

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

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。

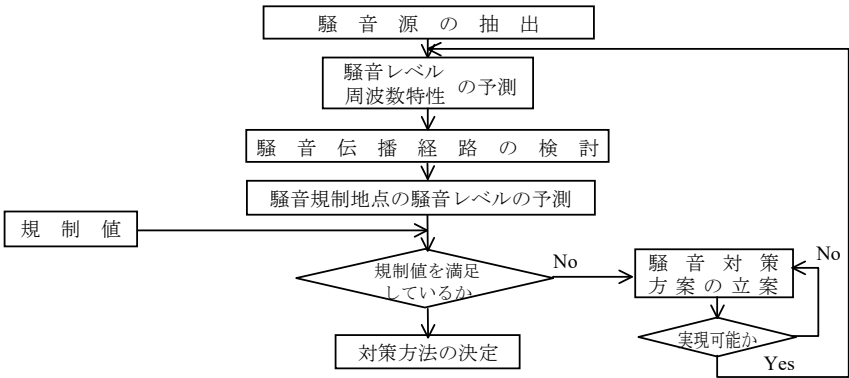


図-16.30 騒音対策の検討手順

(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り合いや軸受の摩耗、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。

(2) 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、その伝播経路也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。

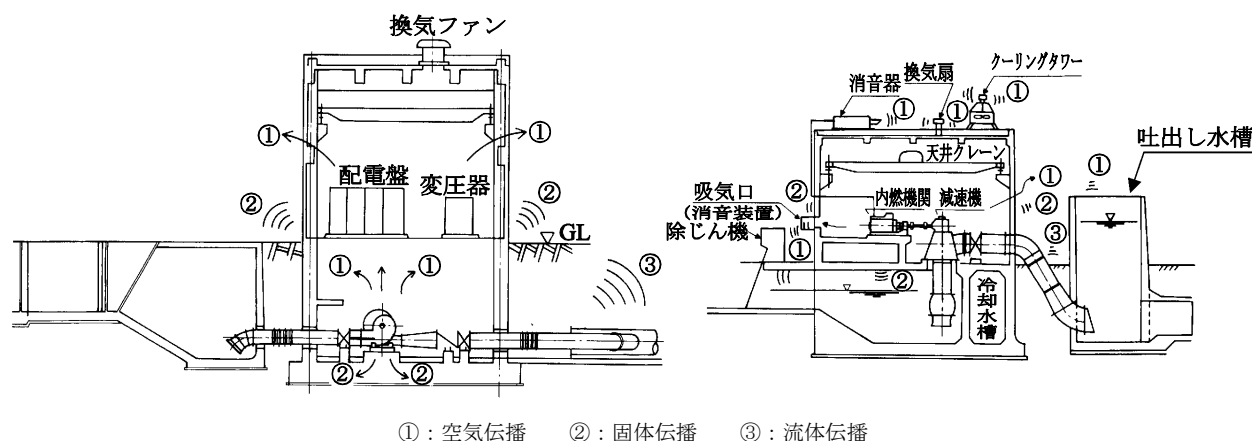


図-16.31 騒音伝播経路

(3) 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

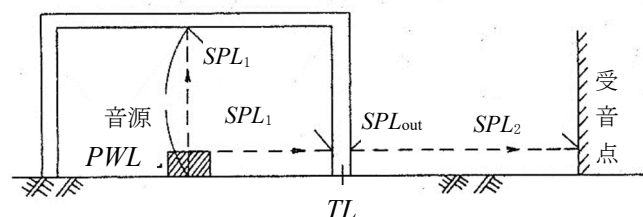
- (i) クーリングタワーは低騒音形を採用したり、防音塀を取付ける。
- (ii) 除じん機は防音壁を取付ける。
- (iii) 変圧器は設置場所を移したり、防音塀を取付ける。

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。

(4) 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)

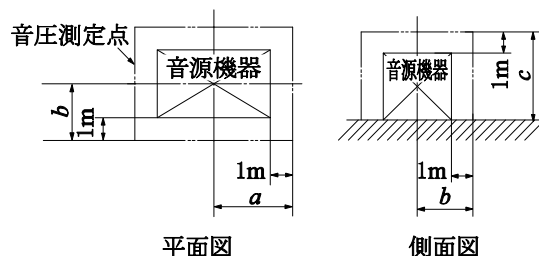
各機器の周波数帯域ごとの SPL (音圧レベル) をメーカーのデータや実測により求める。 SPL は各機器の機側 1m における平均値とする。

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け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。

$$PWL = SPL + 20 \log_{10} r_s + 8 \text{ dB (A)} \quad \dots \dots \dots (16.14)$$

$$rs \doteq \sqrt{\frac{a(b+c)}{2}} \dots\dots\dots (16.15)$$

- 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)



PWL は周波数帯域ごとに計算し、一般的に中心周波数 125Hz 、 250Hz 、 $1,000\text{Hz}$ 、 $2,000\text{Hz}$ 、 $4,000\text{Hz}$ 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。

$$\text{合成 } PWL = 10 \log \left\{ 10^{\frac{PWL_1}{10}} + 10^{\frac{PWL_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{PWL_n}{10}} \right\} \dots\dots\dots (16.16)$$

注) PWL_1 、 PWL_2 、 $\dots$ 、 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。

$$SPL_1 = PWL + 10 \log_{10} \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right) \dots\dots\dots (16.17)$$

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) $= \sum S_i$

r : 音源からポンプ場内壁までの距離 (m)

Q : 指向係数 ($\doteq 2$ とする)

α : 室内平均吸音率 $= \frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{\sum S_i}$

S_i : 吸音の異なる部分に分けたそれぞれの面積 (m^2)

α_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。

$$TL = 18 \log_{10} (M \cdot f) - 44 \dots\dots\dots (16.18)$$

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)

$$SPL_0 = SPL_1 - TL - 6^{\text{注}} \dots\dots\dots (16.19)$$

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。)

$r \leq r_0$ の場合

$$N_R = 0 \dots\dots\dots (16.20)$$

$r_0 < r \leq r_1$ の場合

$$N_R = 10 \log_{10} \left(\frac{r}{r_0} \right) \dots\dots\dots (16.21)$$

$r_1 < r$ の場合

$$N_R = 10 \log_{10} \left(\frac{r}{r_0} \right) + 20 \log_{10} \left(\frac{r}{r_1} \right) \dots\dots\dots (16.22)$$

ここに、 N_R : 距離減衰量 (dB)

r_0 : a/π 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/π 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。

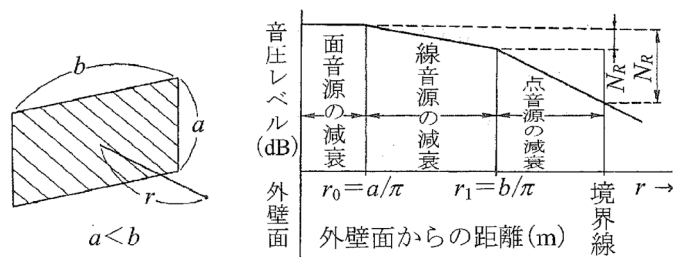


図-16.32 音源の減衰

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

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。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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、過流防止装置、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ます、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

$N \times Z$: 主ポンプ回転速度 $\times$ 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。

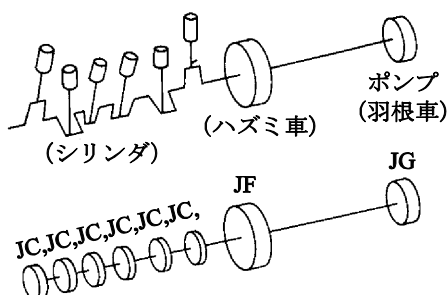


図-16.33 ディーゼル機関の軸系図

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。

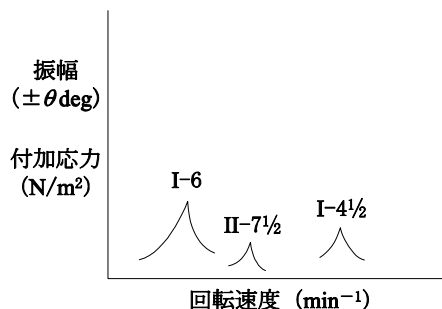


図-16.34 振幅（付加応力）線図

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。

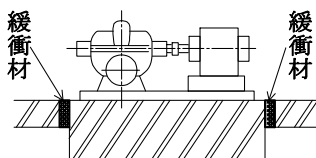


図-16.35 機械基礎と床の絶縁方式

- (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) エネルギー吸収方式……………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ーを消費し、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、新施設について「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（CO₂、炭酸ガス）や水（H₂O）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。 ・総量規制基準、使用燃料基準。 ・地域により K 値の規制あり、煙突の高さとの関係あり。（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。

(1) 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。

(2) 塵芥の管理

排除した塵芥は、一般にホップ内や、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。

(3) 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。

(1) 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。

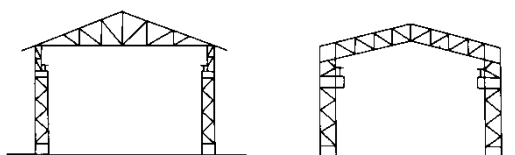


図-16.37 トラス形式

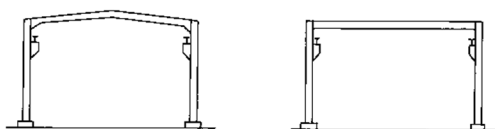


図-16.38 ラーメン形式

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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(1) 勾配屋根

勾配屋根は標準的な屋根の勾配が $1/10 \sim 5/10$ 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ため維持管理が少なくすみ、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釣子止めとする。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（ $4 \times 4.5\text{cm}$ 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もいずれも垂木（間隔 $36 \sim 45\text{cm}$ 程度）に固定する。

(2) 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。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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）

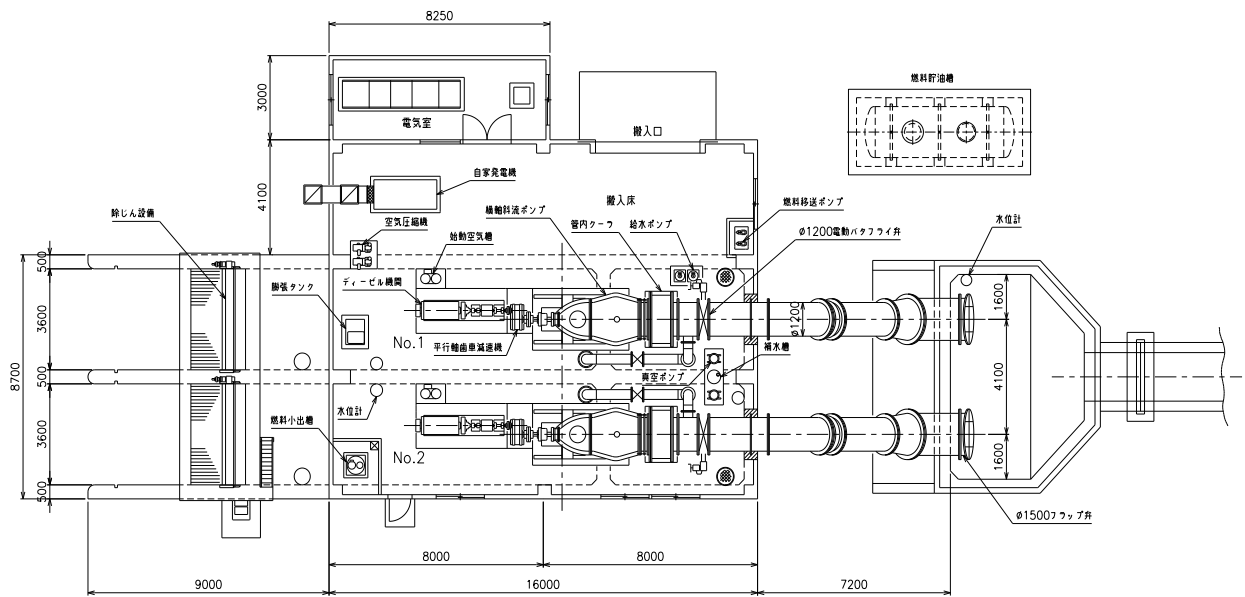
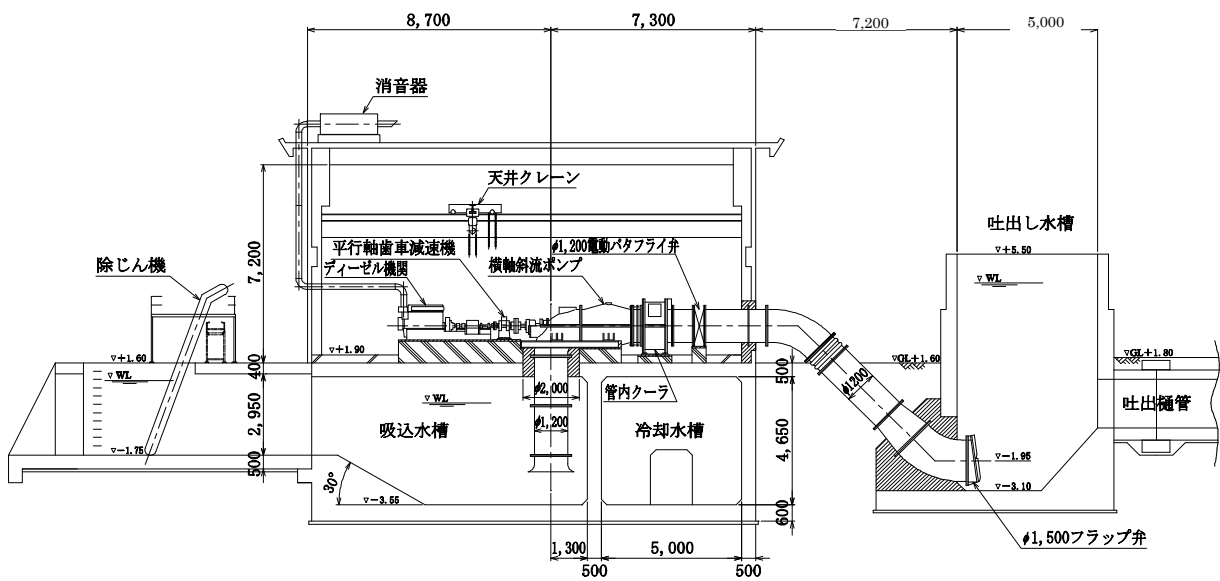


図-16.39(a)-参 横軸斜流ポンプ平面図（例）



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）

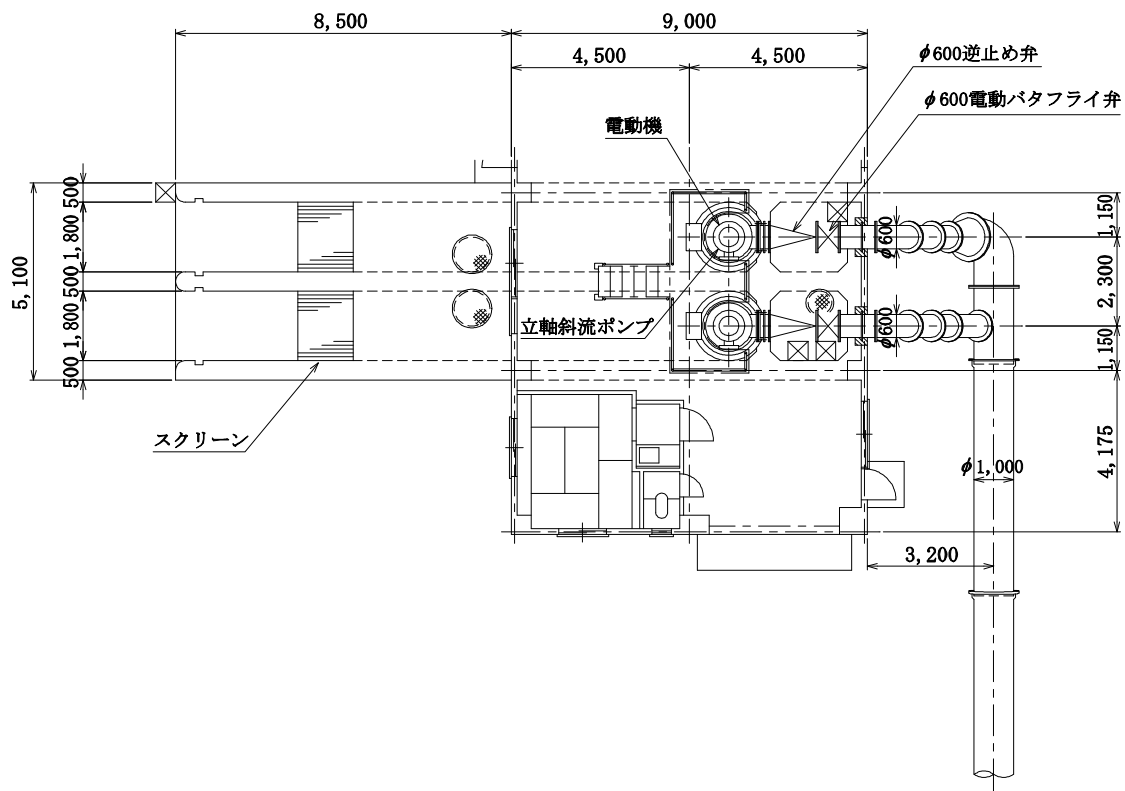
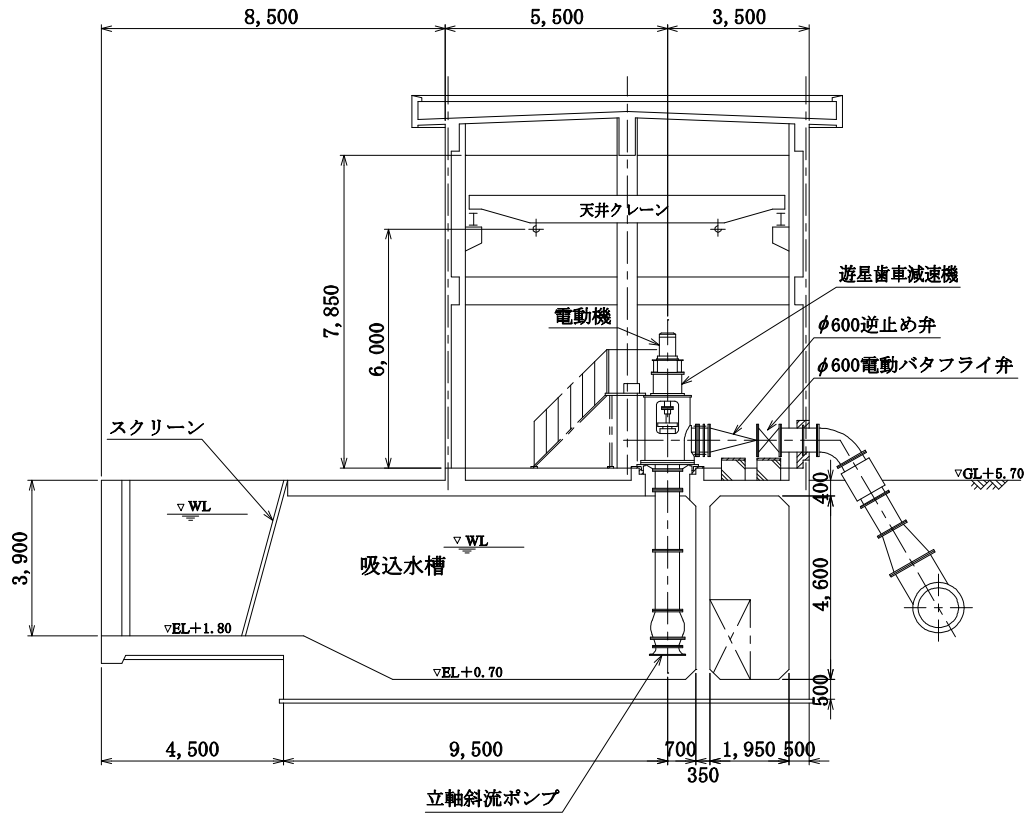


図-16.40(a)-参 立軸斜流ポンプ平面図（例）



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）

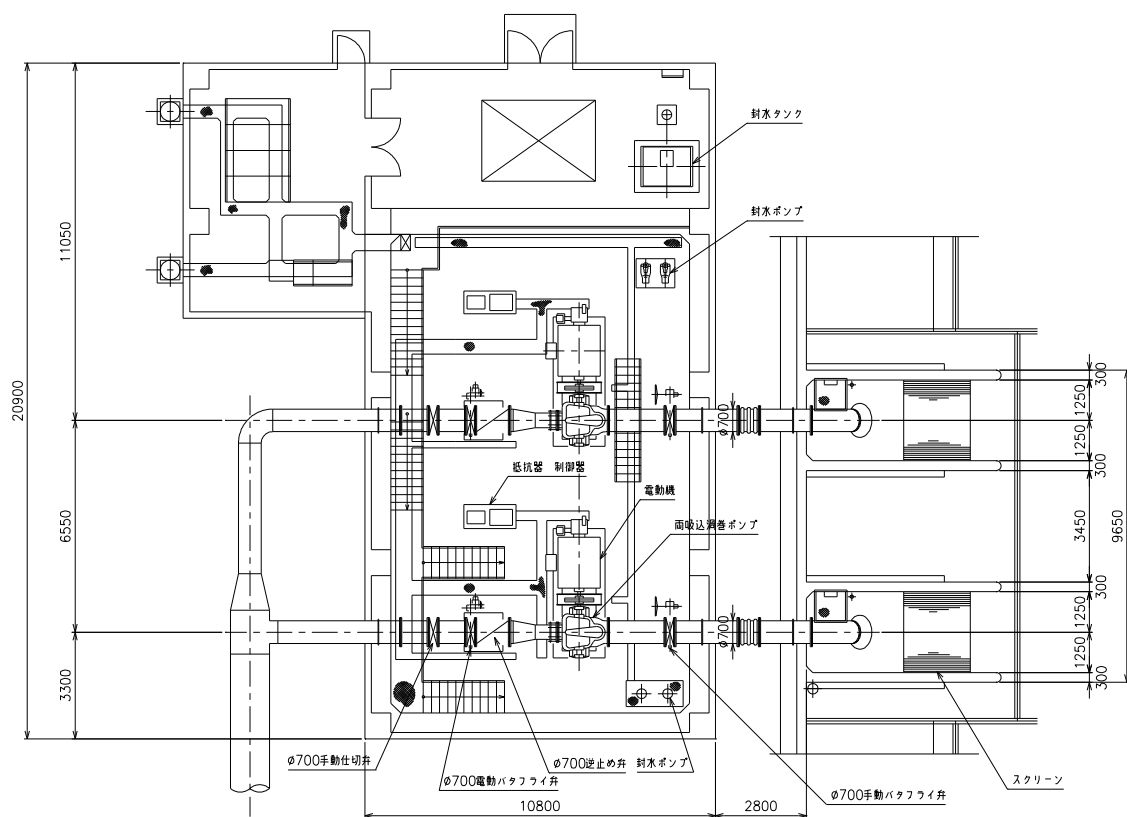
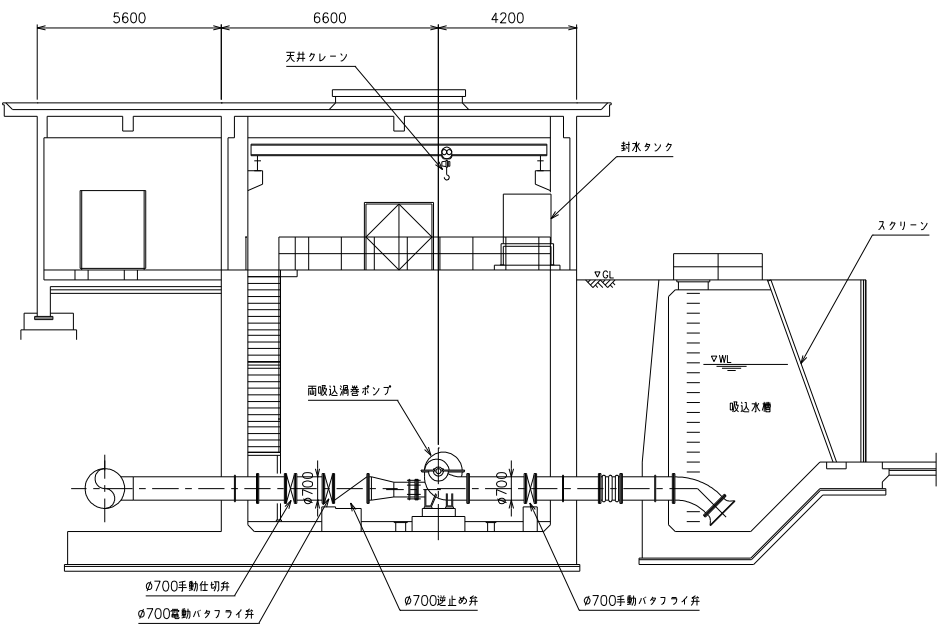
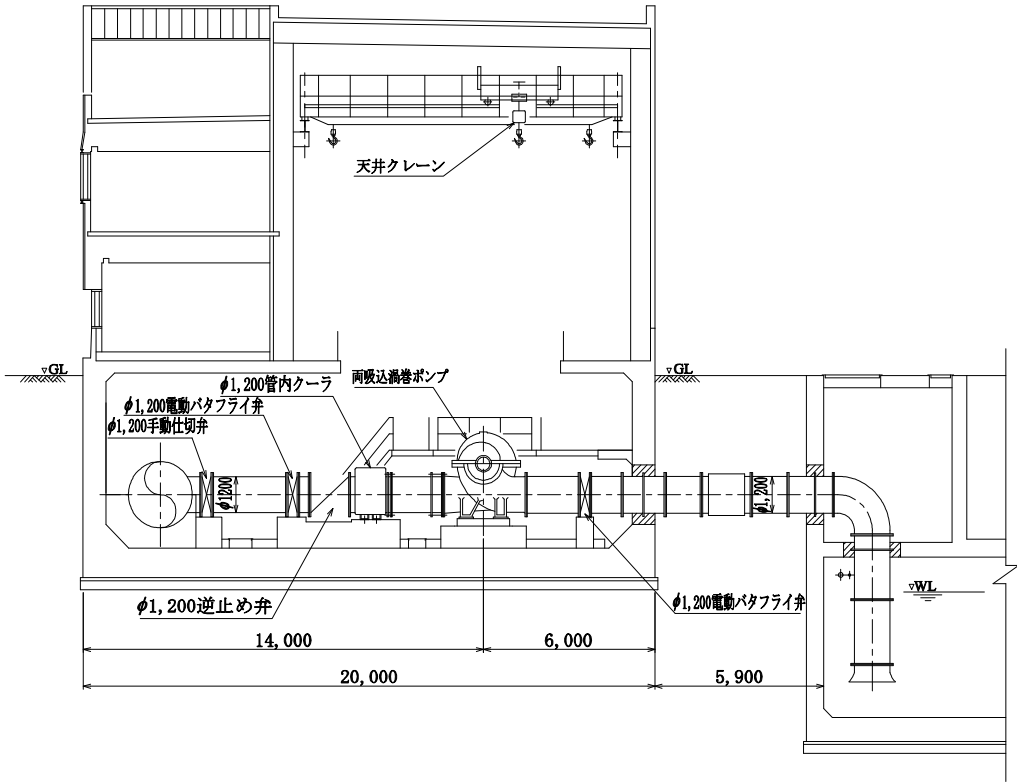


図-16. 41 (a)-参 横軸両吸込渦巻ポンプ平面図 (例)



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)



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）

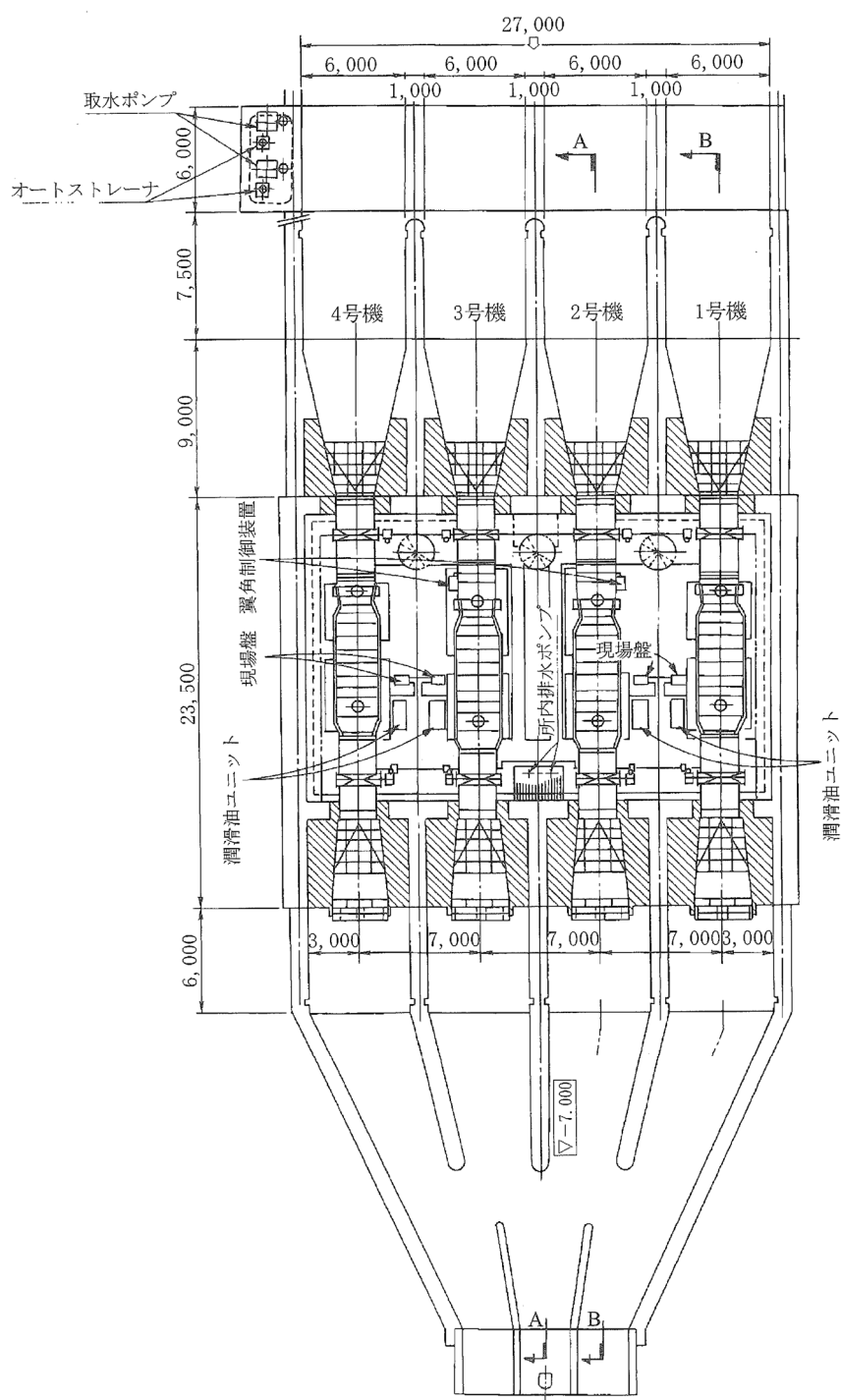
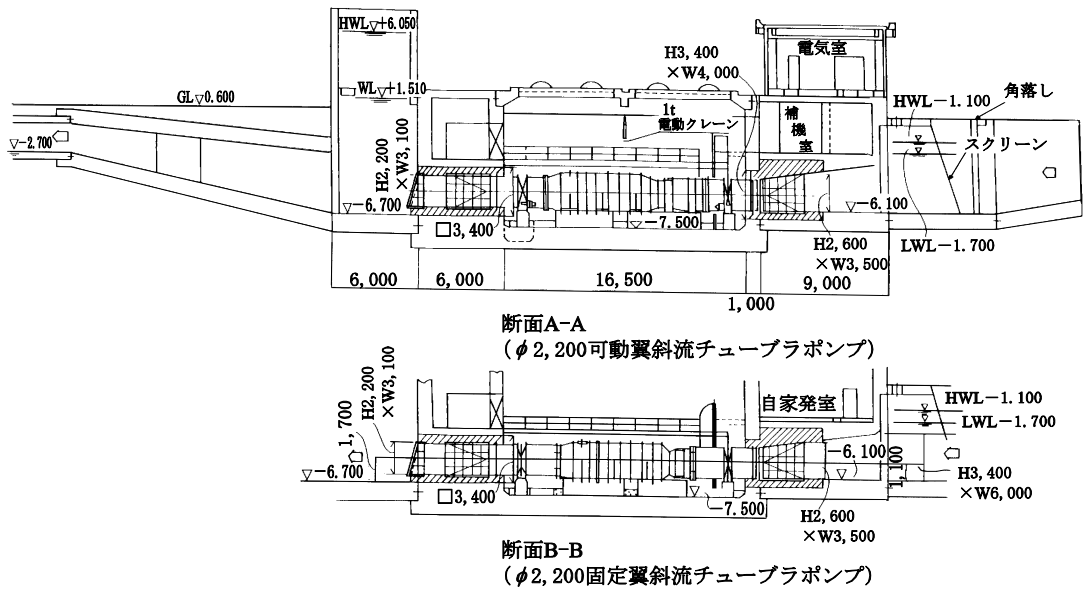


図-16.43(a)-参 横軸可動羽根斜流チューブラポンプ、横軸斜流チューブラポンプ平面図 (例)



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)