるポンプ場のコンクリート施工に当たっては、材料、配合、及び打設方法等に注意して海水に対する耐久性のあるコンクリートを施工する必要がある。また、機器の据付に際しては、中心線、軸線等に十分注意しながら適正に配置のうえ、二次コンクリートの施工を行う必要がある。

## 19.4 主ポンプ及び附帯設備の据付

ポンプ設備及び各附帯設備は、工場で製作されたポンプ本体をはじめ、各機器を据付現場へ輸送し据付けることとなるが、輸送途中に各機器に変形、損傷を与えないよう慎重に配慮することはもちろんのこと、据付に当たっては、据付仮設、現場組立て、溶接、芯出し、塗装等は、設計図書及び下記の事項に合致するよう正確に行い、据付完了後にはポンプ機器の性能を十分発揮できるようにする必要がある。

なお、詳細は「施設機械工事等施工管理基準」による。

### 19.4.1 据付仮設

ポンプ機器据付に当たって吊り上げ最大荷重となるのは、一般にポンプ本体又は原動機（電動機又は内燃機関）である。これらの機器を据付する方法としては、天井クレーンを利用する方法と移動式クレーンを利用する方法があるが、移動式クレーンを利用する場合の機種、型式の決定に当たっては、これらの最大荷重、現場条件及び据付工程並びに土木工事工程をよく検討し、併せて経済性を考慮して決める必要がある。

### 19.4.2 主ポンプ、主原動機（電動機又は内燃機関）の据付

主ポンプ、主原動機の据付の良否は、ポンプの性能を十分発揮できるか否かを決定する重要な要素である。主ポンプは工場で設計どおり製作されても、据付の際ポンプと原動機の軸が十分な精度で芯出しされ据付けられていないと、振動を起こしたり、軸受けが過熱したり、場合によっては損傷する原因ともなるので、据付に当たっては、設計図書等と合致させる必要がある。

### 19.4.3 附帯設備の据付

⑴ 電気設備

電気設備は、電気事業法及び関係法令に基づいて設置するもので、操作、保守が容易で、かつ事故防止を十分考慮することが必要である。施工上の技術基準としては、電気設備に関する技術基準を定める省令による。

なお、契約電力 50kW 以上及び出力 10kW 以上の自家用発電機を有する施設は、自家用電気工作物として法令に基づく手続きを要し、工事計画に当たり、許可申請、事前届出、使用開始届出、報告の区分で行うことが定めてあり、保安体制についても事前に設置者は、保安規程及び電気主任技術者選任届を所轄産業保安監督部長（経済産業省）に届出する必要がある。

⑵ 天井クレーン

天井クレーンの形式は手動式チェンブロック付形、手動式トロリー形、電動式ダブルレールホイスト形（低速形）、及び電動式トロリー形（低速形）に分類されるが、その施工に当たっては、据付台等のコンクリートが所定の強度に達するまで十分な養生期間をとり、作業床としての安全性を十分確保した後に、水平に据付を行う必要がある。また、クレーン等安全規則により定格荷重を明示することが規定されているので、据付完了後明示する定格荷重の確認を要する。

⑶ 除じん設備

ポンプ場における除じん設備には、スクリーンによる方法と除じん機による方法とがある。

スクリーンの据付は設置箇所のコンクリートが所定の強度に達しているか確認した後、据付部の底版・側部の雑物等を除去し、据付角度に注意しながら設置する。また、除じん機については各種の

形式が開発されているが、一般的に据付時注意することは、幅員、高さ、網目等の確認の他に、設置角度並びに回転軸については誤差のないように据付する必要がある。

⑷　水門設備

水門設備は一般に扉体、戸当たり、固定部、開閉装置から成立っているが、その施工に当たっては水密性を要し、流水等の外力に対して安全で、開閉が確実かつ円滑に行えるよう据付する必要がある。

### 19.4.4　試運転調整

#### 19.4.4.1　現地調整

① 各機器は、工場においては機器単体性能・機能を中心に品質管理がなされているが、機器相互の連携組合せは確認できない場合がある（例えば、ディーゼル機関駆動のポンプ等)。したがって、現場においては機器単独試験として行う据付時機能管理だけでなく、一つのシステムとして要求された機能を満足しているかの確認を行うことが必要である。

② センサー（自動運転用の検出器、計測機器類）は個々に現地に送り込まれるので、実情に合った設定値での作動の確認を行う必要がある。

③ 小配管器具についても系統のチェック、流れ方向の確認、フローリレー、電動弁（電磁弁）等の作動確認、冷却水の分配調整等は大切である。

④ 電気品（配電盤類）のシーケンスチェックは、工場では模擬回路によるものであるので、実際のもので確認をとる必要がある。

⑤ 試運転調整を非かんがい期に行う場合には、事前に水利権の内容を確認した上で河川管理者との調整が必要になる。また、季節受電のため非かんがい期は受電停止期間であるため、事前に電力供給会社との調整が必要になる。

#### 19.4.4.2　運転準備

ポンプ設備の試運転に先立ち、ボルト類の締付状態、グリース、オイル等の潤滑油の点検、確認を行うことが必要である。また、カップリングボルトを入れる前に原動機の回転方向のチェックと無負荷運転で異常がないか点検する。次に主ポンプ吐出弁の開閉に異常がないか確認する。フート弁のある主ポンプは、呼び水を“じょうご”から注水し、完全に主ポンプ内の空気を排出する。

また、封水ポンプが付属している場合はグランド封水をする。電動機は絶縁抵抗の測定を行い、適正な値であるかどうか確認をし、最後に主ポンプ及び補機類は、それぞれ単独運転を行い正常な状態であることを確認の後、連動運転を行う。そして円滑な運転であることを確認する。

なお、この段階の運転状態において、主機（主ポンプ、主原動機等）の振動・騒音を測定し、将来の合理的な保守管理のために、そのデータ及び状態を整理しておく必要がある。

# 第 20 章　ポンプ場の運転管理

ポンプ場の設置目的を達成するよう各設備の機能を正常に維持して運転管理を安全かつ経済的に行うため、諸設備の性能特性、運転条件等を検討して適切な運転管理及び保守管理の計画を立て、適正に運営管理する必要がある。

ポンプ場の設計に当たっては、あらかじめポンプ場完成後に行われる運転管理及び保守管理の概要を把握しておき、運転操作の容易性及び保守管理の経済性等の面から必要とされる設備計画の条件に適合した設備設計を行う必要がある。また、設置されたポンプ場の施設能力を最大限に発揮させ、最も効率的にポンプの運転目的を達成するためには、各設備の機能を常に良好な状態に維持しておき、諸設備の性能特性及び運転条件等に応じた適切な運転管理を行うことが極めて重要である。

運転管理及び保守管理に関する計画及び規程については、事業の実施段階に応じて、①ポンプ場建設事業の計画段階における土地改良事業計画書の予定管理方法等、②完成後の管理事業のための土地改良事業計画書としての維持管理事業計画書、さらに、③管理事業の実施細目を定める管理規程、操作規程、保安規程等を定めて、適正に運営管理する必要がある。

なお、これら土地改良事業によって新築又は改築された用水ポンプ場及び排水ポンプ場の管理に当たって、尊守すべき一般的な事項については、「土地改良施設管理基準（用水機場編）」及び「土地改良施設管理基準（排水機場編）」を参照されたい。

## 20.1　管理規程等

管理の適正を期するための管理事業の実施細目を定める管理規程等は、用水及び排水系全体の水管理における各ポンプ場の設置目的応じて、維持管理に必要な事項について規程を定めるものとするが、一般には次のような事項について規程が定められている。

⑴　管理規程

土地改良法で管理規程を定めることを規定している施設はダム、頭首工となっているが、ポンプ場の機能を十分に発揮できるような運転管理の規程を作成し、規則的な運用を行う必要がある。

①　管理目的及び対象施設
②　管理者及び管理体制（管理運営委員会等）
③　運転目標及び運転制御方式
④　平常時の管理（維持保全、観測調査、運転管理記録）
⑤　異常時の管理（洪水時、干ばつ時等の体制及び措置）
⑥　点検整備

⑵　操作規程

運転制御に必要な情報を収集、判断し機器を操作する方法について規程を作成し、円滑な操作を行う必要がある。

①　操作目的及び対象施設
②　制御目標及び運転操作方法
③　操作員の配置
④　平常時の操作（操作順序、操作方法）

⑤　異常時の操作（洪水時、干ばつ時等の警戒体制及び操作）
⑥　点検整備

⑶　保安規程

電気事業法の規定に基づき、ポンプ場の電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安について必要な事項が定められている。

①　目的及び適用範囲（責任分界点、適用電気工作物）
②　保安管理組織（管理者、電気主任技術者、従事者）
③　保安教育及び訓練
④　工事（計画、工事の実施）
⑤　維持（巡視、点検、測定、災害対策）
⑥　記録及び整備（記録、危険の表示）

⑷　他機場との連携

他機場との連携操作については、排水機場は「土地改良施設管理基準（排水機場編）」を参照し、用水機場は、関連する他機場と連携について協議する。

⑸　その他

燃料貯油槽を設置する場合は、消防法上から危険物設置届けが必要となる場合がある。燃料は、非常時においても供給される体制を確立しておく必要がある。そのためには、事前に燃料供給業者との間で非常時の優先的供給契約を結ぶなどの対策が必要である。

また、クレーン設備等を設置する場合は、施設を土地改良区等へ移管する時点で、クレーン等安全規則等に基づく所要の手続きが必要となる場合がある。

## 20.2　運転管理

ポンプ場の運転管理は、用排水系においてポンプ場を設置する目的と、その果たすべき機能等について十分理解したうえで、水管理システム、ポンプ場諸設備の性能特性、運転条件等を総合的に検討し、安全かつ経済的な計画を立て、その適正な運用を図る必要がある。

一般にかんがいポンプの場合は、水需要に対応する用水を確実かつ効率的に送水する。また、排水ポンプの場合は、排水を早く、安全かつ経済的に地区内より排除する。そのため水利状況等に応じた運転操作の開始、停止の時期及び水位の設定、所要揚水量の変動に対応したポンプの台数制御等を骨子とした運転管理の計画を立てるものとするが、この場合、次の事項等について明らかにしておく。

①　計画年次、平年次の期別用水量とその送水方法（送水時間等）
②　常時及び洪水時の期別、又は頻度別排水量とその排水方法（自然排水との併用等）
③　運転管理の目標とする内水位、又は雨量等の基準点とその水位、又は雨量
④　揚水量変動に対応したポンプの台数制御、回転速度制御等の運転制御の方法
⑤　主ポンプ、主原動機、水門設備、弁等の運転の順序と各機器の操作要領
⑥　干ばつ時、洪水時等の異常時の対応と措置

## 20.3 保守管理

ポンプ場の保守管理計画は、ポンプ施設等を常に良好な状態に保つために適切な管理体制と保守点検計画を立て、それぞれ適切に運営する。詳細は「基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（揚水機場編）」及び「基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（排水機場編）」を参照されたい。

⑴ 管理体制

管理体制は、ポンプ設備のほか地域全体の用排水系統や他の流域等に与える影響等を十分配慮した上で検討を行う。特に洪水時の体制については十分な安全対策が図れる体制とする。

一般に管理体制の検討には、次の事項に留意して行う。

① 指揮、命令系統の統一化

② 機動性のある体制

③ 管理技術者は、地区内を熟知し、専門的知識を有する。

④ 末端までの水情報を、迅速に伝達できるような体制

⑵ 保守点検計画

ポンプの保守、及び管理が不十分なことにより故障が発生すれば、施設の円滑な運営が困難となり、万一災害時にこのような事態が発生すると、施設のみならず、農地、農作物等にも大きな被害をもたらすこともあるので、ポンプ機器及びその他の施設について、十分な保守点検計画を立て常時管理を行うとともに、浮遊物及び堆砂状況等の周辺監視を行い、ポンプ場の機能を常に良好な状態で維持し、その保全に努める。

a. 日常点検

日常の運転において、確認すべき点検をいい、異常を認めた場合には、即時原因を調査し、適切な処置を行う。

b. 定期点検

定期的に施設を巡視し、主として外部から異常の有無を監視し、簡単な清掃及び油脂補給等手入れを行い、また運転における作動状態をチェックし、異常を認めた場合、軽微なものは即時修理を行い、重要部分については専門家に依頼する。

c. 定期整備

主として分解して行う整備で、低下した機能を復元させることを目的とする。この整備は専門家の診断によって行う整備で、損傷、摩耗、その他異常部分の補修、不良部品及び経年劣化部品の交換等を行う。

d. 臨時整備

定期整備時期に達しなくても日常点検、定期点検で異常を認めた場合は、事故を未然に防止するため必要な臨時整備を行う。

e. 休止点検

長期間休止している状態で置かれているポンプについては、点検あるいは運転を行い、安全を確認し常に運転可能な状態を保つことが必要である。特に、内燃機関（ディーゼル機関、ガスタービン）や歯車減速機等は管理運転を行う。

また、管理運転ができない場合には、ディーゼル機関を数回ターニングしてピストンの位置を変える程度は必ず行うこと、及び潤滑油ポンプを単独運転して、軸受部や摺動面に給油して防錆とする。

f. PCB 含有電気機器の取り扱い

「機場で使用され電気機器に含まれている PCB については、適正に処分することを義務付ける「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」が制定され、PCB の含有（微量なものを含む）が判明した場合、遅滞なく各経済産業局等に届けることが義務付けられている。したがって、更新を行う場合には、旧電気設備の PCB 含有の確認を行うことが必要である。詳細については、電気設備計画設計技術指針（高低圧編）参照のこと。」

g. その他

施設の機能に異常が発生した場合、補給又は交換修理等に対処できるように、連絡先等を整理しておくことが必要である。

これらの保守点検整備状況、運転操作日誌、管理日誌等は施設の機能の把握、次期整備の検討資料、耐用年数等の資料に必要なものであり、これらの記録は活用できるように整理し、保存する心得が必要である。

なお、対象設備によっては、法令で定められた点検及び記録の保管が必要になるため、関連法令等を参照すること。

**表-20.2**　対象設備と関連法令

| 法令等 | 対象設備 | 備考 |
|---|---|---|
| 消防法 | 消防用設備 | 施設規模によっては、消防設備士が点検する必要がある。 |
| | 屋外貯蔵タンク | ・点検は、危険物取扱者または危険物施設保安員が行う。<br>・危険物取扱者の立会いを受けた場合は、危険物取扱者以外の者が点検を行うことができる。 |
| | 地下タンク | |
| 労働安全衛生法 | 天井クレーン | ・性能検査時の荷重試験は点検・整備の必要荷重で行っても良い。<br>・定期検査は年点検時に行うこととするがその間に使用する場合は月点検が必要となる |
| | 空気槽　第 2 種圧力容器 | |
| 電気事業法 | 自家用電気工作物 | |
| | ガスタービン発電機<br>（発電所扱いの場所のみ） | |
| 大気汚染防止法 | ディーゼル機関<br>ガスタービン | 燃料消費量計測により行う。 |

# 第 21 章　ポンプ場の保全管理

## 21.1　ポンプ場の保全管理

ポンプ場の保全管理は、土地改良法、河川法、その他の関係法令等を遵守しつつ、効率的な点検、補修、整備、適正な管理の記録を行うことにより、施設の有する安全性・信頼性を確保し、ライフサイクルコストを低減するように行う必要がある。

### 21.1.1　保全管理の概要

ポンプ場は、土木構造物（吸込水槽、吐出し水槽、取付水路等）、ポンプ設備・付帯設備、建築構造物（建屋）等の多数の機器や部材で構成されている。

ポンプ場の保全管理における具体的な取組に当たっては、農業水利施設の機能保全の手引き等を参考にされたい。

なお、施設機械設備については、定期的に点検整備を実施し、消耗部品を所定の期間で取り替える時間計画保全と破損部品の交換等の事後保全を併用する考え方が一般的であった。しかしながら、土地改良施設の効率的運用を図るために設備の長寿命化や保全に要するコストの低減が求められていることを踏まえ、設備の保全方式については、時間計画保全と、機能診断に基づき保全の時期や方法を決定する状態監視保全を、設備・機器の特性に応じて適切に併用していくことが望ましい。

〔**参考**〕軸受及び歯車減速機の新たな診断技術

機械設備のメンテナンスの現場においては、回転機械の主要な故障原因である軸受の損傷や異常を的確かつ早期に検出する状態監視診断技術として、振動法や温度法、AE（Acoustic Emission）法、超音波法、油中摩耗粒子分析法等が良く用いられている。

振動法には、回転体振動値（振動加速度）を計測することにより異常の程度を判断する簡易診断法とその計測結果に応じて異常の部位を特定し、有効な対策を決定する精密診断法がある。

温度法は、回転機械の温度上昇が軸受の焼付き等の前兆現象であることを利用し、温度計や温度センサーによる常時監視を行う方法である。

油中摩耗粒子分析法は、潤滑油中の金属摩耗粒子を調べることで機械の状態を推測する方法であり、フェログラフィー法や SOAP（Spectrometric　Oil　Analysis　Program：金属濃度分析）法が代表的である。

これまでは、ポンプの機械設備を点検するために、多大な費用をかけて分解し、内部点検を実施してきたが、今後は、共用年数を目安とした分解点検ではなく、施設を分解することなく低コストかつ的確に診断し、実際に性能が低下している施設から優先的に保守・保全することが必要であり、上記診断方法等の診断結果のデータ蓄積を行い、診断精度の向上を図ることが望まれる。なお、上記の診断技術の実施については、費用面や精度面等に留意する必要がある。

（潤滑診断の例）

潤滑診断は、ポンプ設備の軸受や減速機、エンジンなどから潤滑油やグリースを採取し、油中に含まれる金属摩耗粒子の量や形態などの情報を用いて、ポンプ設備を分解せずに軸受などの摩耗状態を把握する手法である。

本診断技術は、その適用方法について十分な評価が得られていないが、ほとんどの分析項目は

JIS 規格に基づく指標であり定量的なデータが得られ、潤滑剤の物理的性状及び潤滑剤の汚染状態、機器の摩耗状態を把握することができる。

これらの分析項目を用いて正確な評価を行う際に、注意すべき点は以下のとおり。

⑴　潤滑剤の物理的性状

物理的性状に係る診断を行う際には、「新油の値からの変化率」を用いて評価する。このため、潤滑診断においては、対象とするポンプ設備からの採油と同時に、使用している新油の採取・分析が必須である。

⑵　潤滑油の汚染状態

潤滑油の汚染に関する評価指標として、全米航空宇宙工業会が制定した NAS 等級（National Aerospace Standard）が一般的に用いられる。NAS 等級には、潤滑油 100mL 当たりに存在する汚染粒子について、粒径別の個数で表す計数法と重量で表す質量法の規格が定められており、それぞれの等級で評価を行う。

⑶　機器の摩耗状態

油中に浮遊している金属摩耗粒子の元素と含有量を調べ、摩耗粒子の発生部位を特定する。また、その量により摩耗の程度を把握することができる。

上述した⑴、⑵、⑶の項目について、それぞれの項目を単独で評価するのではなく、これらの項目を総合的に評価することで、機器の劣化状態についての正確な評価を行うことができる。さらに、潤滑診断を継続的に実施し、各評価項目の変化を時系列でモニタリングすることにより、劣化の兆候を早期に検出することが可能となる。評価結果は、潤滑油のろ過や分解点検などの維持管理や補修対策の要否判定に有効に活用する。

潤滑剤の正しい分析データに基づいた適正な潤滑診断を実施するには、潤滑剤の製品名称や交換日、稼働時間などの管理記録を入手することが求められる。

## 引　用　文　献

1)　國枝正：農業用ポンプ設備への状態監視診断技術の適用に関する研究、東京農工大学学術機関リポジトリ（2016）

〔**参考**〕ポンプ設備の更新・補修技術（対策例）

主ポンプ設備の更新・補修技術の主な対策例を以下に示す。

| 対策 | 工法内容 | 効果・留意点 | 対策可能な主ポンプ形式 |
|---|---|---|---|
| 水中軸受の無給水化 | 潤滑水の供給が必要な既設の軸受を、潤滑水の供給が不要となる無給水軸受に更新する。なお、これに伴い主軸の改造が必要となる。 | 給水系統の機器が不要となるため、維持管理費が縮減される。<br>オーバーホール等の実施時期に合わせて施工することにより、ポンプの不稼働期間及び分解・組立て費用が縮減される。 | 立軸（軸流・斜流） |
| 軸封部の無給水化 | 潤滑水の供給が必要な既設の軸封部を、潤滑水の供給が不要となる無給水軸封装置に更新する。なお、これに伴い主軸の改造が必要となる。 | | 横軸（渦巻・軸流・斜流）<br>立軸（渦巻・軸流・斜流）<br>チューブラ（軸流・斜流） |
| 回転体の更新 | ケーシングは既設のものを流用し、回転体（主軸、インペラ、軸受、軸封部）を更新する。 | 回転体の更新範囲（全面更新とするか、部分更新とするか）については、回転体を構成する部材（主軸、インペラ、軸受、軸封部等）の劣化状態等に応じて判断する必要がある。 | |
| ケーシングの補修 | 既設ケーシングの局部的な腐食、摩耗に対して、<br>① 鋼板製ケーシングでは溶接（パッチワーク）<br>② 鋳鉄製ケーシングでは工業用メンテナンス用補修材による肉盛・成形、耐摩耗性･耐食性に優れた金属への置換<br>等によりケーシング形状を復元する。 | ケーシングの全面更新に比べて大幅に費用が縮減される。<br>適用に当たっては腐食・摩耗の程度を考慮する必要がある。 | |
| インペラ及びインペラハブの補修 | ステンレス製のインペラ及びインペラハブの著しい腐食、摩耗に対して、溶接（肉盛溶接）により形状を復元する。 | インペラ及びインペラハブの全面更新に比べて大幅に費用が縮減される。<br>適用に当たっては腐食・摩耗の程度を考慮する必要がある。 | |
| パッキンスリーブ表面の硬質加工 | グランドパッキンとの摩擦によるパッキンスリーブ表面の摩耗を抑制するため、パッキンスリーブ表面に耐摩耗性金属を溶射する。 | パッキンスリーブの長寿命化に効果がある。<br>オーバーホール等の実施時期に合わせて施工することにより、ポンプの不稼働期間及び分解・組立て費用が縮減される。 | |

# 第 22 章　耐震診断

## 22.1　耐震診断

本章では、ポンプ場構造物のうち、建屋に関する耐震診断の概要を示す。なお、吸込水槽、吐出し水槽の耐震診断は、別途定める土地改良事業設計指針「耐震設計」に準拠する。

### 22.1.1　耐震診断の目的

耐震診断は、既設構造物が要求耐震性能を確保しているかを評価するために行うことを目的とする。

### 22.1.2　建屋の耐震診断

⑴　耐震診断の手法と適用

建屋の耐震診断は、官庁施設の総合耐震診断・改修基準（平成 8 年 10 月 24 日建設省営計発第 101 号）、建築構造設計基準（平成 25 年 5 月 24 日国営整第 38 号）等に準拠して行う。なお、建屋に適用する耐震安全性の分類及び重要度係数（Ⅰ）は、原則として次のとおりとする。

| ［耐震安全性の分類］ | ［重要度係数（Ⅰ）］ |
|---|---|
| Ⅲ類 | 1.0 |

⑵　耐震診断の概要

建築物の耐震診断は、施設の位置・配置等、構造体、建築非構造部材及び建築設備について実施し、保持している耐震安全性が、所要の性能を満足しているかどうかを判定するものである。

耐震診断結果に基づき、耐震安全性確保のための措置の必要性について総合的に評価する。

総合評価により、耐震改修が必要と判断された場合には、施設の位置・配置等、構造体、建築非構造部材及び建築設備の診断結果を基に、他の項目に与える影響、経済性、施工性等を考慮して、最も効果的な方法により耐震改修を実施する。

建築物の耐震診断の手順を**図-22.1** に示す。

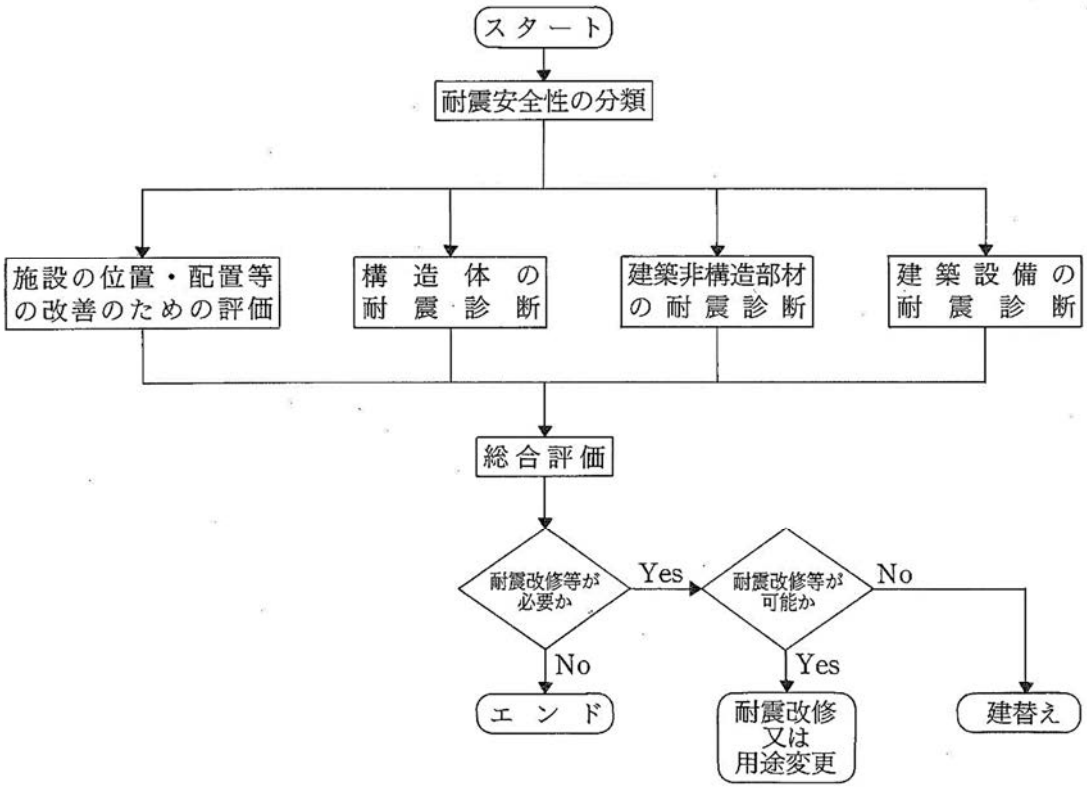



**図-22.1** 建築物の耐震診断のフロー

（「官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説」p.10 による）

# 第 23 章　ポンプ場用語集

## あ

**圧力水槽**（あつりょくすいそう）：主ポンプの吐出し管に連結された密閉タンクで、タンク上部の空気溜りにより水を加圧状態に蓄え、主ポンプ停止中でもこのタンクから給水できるようにするために利用される。

**圧力スイッチ**（あつりょく）：気体又は液体の圧力が設定値に達した時に作動する検出スイッチをいう。

**圧力波伝播速度**（あつりょくはでんぱそくど）：水撃現象に起因して圧力波が送水管路内を伝播するが、この圧力波の速度を圧力波伝播速度という。伝播速度は送水管路の材質や管径・厚み等によって異なる。

**圧力脈動**（あつりょくみゃくどう）：インペラの羽根外周部が渦巻形ケーシングの巻始めやタービンポンプのガイドベーンをよぎる時に発生する圧力の変動をいう。これが主ポンプからの騒音の発生の一要因となる。

**安全係数**（あんぜんけいすう）：限界状態設計法では、一つの安全率の代わりに不確実性やばらつき、計算上の仮定や施工上の誤差などの不確定要素を考慮して、危険度や影響度に対応した安全係数を導入して部分安全係数法と呼ばれる照査方法を用いる。この際に用いる係数であり、材料係数、部材係数、構造解析係数、荷重係数及び構造物係数がある。各限界状態により各数値が1.0～1.3と変化する。

## い

**一軸式ガスタービン**（いちじくしき）：ガスタービンの軸が 1 本で構成されているガスタービンである。コンプレッサ（圧縮機）とタービンが出力軸に機械的に連結され、機関の構造は簡単であるが、回転速度は一定となる。始動トルクが小さいので、主ポンプの始動時にはクラッチを介さないと始動できない。

**一床式**（いっしょうしき）：主ポンプや主原動機等が同一床面に据付けられる据付床形式を一床式という。立軸ポンプの上部に主原動機等が乗る形式も一床式という。これに対し、主ポンプと主原動機の床が分かれて 2 つの床を有する据付形式を二床式という。

**移動式クレーン**（いどうしき）：固定式のランウェイなしに、荷を吊った状態でも吊らない状態でも走行でき、安定性が重力に依存するジブクレーンで、マスト（塔形アタッチメント）も取り付けられるもの。移動式クレーンには、トラッククレーン、ラフテレーンクレーン及びクローラクレーン等がある。

**インターロック**：ある操作を行う時、誤操作や確認不足により、適正な手順以外の手順による操作が行われるのを防止するために機器の運転を制御するものである。 具体的には、インター

ロック機構として保安上、重要な部分の運転を制御回路に組み込まれる。主ポンプのインターロックの例としては、吸水槽水位規定値以上、冷却水槽水位規定値以上、他の主ポンプが起動中でない等がある。

**インバータ**：直流電力を交流電力に変換する装置で、逆変換装置ともいう。整流装置と組合せると、交流電源の周波数を任意の周波数に変換することができる。

**インバータ制御**：誘導電動機の回転速度制御方法の一つである。
インバータを用いて電動機の一次周波数及び一次電圧を変化させる（VVVF：Variable Voltage Variable Frequency）ことにより速度制御を行う方式をいう。

## う

**ウィングポンプ**：容積形ポンプで、燃料の補助給油用、ディーゼル機関・歯車減速機等の初期潤滑油供給用に使用される。

**渦巻斜流ポンプ**：斜流ポンプで、インペラの吐出し側に直接渦巻ケーシングをもつポンプをいう。

**渦巻ポンプ**：遠心ポンプで、インペラの吐出し側に直接渦巻ケーシングをもつポンプをいい、二重渦巻ケーシングを持つものを、二重渦巻ポンプという。

**運転管理**：水利状況等に応じた運転操作の開始、停止の時期及び水位の設定、所要揚水量の変動に応じた主ポンプの台数制御等、ポンプ場の運転に関する行為をいう。

**運転支援装置**：運転操作支援機能、故障対応支援機能及び記録・情報管理機能等の 3 機能を有する装置をいう。

## え

**エアチャンバ**：上部に空気溜りをもつ圧力タンクで、下部を主ポンプの吐出し管に接続し、管内の瞬時的圧力変動をタンク上部の空気溜りの収縮を利用して緩和させる目的のもの。

**エアハンマ**：送水管路等に空気溜りのある状況で、主ポンプの送水を開始すると、空気の圧縮・膨張等により管路内に異常な圧力上昇又は低下が発生する現象をいう。

**ＳＦ$_6$ガス絶縁式遮断器**：六フッ化硫黄（$SF_6$）等の不活性ガスで、絶縁された状態で電路の開閉を行う遮断器をいう。

**Ｎｓ**：比速度を参照。

**ＭＣＣＢ（＝配線用遮断器）**：Molded Case Circuit Breaker の略号で、モールドケース内に接触子、消弧装置、開閉機構、引外し装置等を収納し、外部の操作ハンドルで開閉する遮断能力のある開閉器で、600V以下の低圧回路の配電線保護、電動機の短絡保護等に用いられる気中式の遮断器をいう。

**遠隔操作**：ポンプ施設の運転操作の主体を監視室等から遠隔に操作する方式で、監視操作盤が主ポンプ本体の据付位置から離れた操作室に設備される場合に使用される。

**遠心クラッチ**：遠心力を利用し、駆動側と被駆動側を連結するクラッチをいう。無負荷始動が可能であるため、慣性の大きい負荷に徐々に連結させるような場合や、始動時の衝撃を避ける場合等に用いられる。

**遠心ポンプ**：インペラから吐き出される流れが、主として主軸に垂直な面内にあるポンプをいう。

**遠方制御盤**：ポンプ場から離れた中央管理所等の遠方から、ポンプ設備を運転操作するために必要なデータを有線又は無線によりテレメータ・テレコントロール等を利用してポンプ設備を運転操作するために必要なデータを遠方に伝送及び遠方からの操作指令等を受ける回線が収納された盤をいう。

**遠方操作**：ポンプ場から離れた中央管理所から有線又は無線によりテレメータ・テレコントロール等を利用してポンプ施設を運転管理並びに操作を行うものである。

## お

**オートストレーナ**：種々の形式のものがあるが、一例としてはケースの中に円筒状金網を納め河川水が金網の内側から外側へ向って通過するとき、固形物を金網に引っかけろ過する装置で、固形物は自動的に逆洗・洗浄排出される。

**押込み（式）**：主ポンプ等において、インペラが吸込水位より下に位置する“押込み（式）”と、吸込水位より上に位置する“吸上げ（式）”がある。このうち、呼び水操作が不要な方式を押込み（式）という。

**押込実揚程**：押込み（式）において、ポンプ基準面から吸込水位までの高さをいう。

**オン・オフ運転**：主ポンプ等の運転において、設置された水位又は圧力を検出して始動と停止を繰返す運転方式をいう。

**オンオフ・フィードバック制御**：主ポンプの制御対象（流量、水位、圧力等）の目標値をあらかじめ設定し、計測器により計測した値を電流信号に変換して突き合わせ、その偏差によって主ポンプの始動・停止を行う制御をいう。

# か

**回転速度制御**：主ポンプの回転速度を変えると、吐出し量・全揚程（$Q-H$）特性が変化する現象を用いる制御で、電動機や内燃機関の回転速度を変化させる方法と、流体継手を設ける方法等があるが、電動機駆動の主ポンプにおいては一次電圧制御、極数変換制御、インバータ制御、静止セルビウス制御、二次抵抗制御等多くの方式がある。

**ガイドベーン**：揚水の速度エネルギの一部を圧力エネルギに変換するための役目を持つ羽根をいう。

**開放式（特別高圧）変電所**：遮断器、断路器、計器用変成器、避雷器等の主回路機器を架台、架構に設置し、相互間を銅より線やアルミパイプにより接続したもので大気露出構造の変電所をいう。

**可逆ユニット**：コントロールセンタのユニットの一種で、弁やゲート等電動機の正転と逆転の動作を行う負荷に対して開閉装置を具備したユニットをいう。

**過給機**：内燃機関（ディーゼル、ガソリン機関）の出力増加を図る手段として、圧縮した密度の高い空気をシリンダに供給し、同一シリンダ容積のままで燃焼できる燃料の量を増す方法を過給といい、その空気の圧縮と供給を行う装置を過給機という。

**角落し**：コンクリート製水路の両側垂直壁に縦溝を設け、仮締切りや修理のため、ここに水路を塞ぐような鋼材や角材等を落し込んで水をせき止め、一時的に止水するゲートをいう。

**かご形誘導電動機**：回転子は、棒状の導体を鉄心の溝の中に納め、その両端を短絡環によって接続した構造であり、その形状がかご形をしていることからその名が付いている。構造が簡単・堅牢で保守・点検が容易かつ安価といった特長を有し、小型から大型まで広く用いられる。

**傘形水路**：大型立軸軸流又は斜流ポンプの吸込や吐出し水路に用いる傘形をした水路をいう。

**荷重係数（$\gamma_f$）**：荷重の特性値（$F_k$）にこの値を掛けて、荷重が大きく変動した時のことを考慮して、設計荷重を求めるための安全係数

**ガスタービン**：コンプレッサ（空気圧縮機）、燃焼器及びタービンから構成され、作動流体である空気は、コンプレッサで圧縮され、さらに燃焼器で燃料を加えて、高温・高圧の燃焼ガスになる。この燃焼ガスは、タービンで大気圧まで膨張し、機械エネルギに変換される。このようにタービンに発生した動力の一部は、コンプレッサを駆動するのに使用され、残りを有効出力として利用される。軸の構成によって「一軸式」と「二軸式」がある。　詳細は一軸式ガスタービン、二軸式ガスタービンを参照。

**ガス絶縁式（特別高圧）変電所**：遮断器、断路器、計器用変成器、避雷器等の主回路機器を接地した金属内に収納し、絶縁性に優れた六フッ化硫黄（$SF_6$）ガスを内部に充填して密閉した装

置で構成された変電所をいう。安全性の向上、保守の省力化、耐環境性に優れている。

**片吸込渦巻ポンプ**：主として遠心力の作用によってインペラ内の液体に圧力及び速度エネルギを与え、さらに渦巻形のケーシング内で速度エネルギの一部を圧力に変換し、揚液作業を行うポンプを渦巻ポンプという。片吸込渦巻ポンプには単段と多段ポンプがある。

**片吸込多段渦巻ポンプ**：吸込口が片側の形式を片吸込渦巻ポンプというが、高揚程ではインペラの段数を増やす必要があり、これを片吸込多段渦巻ポンプという。

**渇水位（量）**：河川の水位（量）で 1 年を通じて 355 日これを下がることのない水位（流量）をいう。

**過電流**：定格電流を上回った電流が流れている状態をいう。

**可動羽根（軸流、斜流）ポンプ**：軸流又は斜流ポンプにおいて、インペラの羽根角度を固定されたものを固定羽根ポンプという。これに対し、外力によって羽根の角度を変化させることができるポンプを可動羽根ポンプといい、羽根角度を制御する方式には機械式と油圧式がある。

**渦流防止壁**：吸込水槽に発生する空気吸込渦、水中渦、旋回流れ等を防ぐために設ける壁又は装置をいう。

**換気方式**：温度上昇の防止や安全衛生上から室内外の空気を入れ換えることを換気という。方式には換気扇等で強制的に給気・排気を行う第 1 種機械換気や、給気は強制的に行い排気は自然排気で行う第 2 種機械換気及び強制的に排気を行い給気は自然給気で行う第 3 種機械換気等がある。

**監視操作盤**：ポンプ設備の各機器を遠隔から監視操作するための盤であり、水位、流量等の計測値及び機器の運転・故障状態等を各種表示器で表示する監視部と、主ポンプの運転・停止、弁の開・閉・停止等の操作スイッチ等を配置した操作部で構成される。コントロールデスク形、ベンチボード形、自立形等の形式がある。

**間接冷却方式**：ポンプ場における各機器に対する冷却方式の一つで、一次冷却水（水道水又は井戸水）により冷却後放水する直接冷却方式に対し、清水クーラや管内クーラにより、循環使用する一次冷却水を放水する二次冷却水（河川水等の原水）で間接的に熱交換させる方式をいう。

**管内クーラ**：主ポンプの吐出し管路の途中に熱交換器を設け、内燃機関や減速機の一次冷却水を主ポンプの吐出し水で間接冷却する装置をいい、冷却水系統の簡素化を図るために用いられる。

**管理**：「運転管理」と「保守管理」を総称するものとする。

**管理運転**：点検の一手法として実施する運転であり、実負荷運転又はそれに近い状態での総合的な運転を行って、システム全体の故障発見を第一義的に実施し、併せて機器及び操作制御設備等の機能保持や運転操作員の習熟度を高めるために行う運転をいう。

**管路定数（＝2$\rho$）**：送水管路の口径、管厚、管種等で決まる圧力波の伝播速度、管路内流速及び全揚程によって求められ、水撃現象の解析時の定数として用いられる。

## き

**既往最高潮位（水位）**：検潮所で観測された最高潮位（水位）をいう。

**既往最低潮位（水位）**：検潮所で観測された最低潮位（水位）をいう。

**季節受電**：かんがい期等の必要時期のみ電力の供給を受ける契約形態をいう。

**機側操作盤**：主ポンプ、主原動機、補助機械、ゲート、除じん機等の直近に設置し、機器の操作を行う盤をいう。

**気中絶縁**：特に絶縁材料を用いずに空気を絶縁物として用いる絶縁方式をいう。

**逆止め弁**：水の流れを常に一定方向に保ち、逆流を防止する弁をいい、構造によりスィング式とリフト式がある。また、閉鎖速度によって緩閉式と急閉式がある。

**キャビテーション**：主ポンプが運転中、インペラ入口付近等で羽根入口の衝撃損失、摩擦損失あるいは揚水作用による圧力降下等のために流れの圧力が局部的に低下する。低下した部分の水の静圧が、その時の温度における飽和蒸気圧力に達すると水中に多数の気泡が発生する。この現象をキャビテーションといい、主ポンプの運転にとっては特に有害な現象である。

**キュービクル式（特別高圧）変電所**：遮断器、断路器、計器用変成器、避雷器等の主回路機器を鋼板製又は発泡コンクリート製の箱に収納した構造の変電所をいう。耐汚損、安全性の面で解放式に比べ優れる。

**キュービクル**：電気室、受電設備を囲って納めたものを一般的には、接地した金属箱内に遮断器、継電器、制御装置等の機器を簡素化し組込んだ自立閉鎖形の配電盤をいう。

**共通補機**：主ポンプ複数台に対し、補助的な役割を行う機器をいう。共通補機が故障した場合すべての主ポンプの運転に影響を及ぼす可能性が高いので、予備を設けることを原則とする。

**極数**：電動機の回転速度を決める一つの要因で、N 極、S 極を一組（2 極）として、2 の倍数で増

える。

電動機の磁界が回転する速度を同期速度といい、回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）は 1 分間当りの極数と周波数により決まる。回転速度$N$は、**式（23.1）**で求まる。

$$N = 120f/P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (23.1)$$

ここに、$N$＝回転速度（$\mathrm{min}^{-1}$）　$f$：周波数（Hz）　$P$：極数（偶数）

**極数切替（変換）**：かご形誘導電動機の巻線の結線法で、使用巻線を切り換えて極数変換し、回転速度を制御する方式をいう。

**許容振動値**：主ポンプ等の機器が安定した運転をするための振動の限界をいい、JISでは回転速度が高いほど許容振動値は小さく規定されている。

**許容吸込実揚程**：有害なキャビテーションを起こさない範囲内で吸上げることができる実揚程をいい、横軸ポンプの場合、据付レベル等の検討に用いられる。

**許容湛水位**：経費削減のため、排水計画の整備水準に応じて湛水を許容する水位をいう。

**緊急保全（EBM）**：突発的な事故等で、設備が機能低下、もしくは機能停止した後に緊急処置として行う保全をいう。

## く

**空気圧縮機**：空気を圧縮し、一定の高圧空気を製造する機械で、ポンプ場では内燃機関の始動用空気槽に充填する高圧空気の製造等に用いられる。

**空冷式歯車減速機**：歯車減速機の潤滑油を空気により冷却する方式で、一般に歯車減速機の高速軸側に冷却装置を取付ける場合が多い。高出力の場合には、別置形の電動ファンによるラジエータ冷却装置を設けることもある。

**空冷ディーゼル機関**：ブロアー等で送られる空気により、エンジンを直接冷却するディーゼル機関をいい、冷却水は不要である。

**クラッチ**：軸間の動力を任意に入・切することができる装置をいう。ポンプ設備においては、始動及び管理上の理由から原動機の動力を切り離す場合に用いられ、種類としては、遠心クラッチ、油圧クラッチ、流体継手等がある。

**グラフィックパネル**：ポンプ設備の系統を監視盤上に模式的に表示したパネルをいう。パネルには計測値や、機器の運転状態を示す表示器等が系統的に配置され、設備の概要と機器の動作を一目で監視できるようになっている。監視操作盤（コントロールデスク形）の監視面に縮小して取付けたタイプをミニグラフィックパネルという。

**クローラクレーン**：下部走行体の走行部にクローラベルトを使用した自走クレーンをいう。

**クーラ**：冷却するための装置のことであり、ポンプ設備に関連するクーラとしては、水を介して冷却する装置と空気を介して冷却する装置がある。水を介して冷却する装置としては、管内クーラ（本章「管内クーラ」参照）、槽内クーラ、エンジンの冷却器等があり、空気を介して冷却する装置といては、ラジエータ、クーリングタワー等がある。

## け

**計画外水位**（けいかくがいすいい）：洪水時排水計画における排水先の河川水位や潮位であり、排水ポンプ場においてはおおむね、計画基準外水位を採用している。

**計画基準外水位**（けいかくきじゅんがいすいい）：計画排水量を算定するためのよりどころとして採用する計画上の仮想外水位をいう。通常、排水本川の水位が、計画基準外水位のレベルにある状態を考え、内水を安全に排除するように排水計画が策定される。

**計画基準降雨**（けいかくきじゅんこうう）：計画排水量を算定するためのよりどころとして採用する計画上の仮想降雨をいう。通常、計画基準降雨が内部流域にあったとき、これを安全に排除するように排水計画が策定される。

**計画基準洪水**（けいかくきじゅんこうずい）：計画基準降雨をもとに設定した洪水の規模をいう。

**計画基準内水位**（けいかくきじゅんないすいい）：排水計画を作る際、排水の目標とする内水位をいう。計画基準降雨と計画基準外水位の下で、内水位が計画基準内水位を超過しないように排水計画が策定されることが多い。

**計画高水位**（けいかくこうすいい）：河川計画の基本となる計画高水流量から定められた水位で、これをもとに具体的な堤防高や護岸高が決定される。

**計画吸込水位**（けいかくすいこみすいい）：かんがいポンプの設計点実揚程を求める際の基礎となる水位であり、河川又は湖沼を水源とする場合は、取水地点におけるかんがい期のおおむね 10 年確率の渇水位からポンプ場の吸込水槽までの諸損失水頭（スクリーン損失を含む）を差引いた水位とする。

**計画排水量**（けいかくはいすいりょう）：計画降雨や計画洪水のデータを基準に決定される排水量で、受益区域（又は、その内部の特定区域）の内部から外への排水能力の大きさを表す排水量をいう。

**計画吐出し水位**（けいかくはきだしすいい）：吐出し水槽を設置する場合において、かんがい区域内の農地面標高に末端での必要な水頭を考慮し、その地点までの送水損失水頭を加えた値が最大となる吐出し水槽の水位をいう。

**計画用水量**（けいかくようすいりょう）：作付体系に従った用水計画諸元（ほ場の浸透量、蒸発散量、用水方式等）に基づいて

算定される用水水量で、ほ場及び水源からほ場までの送水ロスを加えた水量をいう。

**軽故障**：ポンプ設備の機器制御において、故障発生時に当該機器の運転を停止する必要のない軽度の故障をいい、一般に、故障表示と故障警報までが行われる。

**限界状態設計法**：鉄筋コンクリートの構造物あるいは部材が、破壊等によってその機能を失うかあるいはひび割れや変形によって設計目的を満足しなくなるすべての限界状態の発生に対する安全性を検討する設計法のこと。

**健全度**：機能診断調査の結果から判断される現状の性能レベルの指標をいう。低い状態から高い状態へＳ－１からＳ－５の5段階で表され、対策要否の基準となる。

## こ

**高圧受電**：契約電力が 50 kW 以上、2,000 kW未満の場合の受電方式をいい、通常 6kV、1 回線受電となる。

**高圧電動機盤**：高圧電動機の開閉装置、保護装置等を収納し、盤面に操作スイッチ、状態表示器等を取付けた自立形等の配電盤をいう。

**高架水槽**：高い位置に設置し、その位置エネルギにより低い位置へ水を供給するための水槽をいう。

**更新**：施設あるいは設備全体又は一部を新しいものに取り替えることをいう。

**洪水時最高吐出し水位**：河川又は湖沼に排水口を設ける場合は計画高水位、海に排水口を設ける場合は設計高潮位にポンプ場の吐出し水槽までの送水諸損失水頭を加えた水位をいう。

**洪水時初期吸込水位**：受益区域内に湛水させない排水計画の場合は、計画基準内水位（最低ほ場面標高）から 0.5 m 程度低い水位、湛水を許容する場合は、計画基準内水位（最低ほ場面標高に許容湛水深を加えた標高）から 0.3 m 程度低い水位をもとに、それぞれポンプ場の吸込水槽までの、導水諸損失水頭（スクリーン損失を含む）を差し引いた水位をいう。この水位は、洪水時排水ポンプの運転開始目標水位となる。

**構造解析係数**（$\gamma_a$）：部材の断面力を計算する線形解析において、小さく計算されることを考慮して、設計断面力を大きく求めておくための安全係数　→設計断面力

**構造物係数**（$\gamma_i$）：設計断面耐力と設計断面力に構造物係数（$\gamma_i$）を掛けた値を比較し、1.0より小さければ安全となる。

**高弾性継手**：主として、ディーゼル機関を原動機とする設備で、軸系のねじり振動を吸収するため

に使用される弾性率の大きい値を持つ継手をいう。ディーゼル機関を原動機として計画する場合、使用する回転速度付近に危険回転速度がないように計画する必要がある。この際ねじり振動といわれる共振現象を回避するため、高い弾性を有する軸継手（高弾性継手）を挿入し軸系の固有振動数を変える対策の一つとして用いられる。

**交流整流子電動機**：二次励磁装置によって、整流子を有する回転子に電圧を加え、その電圧を変えることによって速度制御する電動機をいう。

**コーン弁**：弁体を90度回転させて開閉するコーン型の弁をいう。弁開口部が真円で回転する前にわずかに弁体を浮上させてから回転するので、摺動部のスライディングがなく、弁座の摩耗が少ない。

**固体伝搬音**：機器の振動が床や壁等に伝搬し、微震動を発生させる二次放射音をいう。

**ゴム軸受**：水中や粘性の小さい液体中において、摩擦係数が小さく耐摩耗性に優れ、防音、防振性がよく、ゴムの特性を利用した軸受で、主ポンプの水中軸受等に使用される。構造は金属製の円筒物にゴムを直接形成したモールド形とセグメント形があり、すべて軸方向に溝を持ち潤滑水が流れやすく、水の皮膜を形成させる形状となっている。

**固有振動数**：その機器が有する固有の振動数をいう。

**コラム長**：立軸（軸流、斜流）ポンプにおいて、据付床面からポンプ吸込口下端までの長さをいう。

**コンクリートケーシング**：型枠で現地製作するコンクリート製のポンプケーシングをいう。

**コントロールセンタ**：低圧電動機の制御器具（配線遮断器、電磁接触器、押ボタンスイッチ、表示器等）を組合せ、単位回路ごとにユニット化し、閉鎖配電盤に組込んだ装置をいう。

**コンドルファ始動**：電動機の一次側に単巻変圧器を用いた始動装置で、加速中はまず変圧器の二次側中性点を短絡しコンペン始動を行い、次に変圧器の二次側中性点を切り離しリアクトルとして使用し、始動完了後リアクトルを短絡して全電圧を加える方式をいう。

**コンビネーションスタータ**：高圧電動機の開閉に用いられ、電磁接触器と限流ヒューズを組合せた装置をいう。

**コンベンショナルサージタンク**：水撃を軽減する方法の一つである。自由表面を有する水槽であり、水槽から管路へ、あるいは管路から水槽への水の出入によって、管路内の圧力変動を緩和する。機構は単純で動作は確実であるが、設備費は高い。

# さ

**サージタンク**：主ポンプの送水管路において、主に負圧（水柱分離）防止の目的で設置する自由表面を有する水槽で、コンベンショナルサージタンクとワンウエイサージタンクがある。

**サージング**：ある限られた区域内をエネルギが、これを伝播する媒体特有の伝播速度で往復動揺する現象をいう。主ポンプの始動停止時に水槽等に発生するアップサージやダウンサージ、又はポンプ特性が右上がり勾配の特性や送水管路内の途中に空気溜りのあるような場合に発生する。

**サイクロンセパレータ**：流入速度を利用して流体を旋回させ、その遠心力によって液体中の異物を分離させ取除く装置をいう。

**最高実揚程**：かんがいポンプにおいては、最高吐出し水位と最低吸込水位との差、洪水時排水ポンプにおいては、洪水時最高吐出し水位と最低吸込水位との差、常時排水ポンプにおいては常時最高吐出し水位と最低吸込水位との差をいう。

**最高吸込水位**：かんがいポンプにおいては、河川等の水源取水地点において考えられる最高の水位をいい、排水ポンプにおいては排水地区内における既往の最高湛水位、又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位でありポンプ場地点で考えられる最高の水位をいう。

**最高湛水位**：地表排水が完全に行われないため、停滞状態の水で覆われることを湛水といい、湛水状態で最も高い水位をいう。

**最高吐出し水位**：かんがいポンプの最大揚水量時において、主ポンプ、吐出し水槽、送水路等の設備能力から考えられる最高の吐出し水位をいう。

**最低外水位**：河川の最低水位をいうが、一般に吐出し水槽に接続する送水路（吐出樋管）の敷高とする。外水条件から考えられる最低の水位が敷高より高い場合は、これを最低外水位とする。

**最低実揚程**：最低吐出し水位と最高吸込水位との差をいう。

**最低吸込水位（LWL）**：かんがいポンプにおいては、河川等の水源取水地点における既往の最低水位（又は、将来予想される最低水位）から吸込水槽までの諸損失水頭を差引いた水位、また、排水ポンプにおいては、主ポンプの運転を継続できる最低の水位をいう。

**最低吐出し水位**：かんがいポンプにおいては、最少揚水量時に送水路壁高等の構造から考えられる最低の吐出し水位をいい、排水ポンプにおいては吐出し水槽に接続する送水路（吐出樋管）の敷高をいう。なお、外水条件から考えられる最低の水位が、これより高い場合にはこれ

を最低吐出し水位とする。

**最低ほ場面標高**：受益区域内の最低レベルのほ場敷高をいう。

**サイホン**：液体が充満している逆U字形管路において、最高点の圧力が大気圧以下になっている状態をいう。

**サイリスタ**：微弱な電流で大電流を入・切できる半導体素子のことをいう。

**材料係数（$\gamma_m$）**：コンクリート（$\gamma_c$）と鋼材（$\gamma_c$）がある。材料強度の特性値（$f_k$）をこの値で割って、材料強度が小さく変動した時のことを考慮して、材料の設計強度（$f_d$）を求めるための安全係数。→　材料の設計強度

**材料の設計強度（$f_d$）**：構造物の安全性の照査において耐力について照査する際に求める。

$f_d = f_k / \gamma_m$　→　材料係数

**３Ｅリレー**：電動機保護用継電器の一種で、過負荷、欠相、反相を検出する継電器をいう。

**サンドセパレータ**：水中に混入した土砂を沈殿分離する装置をいう。

## し

**ＣＯＳ**：Change Over Switch の略。2つ以上の回路の切換えを行う制御スイッチのことをいう。

**シーケンス制御盤**：あらかじめ定められた順序に従って各段階を逐次進めて行く制御をシーケンス制御といい、その制御機能を有する盤のことをいう。

**ＣＣＴＶ（＝工業用テレビ）**：監視カメラともいわれ、カメラとモニタの組合せにより離れた場所の状況を視覚的に監視するために用いられる。

**$GD^2$値**：はずみ車のように物体が現在の状態を持続しようとする性質を慣性といい、回転体のはずみ車効果を$GD^2$という。主に水撃作用検討時に用いられる。

**自家用発電機（設備）始動時電圧降下**：始動時に大きな電流が流れ、発電機端子に瞬時に電圧降下が生じる現象をいう。電圧降下が過大になると制御機器が損傷したり、電動機が始動不能になることがある。

**自家用発電機（設備）始動時負荷容量**：始動容量最大の負荷を最後に始動する場合、既に運転中の負荷と併せて発電機の負荷は最大となるが、この時の負荷容量をいう。

**自家用発電機（設備）常時負荷容量**：同時に運転する機器の各負荷の電動機出力及び同時に使用さ

れる照明電源、制御電源等を合計して求める負荷容量をいう。

**時間計画保全（TBM）**：予定の時間計画（スケジュール）に基づく予防保全の総称で、予定の時間間隔で行う定期保全と設備や機器が予定の累積稼働時間に達したときに行う経時保全に大別される。

**仕切弁**：弁体が流体の流路を垂直に仕切って開閉を行う弁の総称をいう。

**軸受許容スラスト荷重**：軸受にかかる荷重の負荷方向は、ラジアル（径）方向とスラスト（軸）方向があり、軸受には固有の許容負荷荷重があるが、スラスト（軸）方向のものを軸受許容スラスト荷重という。この値は、主ポンプが発生するスラスト荷重を上回っている必要がある。

**軸動力（特性）**：原動機がポンプ軸に伝達する動力をいい、主ポンプによって揚液に与えられた動力（水動力）とポンプ内部で生じる各種損失（漏水損失、摩擦損失等）動力を加えたものをいう。横軸に吐出し量、立軸に軸動力をとってグラフに表したものが軸動力曲線で、主ポンプの *Ns* により軸動力特性は異なる。

**軸封水**：外気の侵入・軸スリーブの摩耗等を防ぐと共に軸貫通部の冷却を目的とした水をいう。

**軸封装置**：主軸がケーシングを貫通する箇所において、外部への液漏れや空気の吸込みを防止する装置をいう。パッキン、メカニカルシール等が使われる。

**軸流ポンプ**：インペラから吐き出される流れが主軸と同心の円筒面内にあるポンプをいう。インペラの揚力作用によって水に圧力エネルギと速度エネルギを与え、水はポンプの主軸と平行にインペラに流入して同じ方向に流出することから、軸流ポンプという。

**始動空気槽**：空気圧縮機により圧縮された高圧空気を一時的に貯留し、内燃機関の始動時に高圧空気を供給するタンクをいう。

**始動時電圧降下**：電動機の始動時には定格電流の数倍の電流が流れるが、その始動電流によって生じる過渡的な電圧降下をいう。この電圧降下率が大きいと、主ポンプの始動が不可能となったり既に運転している電気機器に悪影響を及ぼすおそれがある。

**始動渋滞**：原動機等に始動指令を与えたにもかかわらず、保護装置その他に異常が発生し、原動機が規定回転速度まで立ち上がらず途中で停止してしまう状態をいう。

**始動条件**：機器が安定した連続運転を行うために、始動する際の必要な条件をいう。

**始動電流**：電動機の始動時に流れる電流をいう。かご形誘導電動機の場合、定格電流の5～9倍の大きさをもつ電流が流れる。

**始動トルク**：原動機の始動の際に回転軸で利用できるトルクをいう。発生トルクから摩擦トルクを除いたもので、これが負荷の要求トルクより大きい場合に始動できる。負荷側のトルクに対して十分な余裕を持つことが必要である。

**始動方式**：電動機においては全電圧始動のほか、始動電流を軽減させる減電圧始動や二次抵抗始動等がある。内燃機関においては、セルモータ始動、エアモータ始動及び直接空気始動がある。

**始動用抵抗器**：巻線形誘導電動機の始動電流を制御する目的で、始動時に、電動機の二次回路に挿入する抵抗器をいう。

**遮断器**：通常状態の電路のほか、短絡状態や過負荷状態の電路も開閉し得る機器をいい、真空遮断器、ガス遮断器、油遮断器、気中遮断器等の種類がある。

**斜流ポンプ**：インペラから吐き出される流れが、主軸の中心線を軸とする円すい面内にあるポンプをいう。インペラの遠心力及び揚力作用により、水に圧力エネルギと速度エネルギを与えるもので、水はポンプ軸に対し、平行方向からインペラへ斜めに流入し斜め方向へ流出するので斜流ポンプと呼ばれている。

**集中監視制御**：ポンプ場の各機器を操作室から集中して監視制御する方式をいう。なお、複数のポンプ場を、テレコン・テレメータ装置を用いて中央管理所の操作室から集中して監視制御する方式もある。

**主　桁**：ゲート等の主要部材の一部をいう。必要な水密性を保つために、全水圧を各桁が合理的に分担し、所定の強度、剛性をもった梁をいう。クレーンの場合、主桁はガータとも呼ばれ、巻上装置やクラブ（巻上装置を移動させる台車）は、この主桁に支えられ移動する。

**手動式チェンブロック形天井クレーン**：主桁のＩ形鋼にギヤードトロリーチェンブロックを取付け、天井を横行・走行させる手動式クレーンをいう。

**手動式トロリー形天井クレーン**：主桁の上部にトロリーを搭載し、横行・走行させる手動式のクレーンをいう。

**主変圧器**：電力会社から受電した電圧を負荷設備で使用するのに適した電圧に降圧する機器をいう。

**状態監視保全（CBM）**：運転中の設備の状態を計測装置などにより観測し、その観測値に基づいて保全を実施する予防保全方式をいう。

**床版荷重**：ポンプ場の建屋等を設計するために必要となる荷重で、床版にかかる機器の荷重をいう。

**初期潤滑油ポンプ**：機器の始動前にピストン摺動部や軸受及び歯車等へ潤滑油を供給し油膜を形成するためのポンプをいう。

**自動運転制御**：一般に始動操作が完了した後、自動的に運転回路が投入され、運転状態の変化によって制御装置からの指令を受けて、機器の運転、停止あるいは弁開度や回転速度の調整等が自動的に行われる制御をいう。

**自動制御**：目的に合うように装置を操作するとき、機械装置や電気装置等を用いて人手を使わずに目標値に保つよう自動的に行わせる制御のことで、定量的自動制御（フィードバック制御やフィードフォワード制御等）と定性的自動制御（ON-OFF 制御、シーケンス制御及び水位制御等）がある。

**重故障**：重要部分の故障であり、直ちに主ポンプの運転を停止させる必要のある故障をいう。

**受電設備**：引込線から受電用遮断器までの電気工作物をいう。

**受電電圧**：電力会社から供給を受ける電気の受電電圧は、電力会社と協議して定めた契約電力により決定され、各電力会社の電気供給約款で定められている。

**受電方式**：電力会社から電気の供給を受ける場合の方式で、1 回線方式、2 回線方式、ループ受電等の種類がある。

**受電用遮断器**：電路に短絡事故や過負荷事故等を起こしたとき、極めて短時間のうちに健全な電源から事故回路を自動的に切離すために使用される機器をいう。

**受電盤**：引込口から変圧器一次側までの受電回路の監視・制御・操作に必要な機器を取り付けた盤である。

**受配電盤**：受電及び配電をつかさどる配電盤をいい、引込盤、受電盤、変圧器盤、電動機盤、制御盤、コントロールセンタ等の総称として用いる。

**受変電設備**：電力会社の送配電線から受電し、主要負荷に給電するための設備をいい、受電用断路器、受電用遮断器、主変圧器等で構成される。

**潤滑水**：主ポンプの水中軸受部分の潤滑を行う水のことで、主ポンプ自身の揚水で行う場合と外部水源で行う場合がある。

**常時計画吐出し水位**：排水ポンプにおいて、河川又は湖沼に排水口を設ける場合は平水位、海に排水口を設ける場合は平均潮位をいい、吐出し水槽までの送水諸損失水頭を加えた水位とする。

**常時最高吐出し水位**：常時排水ポンプの運転上限目標水位で、河川又は湖沼にあっては豊水位、海

にあっては大潮平均高潮位を目安とする。

**常時実揚程**：かんがいポンプにおける常時吐出し水位と常時吸込水位との差をいい、主ポンプの運転経費等の検討に用いられる。

**常時初期吸込水位**：常時排水の計画基準内水位（一般には、ほ場の汎用化等の土地利用計画、作付作物等に応じた地下水管理に必要な水位として最低ほ場面標高から0.5～1.0m程度の低い標高）からポンプ場の吸込水槽までの導水諸損失水頭（スクリーン損失水頭を含む）を差し引いた水位をいう。

**常時吸込水位**：かんがいポンプにおいて、かんがい期間中の河川の平水位等による平均吸込水位のこと。

**常時吐出し水位**：かんがいポンプにおいて、かんがい期間中の平均揚水量時における吐出し水位をいう。

**除じん機**：用水ポンプ場や排水ポンプ場において、吸込水路のスクリーンへ流着する塵芥が主ポンプの運転に支障をきたさないために塵芥を掻き揚げる機械装置をいう。

**状態表示**：機器の作動状況をカラーランプの点滅や画面上に表した記号等により表示することをいう。

**真空破壊弁**：主ポンプの吸込水槽の水面が主ポンプより低い位置にあるとき、主ポンプを停止するとケーシング内部の圧力が大気圧以下となるため、外部からケーシング内部へ空気を導入して水を落とすための弁をいう。

**真空ポンプ**：吸上げ式の横軸ポンプを始動させるには、主ポンプのケーシング内に水を呼び水させる必要があり、そのために抽気するポンプをいい、乾式と水封式がある。

## す

**吸上げ（式）**：吸込水位より高い位置に主ポンプが設置される方式で、始動時に呼び水操作が必要となる。

**吸込実揚程**：ポンプ基準面から吸水槽水位までの高さをいう。吸上げの場合は―符号、押込みの場合は＋符号とする。具体的には下記となる。
横軸ポンプ：吸込水位から主ポンプインペラ入口上端までの高さ
立軸ポンプ：吸込水位から主ポンプインペラ入口外周端までの深さ

**水位計**：水槽や水路の水位を測定するための計器で、電極式、フロート式、投込加圧式、超音波式

等の形式がある。

**水撃作用**：送水管において、何らかの原因で管内流速が変化した場合、水の慣性力により管内圧力が過渡的に変動する現象をいう。

**吸込性能**：ポンプが水を吸上げる能力をいう。吸込比速度（＝$S$）が大きいほど、吸込性能がよく、キャビテーションに対し、よい条件となるため、ポンプの回転速度を高くとることができる

**吸込比速度（＝$S$）**：ポンプの吸込性能を表す定数で、ポンプの設計点における吐出し水量、要求正味吸込水頭及び回転速度から決まる数値のこと。

**吸込ベンド形**：コンクリートケーシングの大型ポンプにおいて、ベンド形をした吸込ケーシングの形状をいう。

**吸込揚程**：吸込揚程は、吸込実揚程と吸込全揚程に分類され、吸込実揚程は吸込水位からポンプ基準面までの高さをいい、吸込全揚程は吸込実揚程に吸込管損失水頭を加えたものをいう。通常、吸込揚程は吸込全揚程をいう場合が多い。

**吸込余裕水頭**：利用できる有効吸込水頭の算出時にみる余裕水頭で、ポンプ計画時の想定運転点と初期運転時の運転点がずれることが多いため、一般に 0.5ｍ程度の余裕を見込む。

**水柱分離**：停電等でポンプ動力が遮断した後、管路状態（特にサイホン状態）によっては、その一部に著しい負圧が生じ管路内の水柱が分離する現象をいう。

**水中モータポンプ**：電動機の軸端にインペラを取付け、水中に潜没させて使用することを目的とした形式のポンプで、一般には立軸で使用されている。

**推定末端圧制御**：受益地域の需要端を代表する送水管路の一点の圧力を、常に規定圧力に維持するように主ポンプを制御する方式をいう。圧力は直接測定するのではなく、主ポンプの吐出し側に設置した流量計で計測する流量から代表点の圧力を間接的に推定して制御する。

**スキップホイスト**：ベルト・コンベヤやトラッシュカで運ばれて来る塵芥を大型のバケットで受け、フレームに沿ってほぼ垂直に上昇しホッパに投入したり、トラックに積載させるもので、傾斜コンベヤに比べ敷地を要しないが、長大物の処理には適さない。

**スクリーン**：水中の大形浮遊物が主ポンプ内に流入するのを防ぐために、吸込水槽や沈砂池の上流側に設けられる格子状の設備をいう。

**人Δ始動**：電動機の外部から、三相誘導電動機の固定子巻線を始動時にスター（人）結線、運転時はデルタ（Δ）結線とする減電圧始動方式の一つをいい、小型、中型以下の機器では最も一

般的な始動方式であり、オープンタイプとクローズドタイプがある。始動時は固定子巻線を人結線として巻線各相に加わる電圧を1/$\sqrt{3}$ に減圧し、 加速後 Δ 結線として運転する方法で、 始動電流とトルクは直入始動の1 /3 となる。なお、オープンタイプの場合、スター（人）結線からデルタ（Δ）結線への切換時に瞬時的に突入電流が流れる。これを防止する方法としてクローズドタイプがある。

**ストックマネジメント**：日常の管理による点検・変状の把握、定期的な施設の機能診断、施設の性能低下の要因と状況を把握、補修・補強・更新の適時適切な対策工事（施設の機能保全）を継続的・効率的に実施することを通じて、施設の有効活用や長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減する取組。

**スライドゲート**：構造が簡単であり小形ゲートに多く使用される。一般に扉体は金属製の水密面をスライドさせて開閉を行い、戸当たりはコンクリートに埋込まれ、支圧板（水密板）で扉体の水圧荷重を受けると共に、水密を保つ構造となっている。

**スラスト（荷重、力、支持、軸受）**：荷重、力の作用方向で軸と直角の方向をラジアルスラスト、軸方向をアキュシャルスラストと呼ぶ。そのスラスト荷重を支える軸受がスラスト軸受である。
ポンプの場合、インペラ前後の圧力差によって後面から前面方向に力が作用する。これを水力スラストと呼んでいる。

## せ

**制御用抵抗器**：巻線形誘導電動機の速度制御を目的とした抵抗器で、二次抵抗値を制御することにより行い、金属抵抗器と液体抵抗器の２種類がある。

**静止セルビウス制御**：サイリスタインバータを用いて誘導電動機の二次電圧を制御することにより速度制御を行う方式をいう。電動機の二次電力を電源側に返還するため総合効率が優れている。

**絶　縁**：電動機の電気の伝わりにくさを示す用語で、電気機器の安全性を示す重要な特性である。JIS C 4030において、絶縁の種類が定義されており、その耐熱特性によりY種（90 ℃）、A 種（105℃）、E 種（120℃）、B 種（130℃）、F 種（155℃）、H 種（180℃）、C 種（180℃超）に分類されている。なお、（ ）値は最高許容温度を示す。

**絶縁（抵抗）**：機器又は導体を不導体で支え、あるいは取囲み、電荷の出入が生じないようにすることを絶縁といい、この絶縁物の示す電気抵抗を絶縁抵抗という。

**設計荷重**（$f_d$）：構造物の安全性の照査において断面力について照査する際に求める。

$f_d = \sum \gamma_f \psi F_k \rightarrow$ 荷重係数

**設計高潮位**：海岸堤防の高さ（標高）等の決定や、その構造物の安定計算に用いられる潮位で、既往最高潮位か又はさく望平均満潮位に既往の最大潮位偏差を加えた高さとされる。

**設計断面耐力**（$R_d$）：材料強度により構造物や部材断面が耐えうることのできる強度。設計曲げ耐力、設計せん断力など。構造物の安全性の照査において耐力について照査する際に求める。

$R_d = R(f_d) / \gamma_b$　→　部材係数

**設計断面力**（$S_d$）：その構造物に作用するあらゆる荷重を想定し、その荷重により構造物や部材断面に生じる力。設計曲げモーメント、設計せん断力、設計軸方向力など。構造物の安全性の照査において断面力について照査する際に求める。

$S_d =$　$\gamma_a S(F_b)$　→　構造解析係数

**設計点実揚程**：かんがいポンプにおいては計画吐出し水位と計画吸込水位との差、洪水時排水ポンプにおいては洪水時外水位のピーク水位と内水位との差に導水路及びスクリーン損失水頭と送水路諸損失水頭を加えた値、さらに常時排水ポンプにおいては常時計画吐出し水位と常時初期吸込水位との差をいう。

**設計点全揚程**：設計点実揚程に主ポンプの配管損失水頭（立軸ポンプの場合は吸込管損失水頭が不要）を加えたものをいい、計画全揚程ともいう。

**設計点吐出し量**：かんがいポンプにおいては期別に計画最大用水量を確保する必要があるため、一般に台数割り決定における用水変動域の１台当たりの各分割幅のうち最大用水量を、また、常時排水ポンプにおいては、台数割り決定における排水量変動域の１台当たりの各分割幅に該当する計画排水量の平均値をいう。

**接　地**：感電防止や過大電流による機器の保護を目的として、電気機器と大地とを所定の抵抗値以下で接続することを接地（アース）といい、機器や回路の種類により、A種、B種、C種及びD種に分類されている。

**セラミックス軸受**：セラミックスは耐摩耗性、耐高熱性に優れており、この特性に着目して開発された軸受である。

**０－０運転**：吸込水位（内水位）と吐出し水位（外水位）とが同水位状態、すなわち、実揚程が“無い”状態での運転をいう。特に、排水ポンプ場では、このような運転状態があるので、吸込性能にとって最も厳しい「0－0 運転」時においてキャビテーションが発生しない設備を計画することが重要である。

**全電圧始動**：電動機端子に定格電圧の電源電圧を直接に加える始動方式で、直入れ始動ともいう。

## そ

**増圧中継ポンプ（場）**：送水圧力を増大させることを目的として、送水管路の途中に設けられたポンプ場で、分岐管水槽方式、直接加圧方式及び分離形二段方式がある。

**操作室**：運転状態の監視及び操作を行う部屋のことで、ポンプ場内に設置される中央操作室や、ポンプ場から離れた遠方にある中央管理所等に設置される遠方操作室がある。

**操作盤**：機器を操作する盤をいう。ポンプ場の操作室には中央操作盤を、ポンプ駆動用原動機及び各補機の機側には機側操作盤をそれぞれ設け、中央操作盤及び機側操作盤には状態表示のための計器類と開閉器がそれぞれ設けられる。

**操作方式**：主ポンプと補機を個別に操作する方式を単独操作、主ポンプの運転指令で主ポンプと補機が連動して動作する方式を連動操作という。また、操作員が単独あるいは連動で機器の始動・停止スイッチを操作する方式を手動操作、制御装置により自動的に機器の始動・停止が行われる方式を自動制御という。

**相対風量**：主ポンプ及び主配管内の容量を吸上高さに応じて求めた空気量をいう。

**槽内クーラ**：吐出し水槽あるいは吸込水槽内に熱交換器を設け、内燃機関や減速機の一次冷却水を水槽内の水で間接冷却する装置をいい、冷却水系統の簡素化を図るために用いられる。

**速度制御（装置）**：原動機等の回転速度を任意の回転速度にする方法をいう。

## た

**ターボポンプ**：インペラをケーシング内で回転させ、液体にエネルギを与える機械をいう。遠心ポンプ・斜流ポンプ・軸流ポンプ等の総称である。

**第１種機械換気**：強制給排気方式のことをいい、給気側と排気側に専用の換気扇を持つ方式で最も確実な換気ができる方式で、室内圧は、任意に調整できる。

**第２種機械換気**：強制給気方式のことをいい、給気用換気扇を持ち、排気は排気口から押し出す方法で、外気取入れが確実にできる方式で、室内圧は正圧であり、室内の空気が外へ漏れて困る場合には適さない。

**第３種機械換気**：強制排気方式のことをいい、排気用換気扇を持ち、給気は給気口から自然に吸い込む方法で、室内圧は負圧となるので、室内の臭気が外に漏れて困る場合に有効である。

**耐震設計**：構造物を地震から安全に守ることを配慮したために計画的に配慮する設計をいう。現在、耐震設計法には、①震度法、②動的解析法、③地震時保有水平耐力法、④応答変位法、⑤免震設計法等がある。

**台数制御**：複数の主ポンプの運転台数を制御する方式をいう。制御方式は簡単であるが、制御量は段階的変化となる。その他に弁開度制御、回転速度制御、羽根角度制御等がある。

**高潮浸水想定区域図**：高潮のシュミレーションから想定される、沿岸の浸水域と浸水深を示した地図をいう。都道府県によって作成され、ホームページ等で公開されている。高潮発生時の避難経路や避難場所まで示した図は、高潮ハザードマップと呼ばれている。
→ハザードマップ、津波浸水想定図

**立軸ポンプ**：軸形式が垂直のものを立軸ポンプといい、その他に横軸及び斜軸の軸形式がある。立軸ポンプは占有面積が小さく、呼び水作業が不要等の長所がある反面、分解作業が面倒で設備費は高価となる等の短所がある。

**たわみ管継手**：取付け部分がある程度たわみ得る管継手をいう。基礎の不同沈下等管路に働く力の軽減対策又は既設配管間の接続に使用する。

**単線結線図**：配線、電気機器等の電気的つながりを、相数や配線及び相互の位置関係に関係なく1 本の線で表した図面をいう。

**単独操作**：主ポンプの運転に必要な補機や吐出し弁等の操作を主ポンプと連動させないで、それぞれ単独に操作し、各機器の動作を確認しながら運転する方式をいう。

## ち

**中央監視制御**：受電設備やその他の設備装置、又は機器を1カ所で監視、運転、制御、記録等を行うことをいう。

**中央監視盤**：遠隔操作室又は遠方操作室に設置され、水位、雨量等の計測データを表示し監視するための盤をいう。

**中央操作**：運転操作の主体を、ポンプ場内に設けられた監視室等から遠隔で操作する方式である。

**中央操作盤**：運転操作の主体を、ポンプ場内に設けられた監視室等機器の据付位置から離れた場所に設置し、機器の操作を遠隔で行う盤をいう。

**チューブラポンプ**：主ポンプ、減速機及びモータを円筒状（チューブ状）のケーシング内に納め、外筒と内筒の間を流体が通過する構造のポンプをいう。比較的中・低揚程の場合に使用さ

れる。

**直接冷却方式**：小規模設備や清水が必要量得られる場合に採用され、冷却水槽には水道水や井戸水を貯水し、貯水容量や運転時間との関係から循環使用又は一部放水、全量放水等の方式がとられ、クーリングタワーを設ける場合もある。

**直属補機**：主ポンプ1台に対応して使用される補助的な役割を行う機器をいう。主ポンプ自体が危険分散を考慮している場合をいい、一般に予備は設けない。

**直流電源装置**：整流器で交流電源を直流に変換し、蓄電池を充電状態に保つと共に、制御回路、故障回路、ディーゼル機関の始動セルモータ、停電時の非常灯等に直流電源を供給するための装置をいう。

**直交軸傘歯車減速機**：立軸ポンプを駆動する原動機の出力軸が横軸の場合、伝達軸の方向を直角に変換し、かつ原動機の回転速度を主ポンプとして必要な回転速度まで減速を行う装置をいう。

**地　絡**：導通部が事故によって大地又は接地金属と導通することをいう。

**沈砂池**：河川等からかんがいを取入れる場合、かんがいと共に流入する有害な土砂礫を沈澱除去するための施設をいう。

## つ

**通常事後保全（PBM）**：管理上、予防保全を実施しないと決めた機器・部材等の性能低下に対する処置をいう。

**津波浸水想定図**：津波のシュミレーションから想定される、沿岸の浸水域と浸水深を示した地図をいう。都道府県によって作成され、ホームページ等で公開されている。津波発生時の避難経路や避難場所まで示した図は、津波ハザードマップと呼ばれている。
→ハザードマップ、高潮浸水想定区域図

## て

**低圧受電設備**：契約電力50kW未満の場合、3相3線200Vを低圧動力用として単相3線100V/200Vを照明電源用として受電する方式をいう。

**低圧照明用変圧器盤**：低圧200Vあるいは400Vを単相100Vあるいは200Vに降圧して照明電源を供給するための変圧器を低圧照明変圧器といい、それを収納する盤を低圧照明変圧器盤という。

**低圧動力用変圧器盤**：高圧から 400 V あるいは 200 V に降圧して低圧動力電源を供給するための変圧器を低圧動力変圧器といい、それを収納する盤を低圧動力変圧器盤という。

**低水位（量）**：年のうち、275日はこれを超える水位（流量）をいう。

**ディスプレイ装置**：監視、操作、管理のため画面上に図形、文字、画像等を表示する装置でCRT、液晶パネル、プラズマパネル等がある。

**ディーゼル機関**：シリンダ内空気の高圧縮化により、空気は燃料の発火温度に達し、この中へ燃料噴射を行い、燃料の発火・爆発作用によって、ピストンは往復運動を行う、これがクランクを介しシャフトは回転運動を行う。このような動作原理の内燃機関をディーゼル機関という。

**定置式機械除じん機**：ポンプ場の吸込側水路の各水路に設置され、レーキ等により連続又は間欠して塵芥を掻き上げる形式の除じん機で、塵芥が連続、かつ多量に流入する場合に適する。

**ディフューザポンプ**：遠心ポンプでインペラの吐出し側にガイドベーン形のディフューザをもつポンプをいい、その外側にボリュートがあっても、このように呼ぶ。

**低脈動（ポンプ）**：圧力脈動を低くする対策が施されたポンプのことで、ケーシングの巻始めにスキューを設けることや両吸込形の場合、インペラの左右の羽根の位置の位相をずらすこと等の処理が図られている。

**手掻き除じん**：電動やその他の動力源によらず、人力で掻き上げて除じんする方式をいう。

**テレコントロール**：遠隔地にある機器を操作するために用いる信号伝送装置をいう。機器の監視も同時に行う必要性からテレメータと組合せて用いる。

**テレメータ**：遠隔地にある機器の運転状態や計測値等を監視するために用いる信号伝送装置をいう。

**展開接続図**：設備、装置及び機器の動作を各構成要素の物理的寸法、形状及び配置に関係なく、機能を中心として電気的接続を展開し、記号により表現した図面をいう。

**電気工作物**：発電、変電、送電、配電又は電気使用のために設置される施設、機械器具、電線路等の総称であり、電気事業法第 2 条第 1 項に定める機械的に加工し、組立てて作った物である。

**電気主任技術者**：電気事業法に基づいて自家用電気工作物の工事・維持及び運用に関する保安の監督を行う、主任技術者免状の交付を受けている者をいう。

**電極式水位計**：水位計の一つで、原理は液面の上部から 2 本以上の電極を挿入し液位の上下に伴って

液面の接触・非接触により電極間の電圧をオンオフ信号として検出する水位計をいう。

**点検整備**：設備の異常ないしは損傷の発見、機能の良否の判定のために実施する目視、計測、振動テスト及びこれらの記録をいう。整備とは、損傷予防のため、又は点検の判定結果に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂、部品交換、修理等の作業並びに記録をいう。

**電磁接触器**：負荷電流あるいは過負荷電流を遮断する機能を有する機器をいう。遮断方式の違いにより真空電磁接触器と気中電磁接触器がある。

**電磁弁**：電磁力によって弁体を開閉し、管路内の流体を制御（通水又は遮断）することができる弁をいう。

**電動式ダブルレールホイスト形天井クレーン**：電動ホイストを用いた天井クレーンの一形式であって、横行のガータは吊上げ容量からダブルガータ（両ガータ上にレールがある）とし、走行レール面から建屋梁下までの高さは、電動式トロリー形より低くできる。

**電動式トロリー形天井クレーン**：重荷重用に用いる天井クレーンの一形式であって、ダブルガータ上に電動吊上げ装置を取付けたトロリー台車が横行する天井クレーンをいう。

**電動ボール弁**：弁体は球状で、流水用の孔が空けられており、通水又は遮断（止水）は弁体が90度回転することにより行われる弁をいう。

## と

**同期速度**：電動機の極数と電源の周波数から次式によって決まる回転磁界の速度をいう。

$N = 120f/P$　$N$：同期速度（$\mathrm{min}^{-1}$）　$f$：電源周波数（Hz）　$P$：電動機の極数（偶数）

**同期電動機**：回転子が、三相交流電源によって生じる回転磁界に同期して回転する電動機をいう。また、定格回転速度は同期速度に等しい。

**動水勾配**：管路の一点にガラス管を立てると水はその点の圧力ヘッドに相当する高さまで上昇する。管路に沿ってこの水面を連ねた線を圧力ヘッド線又は動水勾配線という。

**動力伝達装置**：主原動機から主ポンプへ動力伝達を行う歯車減速機、クラッチ、流体継手、軸継手等の総称として用いる。

**特性値**：荷重の特性値（$F_k$）と材料強度の特性値（$f_k$）がある。荷重の特性値は平均値より高く、上回ることがほとんどないと考えられる荷重の大きさとし、材料強度の特性値は平均値より低く、下回ることがほとんどないと考えられる材料強度の大きさとする。

**特別高圧受電**：契約電力2,000kW以上の場合の受電方式で、ポンプ場においては20kV、30kV、60kV等の受電電圧が採用される。受電方式には、1 回線受電方式、2 回線受電方式、ループ受電方式等の種類があり、受電形態には、開放式、キュービクル式及びガス絶縁式がある。

**トップランナー制度**：地球温暖化防止の一環として、エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律（改正省エネ法　2013年11月）が施行され、その中で特に民生部門や運輸部門のエネルギーを多く使用する機器ごとに省エネルギー性能の向上を促すための基準値（トップランナー基準）が設けられた。トップランナー制度はそれら機器の省エネルギー化を図るための制度であり、市場に出ている同じ商品の中で、最も優れている製品の性能レベルを基準にして、その基準以上（トップランナー）を目指すもの。基準に達しない製品を企業が正当な理由無く販売し続けた場合、社名を公表、罰金を科すこともある。ポンプ施設に関連する製品としては、下記がある。

1）電動機：カゴ型三相誘導機、1000V以下、0.75kW以上375kW以下、２極４極６極が対象

プレミアム効率 IE3 相当

水中ポンプは対象外

2）変圧器：600Vを越え、7000V以下で交流の電路を使用する変圧器が対象

二次電圧が 100V 以上 600V 以下

油入変圧器、モール度変圧器

**トラッククレーン**：下部走行体の走行部にタイヤを使用した自走クレーンであって、一般に下部走行体及び上部旋回体にそれぞれ運転室をもち、走行操作を下部走行体の運転席から行うものをいう。

## な

**内燃機関**：燃料を燃焼させて得るエネルギを機械エネルギに変換する機械であり、サイクルや燃料の種類によりガス機関、ガソリン機関、ディーゼル機関及びガスタービン等に分類される。

## に

**２回線受電（方式）**：特別高圧又は高圧受電方式の一つ。電力会社から常用、予備の 2 回線で受電する方式で、片方の送電系統が故障した場合でも他方の健全な系統に切替えることにより、停電を防ぐことが可能となる。

**二軸式ガスタービン**：一つの軸がコンプレッサ（圧縮機）とこれを駆動するガスタービンで構成され、他方の軸に燃焼器で生じた高温高圧のガスで駆動される出力タービンを取り付けたものである。出力タービンの回転速度が小さいほど、出力軸のトルクが大きくなる特性を有しているので、クラッチが無くてもポンプを始動でき、かつ、回転速度制御が可能である。

**二床式**：立軸ポンプにあって、主ポンプと主原動機とを上下異なる 2 つの床に据付ける据付床形式をいう。

**二次短絡運転**：巻線形誘導電動機を運転する場合、二次抵抗始動において抵抗値が最小となった後、二次抵抗を短絡して最高速度で運転すること。電動機本体のブラシを引上げて短絡する方式と、二次抵抗器側で短絡する方式がある。

**二次抵抗**：巻線形誘導電動機の始動電流を少なくするために、電動機の二次回路に可変抵抗を挿入する方式である。始動時に全抵抗を挿入し、速度上昇とともに抵抗を減少するものである。

**二段揚水（ポンプ）**：ポンプ場と上池との高低差が大きい場合、一気に揚水すると、揚程が非常に高くなり、パイプの耐圧強度が規格管で間に合わないことがあるため、中間地点に配水槽等とポンプを設け、二段階で揚水する方式をいう。

## ね

**ねじり振動**：ディーゼル機関の各気筒燃焼時に、クランク軸にねじる力が加わる強制振動軸系とクランク軸、伝達軸及び被動機軸系の自由振動軸系において、両者の振動周波数が一致した場合、危険回転速度となり軸系が共振状態となる。この時に発生する過大な振動をねじり振動という。

**年平均水位**：1年間日平均水位の平均値をいう。

**燃料移送ポンプ**：燃料貯油槽からその燃料小出槽に燃料を供給するための歯車形式のポンプをいう。

**燃料小出槽**：内燃機関に供給される途中の高い位置に少量の燃料を貯蔵する油槽をいう。一般に燃料貯油槽から燃料移送ポンプで補給され、全台の内燃機関を2時間以上運転できる容量の油槽が設置される。

**燃料消費率**：内燃機関に使用される燃料油の馬力・時間当たり消費量を表す単位。単位：kg/kW･h

**燃料貯油槽（貯蔵槽）**：主ポンプや発電機を駆動する内燃機関の燃料を貯蔵する油槽で、屋外式と屋内式があり、また、地上据置式と地下埋設式がある。

## の

**農事用電力**：主として、米麦栽培用のための農事用かんがい・排水及び脱穀調整用等の電力需要に適用される料金体系をいう。その他は、農事用のために使用されても農事用電力としては取扱われない。

# は

**排水解析**：排水施設系の流況再現を主とする解析であり、地区の末端低位部に貯水池を仮想し、湛水面は水平として連続の式から水位ハイドログラフを求めることをいう。

**排泥管**：送水管路の土砂や泥土を排除するために、管路途中の低位部や主ポンプ吐出し管の下部等、管路内の水が完全に排水できる位置に設置される配管をいう。

**配電盤（設備）**：引込口の近くに配線の接続、分岐のための盤又は箱をいい、一般に保安装置を内蔵する。遮断器、開閉器、導体等の主回路機器及び計器、ランプ、スイッチ等の器具あるいはリレー、変換器等の制御回路を金属製の箱体に収納、取付けた装置の総称をいう。

**配電用変電所**：送電系統を通じて構外から伝送された電気を構内に設置した変圧器、発電機、回転変流器、整流器その他の機械器具により構成し、さらに各需要家に配電する変電所をいう。

**ハイドログラフ**：河川の任意の地点において、流量の時間的変化を示すグラフをいう。

**歯車減速機**：歯車機構を用いて、主原動機の回転速度を減速し、主ポンプ等の被駆動機へ動力を伝達する装置をいう。

**歯車減速機搭載型立軸ポンプ**：立軸軸流ポンプ及び立軸斜流ポンプの吐出しエルボに歯車機構を搭載して、主ポンプと主原動機の据付床を同一にするため入力軸を主ポンプ吐出し口中心高の近傍に水平に配置したポンプである。

**ハザードマップ**：自然災害が発生した際に、その被害が及ぶ範囲と程度を示した地図をいう。また、避難経路や避難場所なども示されている。各自治体によって作成され、ホームページなどで公開されている。洪水・内水ハザードマップは、河川の溢水・決壊によるはん濫や大雨によるはん濫の区域を示したものであり、詳細なマップが普及している。
→高潮浸水想定区域図、津波浸水想定図

**はずみ車効果**：はずみ車のように物体が現在の状態を持続しようとする性質を慣性（ニュートンの第一法則）といい、主ポンプ・主原動機及びフライホイールの回転体のはずみ車効果（$GD^2$ 値）を水撃対策の一つとして用いている。

**バタフライ弁**：円板形状の弁体が、弁軸を中心として回転することにより、管路の断面積が変化する構造の弁で、通常、主ポンプの吐出し側に設けられる。

**羽根角度制御**：羽根の角度を可動にして外力（機械式、油圧式等）により変化させ、主ポンプ特性を制御する方式をいう。

## ひ

**ＰＩＤ制御**：フィードバック系自動制御の一種。制御目標値（水位、流量等）とフィードバック値との偏差に対して比例（P）動作、積分（I）動作、微分（D）動作による演算を行って制御対象（主ポンプ、吐出し弁等）に対する操作信号を出力し、制御目標値に近づけるよう制御する方式をいう。

**ＰＬＣ（Programmable Logic Controller＝プログラマブル・ロジック・コントローラ）**：論理演算やシーケンスをプログラム（ソフトウエア）により組むことができる制御装置で、プログラムを書き換えることで制御仕様を変更することができる。シーケンサ（sequencer）とも呼ばれ、JIS表記ではPC（Programmable Controller）であるが、ここにおいてはパソコンとの混同を避けるためにPLCと表記する。

**非可逆ユニット**：コントロールセンタのユニットの一種で、補機ポンプ等逆転操作がない負荷に対する開閉装置を具備するユニットをいう。

**引込盤**：引込用断路器、避雷器等を収納する盤をいう。

**非常停止**：危険回避や機器の保護のために、運転中の機器を緊急に停止することをいう。

**非常停止吸込水位（LLWL）**：主ポンプの運転に支障が生じる吸込水位をいい、最低吸込水位（LWL）の下に設定され、主ポンプの保護のために緊急に停止させる水位をいう。

**比速度（*Ns*）**：ポンプの特性や、インペラの形状を示すものとして用いられる数値で、ポンプの水力学的な相似則から導かれ、次式で表される。インペラは容量の異なるポンプであっても比速度が等しければ相似形となる。

$$Ns = N \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

ここに、$Ns$：比速度、$N$：回転速度（$min^{-1}$）、$Q$：吐出し量（$m^3/min$）、$H$：全揚程（m）

**一人制御方式**：主ポンプの運転方式のうち、最も一般的な方式で自動操作の一つである。主ポンプの始動停止の判断を人が行い、始動あるいは停止する場合は主操作開閉器を１回操作するだけで、補機を含めて一連で主ポンプに必要な始動→運転→送水あるいは停止動作を順次自動的に連続して行わせる制御方式をいう。

## ふ

**ファームポンド**：末端ほ場でのかんがい休止時に幹・支線水路から送られてくる水量をいったん貯留し、次のかんがい作業時にその貯留水を利用するために設けられる水量調整用のため池

をいう。

**Ｖ－Ｈ曲線**：排水路等の貯留能力及び受益区域の地形条件から湛水量と湛水位との関係が求められるが、これを主ポンプの初期吸込水位を基準標高として、縦軸に湛水位又は横軸に湛水量をとり、グラフに描いた曲線をいう。

**フィードバック動作**：制御量を目標値と比較しながら、目標値に近づける制御をフィードバック制御といい、この制御方式による動作をフィードバック動作という。

**ＶＣＴ**：Voltage Current Transformerの略号で、電力会社との取引用に電力量を計量するために使用される計器用変圧変流器をいう。

**ＶＶＶＦ**：インバータ制御を参照のこと。

**封水ポンプ**：主ポンプの軸封部に圧力水を注入し、空気が主ポンプ内に侵入するのを防止すると共に軸スリーブの摩耗等を防ぐための圧力水を注入するポンプをいう。

**フート弁**：主ポンプ等の呼び水操作を不要にする目的で、主ポンプ等の吸込管下端に取付ける逆止め弁をいう。

**複合形傘歯車減速機**：傘形歯車減速機に流体継手や油圧クラッチ等を付加し、複合的機能を持たせた動力伝達装置で、流体継手内蔵型や油圧クラッチ内蔵型等がある。

**部材係数**（$\gamma_b$）：部材の設計断面耐力が計算式により大きく出たり、部材寸法のばらつきを考慮して、設計断面耐力を小さく求めておくための安全係数。→設計断面耐力

**フライホイール**：ポンプ設備の回転体が持つはずみ車効果（$GD^2$）を増加させる円板状の装置で、専用のフライホイールと軸継手兼用のフライホイールがある。

**ブラシ**：巻線形誘導電動機においてスリップリングと組合せて使用し、電動機、発電機等の回転子に励磁電源を供給したり、回転子から二次電力を取出したりするための部品をいう。摺動する構造であるため摩耗に対して取替える等の保守が必要である。

**ブラシ引上げ装置**：巻線形誘導電動機において、始動時のみ二次抵抗器を接続し、運転時にはブラシを引上げる装置をいう。ブラシの摩耗を低減する目的がある。

**フラップ弁**：低揚程の主ポンプで吐出し配管が比較的短い場合、逆流防止用として吐出し管端に取付け、逆流を防止する弁をいう。スイング式逆止め弁に比べて構造が簡単で軽量なため、抵抗損失が少ない。

**フリーアクセス床**：電気室や操作室等はケーブルが集中するため、コンクリート床上部にスペースを持たせ塩ビ系タイルで構築した床をいい、改造、変更、追加工事等が容易に行える利点

がある。

**フルード数**（＝*Fr*）：流れに関する無次元数。長さ *h*、流速 *v*、重力による加速度 *g* とおくときの$Fr=v/\sqrt{gh}$ をいう。開水路の流れにおいて *h* を水理学的水深（*h*＝通水断面積／水面幅）とすれば、*Fr*＜1 のときは常流、*Fr*＞1 のときは射流である。

**フローリレー**：流水継電器とも呼ばれ、冷却水や潤滑水の流れを検知するセンサーをいう。水の流速による力で板ばねを動作させてリードスイッチを作動させる方式とオリフィスによる圧力差で作動する差圧方式がある。

**プログラム制御**：目標値があらかじめ定めたプログラムに従って変化をする場合の追値制御をいう。

## へ

**平均潮位**：年間を通じて、一定の基準面から測った海面の昇降の平均値をいう。

**平均潮位曲線**：平均潮位を記録した曲線で、通常は検潮器により記録するもので、潮汐の干満の他、津波、高潮の不規則な海面の昇降は含めるが、風波、うねりは除かれる。

**平行軸歯車減速機**：入力軸と出力軸が平行に配置されている歯車減速機をいう。

**平水位**：1 年のうち、これより低い日数と高い日数が等しい水位、又は 1 年のうち 185日はこれを超える水位。平水位は年平均水位と必ずしも一致せず、それより少し低い水位。

**ベローズ型たわみ管継手**：軸方向の断面が山形又は波形をしたベローズを有するたわみ管継手で、金属ベローズとゴムベローズがあり、山数が多いほど伸縮量、偏心量が大きい。

**変圧器**：鉄心上に入力側（一次）と出力側（二次）の二つの巻線を施したもので、一次及び二次の巻数比によって電圧の昇降を行う機器をいう。単相器と三相器がある。

**変圧器二次盤**：変圧器二次側の遮断器等を収納する配電盤をいう。

**便益計算**：公共事業の経済効果を算定するための計算方法。

**変電設備**：断路器、遮断器、変圧器等変電所に設置される電気設備をいう。

## ほ

**保圧ポンプ**：夜間等送水を停止している管路内の圧力を、規定圧力に維持するために設けるポンプをいい、畑地かんがいポンプ設備等に設置されることが多い。

**豊水位**：1年のうち95日はこれを超える水位。

**膨張タンク**：管内クーラ等の冷却方式において、循環使用する一次冷却水系統の途中にタンクを設置し、一次冷却水の熱膨張を吸収するためのタンクをいう。

**防油堤**：地上据置式屋外燃料貯油槽や燃料小出槽内の燃料油が漏れた場合に、油が周辺に流出しないよう、タンクの周囲に鉄筋コンクリート又は土で構築される堤防をいい、タンク容量の110%以上で、0.5m以上の高さであることが義務付けられている。

**飽和蒸気圧**：ある水温で水が沸騰する絶対圧力をいう。標準大気圧（0.101MPa）で水温25℃の飽和蒸気圧は0.0032MPaである。

**補強**：主に施設の構造的耐力を回復又は向上させること。

**保護警報装置**：電気回路の事故又はその他の異常状態を検出し、その状態を報知する装置をいう。

**保護装置**：電気回路の事故又はその他の異常状態を検出し、故障回路を電路から切離すことにより、機器を損傷から保護する装置をいう。

**補修**：故障、破損した機器・部品を交換、補修により補いつくろうことで、耐久性を回復又は向上させること。

**保守管理**：管理体制を確立し、主ポンプ設備及びその他の設備について、十分な保守点検計画を立て施設の機能を保全する行為をいう。「保守管理」には、点検整備も含まれる。

**保証効率**：ポンプにおいて水動力と軸動力の比を%で表した値をポンプ効率といい、ポンプの製作者が保証する効率を保証効率という。

**補助継電器**：リレーの一種。主回路機器を操作するため補助的な役割をしたり、制御回路に用いられて制御を進行させる。コイルの励磁と消磁に応じて接点がON－OFFし、一般のシーケンス回路用、回路の分岐や接続、低圧電源の投入、遮断等の目的に使用する。

**補水槽**：水封式真空ポンプでは、冷却及び気密保持にケーシングと羽根の隙間に水が用いられ、この水を外部よりケーシング内に補給するために用いる水槽をいう。

**保全管理**：施設、設備をその使用期間において適正な状態に保つことをいい、このために必要な点検・整備、補修、長寿命化に資する整備等の全ての行為を含む管理で、予防保全方式と事後保全方式に大別される。

**ホッパ**：除じん機等で掻き上げた塵芥をベルトコンベア等で運び入れて一時貯留する槽をいう。
**ポンプ効率**：水動力と軸動力の比で、（水動力／軸動力）で表される。

**ポンプ操作盤**：ポンプ設備の運転操作は、中央での自動、連動、半連動、機側での連動、半連動、単独等があり、中央及び機側の操作を行う場所により操作盤の名称を中央操作盤、機側操作盤と称し、これらを総称してポンプ操作盤という。

**ポンプ特性曲線**：ポンプを運転したときに得られるポンプの回転速度、全揚程、吐出し量、軸動力、ポンプ効率等のポンプの性能の相関関係を百分率でグラフ上に示した曲線をいう。また、ポンプの性能をグラフ上に示した曲線を性能曲線図という。

## ま

**巻線形誘導電動機**：回転子に固定子と同様の三相巻線を有し、二次回路がスリップリングと刷子を通して外部に端子出しされた構造の誘導電動機をいう。二次側に抵抗器を接続し、抵抗値を加減することによって、始動特性や回転速度を変えることができる。

**摩擦損失係数**：流体と固体との摩擦により生ずる抵抗力を無次元数で表したもの。

**摩擦損失水頭**：流体が固体表面との摩擦によって失う機械的エネルギをヘッドで表したもの。

**満水検知器**：主ポンプの始動に先だって、主ポンプの呼び水を行い主ポンプ胴体内の満水を確認するために使用する機器で、フロートの動きを利用してマイクロスイッチを作動させるフロート式と電極を利用して水位の検出を行う電極式等がある。

**満水時間**：主ポンプや配管の一部が満水となるまでに要する時間で、真空ポンプの始動から満水検知器の電気接点動作までの時間をいう。通常 5 分程度であるが、大容量の主ポンプでは 10 分程度要する場合もある。

## み

**水動力**：ポンプが単位時間に液体に与える有効エネルギをいう。
液体が移動する為に必要な損失等を加味していない理論上のエネルギー量のこと。

**ミティゲーション５原則**：mitigation（＝環境緩和・環境配慮）とは、1980 年ごろから環境保全の考え方として広まった言葉で、開発により自然環境への影響が予想される場合、様々な手段を用いて影響を最小限にとどめることである。また、5 原則とは、回避・最小化・修正・軽減／除去・代償の 5 つの区分と具体的な対応を示している。

## む

**無給水軸封装置**：軸封水を必要としない（無給水）軸封装置をいい、省資源である。これに対し、グランドパッキン等の軸封装置は、フラッシング及び冷却のため軸封水が必要である。

## も

**モード（運転）**：ポンプ設備の操作位置、制御方法の分類を示し、機側（ポンプ室）、電気室、操作室等の操作位置と手動操作、一人制御、オンオフ制御等の制御方法に分類され、ポンプ設備の操作位置、制御方法の組合せをモードという。

**模型試験**：実機ポンプを幾何学的相似により縮小した模型ポンプを製作し、これにより性能試験を行い、その測定データを相似則により実機ポンプへの性能へ換算し、実機の試験に代替する試験方法をいう。

## ゆ

**油圧クラッチ**：円盤（ディスク）摩擦クラッチの一種で、油圧作動により摩擦板を押して動力を伝達するクラッチをいう。減速機に内蔵する複合式とすることが多い。操作油圧の調整により、被動機の広範囲の回転速度制御ができる形式もある。

**有効吸込ヘッド（NPSH＝Net Positive Suction Head）**：ポンプの基準面において液体がもつ全圧（絶対圧）が、その液体のその温度における飽和蒸気圧（絶対圧）よりいくら高いかをヘッドで表したもの。ポンプの吸込条件や吸込性能を表す数値として用いられる。NPSH は、ポンプが設置されるレベル、吸込水位及び吸込配管の条件等によって定まる利用できる有効な吸込ヘッド（NPSHA＝available NPSH）とポンプがキャビテーションによる性能低下を避けるためにポンプとして必要な有効吸込ヘッド（NPSHR＝requied NPSH）がある。

**有効電力**：負荷で消費される電力のこと。皮相電力と力率の積である。なお、皮相電力は、見かけ上の電力を意味し、交流機器の容量を表す。単位は〔VA〕（ボルトアンペア）である。

**遊星歯車減速機**：太陽歯車、内歯車及び複数個の遊星歯車によって構成される減速機で、遊星歯車を固定し、太陽・内歯車を入出力軸としたスター形、及び内歯車を固定して太陽・遊星歯車を入出力軸としたプラネタリ形の 2 種類がある。

**誘導電動機**：回転子が三相交流電源によって生じる回転磁界に誘導されて回転する電動機をいう。交流電動機の代表的なもので、一般に電動機といわれるのは、この誘導電動機をさす。なお、定格回転速度は同期速度より若干低くなる。

## よ

**用水ポンプ場**：かんがいのためポンプで送水する設備を有する施設をいう。

**横軸ポンプ**：軸が横（水平）方向のポンプをいい、これに対し、軸が縦（垂直）方向のものを立軸ポンプ、斜め方向のものを斜軸ポンプという。

**呼び水**：吸上げ形式の横軸ポンプを始動させるには、主ポンプのケーシング内に水を満水させる必要があるが、この満水させる動作を呼び水という。

## ら

**ライフサイクルコスト**：「構造物の計画・設計・施工、運営・保守管理、解体撤去・廃棄に至る費用」と訳され、建設コストだけでなく、当該構造物の保守管理や改修・廃棄に必要なコストまで造物の一生分のトータルコストをいう。

**ラジエータ冷却方式**：自動車用エンジンのように、ディーゼル機関の外部に熱交換用の冷却器を設置し、ディーゼル機関の冷却水をこの冷却器の内部で循環させ、ファンを回し冷却器の熱交換部を冷却する方式をいい、機付方式と別置方式がある。

**ラフタレーンクレーン**：下部走行体の走行部にタイヤを使用した自走クレーンであって、一般に一つの運転室及び原動機（エンジン）をもち、それによって走行とクレーン操作を行うもの。

**ランニングコスト**：ポンプ設備の運転に必要な経費で、電気設備の基本料金、使用料金、内燃機関では燃料、潤滑油、冷却水としての水道水や工業用水等の料金及び保守点検等の管理費の総計をいう。

## り

**リアクタンス**：交流回路において電流の流れを阻止する要素（インピーダンスという）のうち、要素を流れる電流が電圧に対して 90 度の位相遅れを生じるものをいう。電気機器に使用される巻線のインピーダンスはほとんどリアクタンスである。

**リアクトル始動**：電動機と電源の端子間に直列に始動用リアクトルを挿入し、電動機回転速度が定格に近づいたとき、これを短絡する始動方式をいう。減電圧始動方式のうち、特に大きな始動トルクが出る方式である。トルクが回転速度の 2 乗に比例する負荷（ポンプ、ファン等）や、始動電流の低減用に使う。

**力　　率**：三相交流回路において有効電力と皮相電力（電圧の実効値×電流の実効値）の比をいう。

**流体継手**：入力軸側にポンプ羽根、出力軸側にタービン羽根を取付け、タービン間に流体を循環させて動力伝達を行う軸継手のこと。トルク変動の吸収、緩衝及びねじり振動の防止や原動機の始動を容易にしたり、クラッチ作用や回転速度制御等を目的に使用されるもので、歯車減速機に内蔵される場合と単独で分離して使用される場合がある。

**流量計**：流体（ポンプ設備では液体）の流量を計測する計器であり、一般的に用いられている流量計の形式には超音波、電磁、オリフィス、ベンチュリ、インペラ、堰式等の流量計がある。

**両吸込渦巻ポンプ**：インペラが、片吸込形を背中合せにした形状で、吸込口が両側にあるのを両吸込といい、インペラ段数が１段の渦巻ポンプを両吸込単段渦巻ポンプという。インペラ段数が2 段以上の複数段のものを両吸込多段渦巻ポンプという。

## る

**累加吐出し量直線**：排水解析の際に用い、排水ポンプの吐出し量が時間ごとに累加する状況を示す直線をいう。

**累加流入量曲線**：排水解析の際に用い、ほ場や貯留池及び河川へ流入する水量が時間ごとに累加する状況を示す曲線であり、$V_T-T$ 曲線ともいう。

**ルーズフランジ継手**：フランジ部の、ボルトの結合を緩めることにより、相手側との合せ面に間隙が発生し、機器の取外しを可能とさせる継手をいう。

**ループ受電**：一つの配線線路が変電所から出て各需要家を一つずつ順次経由して、変電所に戻るように構成した系統から受電すること。配電線の一部が故障しても、需要家は停電しないので信頼度が高い。

## れ

**レイノルズ数（＝*Re*）**：流体のもつ慣性力と粘性力との比に対する無次元数をいう。長さ$\ell$、流速$V$、動粘性係数$\nu$とおくと$Re=V\cdot\ell/\nu$で表される。

**レベル１地震動**：施設の供用期間中に数回程度発生する確率が高い規模の地震動。

**レベル２地震動**：発生する確率は極めて低いが、大きな破壊力を持ち、その発生が大災害を引き起こすもの。プレート境界型地震と内陸直下型地震に二分される。

**レベル２地震動（タイプⅠ）**：日本列島に近い、２種類のプレート境界の運動が原因となる、プレート境界地震のこと。

**レベル２地震動（タイプⅡ）**：日本列島内部の断層の運動が原因となる内陸直下型地震。

**連動運転**：設備の始動、停止工程をあらかじめ制御システムに設定しておき、必要最小限の操作を行うことにより、設備が自動的に順次始動又は停止工程を進んでいく運転方法をいう。

## ろ

**ローラゲート**：大きな水圧に対しても両側に配置された主ローラによって巻上げ力を減少する構造のゲートをいう。構造に安定性があり、最も多く使用されている。

## わ

**ワンウエイサージタンク**：水撃作用等によって送水管路内の圧力が異常低下する時に、水柱分離を防止する目的で管路内へ水を補給するタンクをいう。この時、水は逆止め弁により一方向（タンク→送水管路）のみへ流れ、タンクへの水の補給は送水管路からボールタップ等を介して行う。

# 参考資料-1　機場の河川管理施設等構造令との関係

河川又は水路の流水を、河岸又は堤防を横断して取水又は排水するポンプ場では、施設の一部（樋門など）が河川区域内に設置されるため、河川管理施設等構造令の適用を受けることとなる。構造令の適用範囲は、河川区域内に設置されている施設に限られるのが原則であるが、排水機場の場合に限っては河川区域外であっても、吐出水槽注）その他の調圧部の部分まで適用される。

以下に、河川管理施設等構造令の「**第 6 章**　水門及び樋門」、「**第 7 章**　揚水機場注）、排水機場及び取水塔」のうち、特にポンプ場の設計と関連する事項について解説する。

注）本項では河川管理施設等構造令で使用されている用語を使用している。このため用水ポンプ場、排水ポンプ場及び吐し出水槽は、それぞれ揚水機場、排水機場及び吐出水槽としている。

## 1.1　樋門

### 1.1.1　構造の原則

> 第 46 条　水門及び樋門は、計画高水位（高潮区間にあっては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。
> 2.　高規格堤防設置区間及び当該区間に係る背水区間における水門及び樋門にあっては、前項の規定によるほか、高規格堤防設計水位以下の水位の流水の作用に対して耐えることができる構造とする。
> 3.　水門及び樋門は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに水門又は樋門に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とするものとする。

⑴　樋門の設置に当たっては、地震や不同沈下時に発生する空隙が、漏水等に伴う土粒子の移動・吸出し現象の誘因になることを十分考慮した構造及び施工をする必要がある。このため、樋門の新設・改修に当たっては、杭（先端支持杭及び摩擦杭）基礎以外の構造とする。さらに、樋門の構造形式は、基礎地盤の残留沈下量及び基礎の特性等を考慮して選定するものとし、原則として柔構造樋門（樋門の全体系を柔構造とした考え方で設計した樋門の構造形式）とし（平成 11 年課長通達 4 を参照）、加えて函体内部から空洞部の処理が行えるようグラウトホールを設置する必要がある。

⑵　樋門が堤防の弱点とならぬような構造について規定しており、構造の詳細については「河川砂防技術基準（案）（設計編）」や、「柔構造樋門の手引き」（(財）国土開発技術研究センター）に基づくとよい。

### 1.1.2　構造

> 第 47 条　水門及び樋門（ゲート及び管理施設を除く。）は、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とするものとする。
> 2.　樋門は、堆積土砂等の排除に支障のない構造とするものとする。

⑴　水門等大規模な施設の場合は鉄筋コンクリート構造となることはいうまでもないが、古い水門や樋門で採用されている石積み構造の禁止及び小規模な樋門で使用されている遠心力鉄筋コンクリート管やダクタイル鋳鉄管以外の鋳鉄管は、強度、耐久性等の面で問題があるので、基本的には使用しないこととしている。

また、これに準ずる構造には、プレキャストコンクリート管、鋼管及びダクタイル鋳鉄管等を

含むものとされている。なお、鋼管はさびやすいため、採用する場合には防食についての検討が必要である。このほかに高耐圧ポリエチレン管、FRP 管等の採用が考えられるが、構造的に解決すべき問題もあるため、今後さらなる調査研究が望まれる。

⑵ 樋門内に堆積した土砂を排除できない例が多いことを踏まえて、樋門の最小径を 1m とする。ただし、樋門の長さが 5m 未満で、かつ堤内地盤高が計画高水位より高い場合においては、内径を 300mm まで小さくすることができる。

### 1.1.3 断面形

> 第 48 条 河川を横断して設ける水門及び樋門の流水を流下させる部分の断面形は、計画高水流量（舟の通行の用に供する水門にあっては、計画高水流量及び通行すべき舟の規模）を勘案して定めるものとする。
> 2. 前項の規定は、河川及び法第 100 条第 1 項の規定により市町村長が指定した河川（第 77 条において「準用河川」という。）以外の水路が河川に合流する箇所において当該水路を横断して設ける水門及び樋門について準用する。

⑴ 樋門の断面形は、大きすぎると樋門と堤防との接触面が必要以上に増大し、堤防の安全上望ましくなく、また流速低下による土砂堆積等の問題が発生する。しかし、流下能力という点からいえば、水門及び樋門の流下断面積は、支線のそれと等しければよいと考えがちであるが、これを等値にして水門又は樋門の総幅員を決定すると、水門又は樋門の箇所で極端に川幅が狭くなることがあり、流木等流下物による影響及び縮流によるエネルギ損失のため洪水の円滑な疎通に支障をきたしかねない。したがって、ここで支川の計画高水量を勘案して適切なものとするよう定めている。

また、樋門の総幅員については、下記とされている。

$\frac{\text{水門断面積}}{\text{流下断面積}}$ ≦1.3 の場合……端ピア内側は，計画高水位 HWL と堤防の交点とする。（**図-参 1.1** 参照）

$\frac{\text{水門断面積}}{\text{流下断面積}}$ ＞1.3 の場合……同比率が 1.3 となるまで総幅員を小さくすることができる。

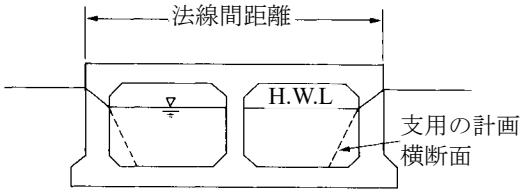



**図-参 1.1** 樋門の断面説明図

（流下断面積が 1：1.3 以内の場合）

⑵ 水門及び樋門の施設が、合流する河川の堤防の機能を有する施設であることから、当該施設の流下能力不足等に起因し、本川の堤防に悪影響を与えることのないよう、⑴の一般原則を普通河川ないし農業用排水路等にまで適用することとしている。

### 1.1.4　河川を横断して設ける水門の内法幅と内法高

> 第 49 条
> 省　　略
>
> 2.　河川を横断して設ける樋門で 2 門以上のゲートを有するものの内法幅は、5 メートル以上とするものとする。ただし、内法幅が内法高の 2 倍以上となるときは、この限りでない。

⑴　河川を横断して設けられる施設に対して適用されるもので、河川における洪水時の流木等流下物によって樋門が閉塞され、又は流下能力を大幅に阻害されることを避けるため、樋門の内法幅はでき得る限り大きくとることが望ましい。しかし、構造物の部材厚がいたずらに大きくなり構造的に不適切、不経済となり、また、ゲート可動機構に問題を生ずるおそれがあること等の観点から、断面幅 10m 以上の樋門の場合、内法幅が 5m 以上であれば 2 連以上に割ることができる。ただし、内法幅が内法高の 2 倍を超えることとなる場合は、内法幅が 5m 未満となることが許される。

ここで、樋門に接続する水路が法河川又は、準用河川以外の水路である場合には本条 2. の適用はされない。

樋門の内法高については特に構造令の規定がないが、ここに標準的な取扱いを述べておきたい。樋門の内法高については、流木等流下物が特に多い場合を除き、樋門が横断する河川又は水路の計画高水位に、**表-参 1.1** に掲げる値を加えた高さ以上とすることを標準とする。ただし、当該河川又は水路の計画高水流量が 20$m^3$/s 未満の場合は、計画高水流量が流下する断面の 1 割を内法幅で除して得られる値以上とすることができる。

**表-参 1.1**　樋門の余裕高

| 項 | 計画高水流量 ($m^3$/s) | 余裕高 (m) |
|---|---|---|
| 1 | 50 未満 | 0.3 |
| 2 | 50 以上 | 0.6 |

### 1.1.5　ゲート等の構造

> 第 50 条　水門及び樋門のゲートは、確実に開閉し、かつ、必要な水密性を有する構造とするものとする。
> 2.　水門及び樋門のゲートは、鋼構造又はこれに準ずる構造とするものとする。
> 3.　水門及び樋門のゲートの開閉装置は、ゲートの開閉を確実に行うことができる構造とするものとする。

⑴　「確実に開閉する構造」は原則として、川表に設置する引上げ式ゲートをいう。フラップ又はマイターゲートとする場合は、必ず引上げ式の予備ゲートを設けるものとする。予備ゲートの設置位置は、流水の流下に支障をきたさない場合は、堤防に洪水時の高水圧をかけることを避けるため、川表側に設けることを原則とするが川表側に設けることによるデメリットが多い場合は川裏側に設けることでよいとされる。ただし、断面が 0.5$m^2$ 以下の小規模な樋門で背後地の状況によりその必要性がない場合には、予備ゲートにかえて角落しにすることができる。

⑵　極力鋼製ゲートとすべきであるが、「これに準ずる構造」とは、木製ゲート等を含んでいる。

規模の極めて小さな水門及び樋門で鋼製が明らかに不経済であると判断される場合には、木製

とすることもできるが、強度及び水密性等の機能面で鋼製に劣らないと判断される場合に限定すべきである。

⑶ ゲートの開閉装置は、水門と樋門とを分けて、次のとおりとしている。

水門･･･ 電動等、手動以外の動力を主とし、予備として手動を必要に応じ備える。

樋門･･･ 手動式では不適切と考えられる大規模な樋門を除き、原則として手動式でよい。

### 1.1.6 護床工等

第 53 条　第 34 条及び第 35 条の規定は、水門又は樋門を設ける場合について準用する。 注 1)

水門又は樋門に接続する河床又は高水敷の洗掘を防止するため必要があるときは、適当な護床工又は高水敷保護工を設けなければならない。

また、水門又は樋門を設置する場合においては、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止するため、護岸を設けるものとする。

この水門又は樋門の設置に伴い必要となる護岸は次に示すところによらなければならない。ただし、地質の状況等により河岸又は堤防の洗掘のおそれがない場合、その他治水上の支障がないと認められる場合はこれによらないことができる。

(i)　護岸を設ける高さ方向の範囲については、低水路の河岸の護岸の高さは、低水路の河岸の高さとし、その他の河岸及び堤防にあっては、計画高水位以上としなければならない。ただし、水門又は樋門の設置に伴い流水が著しく変化することとなる区間にあっては、河岸又は堤防の高さとしなければならない。（規則第 25 条第 1 号－規則第 16 条の準用） 注 2)

(ii)　水門又は樋門が横断する河岸又は堤防に設ける護岸は、当該水門及び樋門の両端から上流及び下流にそれぞれ 10m の地点を結ぶ区間以上の区間に、また、その高さについては上記の(i)に記したと同様の範囲に設けなければならない。（規則第 25 条第 2 号及び規則第 16 条第 3 号、第 4 号準用）

水門又は樋門が横断する河岸又は堤防は、**図-参 1.2** に示すとおりである。

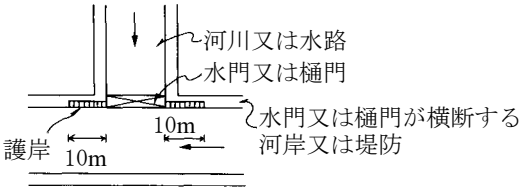



**図-参 1.2**　水門又は樋門が横断する河岸又は堤防

なお、規則第 25 条のただし書きに地質の状況等により河岸又は堤防の洗掘のおそれがない場合、その他治水上支障がないと認められる場合は、必ずしも上記の範囲に護岸を設けなくてもよいことが許されている。ここでいう「その他治水上支障がない」については、断面積が 0.5m$^2$ 以下の小規模な樋門の場合には、樋門に接続する河岸又は堤防に与える影響が小さいとの判断から、規則第 2 号に規定する 10m の範囲全体にわたって護岸を行う必要がないとされている。しかし、このような規模の樋管の場合護岸は全然必要がないという意味でなく、適切な長さの区間に護岸を設ける必要がある。

注 1)

（護床工及び高水敷保護工）
第 34 条　床止めを設ける場合において、これに接続する河床又は高水敷の洗掘を防止するため必要があるときは、適当な護床又は高水敷保護工を設けるものとする。

（護岸）
第 35 条　床止めを設ける場合においては、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止するため、建設省令で定めるところにより、護岸を設けるものとする。

注 2)

（床止めの設置に伴い必要となる護岸）
規則第 16 条　令第 35 条に規定する護岸は、次の各号に定めるところにより設けるものとする。ただし、地質の状況等により河岸又は堤防の洗掘のおそれがない場合その他治水上の支障がないと認められる場合は、この限りでない。
一.　省　略
二.　省　略
三. 河岸（低水路の河岸を除く。以下この号において同じ。）又は堤防の護岸の高さは、計画高水位以上とすること。ただし、床止めの設置に伴い流水が著しく変化することとなる区間にあっては、河岸又は堤防の高さとすること。
四. 低水路の河岸の護岸の高さは、低水路の河岸の高さとすること。

## 1.2　揚水機場及び排水機場

構造令の適用範囲は当然のことながら河川区域内に限られるのが原則である。しかし、排水機場において排水機を運転する時期にはいずれも排水河川の水位は堤内側の水位よりも高い状態にある。したがって、常時排水の運転時はともかくとして、洪水時には一般に堤内地盤より高い水位が樋門を通じて吐出水槽で出現することとなり、また、排水機によって生ずる水撃圧等が樋門の管体を通じて堤防に悪影響を及ぼすおそれがあるため、排水機場の場合に限って河川区域外であっても、吐出水槽その他の調圧部の部分までは構造令の適用を受ける。

### 1.2.1　揚水機場及び排水機場の構造の原則

第 54 条　揚水機場及び排水機場は、河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさない構造とするものとする。
2.　揚水機場及び排水機場のポンプ室（ポンプを据え付ける床及びその下部の室に限る。）、吸水槽及び吐出水槽その他の調圧部は、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とするものとする。

⑴　揚排水機場のポンプ場は、ポンプの振動が堤防に著しい影響を及ぼさないよう極力堤防から離して設置する必要がある。

また、排水機場の吐出水槽その他の調圧部等を堤防に近接して設けることは、漏水に対し堤防の安全上好ましくない。したがって、堤内地の堤脚付近に吐出水槽等の工作物を設置する場合、**図-参 1.3** に示す斜線部分に設けることを原則とする（建設省河治発第 40 号、平成 6 年 5 月 31 日、治水課長通達による。）

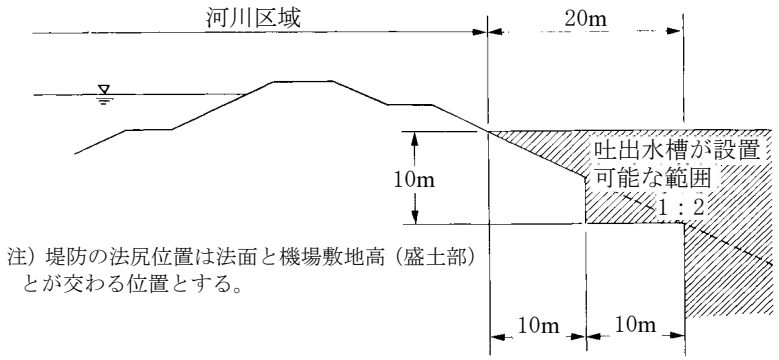



**図-参 1.3** 吐出水槽の設置位置

なお、揚水機場は一般に堤内地に設置されるが、山間渓谷やその他これに類する河川においては、吸込揚程の確保のため河川区域内に設置せざるを得ない場合が生ずる。このような機場においては、山間狭窄部その他河川の状況、地形の状況等により、治水上の支障がないと認められる場合に限り、河川区域内に設置することができる。

⑵ 揚排水機場のポンプ室、吸水槽及び吐出水槽その他の調圧部は、特に重要な構造部分であり、それ自体の構造が安全であるとともに、ポンプの連続振動が堤防等河川管理施設に与える影響を最も少なくする構造とする必要がある。

なお、揚排水機場が許可工作物である場合、本条の規定は必ずしもポンプ場には適用されないが、ポンプの連続振動等によって堤防等河川管理施設に著しい支障を及ぼすおそれがあるときは、本条 1. 及び 2. の規定に準拠して適切な措置を講ずる必要がある。

## 1.2.2 排水機場の吐出水槽等

第 55 条 樋門を有する排水機場には、吐出水槽その他の調圧部を設けるものとする。ただし、樋門が横断する河岸又は堤防（非常用の土砂等を備蓄し、又は環境を保全するために設けられる側帯を除く。第 57 条第 1 項、第 65 条第 2 項、第 70 条第 1 項及び第 72 条において同じ。）の構造に支障を及ぼすおそれがないときは、この限りでない。
2. 吐出水槽その他の調圧部の上端の高さは、排水機場の樋門が横断する堤防（計画横断形が定められている場合において、計画堤防の高さが現状の堤防の高さより低く、かつ、治水上の支障がないと認められるとき、又は計画堤防の高さが現状の堤防の高さより高いときは、計画堤防）の高さ以上とするものとする。 注 3)

⑴ この規定は、樋門を有する排水機場の吐出水槽等に適用されるものである。

「吐出水槽その他の調圧部」という表現は、上記のほか、次の⑵や前節の⑵においても用いられるが、前段の「吐出水槽」は、後段の「調圧部」の中の一事例を表現しているもので、吐出水槽のほかに調圧部をさらに加える意味ではない。

樋門を有する排水機場には、原則として調圧部を設けなければならないが、いかなる場合にあっても大きな自由水面を持った調圧部を設けなければならないとしているものではない。調圧部は、排水機の運転及び急停止時に生ずる水撃圧等が樋門の管体を通じて堤防に悪影響を及ぼさないようにするため設けられるものであるが、従前はいかなる規模の排水機場についても大きな自由水面を持った吐出水槽の設置が必要といわれていた。しかし、排水機場の規模等によっては必ずしも大きな自由水面を持った吐出水槽を設置する必要がない場合もある。したがって、構造令の条文では、調圧部の形式は大きな自由水面を持った吐出水槽だけに限定された表現とはなっていない。また、吐出水槽が自由水面を持たない暗渠型である場合は、空気の出入りができる施設

を備えたものであればよいことが示されている。ただし、空気抜きの大きさについては最大水撃圧を考慮して決める必要があろう。

なお、河岸や堤防の構造に支障を及ぼさないときは、必ずしも調圧部を設けなくてもよいことは前述のとおりである。

排水機場を設置しようとする位置に第 2 種及び第 3 種側帯が設置され又は計画されている場合に、この側帯の部分は上記第 1 項の場合における堤防からは除かれている。ただし、側帯の部分に施設を設ける場合は、原因者が可能な限り代替措置をとる必要がある。(**図-参 1.4** 参照)

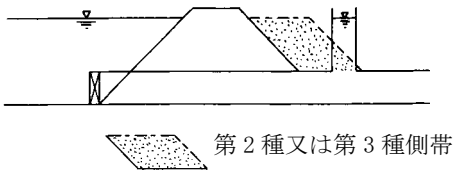



**図-参 1.4**　側帯と許可工作物との関係（令第 55 条の（　）書きの規定から）

なお、排水機場からの吐出管が堤防の上に沿って設けられる場合は、樋門を有する排水機場に該当しないので、調圧部を設ける必要はない。

⑵　排水機場の吐出水槽その他の調圧部には、樋門の管体を通じて堤外水位以上の水位が出現することとなるので、調圧部の天端の高さは、樋門が横断している堤防の天端の高さ以上でなければならない。ただし、堤防の築堤の際に行った余盛りによる余裕分は堤防の高さとして取扱う必要はないとされている。

堤防の新築又はかさ上げの設計の際には圧密沈下を予測し、その分を余盛りとして施工するが、一方、排水機場の吐出水槽の基礎は沈下に対して十分な安全を見込んでおり、施工後に大幅な沈下が発生することは考えられないからであると解される。

なお、「計画堤防の高さが現状の堤防の高さより低く、かつ、治水上の支障がないと認められるとき」とは、天井川の河川等において、河床切下げ計画に基づいて現状の堤防より低い計画堤防が決定されており、かつ、当該切下げが完了し、機能を発揮している場合、河川計画において当該河川の上流に治水ダムを築造して当該地点の計画高水量を小さくする計画に基づいて現状の堤防より低い計画堤防が決定されており、かつ、当該ダムが完成し機能を発揮している場合等がある。

注 3)

（護岸等）
第 65 条　第 34 条及び第 35 条の規定は、橋を設ける場合について準用する。
2.　前項の規定による場合のほか、橋の下の河岸又は堤防を保護するため必要があるときは、河岸又は堤防をコンクリートその他これに類するもので覆うものとする。

（構　造）
第 70 条　堤防（計画横断形が定められている場合には、計画堤防を含む。以下この項において同じ。）を横断して設ける伏せ越しにあっては、堤防の下に設ける部分とその他の部分とは、構造上分離するものとする。ただし、堤防の地盤の地質、伏せ越しの深さ等を考慮して、堤防の構造に支障を及ぼすおそれがないときは、この限りでない。
2.　　省　　略

（深　さ）
第 72 条　伏せ越しは、低水路（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る低水路を含む。以下この条において同じ。）及び低水路の河岸の法肩から 20 メートル以内の高水敷においては低水路の河床の表面から、その他の高水敷においては高水敷（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る高水敷を含む。以下この条において同じ。）の表面から、堤防（計画横断形が定められている場合には、計画堤防を含む。以下この条において同じ。）の下の部分においては堤防の地盤面から、それぞれ深さ 2 メートル以上の部分に設けるものとする。ただし、河床の変動が極めて小さいと認められるとき、又は河川の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められるときは、それぞれ低水路の河床の表面、高水敷の表面又は堤防の地盤面より下の部分に設けることができる。

### 1.2.3　流下物排除施設

第 56 条　揚水機場及び排水機場には、土砂、竹木その他の流下物を排除するため、沈砂池、スクリーンその他の適当な流下物排除施設を設けるものとする。ただし、河川管理上の支障がないと認められるときは、この限りでない。

土砂の流入がポンプの機能低下等につながるため、吸水槽の前に沈砂池を設ける必要がある。さらに竹木その他流下物が吸水槽に流入しないよう、吸水槽入口にスクリーンを設ける必要がある。なお、沈砂池の流入口に 1 次スクリーンを、また、吸水槽の流入口に 2 次スクリーンを設けるとともに必要に応じ除じん設備及び管理橋を設ける。さらにスクリーンから除去された塵芥を一時的に集積するスペースの確保も必要である。

以上は揚排水機場の設置に当たっては当然配慮されるべき項であるが、土地改良事業によって設置する施設については、河川区域内に設置して河川の水を排水する排水機場を除き構造令の及ぶ範囲は吐出水槽その他の調圧部までであり、一般的にはこの規定によって規制を受けることはない。

### 1.2.4　樋門

第 57 条　揚水機場及び排水機場の樋門と樋門以外の部分とは、構造上分離するものとする。ただし、樋門が横断する河岸又は堤防の構造に支障を及ぼすおそれがないときは、この限りではない。
2.　第 49 条 2 の規定は、揚水機場又は排水機場の樋門でポンプによる揚水又は排水のみの用に供されるものについては、適用しない。

⑴　ポンプ等による連続振動が河岸や堤防に悪影響を与えぬように、前述の令第 54 条に記載の対策を講じるほか、本条に定めているように樋門と樋門以外の部分とを、弾力性を有する防水材の使用により応力が伝わらぬよう絶縁することが規定されている。

ただし、揚水機場の場合では、堤防があっても高さが極めて低いことも多い。このようなときは、構造上分離しなくても支障がないと考えられる場合が多いことから、緩和規定としてただし書きされている。

⑵　揚水機場及び排水機場については、前述の令第 56 条に基づき、必要な流下物排除施設の設置が規定されているため、樋門の径間長の特例として令第 49 条 2 の適用は受けないとしている。

# 参考資料-2　参考文献

〔全般〕1)　(社)農業土木事業協会(2007)：実務家のための最新ポンプ設備工学ハンドブック、
監修 農林水産省構造改善局

2)　(社)河川ポンプ施設技術協会(2015)：揚排水ポンプ設備技術基準・同解説
監修 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課

3)　日本工業規格：(JIS B 0131)ターボポンプ用語

**第 1 章　総　論**

1)　(社)農業土木学会(1995)：農業土木工事図譜第 5 集 ポンプ場編

2)　農林水産省構造改善局建設部（平成 7 年度)：農業農村整備の全容（改訂第 6 版)

3)　農林水産省農村振興局（平成 15 年 3 月)：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第 2 編)

4)　日本農業土木総合研究所(2003)：「水土の知を語る」VOL. 6

5)　野中資博、村上章、服部九二雄、青山咸康(2004)：
農業水利施設の設計施工とその性能照査における基本的論点、
農業土木学会誌第 72 巻 3 号、p. 7-11

**第 2 章　ポンプ場の設計に必要な各種調査**

1)　鈴木光剛(1965)：水利施設のゴミ公害、農土誌

2)　(社)地盤工学会(2009)：地盤材料試験の方法と解説

3)　(社)地盤工学会(2013)：地盤調査の方法と解説

4)　久保浩一(1964)：杭の横抵抗の新しい計算法、港湾研究所報告 2-3

5)　福岡正巳・宇都一馬(1959)：ボウリング孔を利用した基礎地盤の横方向 K 値測定について、土と基礎（特集号　NO. 1)

**第 3 章　基本設計**

1)　農林水産省農村振興局(2006)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　計画「排水」

2)　農林省農地局(1966)：土地改良事業計画設計基準・設計「海面干拓」

**第 5 章　主ポンプの設計**

1)　Rudolph Wasielewski(1932)：
*Hydraulic Institute of the Technical College of Munich*

2)　(社)日本水道協会(1987)：水道用バルブハンドブック

3)　(社)日本機械学会(1968)：分岐・合流における流れの静特性研究分科会成果報告書

4)　(社)土木学会(1999)：水理公式集

5)　(社)農業土木事業協会(2007)：高 Ns・高流速ポンプ設備計画設計技術指針
農林水産省農村振興局整備部設計課

6)　(社)日本建築学会(2010)：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説

7) （財）日本建築センター（2014）：建築設備耐震設計・施工指針
8) （社）日本電機工業会：配電盤（2017）・制御盤の耐震設計指針（JEM－TR144）
9) （社）日本内燃力発電設備協会（2005）：自家用発電設備耐震設計のガイドライン

## 第 6 章　主原動機の設計

1) (社)農業土木機械化協会(2007)：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）
監修 農林水産省農村振興局整備部設計課
2) 日本工業規格：(JIS B 8002)往復動内燃機関－性能－
(JIS B 8041)ガスタービン－受渡試験方法－
(JIS B 8301)遠心ポンプ,斜流ポンプ及び軸流ポンプ－試験方法－
3) 日本工業出版(株)(1984)：ポンプハンドブック
(社)日本産業機械工業会　ポンプ技術者連盟編

## 第 8 章　吸込管及び吐出し管の設計

1) 農林水産省農村振興局（2009）：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「パイプライン」
2) (社)農業土木機械化協会(1981)：パイプラインのウォータハンマ現象とその防止対策

## 第 9 章　弁類の設計

1) (社)農業土木事業協会(2002)：バルブ設備計画設計技術指針
監修　農林水産省農村振興局整備部設計課
2) 日本工業規格：(JIS B 2031)ねずみ鋳鉄弁
(JIS B 2062)水道用仕切弁
(JIS B 2071)鋼製弁
3) 日本水道協会：(JWWA B 138)水道用バタフライ弁
4) 日本水道協会(1987)：水道用ハンドブック

## 第11章　監視操作制御設備及び電源設備の設計

1) (社)農業土木機械化協会(2007)：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）
監修　農林水産省農村振興局整備部設計課

## 第12章　吸込水槽及び吐出し水槽の水理設計

1) 農林水産省農村振興局(2008)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「頭首工」
2) 農林水産省農村振興局(2014)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「水路工」
3) 〃　(2003)：土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」
4) 農林水産省農村振興局(2009)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「パイプライン」

## 第14章　吸込水槽及び吐出し水槽の構造設計

1)　(社)土木学会(2012)：コンクリート標準示方書「設計編」
2)　(財)日本河川協会(2000)：解説・河川管理施設等構造令
3)　農林水産省農村振興局(2008)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「頭首工」
4)　(財)日本河川協会(1997)：建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔I〕
5)　日本下水道事業団(1992)：設計基準（案）土木設計編
6)　九州地方建設局(2014)：土木工事設計要領＜第II編 河川編＞
7)　(社)日本建築学会(2010)：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説
8)　(社)公共建築協会(2016)：建築工事共通仕様書

## 第15章　基礎工の設計

1)　(社)日本道路協会(2012)：道路橋示方書・同解説 I共通編 IV下部構造編
2)　(社)日本道路協会(2015)：杭基礎設計便覧
3)　(社)日本建築学会(2001)：建築基礎構造設計指針
4)　鋼管杭協会(2009)：鋼管杭 ― その設計と施工
5)　(株)産業技術サービスセンター(1993)：実用軟弱地盤対策技術総覧、編集　実用軟弱地盤対策　技術総覧編集委員会
6)　農林水産省農村振興局(2008)：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説　設計「頭首工」
7)　(社)日本道路協会(1995)：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様の準用に関する参考資料（案)」
8)　(社)日本道路協会(2002)：道路橋示方書・同解説(案)　V耐震設計編
9)　農林水産省農村振興局(2015)：土地改良事業設計指針「耐震設計」

## 第16章　建屋の設計

1)　(社)日本建築学会(2010)：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説
2)　消防法の規定に基づく火災予防条例
3)　(社)日本電気協会(2002)：高圧受電設備規定
4)　(社)農業土木機械化協会(2007)：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）　監修　農林水産省農村振興局整備部設計課
5)　(社)農業土木機械化協会(2013：水管理制御方式技術指針（計画設計編）　監修　農林水産省農村振興局整備部設計課

## 第17章　ポンプ場附帯設備の設計

1)　(社)水門鉄管協会(2017)：水門鉄管技術基準 水門扉編 ―付解説―
2)　(社)農業土木機械化協会(2008)：電気設備計画設計技術指針（特別高圧編）　監修　農林水産省農村振興局整備部設計課
3)　(社)農業土木機械化協会(2007)：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）　監修　農林水産省農村振興局整備部設計課

4) (社)農業土木機械化協会(2009)：鋼構造物計画設計指針（水門扉編）
監修　農林水産省農林水産省農村振興局整備部設計課
5) (社)農業土木事業協会(2015)：鋼構造物計画設計技術指針（除塵設備編）
監修　農林水産省農村振興局整備部設計課
6) 日本工業規格：(JIS B 8801)　天井クレーン
7) 日本工業規格：(JIS B 0146-1)　クレーン用語　第1部　一般
8) 日本工業規格：(JIS B 0146-2)　クレーン用語　第2部
9) (社)日本建設機械施工協会(2016)：日本建設機械要覧
10) (社)全国クレーン建設協会：会員名簿・クレーン保有台帳
11) (財)ダム水源地環境整備センター(1998)：最新魚道の設計－魚道と関連施設－

## 第19章　ポンプ場施工上の留意事項

1) (社)日本電気協会(2001)：電気設備技術基準
2) 通商産業省公益事業局(1988)：高圧受電設備の施設指導要領（通達）
3) 農林水産省農村振興局整備部(2010)：土木工事等施工技術安全指針
4) 厚生労働省労働基準局：労働安全衛生規則
5) 農林水産省農村振興局(2016)：施設機械工事等施工管理基準
6) (社)日本ウェルポイント協会(2007)：ウェルポイント工法便覧

## 参考資料-1　機場の河川管理施設等構造令との関係

1) (社)日本河川協会(2000)：解説・河川管理施設等構造令