

第 6 章 計測機器の設計

6.1 一般事項

計測機器の選定に際しては、必要精度、据付条件、経済性、保守性を考慮するとともに計測装置が所定の機能を発揮できるように設置環境を整える。

(1) 共通仕様

① 計測信号

- | | |
|------------|-------------|
| (a) 電流信号 | DC 4 ～ 20mA |
| (b) 電圧信号 | DC 1 ～ 5 V |
| (c) デジタル信号 | BCD、パルス |

② 避 雷

屋外に設ける検出器との信号ライン及び電源ラインにはアレスタを設けることを原則とする。

6.2 水位計測機器

水位の計測には水位計が用いられる。水位計の形式は、水位の検出方法や信号の変換方式により分類される。ここではダム、河川、水路(暗渠、開渠)及び水槽に一般的に利用されている種類について述べる。

なお、水位計測機器の選定フローを図 6.2-1 に示す。

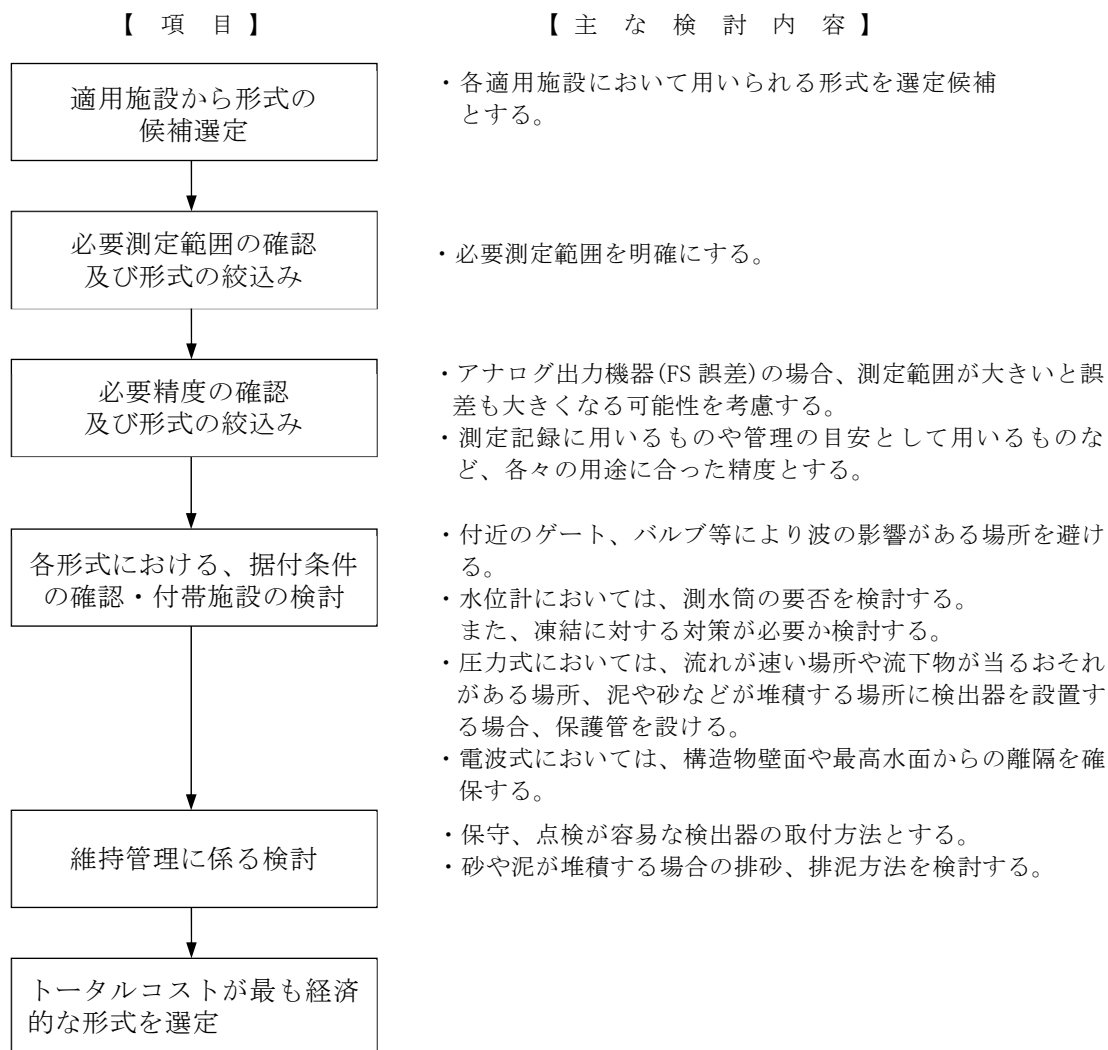


図 6.2-1 水位計測機器の選定フロー

(1) 種類と性能及び特徴

主として用いられる水位計の種類と性能、特徴及び設置上配慮すべき点を表 6.2-1 に示す。

表 6.2-1 水位計の種類

項番	大項目	種 類 小項目	フロート式			圧 力 式				超音波式	電波式	電極式
			デジタル式	ポテンショ式	シンクロ式	半導体式	水晶式	差動トランス式	セラミック式			
1-1	測定範囲	0～5m 程度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
1-2		0～10m 程度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
1-3		0～20m 程度	○	○	○	○	○	○	○		○	
1-4		0～30m 程度	○			○	○	○	○			
1-5		0～50m 程度	○				○	○				
2-1	測定精度	±1.0% (FS) 程度		○	○					○		
2-2		±0.5% (FS) 程度										
2-3		±0.2% (FS) 程度				○		○	○			
2-4		±0.05% (FS) 程度					○					
2-5		±1cm 程度	○								○	
3-1	出力信号	BCD	○				○					
3-2		DC4～20mA		○		○	○	○	○	○	○	
3-3		シンクロ			○							
3-4		その他										○接点
4-1	電源	DC12V				○	○		○			
4-2		DC24V		○		○		○	○		○	○
4-3		AC100V		○	○		○	○	○	○		○
4-4		AC200V			○							
5-1	据付条件	垂直取付	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5-2		斜面取付可能				○	○	○	○			
5-3		測水井必要	○	○	○							
5-4		保護管必要				○	○	○	○			○
5-5		水面凍結対応				○	○	○	○			
5-6		水面非接触								○	○	
6-1	適用施設	ダム水位	◎				◎					
6-2		河川水位	◎				◎			△	○	
6-3		頭首工取水位	◎	△	△	△	◎	△	△	○	○	△
6-4		用水路水位	○	○	○	○		○	○	○	○	
6-5		放水工水位	○	○	○	○		○	○	○	○	△
6-6		機場吸水槽水位	△	○	○	○		○	○		○	○
6-7		機場吐水槽水位	△	○	○	○		○	○		○	○
6-8		調整池水位	○	○	○		○				○	
備 考						取付場所の状況によっては保護管が必要となる場合もある。						

- (注) ① 上記はいずれも固定式であるが、圧力式水位計については可搬式の型式があり、通常それを投込式水位計という。
- ② 上記はいずれも検出器(センサ)と変換器間を信号ケーブルで接続する構成であるが、ケーブルのかわりに小電力無線を用いる形態もある。この場合はセンサ電源として太陽電池を用いるのでセンサ側の消費電力が少ない形式に適用される。この方式について、第Ⅲ編 6.12 項に述べる。
- ③ フロート式の中には、水位の検出原理は同じであるが、カウンタウエイトを持たず、フロートワイヤをプーリに巻き取ることによって井筒直径を小さくできるようにした形式がある。通常、これを巻取り式と称する。巻取り方法はモータによる方式とゼンマイによる方式がある。ゼンマイによる方式の計測範囲は 1m 程度のものが実用化されている。
- ④ ○印は種類ごとの標準的な仕様を示す。適用施設の記号は下記のとおり
 ◎：良く用いられる、○：時々用いられる、△：条件により用いられることがある
- ⑤ 「精度」欄の FS：フルスパン又はフルスケールと読み、測定スパンの全範囲を示し、その範囲の精度



(1) フロート式水位計



(2) 圧力式水位計（水晶式）



(3) 超音波式水位計



(4) 電波式水位計



(5) 電極式水位計

図 6.2-2 主な水位計測機器の外観

(2) 精 度

出力信号の精度は、ポンプ、ゲートなどの制御方法及びデータの演算処理方法などに適した精度とする。

① アナログ出力

アナログ出力での誤差は、フルスケールに対する％値となるため、測定範囲が広がると、それに比例して誤差も大きくなる。

例えば、10m に対する $\pm 1\%$ の精度では $\pm 10\text{ cm}$ 以内の誤差となる。

② デジタル出力

デジタル出力の誤差は計測値に対して通常 $\pm 1\text{ cm}$ 以下であるため、ダムの水位のように広範囲の水位を 1 cm 程度の精度で測定する必要がある場合などにデジタル出力の水位計が用いられる。

(3) 水位計の設置

水位計は各種の要因による水位の異常変動などにより、正しく水位の計測が出来なくなるおそれがあるため、これらの影響を受けにくい場所に設置するか影響を軽減する処置を講じて設置する。

① 一般事項

- (a) 風などによる波浪の影響を受けやすい場所への設置は極力避け、影響の少ない場所を選定する。
- (b) ゲート、バルブなどの近くは急激な水位の変動により正確な測定が出来ないおそれがあるので、これらの近くへの設置は避ける。
- (c) 流れの速い場所に設置する場合は、検出部及び付属ケーブルなどが水流により移動しないように保護管などを設けて設置する。
- (d) 検出部を直接水中に吊り下げる又は水底に設置する場合には、泥又は砂などに埋まらない位置に設置する。やむを得ない場合は、コンクリートなどで設置位置をかさ上げし水底から一定の距離を取るようにする。若しくは、設置場所に排砂排泥を考慮した構造とするなどの対策が必要である。
- (e) 検出部が浮遊物又は生物などにより障害を受けるおそれがある場合には保護管などで保護する。
- (f) 測定する最低水位及び最高水位を確認し、計画した測定範囲が確保できるように設置する。
- (g) 水中部分の支持材及び計器保護箱などは、水質に十分対応できる材質などを選定する。
- (h) 自記記録計は重要施設等で必要な場合に設置する。
- (i) 凍結のおそれがある場合にはヒータ等で保温する。

② 付帯設備の検討

各水位計の設置に当たっては、表 6. 2-2 に示す保護管、測水井などの付帯設備の検討が必要である。

表 6.2-2 付帯設備検討事項

種 類		検 討 事 項
フロート式 水 位 計	ポテンショ式	直径 70～100 cm 程度の測水井（測水筒） を設置
	シンクロ式	
	デジタル式	
圧力式水位計	半導体式	一般に検出部を水底に固定 保護あるいは保守の面からの保護管を 設置
	水 晶 式	
	差動トランス式	
	セラミック式	
超 音 波 水 位 計		送受波器の取付方法
電 波 式 水 位 計		アンテナ形式と取付方法
電 極 式 水 位 計		藻の付着及び電極棒間の接触を防止

（注）詳細は第Ⅲ編 6.2.14 項参照。

（4）波浪対策

水位を測定する上で波の影響は無視できないため、それぞれに応じた対策を講ずる。

① 波の種類と発生要因

（a）さざなみ

風や放流などで発生する小周期の波。

（b）湖面波動

流入水や洪水吐ゲートの開閉操作などにより発生する長周期の波。

② 対 策

（a）さざなみ

それぞれの地区におけるさざなみの発生状況により

a) 導水口（注水口、測水孔）の面積の変更

b) ダンパー機構の設置

c) センサ信号処理

例；移動平均（デジタル）、一次遅延・CR 積分（アナログ）

などの対策を行う。

（b）湖面波動

湖面波動に対しては、データの平滑化を行う方法が一般的であるが、方法の決定に当たっては、波動の周期及び応答性などについて検討する。

6.2.1 フロート式水位計

フロート式水位計にはアナログ方式（ポテンショ式及びシンクロ式）とデジタル方式がある。

(1) 測定原理

① ポテンショ式

フロートの動作をプーリの回転角に変換し、回転角に連動した抵抗値として水面の位置信号を発信する。

抵抗値では伝送できないので R/I 変換器にて電流信号に変換する。

② シンクロ式

フロートの動きをプーリの回転角に変換し、これにシンクロ発信器を結合し、水面の位置信号を発信する。

③ デジタル式

フロートの動きをプーリの回転角に変換し、プーリに結合された符号発生器（デジタルエンコーダなど）により BCD 符号で出力する。

(2) 構 成

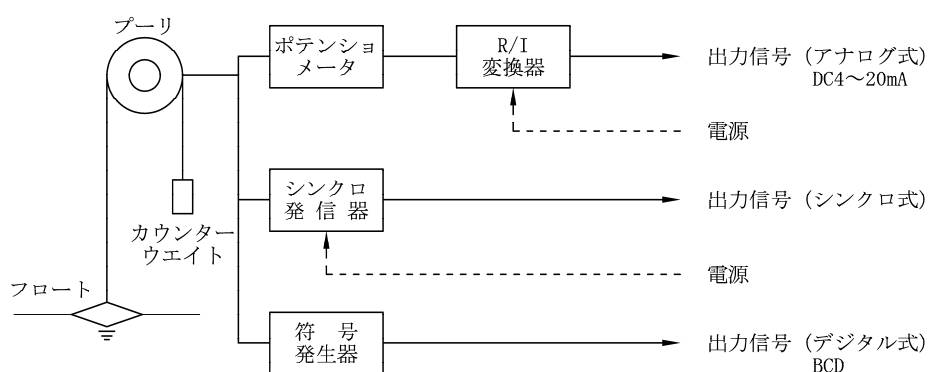


図 6.2-3 フロート式水位計構成図（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）

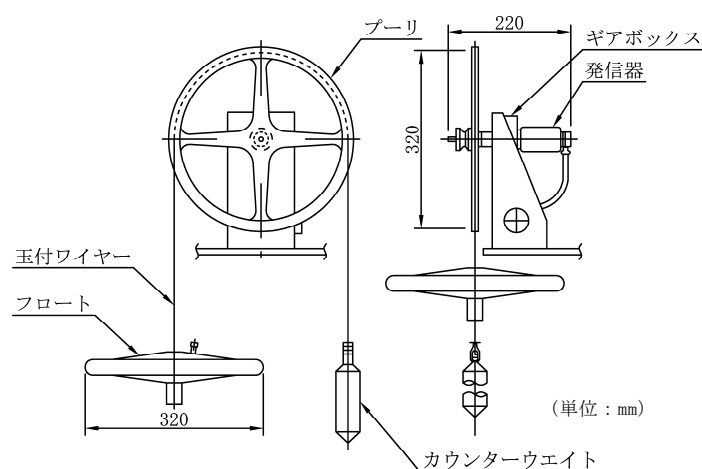


図 6.2-4 フロート式水位計本体構造図（例）

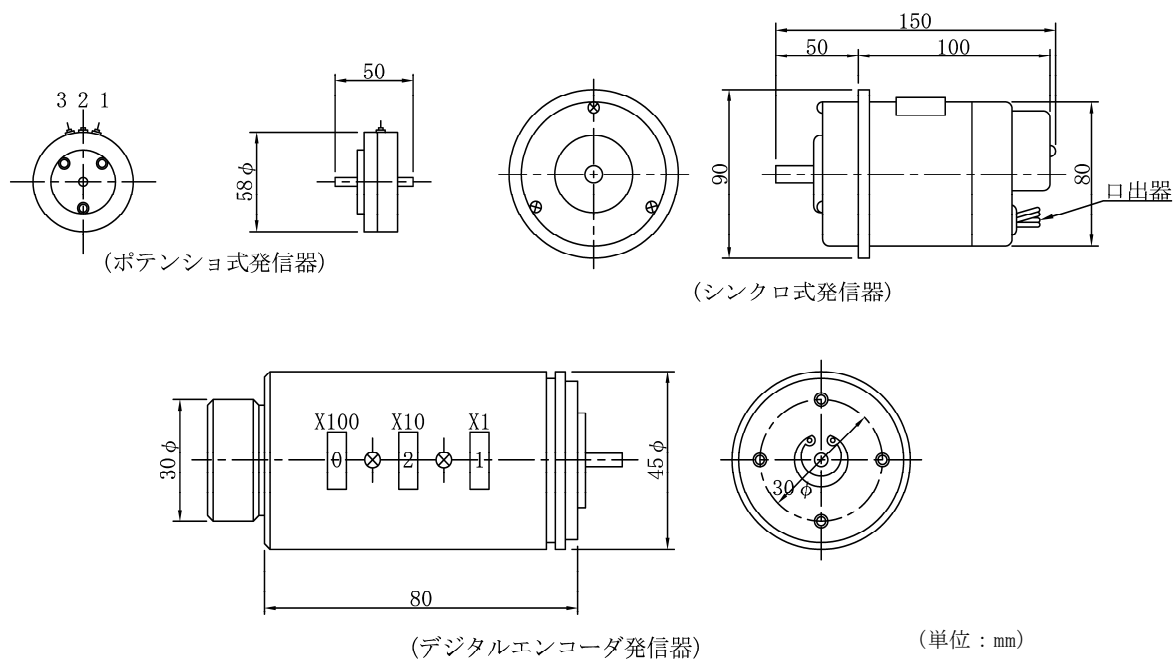


図 6.2-5 フloat式水位計用発信器構造図（例）

(4) 設置要領

フロート式水位計は測水筒を施工し、その上に取り付ける、測水井（筒）の詳細については第Ⅲ編 6.2.14 項参照。

設置例を図 6.2-6 に示す。

また、凍結のおそれがある場合は、ヒータなどにより保温する。

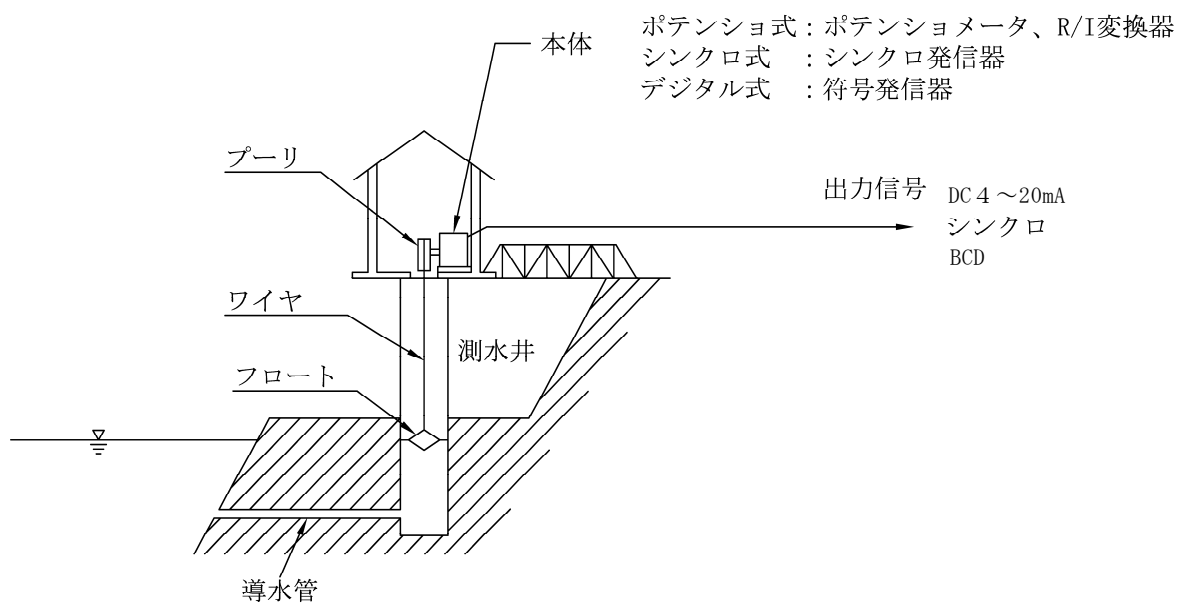


図 6.2-6 フloat式水位計設置（例）

6.2.2 フロート式水位計（ポテンショ式）

(1) 測定原理

フロート式水位計（ポテンショ式）は、フロートの動きをプーリに結合したギヤで回転角に変換し、この回転角をポテンシオメータ等により変換することにより水位を計測するものである。

(2) 構 成

フロート式水位計（ポテンショ式）のブロック図例を図 6.2-7 に示す。

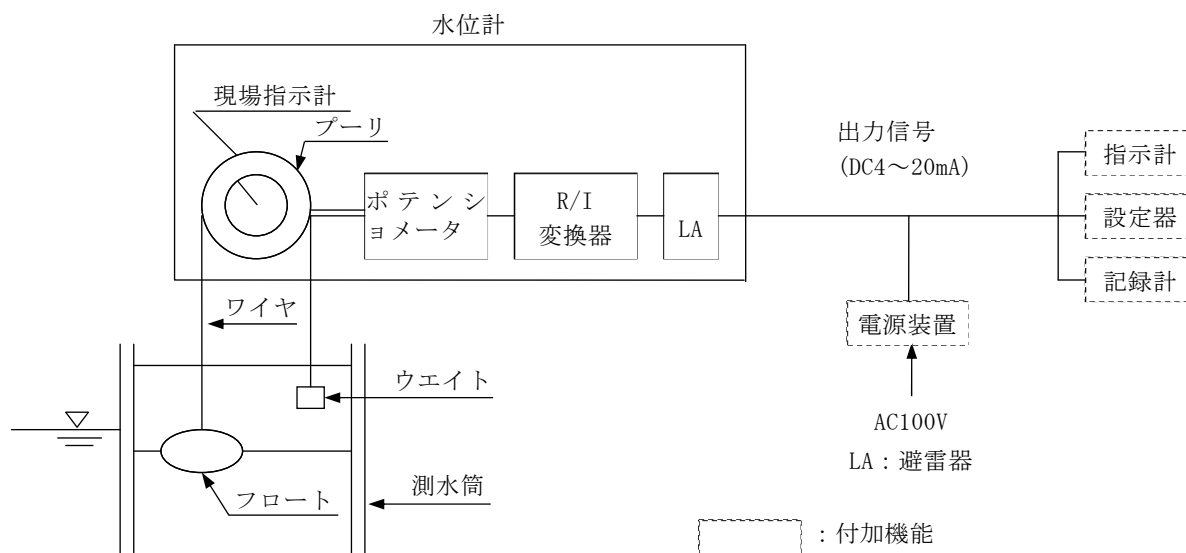


図 6.2-7 フロート式水位計（ポテンショ式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

フロート式水位計（ポテンショ式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|--------------------|
| ① 測定範囲 | 0～15m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±1.0%（FS） |
| ③ 出力信号 | DC4～20mA |
| ④ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度 |
| ⑤ 現場指示計 | 内蔵 |
| ⑥ 配線方式 | 2線式（警報接点用は別途） |
| ⑦ 防水構造 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑧ 各部材質 | |
| (a) 本体 | 鋼板製又は同等以上 |
| (b) フロート | 塩化ビニール製又は同等以上 |
| (c) プーリ | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (d) ウエイト | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (e) ワイヤ | SUS製 |
| ⑨ 信号用避雷器 | 内蔵又は付属品 |
| ⑩ 電 源 | AC100V±10V |

6.2.3 フロート式水位計（シンクロ式）

(1) 測定原理

フロート式水位計（シンクロ式）は、フロートの動きをプーリに結合したギヤで回転角に変換し、この回転角をシンクロ発信器により変換することにより水位を計測するものである。

(2) 構 成

フロート式水位計（シンクロ式）のブロック図例を図 6.2-8 に示す。

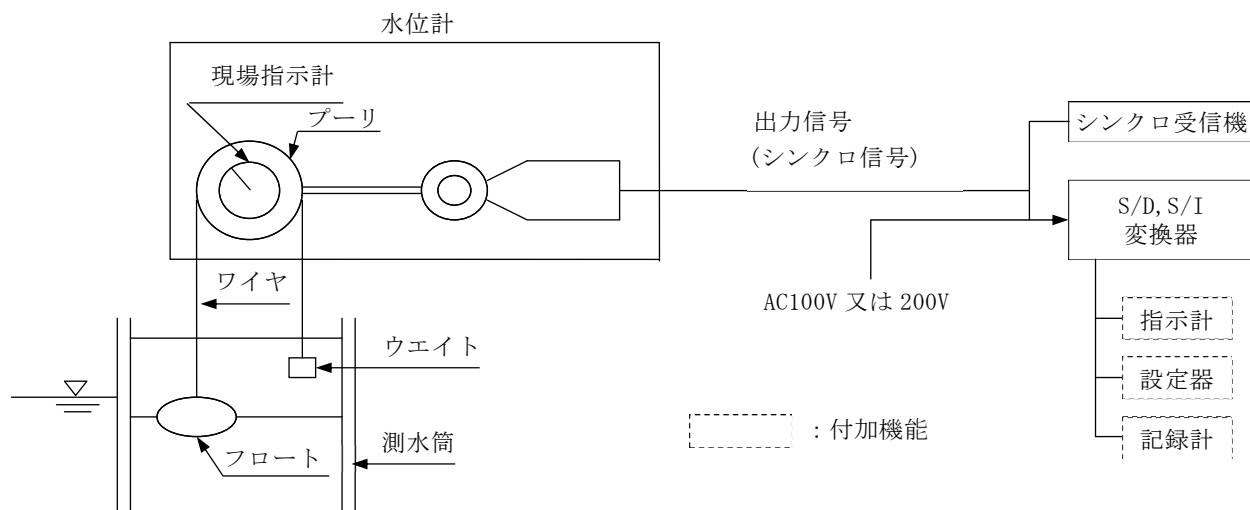


図 6.2-8 フロート式水位計（シンクロ式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

フロート式水位計（シンクロ式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| ① 測定範囲 | 0～15m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±1.0%（FS） |
| ③ 出力信号 | シンクロ信号 |
| ④ 現場指示計 | 内蔵 |
| ⑤ 配線方式 | 5線（電源線2線含むが、警報接点用は別途） |
| ⑥ 防水構造 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑦ 各部材質 | |
| (a) 本 体 | 鋼板製又は同等以上 |
| (b) フロート | 塩化ビニール製又は同等以上 |
| (c) プ ー リ | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (d) ウェイト | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (e) ワ イ ヤ | SUS 製 |
| ⑧ 電 源 | 単相 AC100V±10V 又は AC200V±20V |

6.2.4 フロート式水位計（デジタル式）

(1) 測定原理

フロート式水位計（デジタル式）は、フロートの動きをプーリに結合したギヤで所要の回転数に変換し、この回転数を符号発生器で変換することにより水位を計測するものである。

(2) 構 成

フロート式水位計（デジタル式）のブロック図例を図 6.2-9 に示す。

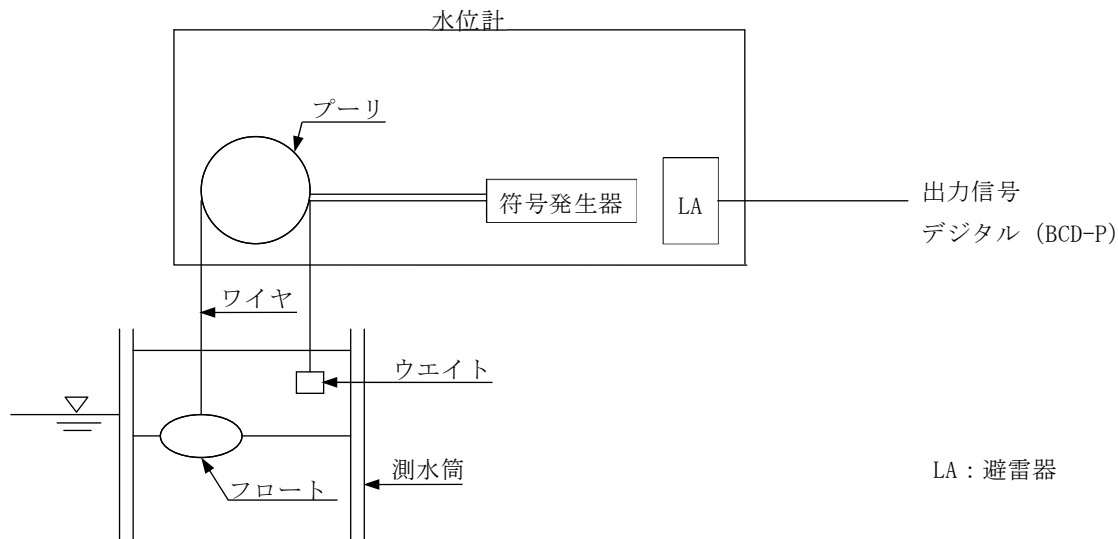


図 6.2-9 フロート式水位計（デジタル式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

フロート式水位計（デジタル式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| ① 測定範囲 | 0～50m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±1.0cm |
| ③ 出力信号 | BCD 3桁又は4桁（桁毎パリティ付） |
| ④ 符号発生器 | RS A/D コンバータ又はダブルブラシ方式 |
| ⑤ 信号用避雷器 | 内蔵 |
| ⑥ 接点容量 | DC100V 0.5A（MAX 10W [抵抗負荷]） |
| ⑦ 防水構造 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑧ 各部材質 | |
| (a) 本 体 | 鋼板製又は同等以上 |
| (b) フロート | 塩化ビニール製又は同等以上 |
| (c) プ ー リ | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (d) ウエイト | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (e) ワ イ ヤ | SUS 製 |

6.2.5 フロート式水位計（水研 62 型）

(1) 測定原理

フロート式水位計（水研 62 型）は、フロート式水位計（デジタル式）の 1 種で、機能として自記記録計が付加されたものである。

(2) 構 成

フロート式水位計（水研 62 型）のブロック図例を図 6.2-10 に示す。

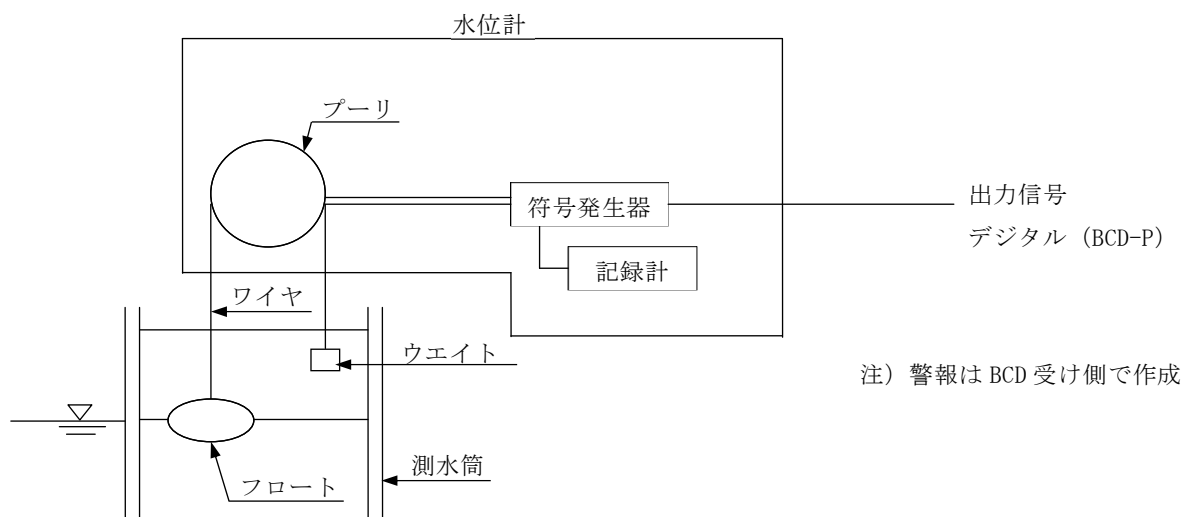


図 6.2-10 フロート式水位計（水研 62 型）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

フロート式水位計（水研 62 型）の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|------------------------|
| ① 測定範囲 | 0～100m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±1.0cm |
| ③ 出力信号 | BCD 3 桁又は 4 桁（桁毎パリティ付） |
| ④ 符号発生器 | RS A/D コンバータ又はダブルブラシ式 |
| ⑤ 警報接点 | 無 |
| ⑥ 避雷器 | 無 |
| ⑦ 自記記録 | |
| (a) 記録方式 | 2 ペン直線書き |
| (b) 記録ペン | カートリッジ式 |
| (c) 時計 | 水晶時計（乾電池式） |
| (d) 記録紙 | 有効幅 200 mm |
| ⑧ 防水構造 | 防雨形相当（JIS C 0920） |
| ⑨ 各部材質 | |
| (a) 本体 | 鋼板製又は同等以上 |
| (b) フロート | 塩化ビニール製又は同等以上 |
| (c) プーリ | 鋳鉄製又は同等以上 |

- | | |
|----------|-----------|
| (d) ウェイト | 鋳鉄製又は同等以上 |
| (e) ワイヤ | SUS 製 |

6.2.6 圧力式水位計

圧力式水位計には半導体式、水晶式、差動トランス式及びセラミック式の各方式がある。

(1) 測定原理

圧力式水位計は検出器の先端にあるペローズに水頭圧がかかるとその変化を半導体、水晶、又は差動トランスを使用して電気信号に変換し、水位信号として検出する。

① 半導体式

水位の変化に対応した水圧の変化はシリコン半導体ストレインゲージを利用して電氣的に変換し、水位信号として検出する。

② 水晶式

水位の変化に対応した水圧の変化を水晶発振器の周波数変化に変換し、水位信号として検出する。

③ 差動トランス式

水位の変化に対応した水圧の変化を、差動トランスにより電気信号に変換し、水位信号として検出する。

④ セラミック式

水圧の変化をセラミックダイアフラムに貼り付けた電極間の静電容量の変化として捉え、これを変換して水位信号として検知する。

(2) 構成

① 半導体式、水晶式、セラミック式

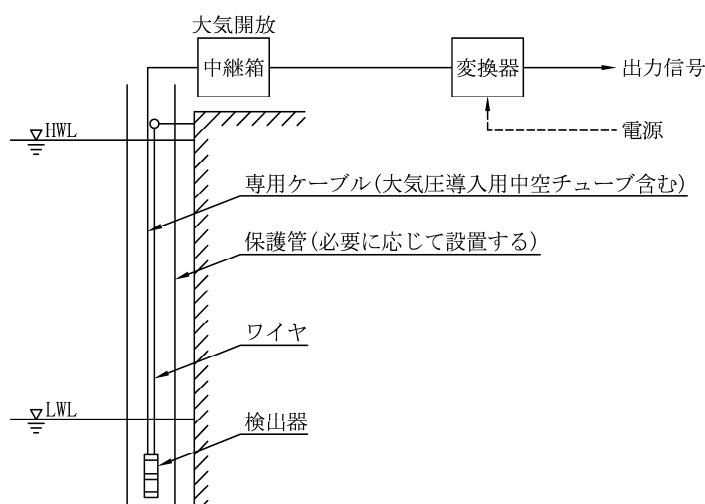


図 6.2-11 圧力式水位計構成図（半導体式、水晶式、セラミック式）（例）

② 差動トランス式

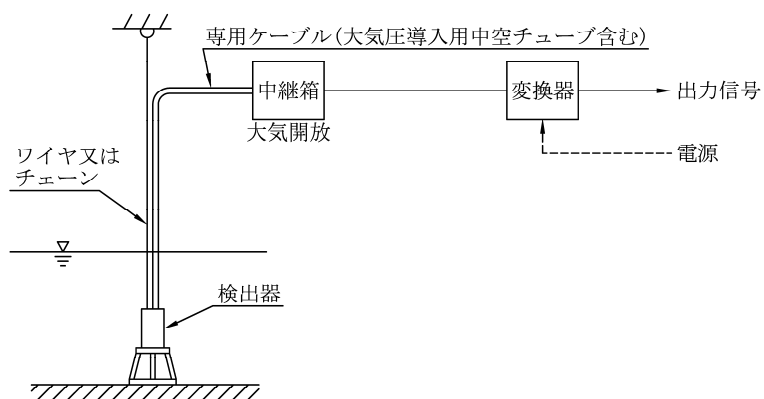


図 6.2-12 圧力式水位計構成図（差動トランス式）（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）

① 半導体式

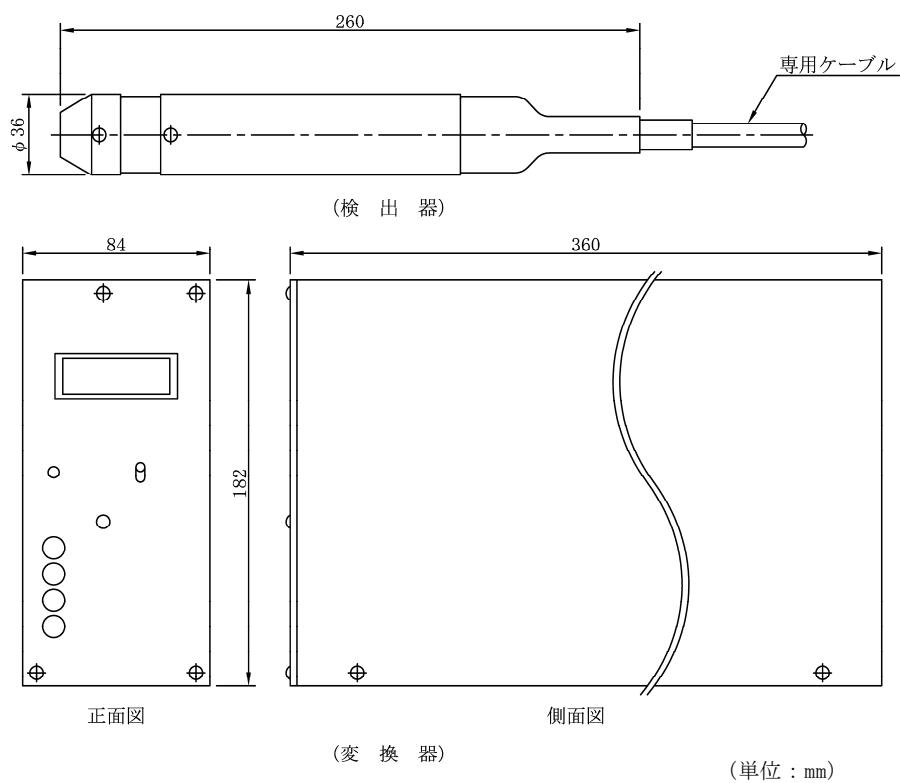


図 6.2-13 圧力式水位計構造図（半導体式）（例）

② 水晶式

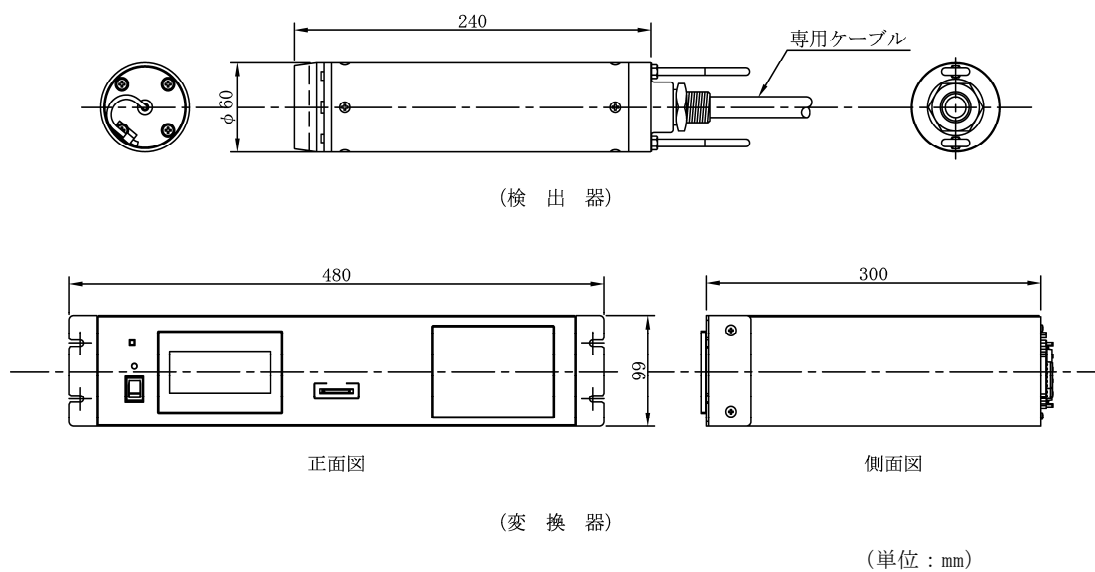


図 6.2-14 圧力式水位計構造図（水晶式）（例）

③ 差動トランス式

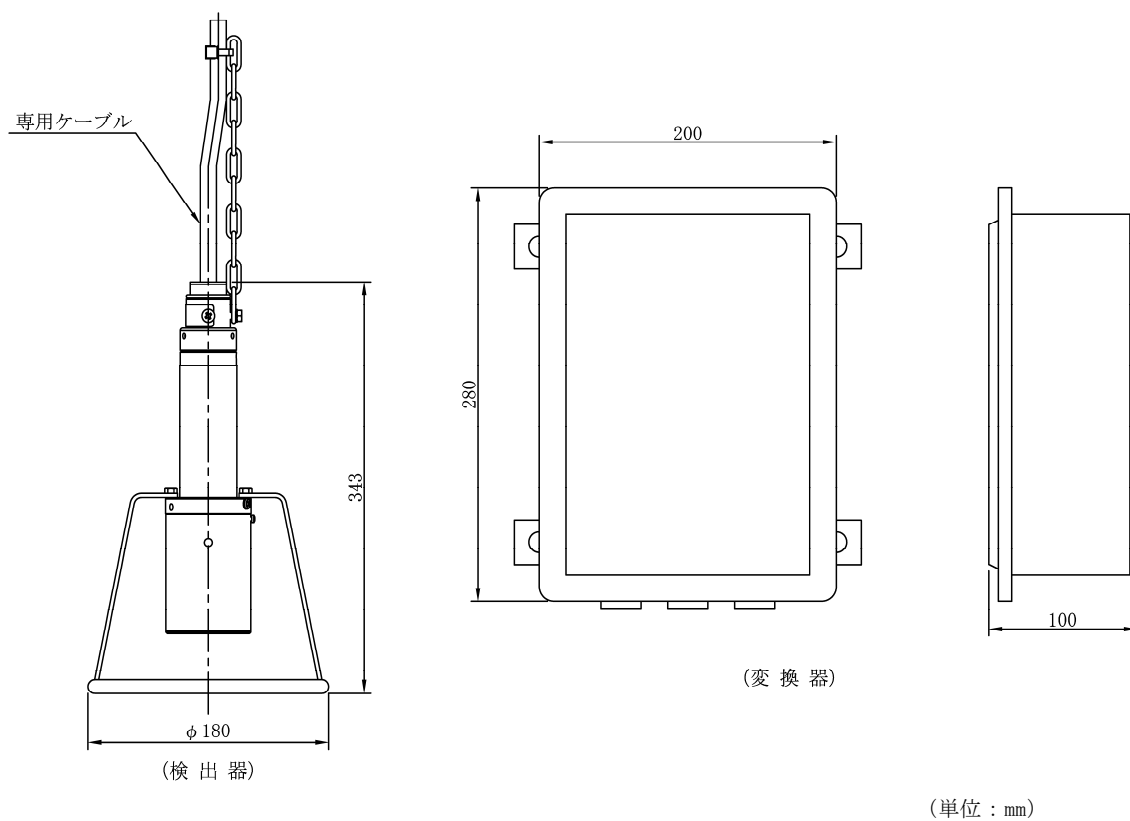


図 6.2-15 圧力式水位計構造図（差動トランス式）（例）

④ セラミック式

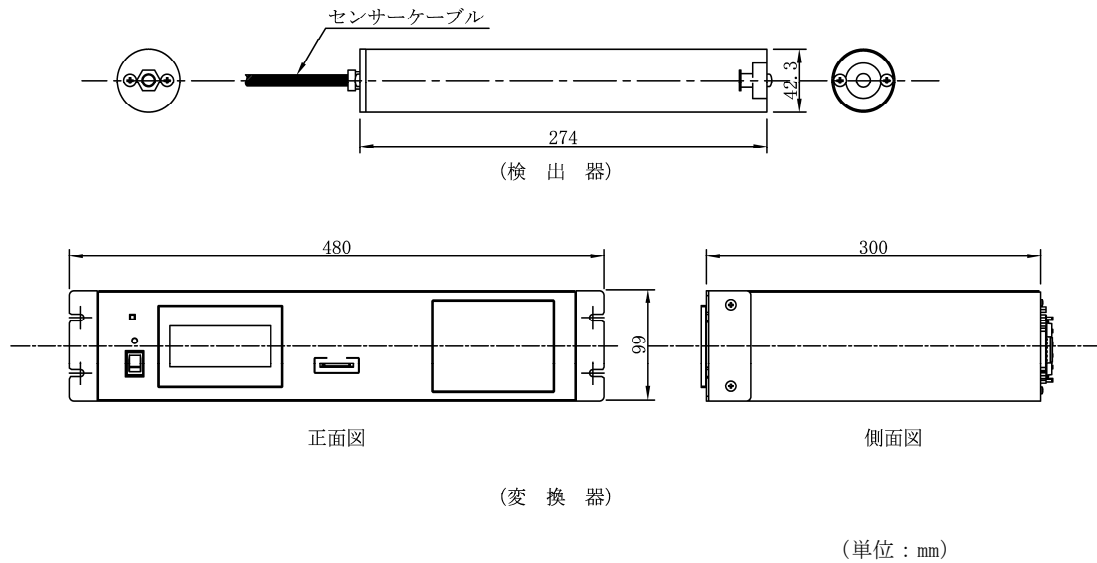


図 6.2-16 圧力式水位計構造図（セラミック式）（例）

(4) 設置要領

- ① 流木、転石などで検出器及び専用ケーブルが破損されるおそれのない場所に設置する。
- ② 流速による測定誤差を軽減するために、動水圧の影響を受けない、流速の小さい所に設置する。
- ③ 検出器周辺の流速が 1 m/s 以上ある場合は保護管などを設備する。
- ④ 検出器の点検が容易にできるように設置する。
- ⑤ 専用ケーブルや保護管は直接日光に当たらないように設置することが望ましい。
- ⑥ 保護管などの大きさは検出器の大きさを考慮して設置する。
- ⑦ 導水管の先端は、玉砂利などによりヘドロなどの詰まりを防止する。
- ⑧ 傾斜面に設置する場合は、保護管の曲り部分にハンドホールなどを設置するのが望ましい。

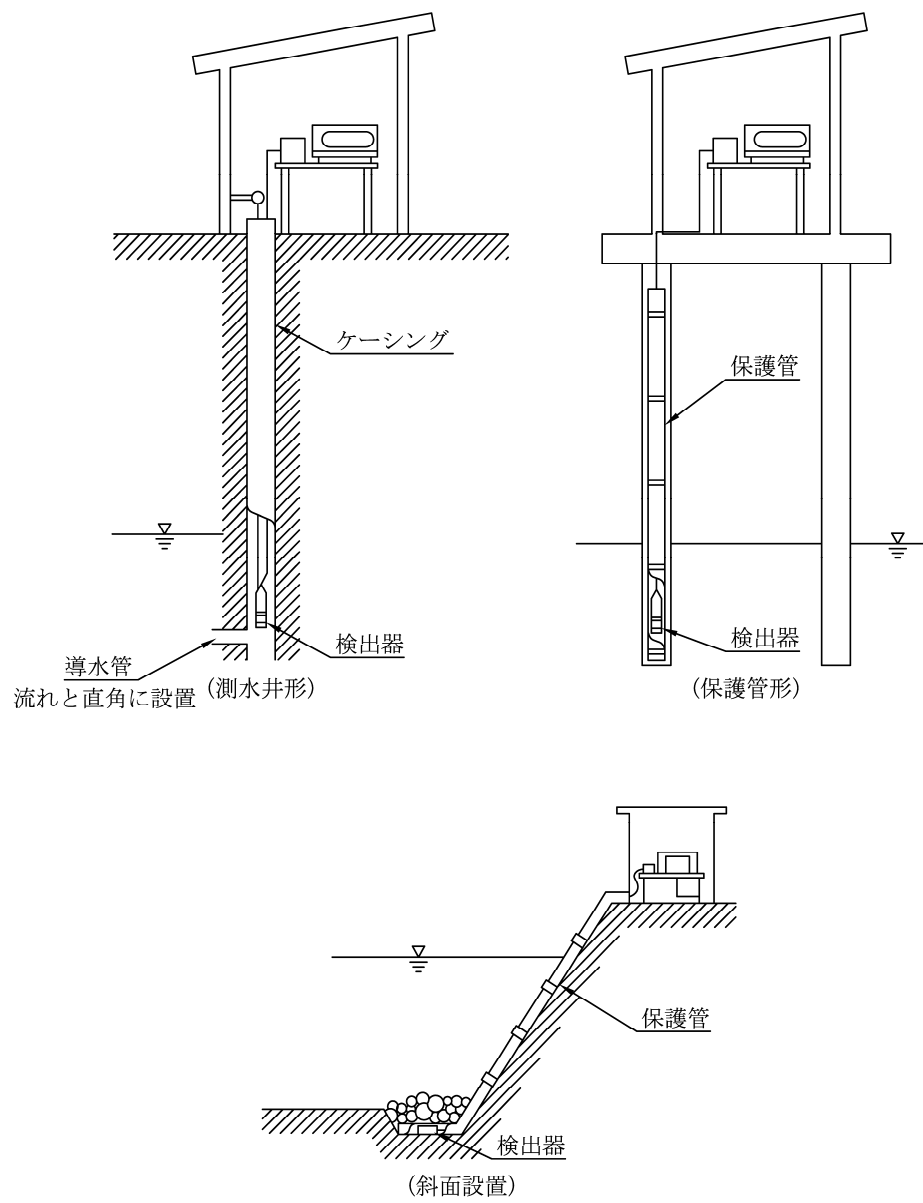


図 6.2-17 圧力式水位計設置 (例)

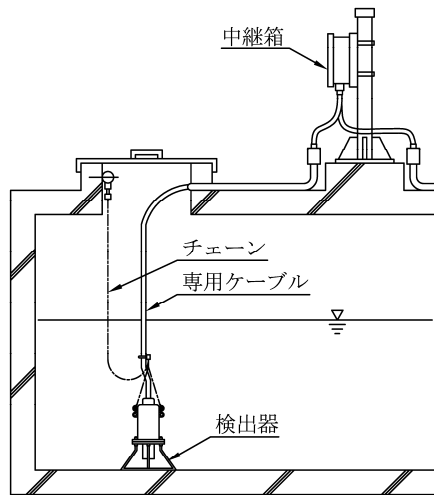


図 6.2-18 圧力式水位計設置（投込み式）（例）

6.2.7 圧力式水位計（半導体式）

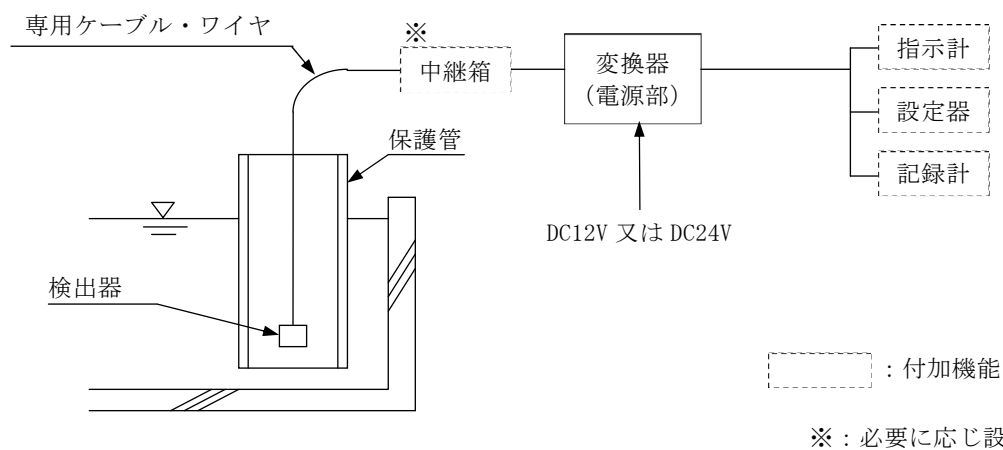
(1) 測定原理

圧力式水位計（半導体式）は、検出器の受圧部に半導体素子を用い、受圧部にかけた水頭圧を電気信号の変化として検出し、水位を測定するものである。

(2) 構成

圧力式水位計（半導体式）のブロック図例を図 6.2-19 に示す。

① 変換器形



② 伝送器形

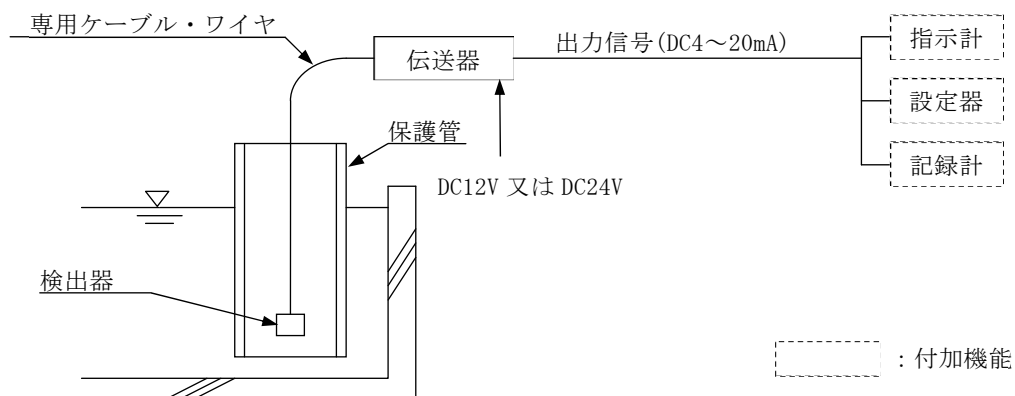


図 6.2-19 圧力式水位計（半導体式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

圧力式水位計（半導体式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|--------------------|
| ① 測定範囲 | 0 ～50m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±0.2%（FS） |
| ③ 出力信号 | DC 4 ～20mA |
| ④ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度 |
| ⑤ 調整機能 | ゼロ点調整、スパン調整 |
| ⑥ 配線方式 | 2線式 |
| ⑦ 避雷器 | 内蔵（中継箱又は伝送器） |
| ⑧ 防水構造 | |
| (a) 検出器 | 水中形相当（JIS C 0920） |
| (b) 中継箱 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| (c) 伝送器 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑨ 各部材質 | |
| (a) 検出器 | SUS製 |
| (b) 中継箱 | SUS製 |
| (c) 伝送器 | アルミニウム合金又は同等以上 |
| ⑩ 電源 | DC12V 又は DC24V |

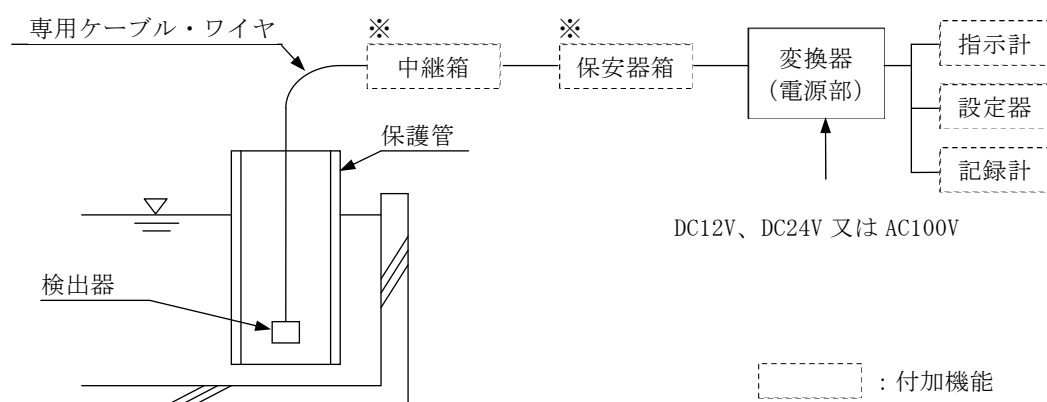
6.2.8 圧力式水位計（セラミック式）

(1) 測定原理

圧力式水位計（セラミック式）は、検出器の受圧部にセラミック素子を用い、受圧部にかかる水頭圧を電気信号の変化として検出し、水位を測定するものである。

(2) 構成

圧力式水位計（セラミック式）のブロック図例を図 6.2-20 に示す。



※：必要に応じ設置する。

図 6.2-20 圧力式水位計（セラミック式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

圧力式水位計（セラミック式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|---------------------------|
| ① 測定範囲 | 0 ～40m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±0.1%（FS） |
| ③ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度 |
| ④ 水位指示器 | 変換器内蔵 |
| ⑤ 調整機能 | ゼロ点調整、スパン調整 |
| ⑥ 配線方式 | 2線式 |
| ⑦ 避雷器 | 内蔵（中継箱） |
| ⑧ 防水構造 | |
| (a) 検出器 | 水中形相当（JIS C 0920） |
| (b) 中継箱 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑨ 各部材質 | |
| (a) 検出器 | SUS製 |
| (b) 中継箱 | SUS製又はABS樹脂製 |
| ⑩ 電源 | DC12V、DC24V 又は AC100V±10V |

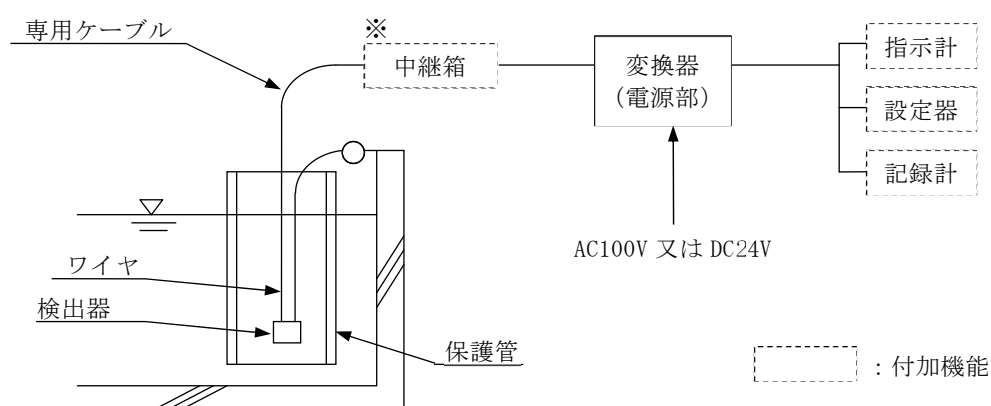
6.2.9 圧力式水位計（差動トランス式）

(1) 測定原理

圧力式水位計（差動トランス式）は、検出器の受圧部に差動トランスを用い、受圧部にかかる水頭圧を電気信号の変化として検出し、水位を測定するものである。

(2) 構成

圧力式水位計（差動トランス式）のブロック図例を図 6.2-21 に示す。



※：必要に応じ設置する。

図 6.2-21 圧力式水位計（差動トランス式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

圧力式水位計（差動トランス式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|---------------------------------|
| ① 測定範囲 | 0.1m～40m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±0.2%（FS）、ただし 0.8m 以下は±0.5%（FS） |
| ③ 出力信号 | DC 4～20mA |
| ④ 許容負荷抵抗 | 800Ω程度 |
| ⑤ 調整機能 | ゼロ点調整、スパン |
| ⑥ 配線方式 | 2線式 |
| ⑦ 避雷器 | 内蔵（中継箱） |
| ⑧ 防水構造 | |
| (a) 検出器 | 水中形相当（JIS C 0920） |
| (b) 中継箱 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑨ 各部材質 | |
| (a) 検出器 | SUS 製 |
| (b) 検出器 | SUS 製又は ABS 樹脂製 |
| ⑩ 電 源 | AC100V±10V 又は DC24V |

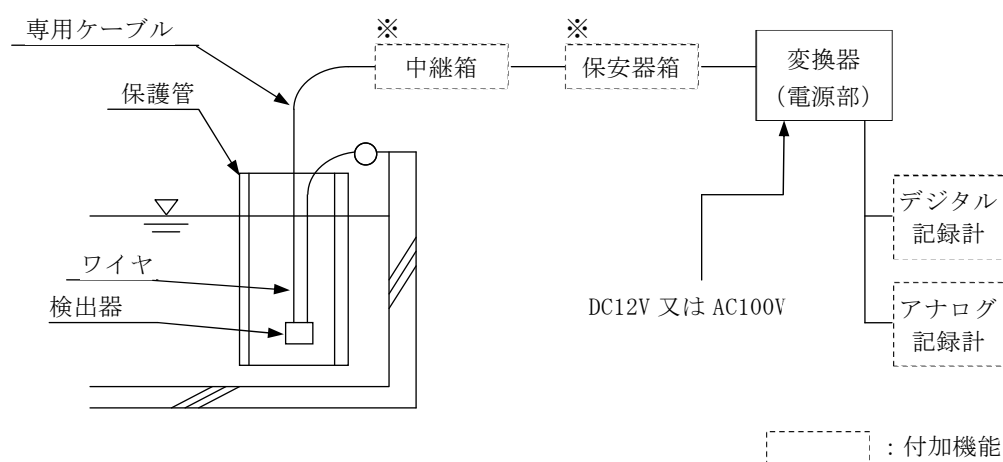
6.2.10 圧力式水位計（水晶式）

(1) 測定原理

圧力式水位計（水晶式）は、検出器の受圧部に水晶振動素子を用い、受圧部にかかる水頭圧を振動周波数として検出し、水位を測定するものである。

(2) 構 成

圧力式水位計（水晶式）のブロック図例を図 6.2-22 に示す。



※：必要に応じ設置する。

図 6.2-22 圧力式水位計（水晶式）ブロック図（例）

(3) 機器仕様例

圧力式水位計（水晶式）の機器仕様例を示す。

- | | |
|--------------|---------------------|
| ① 測定範囲 | 0～100m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±0.05%（FS） |
| ③ 出力信号 | |
| (a) アナログ出力 | DC 4～20mA（最大2量） |
| (b) デジタル接点出力 | BCD 4桁-P（最大2量） |
| ④ デジタル表示器 | 内蔵（変換器） |
| ⑤ 移動平均機能 | 内蔵（変換器） |
| ⑥ 構造 | |
| (a) 検出器 | 水中形相当（JIS C 0920） |
| (b) 中継箱 | 防まつ形相当（JIS C 0920） |
| ⑦ 各部材質 | |
| (a) 検出器 | SUS製 |
| (b) 中継箱 | SUS製 |
| ⑧ 電源 | AC100V±10V 又は DC12V |

6.2.11 超音波式水位計

(1) 測定原理

超音波式水位計は、水面に超音波を発射し、反射された超音波を受信するまでの時間を測定して水位を測定するものである。

$$H = D - (C_0 + \alpha T) t / 2 \quad (\text{m})$$

D：水底又は基準点から送受波器までの距離（m）

C₀：0℃における音速度（331.45m/s）

α：音速度の温度係数（0.607m/s・℃）

T：気温（℃）

t：超音波パルス波の往復伝達時間（sec）

H：測定水深（m）

(2) 構成

超音波式水位計のブロック図例を図 6.2-23 に示す。

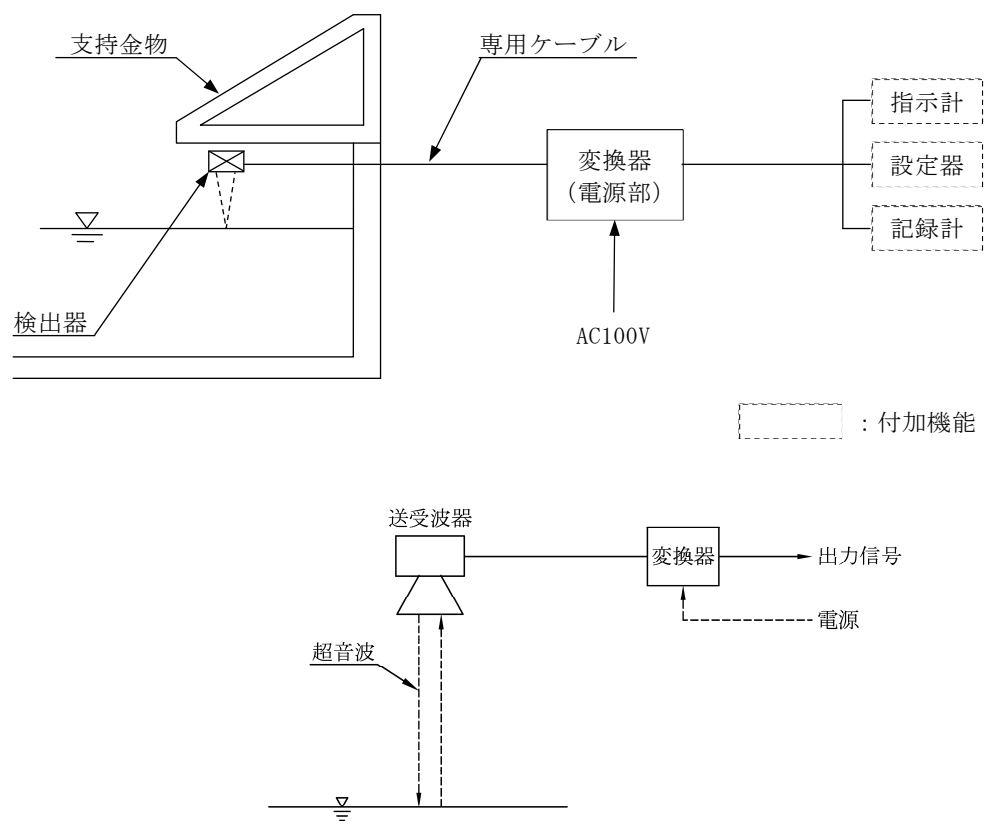


図 6.2-23 超音波式水位計ブロック図 (例)

(3) 構造（外形寸法は参考値）

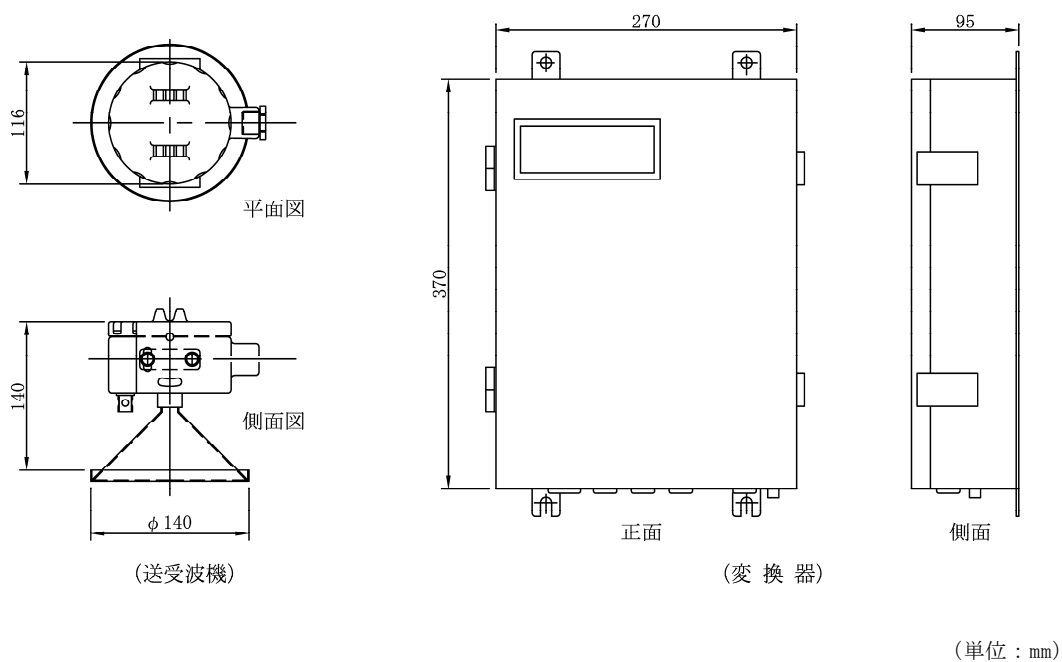


図 6.2-24 超音波式水位計構造図（例）

(4) 設置要領

- ① 送受波器は、水面に向けて鉛直方向に取り付ける。
- ② 送受波器からの指向角内（鉛直から $\pm 7^\circ$ 程度）に障害物が入らぬようにする。
- ③ 送受波器と水面の距離は指定された不感帯以上とする。
- ④ 温度補正用センサのケーブルは直接変換器の端子台に接続すること。

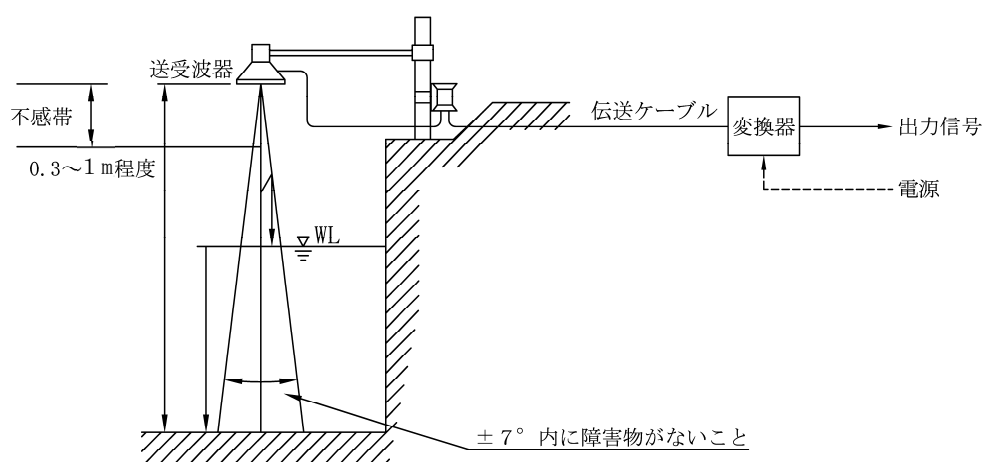
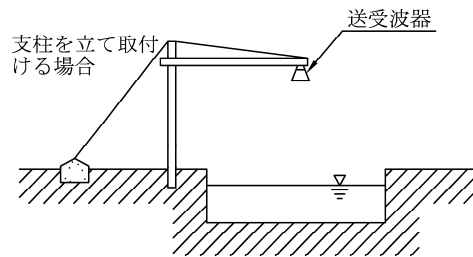
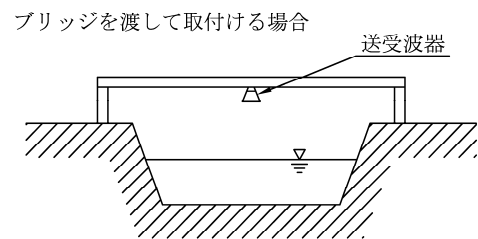


図 6.2-25 超音波式水位計設置（例）



片支持式



ブリッジ式

図 6.2-26 超音波式水位計設置（例）

(5) 機器仕様例

超音波式水位計の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|-------------------|
| ① 測定範囲 | 0 ～ 13.5m（最大値） |
| ② 測定精度 | ±1.0%（FS） |
| ③ 不感帯 | 0.3m 程度 |
| ④ 出力信号 | DC 4 ～ 20mA |
| ⑤ 許容負荷抵抗 | 600Ω 程度 |
| ⑥ 水位指示器 | 内蔵（変換器） |
| ⑦ 調整機能 | ゼロ点調整、スパン調整 |
| ⑧ 避雷器 | 信号用内蔵 |
| ⑨ 構造 | |
| (a) 検出器 | 防浸形相当（JIS C 0920） |
| (b) 変換器 | 防塵形相当（JIS C 0920） |
| ⑩ 各部材質 | |
| (a) 検出器 | SUS 製 |
| ⑪ 電源 | AC100V ± 10V |

6.2.12 電波式水位計

(1) 測定原理

電波式水位計は、マイクロ波パルスを水面に向けて発射し、水面で反射された電波の位相差から高速フーリエ変換によって水位を測定するものである。

(2) 構成

電波式水位計のブロック図例を図 6.2-27 に示す。

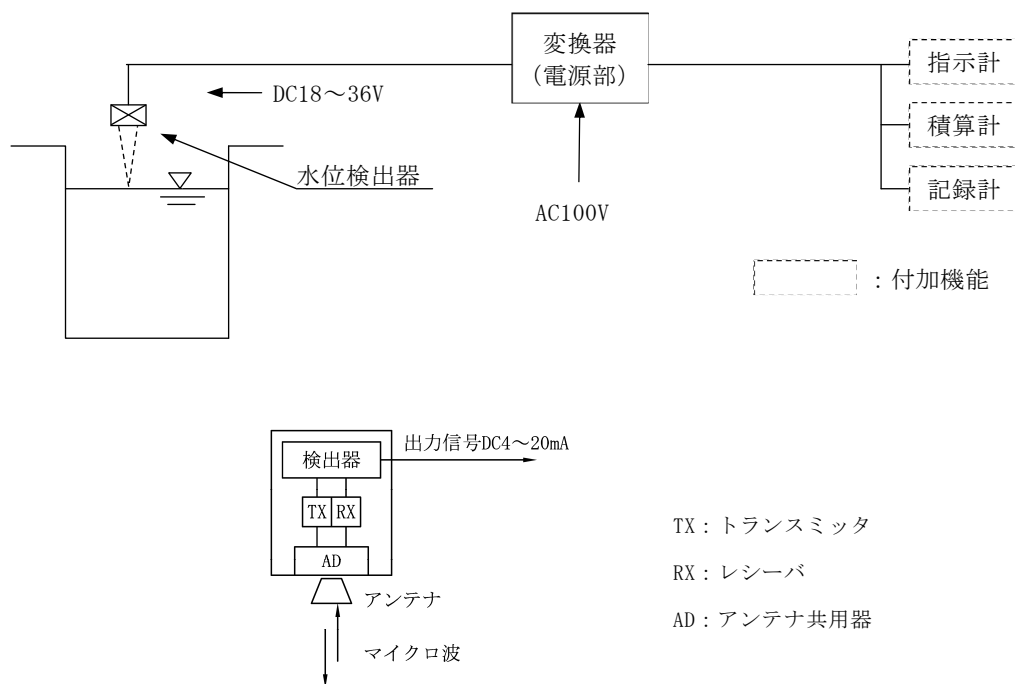


図 6.2-27 電波式水位計ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）

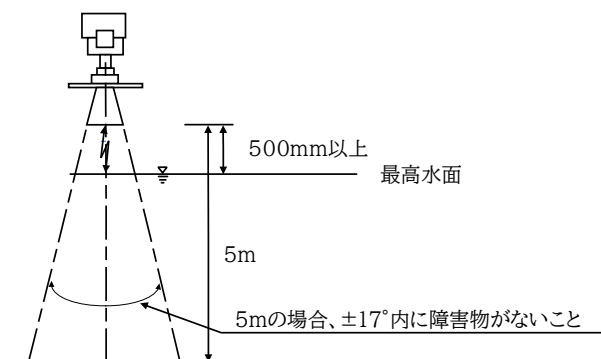


図 6.2-28 電波式水位計構造図（例）

(4) 設置要領

- ① アンテナは水面に垂直にして取り付けること。
- ② 電波照射エリア内（測定距離が 5 m の場合、垂直面から 1.5 m 以内）に電波障害となるものが無いこと。
- ③ 最高水面から 500 mm 以上上方に設置すること。

(5) 機器仕様例

電波式水位計の機器仕様例を示す。

- | | |
|---------------|----------------------------|
| ① 測定流体 | 農業用水、河川水など |
| ② 測定範囲 | 0 ～20m（最大値） |
| ③ 構造 | 検出部及び信号変換部は一体構造 |
| ④ 測定方法 | マイクロ波 |
| ⑤ 測定精度 | ±1.0cm |
| ⑥ 出力信号 | DC 4 ～20mA 又はデジタル信号（RS485） |
| ⑦ 許容負荷抵抗 | 810Ω 以上 |
| ⑧ 避雷器 | 内蔵又は付属 |
| ⑨ 機能 | 水位表示、移動平均処理、自己診断など |
| ⑩ 各部材質 | |
| (a) 検出器（アンテナ） | SUS316 又は同等以上 |
| ⑪ 検出器供給電源 | DC18～36V |

6.2.13 電極式水位計

(1) 測定原理

水中に電極棒を挿入し、電極棒間の導通、非導通により水面を検出する。

(2) 構成

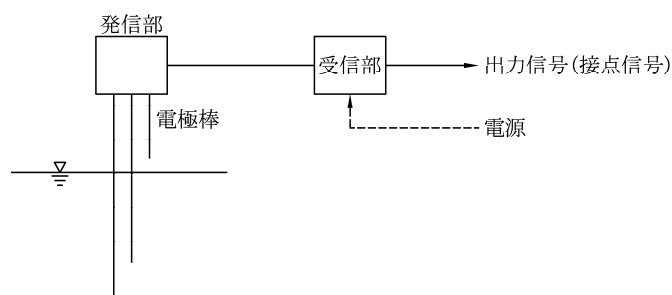


図 6.2-29 電極式水位計構成図（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）

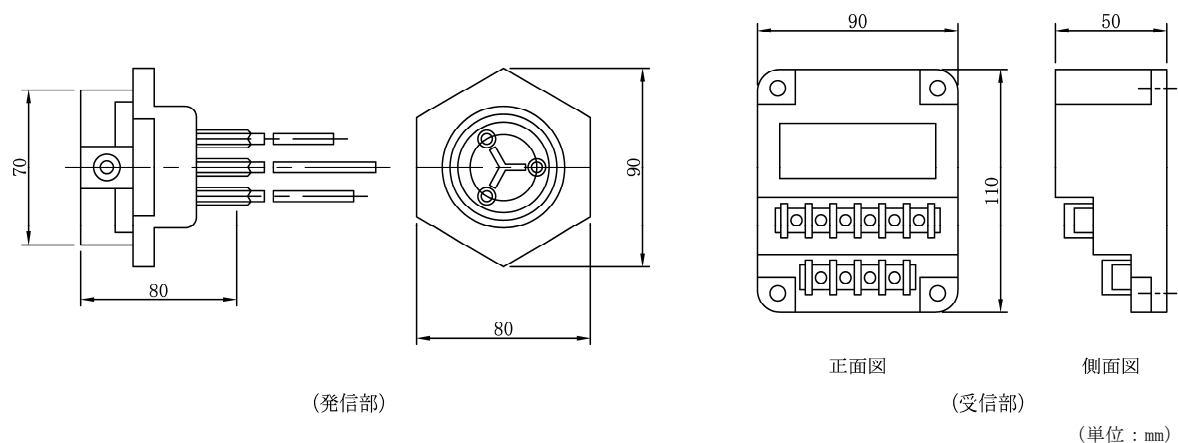


図 6.2-30 電極式水位計構造図（例）

(4) 設置要領

- ① 電極式では設置場所の状況により、保護用パイプを設ける。
- ② 電極棒が長い場合にはセパレータ（原則として1mごと）を設ける。
- ③ 電気的スイッチの場合は変換器の接地を確実にとる。
- ④ 機械的スイッチの場合は、本体が90°傾いても他のものに触れない位置に設置する。

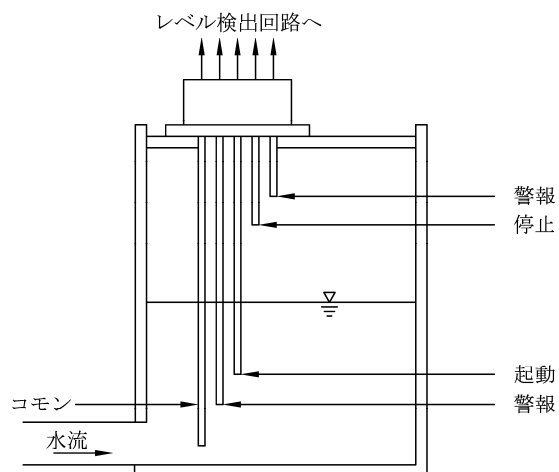


図 6.2-31 電極式水位計設置（例）

6.2.14 水位計付帯設備

各種形式のうちフロート式水位計については、一般に、測水井（測水筒）が必要である。

(1) 測水井（筒）の設計

① 測水井（筒）の内径の決定

(a) ダム・河川の場合

ダムや河川における測水井（筒）の内径の決定に当たっては、フロートとカウンタウエイトをプーリにかけ、動作範囲をみてこれに幾分余裕をもった大きさとする必要がある。

設計の目安として、測水井（筒）の側壁とフロートのすきまは、10 cm以上とすることが望ましい。あまり狭くすると、フロートが測水井（筒）の内壁にぶつかり、破損や誤動作の原因となる。

また、その他の付属設備（水位標やポイントゲージなど）のある場合には、その分の余裕を考慮する必要がある。一般に、内径 70～100cm 程度のヒューム管、硬質塩ビ管などがよく用いられる。

なお、取付金具やボルト類は、ステンレス製又は亜鉛メッキ加工が望ましい。

測水井（筒）の内径とフロートとの関係についての一例を参考として図 6.2-32 に示すが、適用に当たっては、フロート、カウンタウエイトの大きさ及びプーリの直径などを検討の上、測水井の内径を決める。

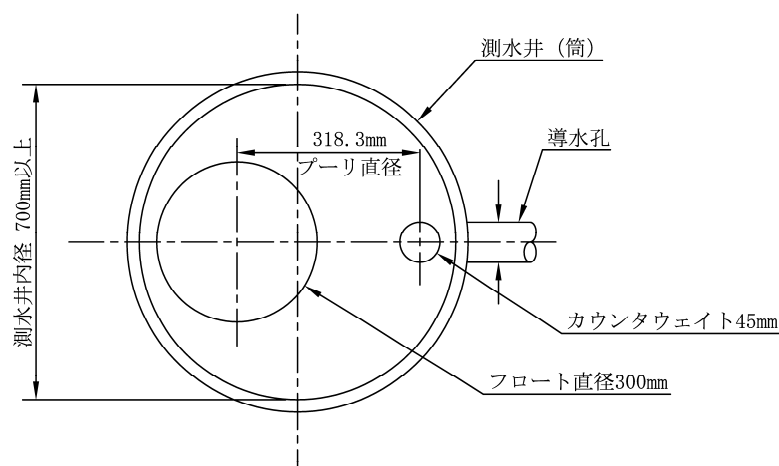


図 6.2-32 測水井（筒）内径とフロートの関係図（例）

(b) 用水路の場合

用水路に設置するフロート式水位計には、測水井（筒）を必要とする場合と、必要としない場合がある。測水井を必要とする場合は、河川の場合と同様なことがいえる。

また、測水井を必要としない場合は、保護管を設置し、そのなかにフロートを取めるものとする。この場合、導水孔は必要としないが、保護管の全長にわたってジグザグ状に通水孔（φ 6 mm程度）をあける必要がある。

② 測水井（筒）の長さの決定

(a) ダム・河川の場合

測水井の深さは、最低水位より 1 m 以上深くし、下部に導水孔を設ける必要がある。測水井の上端は、ダム及び堤防のない河川においては、既往最高水位又は計画高水位より 1 ～ 2 m 程度高くしておく必要がある。

また、堤防のある河川においては、天端より 50 cm 以上高くしておく必要がある。

(b) 用水路の場合

測水井の上端は、用水路の壁の最上端（最高水位）に合わせて決定するとよい。

また、下端は最低水位においてフロートが底につかえない深さとする必要がある。

③ 導水孔の内径の決定

(a) ダムの場合

ダムにおける導水孔は、波浪（特にさざ波）の影響を軽減するため、その直径（断面積）をある程度限定する必要がある。導水孔の直径が大き過ぎると流水の波浪がそのまま伝わり、記録が読みにくくなり、波浪のためにプーリとワイヤ間でスリップが生じ、誤った記録をする場合がある。

また、小さ過ぎると水位の時間遅れが大きくなり、土砂などがつまりやすくなる。

設計する場合の目安としては、測水井（筒）の断面積の $1/400 \sim 1/500$ 程度に導水孔の断面積をとることが多い。しかしながら、排砂などの維持管理の方法を含め、総合的に検討した上で決定すべきである。

(b) 河川の場合

河川における導水孔は、ダムの場合とほぼ同様なことがいえるが、導水孔の断面積は、一般に測水井の断面積の $1/10 \sim 1/30$ 程度にとることが多い。

(c) 用水路の場合

用水路における導水孔は、流水断面積を減少させないことを重視し、消波効果については特に考慮する必要はないといえる。

また、土砂などがつまらないように考慮する必要がある、導水孔の断面積は、一般に測水井の $1/10 \sim 30$ 程度にとることが多い。

④ 設置場所及び時期

フロート式水位計の設置場所は、ゲート操作時などに発生する水位変動の影響を受けないような場所を選定する必要がある。特に、ゲート下流で計測する場合は、整流に必要な距離（一般に、水路幅の 10 倍以上）を保つ必要がある。

また、土砂の堆積しやすいところや洗掘の大きいところは避けるべきである。

測水井（筒）の設置時期は、土木工事と同時に施工することが望ましい。

(2) 測水井（筒）の設置例

① ダムの場合

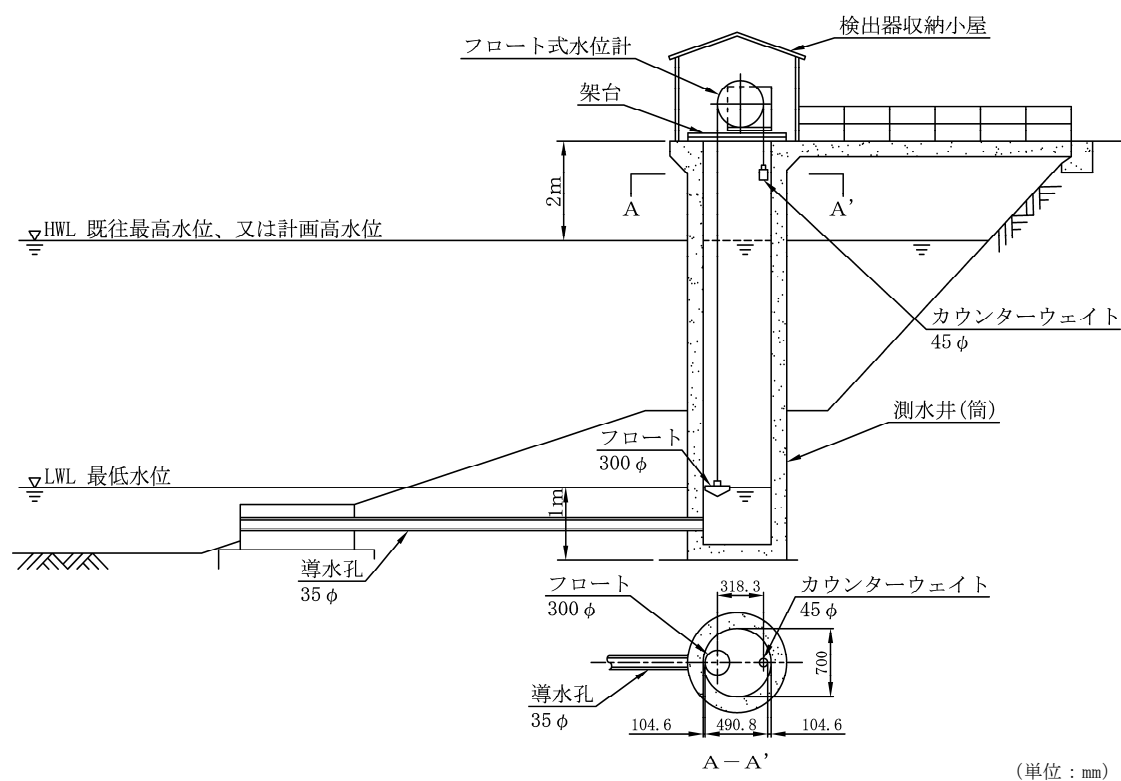
ダムにおける測水井（筒）の設置例を図 6.2-33 に示す。

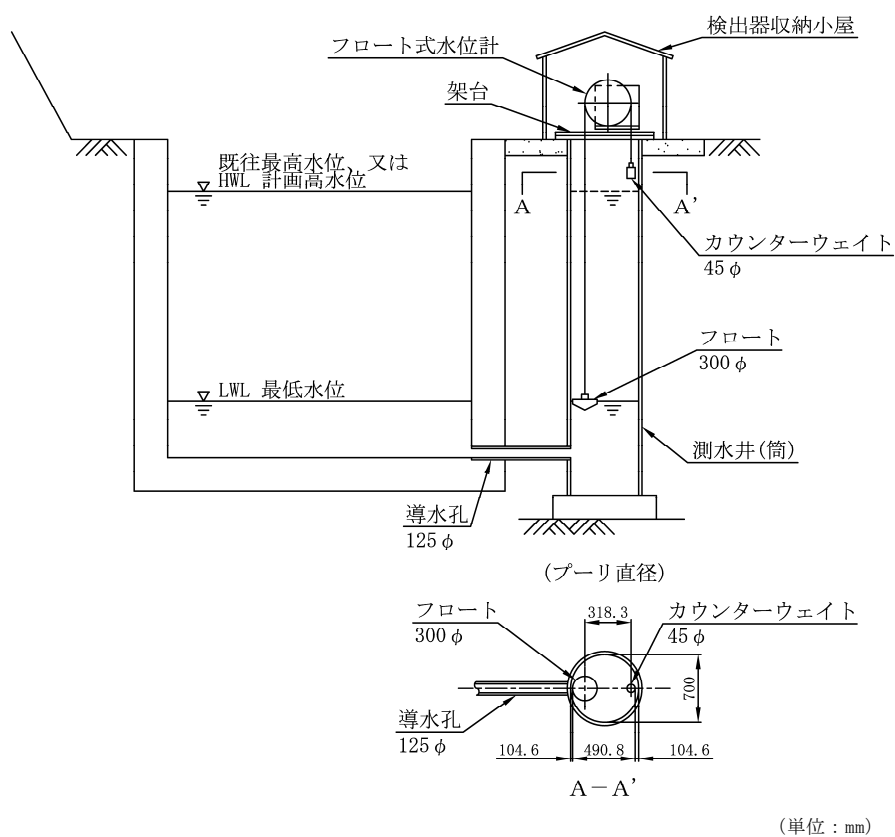
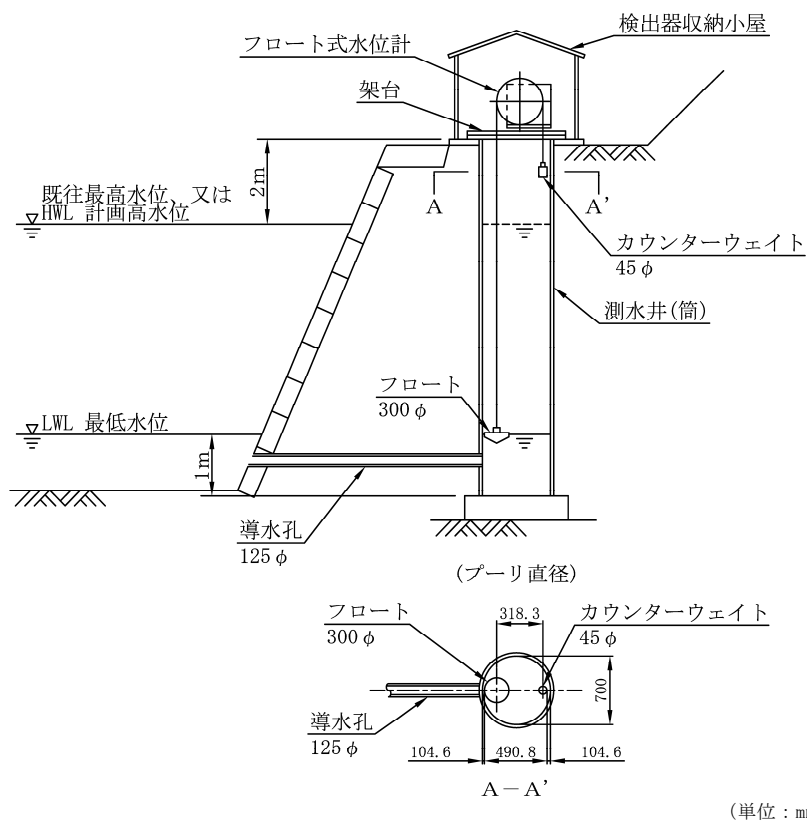
② 河川の場合

河川における測水井（筒）の設置例を図 6.2-34 に示す。

③ 用水路の場合

用水路における測水井（筒）の設置例を図 6.2-35 に示す。





6.3 流量計測機器

流量の測定方法には水位計を利用する方法と流量計による直接測定の方法がある。

水位計による場合は、パーシャルフリュームや堰と組み合わせて演算する方法や、あらかじめ実測により求めた対象水路の H-Q 関係式により流量を求める方法がある。

本指針では水位計を用いたものについても流量計に含めて記述する。

なお、流量計測機器の選定フローを図 6.3-1 に示す。

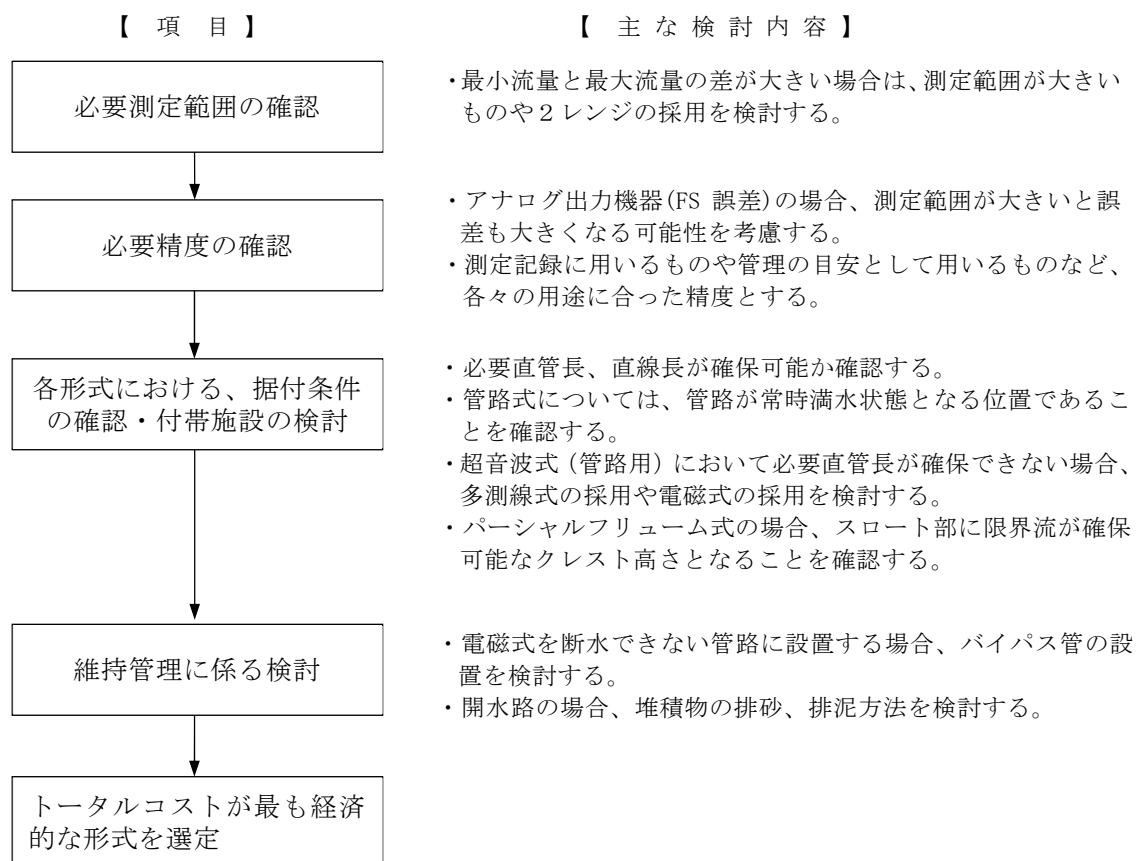


図 6.3-1 流量計測機器の選定フロー

(1) 種類とその性能及び特徴

主として用いられる流量計の種類とその性能・特徴及び設置上配慮すべき事項を表 6.3-1、表 6.3-2 に示す。

なお、ここに示す内容は一般的なものであり、機器によっては相違する場合があるので採用に当たっては機器メーカーに確認する等の注意が必要である。

表 6.3-1 流量計の種類（管路用）

No	種 類		電磁式	超音波式
	比較項目			
1	測定流速範囲		0～0.3 m/s、 0～10 m/s	0～0.1 m/s から 0～25 m/s
2	測 定 精 度		± 1～1. 5% (FS)	±1. 0% (RD) 又は±1. 5% (FS)
3	信号出力	積算値	パルス	パルス
		瞬時値	DC 4～20mA 又は BCD コード	
4	電 源 電 圧		AC100 V	AC100 V
5	水 頭 損 失		なし	なし
6	水路本管への 取り付け方法		水路本管と直列に流量計本体を取り付け	本管の外側に取り付け（本管は金属製* *であること）
7	最小所要 直 管 長*	上流側	制 御 弁：10D 全開仕切弁、90 度ベンド、T 型管、曲管 等：5 D 拡 大 管：2 D	分流弁バルブ：30D 分流管ポンプ：50D 自然流下 ：10D
		下流側	調 整 弁：2 D そ の 他：0 D	自然流下 ：5 D
8	所要構造物		流量計室が必要	流量計室が必要
9	ごみの影響		なし	なし
10	特 徴		センサと管が一体型である。 管径によって大幅に価格が変化する。	
11	関 連 規 格		JIS B 7554	JEMIS 032

（注）*D：管の内径、**金属管（鋼管、ステンレス管、鋳鉄管、ダクタイル管など）を推奨しているが塩ビ管、FRP 管、FRPM 管も可能である。ただし、FRP 管、FRPM 管はおおよそφ2000mm程度まで（管厚による超音波の減衰が問題となるため機器メーカーに要確認）、FS：フルスパン又はフルスケールと読み、測定スパンの全範囲を示し、その範囲の精度、RD：現在の測定値に対する精度

表 6.3-2 流量計の種類（開水路用）

No	種 類 比較項目		超音波式	水位計利用		
				パーシャル フリューム	堰 式	H-Q 演算式
1	測定流速範囲		0 ～ 1 m/s、 0 ～ 10 m/s	水位計の分解能によって決まる		
2	測 定 精 度		± 3 %程度 (FS)	± 3 ～ 5 % (FS)	± 3 ～ 5 % (FS)	± 3 ～ 5 % (FS)
3	信号出力	積算値	パルス	DC 4 ～ 20mA	DC 4 ～ 20mA	DC 4 ～ 20mA
		瞬時値	DC 4 ～ 20mA 又は BCD コード			
4	電 源 電 圧		AC100V	AC100 V 又は DC24 V	AC100 V 又は DC24 V	AC100 V 又は DC24 V
5	水 頭 損 失		なし	中	大	なし
6	最小所要 直 線 長*	上流側	10B	10W	10B	等流であること
		下流側	5 B	－	－	背水の無いこと
7	水路内構造物		流速計及び水位計	パーシャルフリューム、水位計を設置	堰、水位計を設置	水位計設置
8	ごみの影響		小、流速計へのごみの付着	小、射流部の流れを確保	小、堰部へのごみの堆積	なし
9	特 徴		流速計以下の水位の場合は H-Q 演算でもとめる	落差が必要	落差が必要	等流であり下流部から背水の影響がないこと
10	関 連 規 格			IIS B 7553	IIS B 8302	

（注）*B：水路幅、W：パーシャルフリュームのスロート幅、FS：フルスパン又はフルスケールと読み、測定スパンの全範囲を示し、その範囲の精度

(2) 流量計の設置

① 一般事項

流量計は管路用、開水路用及び計測精度に応じて各種あるが、流量計の形式によって設置上の制約がある。

したがって、その制約を満足できる場所に設置するか、その制約に対応する処置を講じて設置する。

- (a) バルブ、ゲート等の近くは乱流によって誤差が大きくなるためこの付近は避けて設置する。
- (b) 取り付け位置の上流側、下流側とも規定値以上の直管部を保って設置する。
- (c) ゴミ等の浮遊物及び生物等により障害を生じる可能性がある場合は、除去装置等の対策を行う。
- (d) 検出器と変換器がある場合、それらの間のケーブル配線距離は各機器で規定されている範囲内になるように計画する。
- (e) 検出器及び変換器類が水没するおそれのある場所への設置は避ける。

② 設置条件

測水井、あるいは地下埋設管路等に流量計を取付ける場合に必要な、流量計室等の付帯構造物は、土木構造物の施工時にそれぞれの機種に応じた付帯施設等の設計を行い、施工しておく必要がある。

また、管路用については、計測精度等の面から表 6.3-1 に示す直管部が必要であるが、上流部にポンプ、ゲート等の施設がある場合には必要な直管部の長さが変わってくるので注意する。

表 6.3-1、表 6.3-2 に示す直管部の長さは一般的なものであり、機器により違いがある場合があるので適用に当たっては注意が必要である。

超音波流量計（管路用）は、管路が鋼管、鋳鉄管、ダクタイル管等の金属管及び一部塩ビ管、FRPM 管であれば計測が可能であり、流量計室等の付帯施設を考慮するだけで取り付けが可能である。

しかし、コンクリート管等の場合は計測が不可能であるので、測定部分の管を鋼管等に取り替えるか、管一体型の流量計にする必要がある。

電磁式は、管径によって価格が大幅に変化するため、採用に当たっては十分な検討が必要である。

6.3.1 電磁式流量計

(1) 測定原理

電磁式流量計は、ファラデーの電磁誘導の法則を応用したもので、磁束密度 (B) の磁界内に管径 (D) のパイプを磁界と直角に置きパイプに導電性の流体を平均流速 (V) で流すと、磁界と流れの双方に直角な方向に起電力 E_s が発生する。この起電力により流量を計測するものである。

なお、近年測定精度は多少低いが電池式の電磁流量計がある。

$$Es = B \cdot D \cdot V \times 10^{-8}$$

$$Q \propto Es$$

B : 磁束密度 (wb/cm²)

Es : 起電力 (V)

D : 管内径 (cm)

Q : 流量

V : 流速 (cm/s)

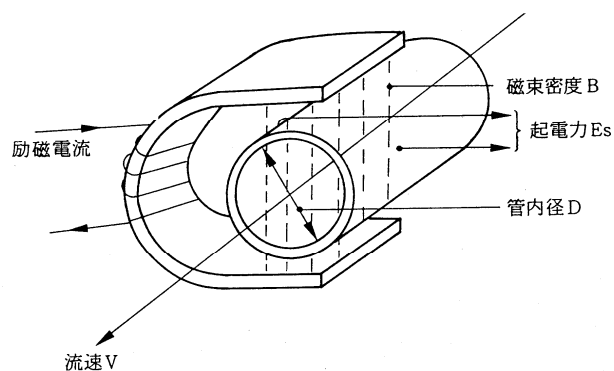
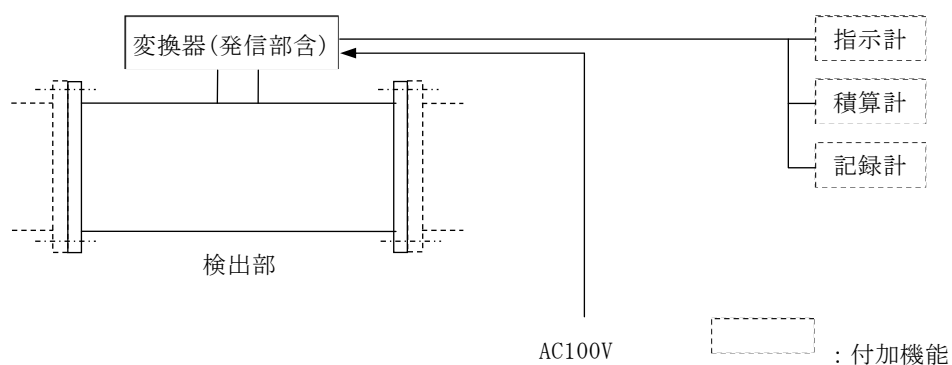


図 6.3-2 電磁式流量計測定原理図

(2) 構成

電磁式流量計のブロック図例を図 6.3-3 に示す。

① 一体形



② 分離形

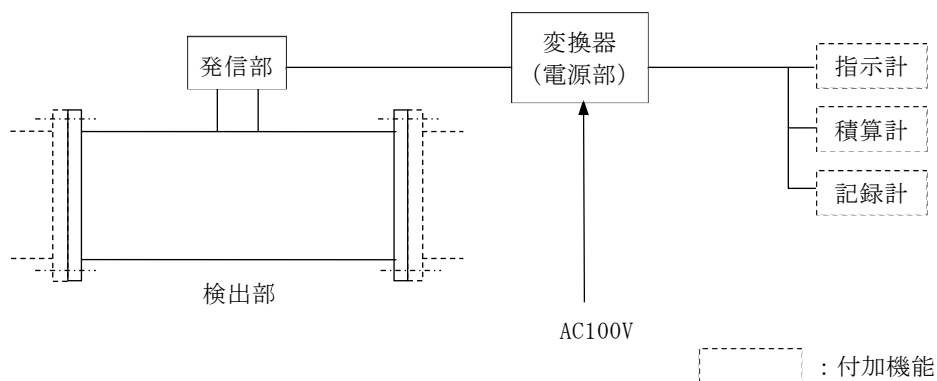


図 6.3-3 電磁式流量計ブロック図 (例)

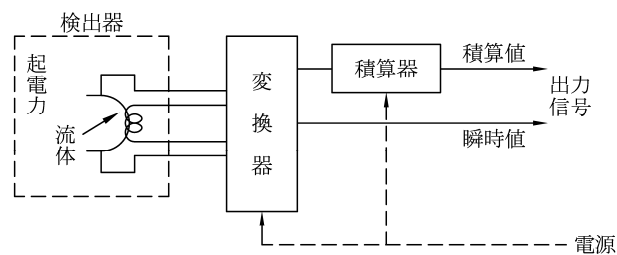


図 6.3-4 電磁式流量計構成図（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）

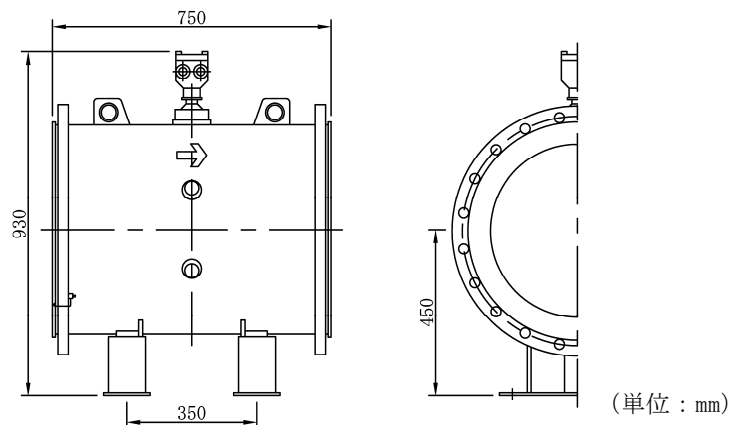


図 6.3-5 電磁式流量計検出器構造図（例）

(4) 設置要領

① 配管条件

(a) 直管部最小長さ

検出器内に偏流が生じる配管の場合は、図 6.3-6 に示す直管部を確保するようにする。

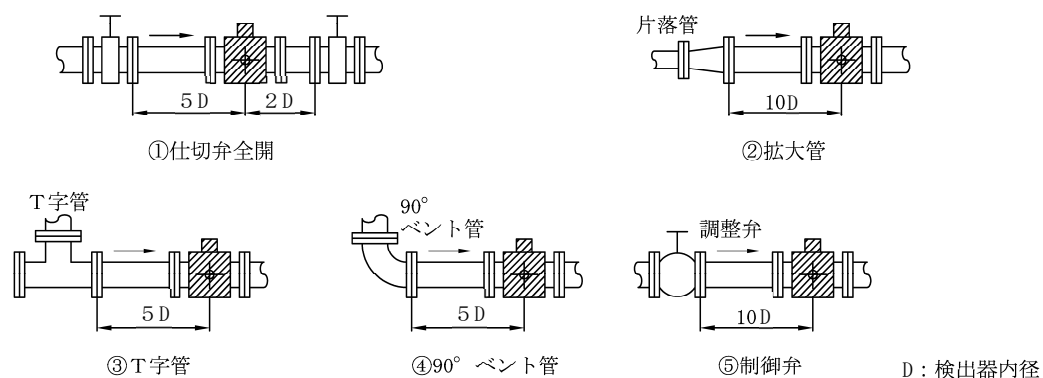


図 6.3-6 検出器取付位置による直管部長さ

② 配管上の注意 (JIS B 7554-1997)

- (a) 流体が流量計検出器内部に充満する配管構造とする（流体が静止中にも流量計検出器内に充満していること）。
- (b) 流体を検出器内に充満させた状態で静止させることが可能であること（零点調整ができること）。
- (c) 弁を設置する場合は、検出器内に偏流が生じないようなるべく検出器の下流側に取付けること。
- (d) 検出器を垂直に取付ける場合は、流れの方向は必ず下→上に流れるようにすること。
- (e) 検出器内が負圧になる可能性のない場所へ設置すること。
- (f) 収縮管は直管の一部とみなすことができる。
- (g) 拡大管は気泡が溜まりやすいので用いないこと。
- (h) 検出器やそのすぐ下流部に磁界、起電力及び流速分布を乱すものを挿入又は設置しないこと（例：検出器の下流側に蝶形弁を直結すると、バルブ開度によって大きな誤差を生じることがある）。
- (i) 蝶形弁を開いたときにバルブが検出器の中に入らないようにすること。
- (j) 検出器等の保守スペースを確保すること。

③ 設置場所の注意

- (a) 誘導電流が検出器内に生じるおそれのないところへ設置すること。
- (b) 測定障害を起こすおそれのある電気機器が付近にないこと。
- (c) 振動の少ない場所、直射日光を受けない場所、腐食性雰囲気のない場所、浸水のおそれのない場所、保守の容易な場所であること。

④ 配線上の注意

- (a) 検出器と変換器間のケーブルは継ぎ足しをしないこと。
- (b) 配線に当たっては、端末の防水処理を完全に実施する。
- (c) 検出器の配線口に水が流れ込まないよう電線管配線等の対策を行う。
- (d) モータ、変圧器その他、電力用配線とはノイズ防止のため距離をおくか、ノイズ防止対策等を行う。
- (e) 接地は外部から混入するノイズを減少させるため、最短の距離で接地する。

⑤ 変換器の据付

- (a) 設置場所は保守、調整、操作の容易な場所を選ぶ。

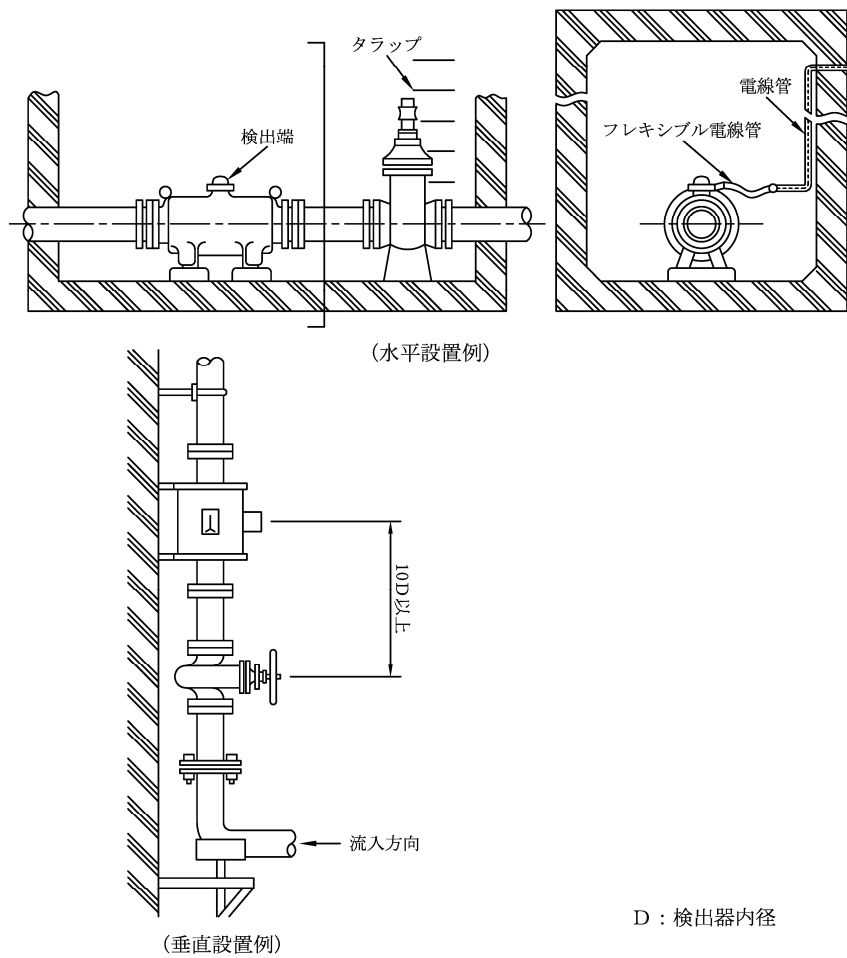


図 6.3-7 電磁式流量計設置（例）

(5) 機器仕様例

電磁式流量計の機器仕様例を示す。

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| ① 測定流体 | 農業用水など |
| (a) 温 度 | 常温 |
| (b) 導 電 率 | 50 μ S/cm 以上 |
| (c) 圧 力 | 0.1MPa からフランジ規格圧力まで |
| ② 測定流速範囲 | 0～0.3m/s から 0～10m/s (最大値) |
| ③ 測定方式 | 単レンジ形 |
| ④ 測定口径 | |
| (a) 一 体 形 | 30～200mm |
| (b) 分 離 形 | 50～2600mm |
| ⑤ 測定精度 | |
| (a) 流速 1 m/s 未満 | ±1.0% (FS) |
| (b) 流速 1 m/s 以上 | ±0.5% (FS) |
| ⑥ 出力信号 | |
| (a) 瞬時流量 | DC 4～20mA |
| (b) 積算流量 | パルス出力 (接点信号) |
| ⑦ 許容負荷抵抗 | 0～1 k Ω 程度 |
| ⑧ 避 雷 器 | 内蔵 (信号・電源用) |
| ⑨ 機 能 | 瞬時流量・積算流量表示、ゼロ点調整、スパン調整、機器異常、自己診断など |
| ⑩ 付加機能 | |
| (a) 測定方式 | 正多重レンジ形、正逆単レンジ形、正逆多重レンジ形、2系統測定形 |
| | (注) 多重レンジ切替は、内部自動及び外部手動切替が可能なものとする。 |
| ⑪ 構 造 等 | |
| (a) 検 出 器 | 防浸形相当 (JIS C 0920) |
| (b) 変 換 器 | 防まつ形相当 (JIS C 0920) |
| ⑫ 各部材質 (検出部) | |
| (a) 測 定 管 | SUS 製 |
| (b) 電 極 | SUS 製 |
| ⑬ 電 源 | AC100V $\pm$ 10V |

6.3.2 超音波式流量計（管路用）

(1) 測定原理

超音波式流量計（管路用）は、液体中を伝搬する超音波の伝搬速度が、液体の流速によって偏位する原理を利用して流速を求め、管径から得られる断面積を乗じて流量を計測するものである。

超音波流量計（満管式）による測定方法は次のように区分されるが、農業用水のように比較的浮遊物の少ない水の場合はV法（概ね $\phi 2,000\text{mm}$ 以下）又はZ法（概ね $\phi 2,000\text{mm}$ 以上）を用いるのが一般的である。所定の直管長を確保できない場合は多測線方式を検討する。X法はV法が適用できない大口径（概ね $\phi 2,000\text{mm}$ 以上）の配管にV法効果*をもたせたい場合に使用する。

（注）V法効果*：水路の方向と流れの方向が一致していない場合に発生する方向のズレによる誤差が、V法においては原理的に補正される。これをV法効果という。

なお、近年測定精度は多少低いが安価な電池式などの超音波流量計がある。

① クランプオン方式：センサを配管外表面に取付ける方式

(a) 時間差法：上水に代表されるような清浄な流体の場合に適用する。管内の流速分布が理想的な場合はいずれの方式でも同じ精度が得られる。農業用水は、通常、時間差法で測定する。

a) V法（反射法）

b) Z法（透過法）

c) X法（交差法）

(b) ドップラ法：下水のような懸濁物質やある程度まで気泡を多く含む流体の場合に適用する。

(c) その他（SA法、位相差法等）

② 測定管形：センサが直接流体に接触するので耐腐食性、耐圧力、耐温度の制約がある。高精度測定などの特殊用途に用いる。

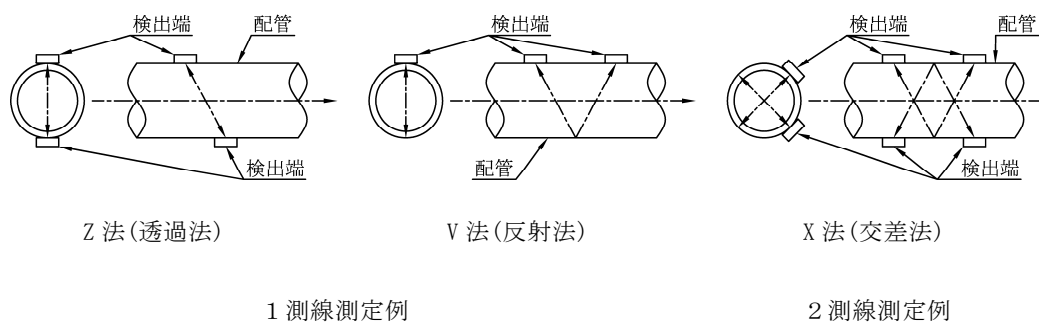


図 6.3-8 超音波式流量計（管路用）測定（例）

(2) 構成

超音波式流量計（管路用）のブロック図例を図 6.3-9 に示す。

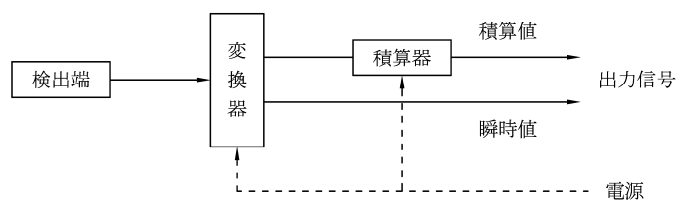
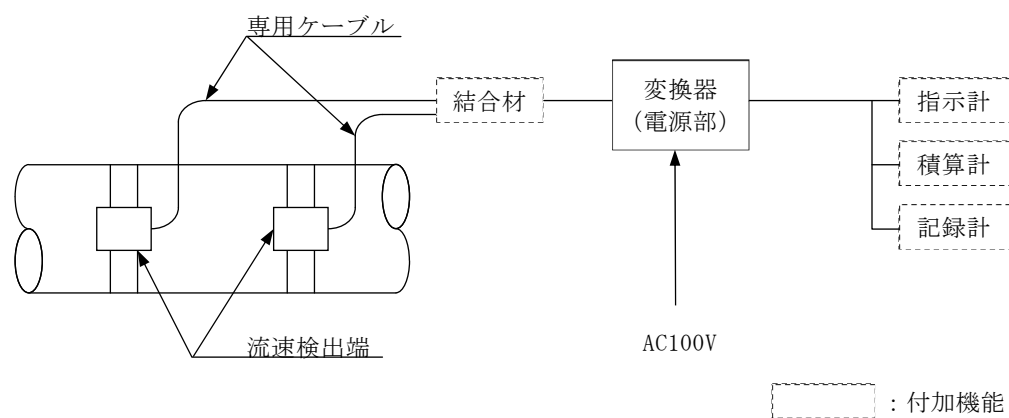


図 6.3-9 超音波式流量計（管路用）ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）

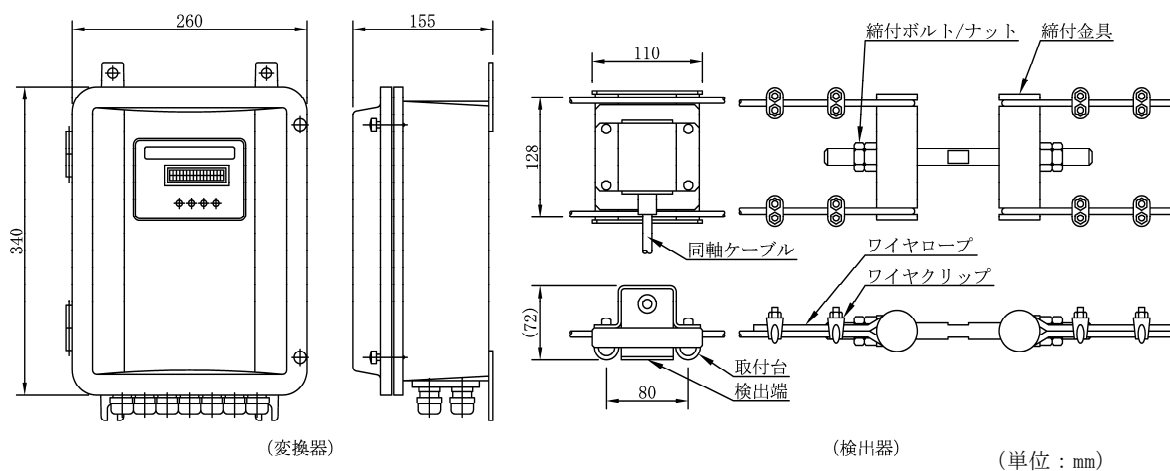


図 6.3-10 超音波式流量計（管路用）構造図（例）

(4) 設置要領

① 配管条件

1 測線方式における検出器内に偏流が生じる配管の場合は、以下に示す直管部を確保する必要がある。なお、必要直管長が確保できない場合、多測線式の採用を検討する。

- (a) 自然流下の場合は、上流側に管径の 10 倍以上、下流側に 5 倍以上の直管部が必要。
- (b) 上流側に合流管やポンプ場等がある場合管径の 50 倍以上離す。
- (c) 上流側に分流管や調節弁等がある場合管径の 30 倍以上離す。

② 設置上の注意

- (a) 検出器等の保守スペースを確保する。
- (b) 流量計室は防水構造とする。
- (c) 検出器、変換器間のケーブルはコンジット（電線管）配管を行う。
- (d) 多測線方式の検出器は流管軸方向から見た超音波パルスの液中伝搬経路がたがいに直交するように取付ける。
- (e) 統合箱からケーブルへの浸水を防止するため余長をとりスコッチキャストとの直線接続材の使用も検討する。

③ 変換器の設置

設置場所は保守、調整、操作の容易な場所を選ぶ。

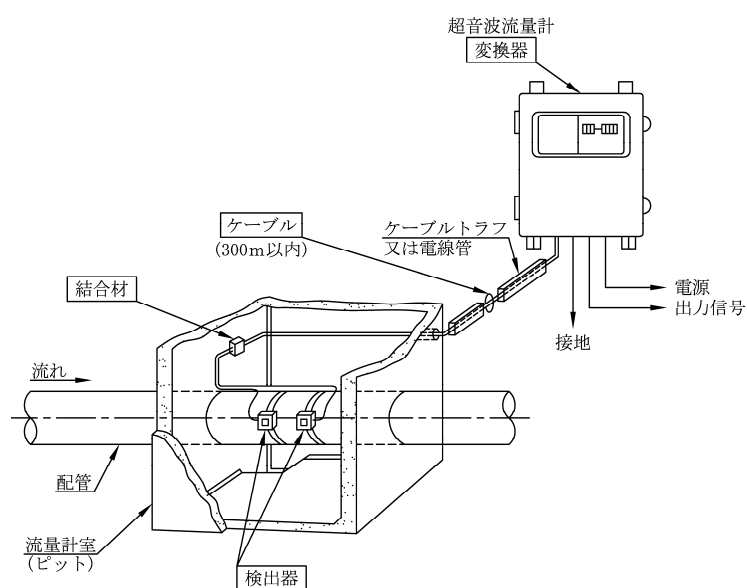


図 6.3-11 超音波式流量計（管路用）据付設置（例）

(5) 機器仕様例

超音波式流量計（管路用）の機器仕様例を示す。

- ① 測定流体 農業用水など
 - (a) 温度 常温
 - (b) 濁度 10,000mg/L 以下（気泡を含まないこと）
- ② 測定流速範囲 標準：0～0.1m/s から 0～30m/s（最大値）
高精度：0～0.1m/s から 0～10m/s（最大値）
- ③ 測定管（クランプオン方式）
 - (a) 材質 鋼管、铸铁管、ステンレス管、ダクタイル铸铁管、FRP 管など
 - (b) ライニング材 エポキシ樹脂系、モルタルライニングなど
- ④ 測定口径 標準：100～6000 mm
高精度：100～600mm

⑤ 測定精度

(a) 口径 250 mm以下 標準 ： $\pm 1.0\%$ (RD) (1 測線で流速 2.0m/s 以上)
 高精度： $\pm 0.2\%$ (RD) (流速 1.0m/s 以上)

(b) 口径 300 mm以上 標準 ： $\pm 1.0\%$ (RD) (1 測線で流速 0.8m/s 以上)
 高精度： $\pm 0.4\%$ (RD) (流速 1.0m/s 以上)

⑥ 出力信号 DC 4 ～20mA

⑦ 許容負荷抵抗 600 Ω 程度

⑧ 機能 瞬時流量・積算流量表示、ゼロ点調整、スパン調整、機器異常、自己診断など

⑨ 避雷器 内蔵又は付属 (信号、電源用)

⑩ 構造等

(a) 流速検出端 防浸形相当 (JIS C 0920)

⑪ 各部材質

(a) 流速検出端 SUS 製

(b) 結 合 材 樹脂製モールド材

⑫ 電 源 AC100V $\pm$ 10V

6.3.3 超音波式流量計 (開渠用)

(1) 測定原理

超音波式流量計 (開渠用) は、液体中を伝搬する超音波の伝搬速度が、液体の流速によって偏位する原理を利用して流速を求め、それに水位から求められた流水断面積を乗じて流量を計測するものである。

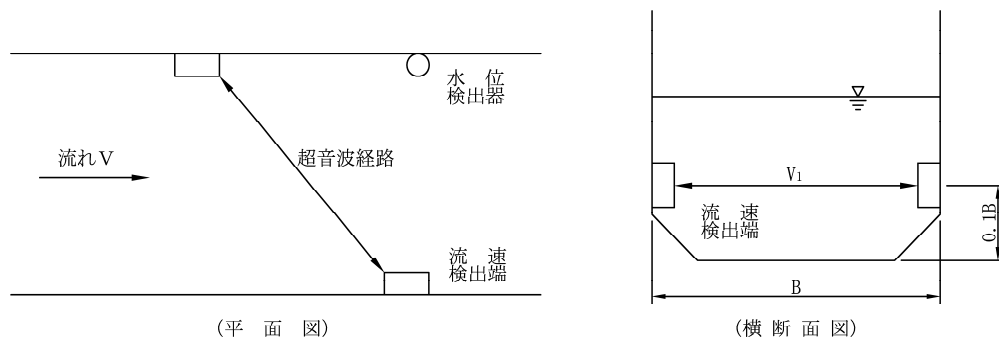


図 6.3-12 超音波式流量計 (開渠用) 測定原理図

流速検出端を左図の位置に取り付け、一般的には水路幅の 1/10 の深さの流速を測る。流水断面全体の真の平均流速 V と、測定位置での流速 $V1$ とは異なるため、測定流速 $V1$ に補正係数 ($V/V1$) を乗じて流量を求める。

開水路用超音波式流量計は、超音波流速計と水位計を組み合わせたものであり、流速の測定位置が固定されているため、低水位では流速測定ができないので注意が必要である。

この場合、測線を増やすなどの考慮が必要である。

ゲートや分土工の上下流などで流速分布の乱れている箇所では、通常の一組の流速検出端ではなく、複数（２～４組）の流速検出端による多測線測定法を用いることにより、流速分布の乱れの影響を少なくすることができる。

なお、測線数は用水路形式によるものではなく、必要とする精度を考慮して選定する。また、検出器の設置位置についても測定精度を考慮して決める必要がある。

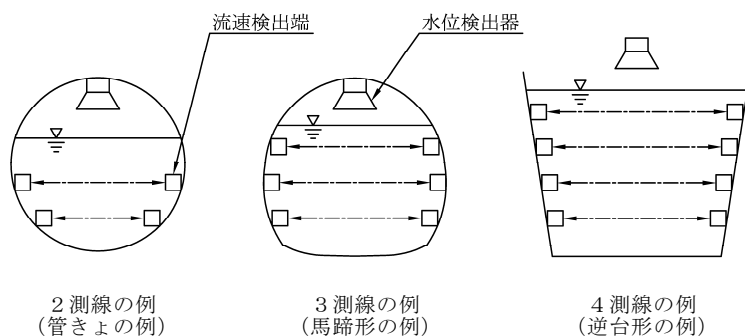


図 6.3-13 多測線測定方法（例）

(2) 構成

超音波式流量計（開渠用）のブロック図例を図 6.3-14 に示す。

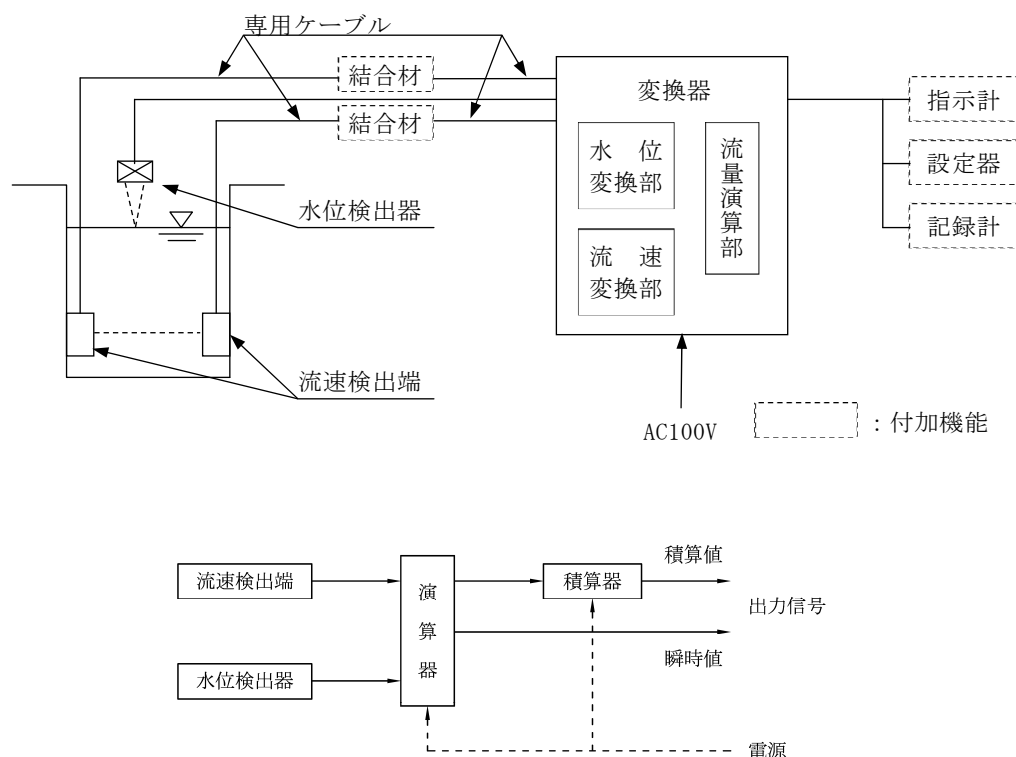


図 6.3-14 超音波式流量計（開渠用）ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）

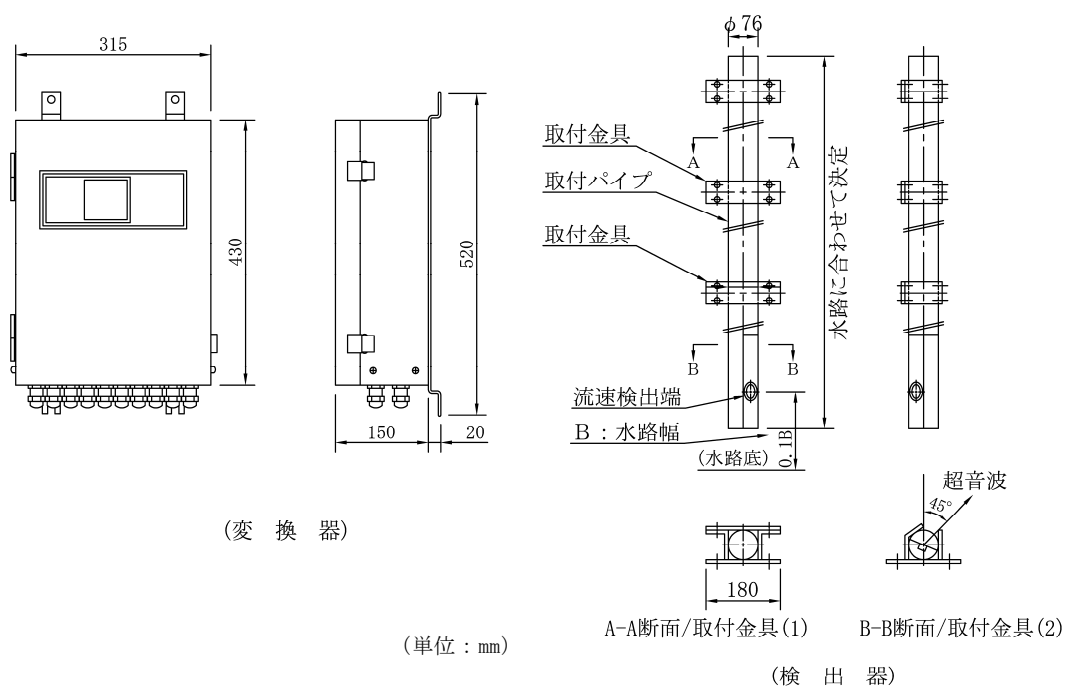


図 6.3-15 超音波式流量計（開渠用）構造図（例）

(4) 設置要領

① 設置時の注意事項

流速検出端を設置する水路の状態により、測定誤差に影響があるため、下記の条件を満足させなければならない。

- (a) 上流側水路幅の 10 倍（10B）以上、下流側に水路幅の 5 倍（5B）以上の直線部があること。
- (b) 上流側水路幅の 30 倍（30B）以内に流れを乱すポンプ、ゲート等がないこと。
- (c) 流体中に気泡を含まないこと。
- (d) 土砂等の堆積がないこと。
- (e) 保守点検がしやすいこと。

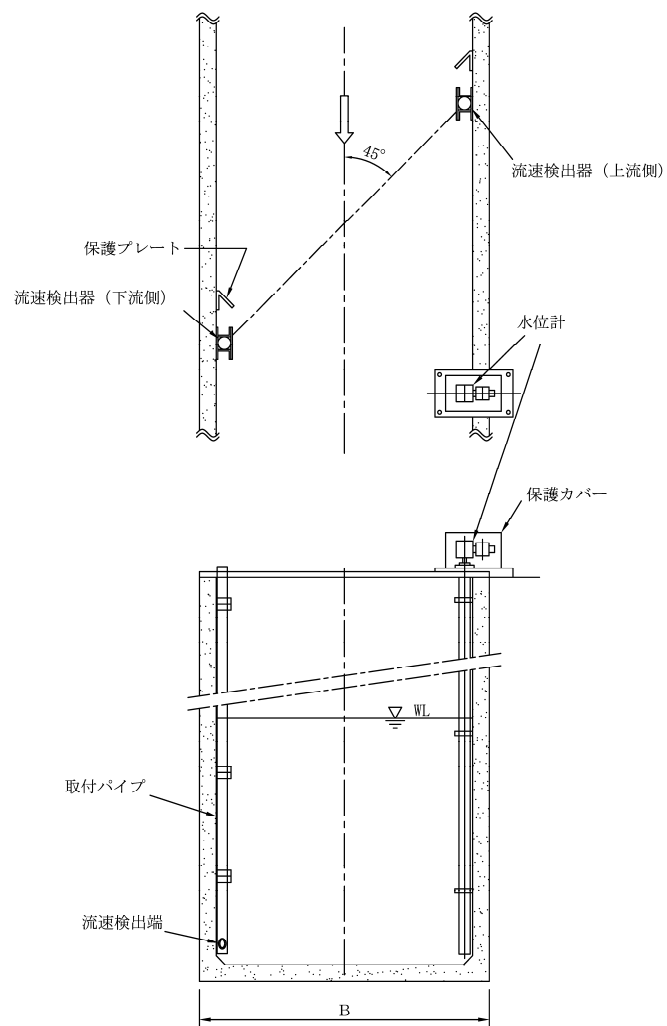
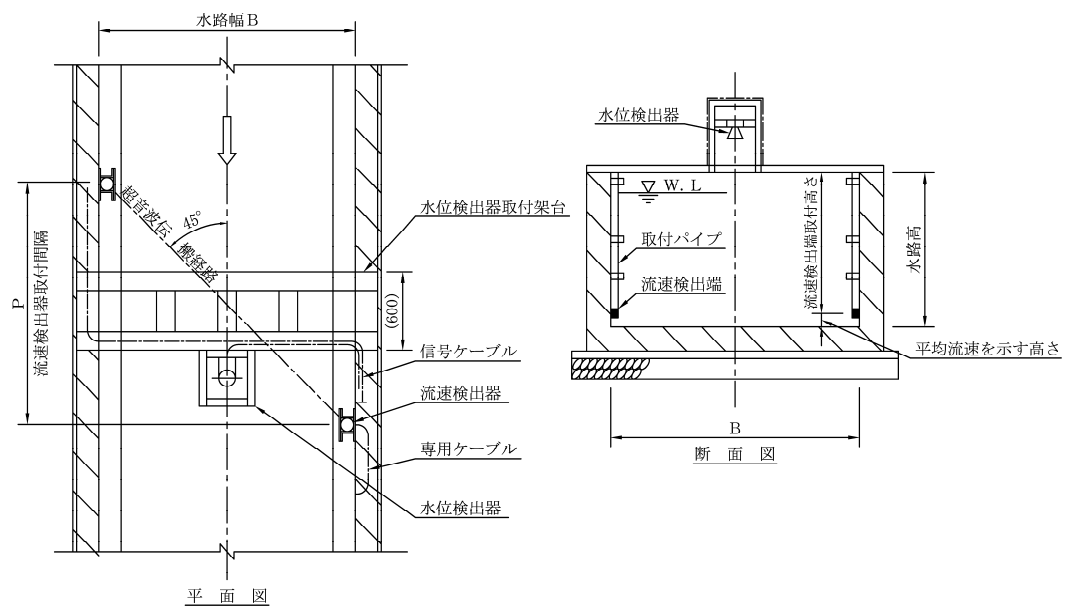


図 6.3-16 超音波式流量計（開渠用）設置（例）

(5) 機器仕様例

超音波式流量計（開渠用）の機器仕様例を示す。

- | | |
|-----------|-------------------------------------|
| ① 測定流体 | 農業用水など |
| (a) 温度 | 0～40℃ |
| (b) 濁度 | 10,000mg/L 以下 |
| ② 測定範囲 | |
| (a) 矩形 | 水路幅 10m（最大値） |
| (b) 円形 | 直径 10m（最大値） |
| (c) 流速 | 0～1.0m/s から 0～10m/s（最大値） |
| ③ 測定方法 | |
| (a) 流速 | 超音波式 |
| (b) 水位 | 電波式 |
| ④ 測定精度 | ±3.0%（FS）（注）流速 1m/s 以上の時とする。 |
| ⑤ 出力信号 | |
| (a) 瞬時流量 | DC 4～20mA |
| (b) 積算流量 | パルス出力（接点信号） |
| ⑥ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度 |
| ⑦ 機能 | 瞬時流量・積算流量表示、ゼロ点調整、スパン調整、機器異常、自己診断など |
| ⑧ 避雷器 | 内蔵又は付属（信号、電源用） |
| ⑨ 構造等 | |
| (a) 流速検出端 | 水中形相当（JIS C 0920）、IP5X（IEC 60529） |
| (b) 変換器 | 防塵形相当（JIS C 0920）、IP68（IEC 60529） |
| ⑩ 各部材質 | |
| (a) 流速検出端 | SUS 製 |
| (b) 結合材 | 樹脂製モールド材 |
| | （注）水位検出器については、別項電波式水位計による。 |
| ⑪ 電源 | AC100V±10V |

6.3.4 パーシャルフリューム流量計

(1) 測定原理

矩形の開渠水路の途中にパーシャルフリュームと呼ぶ絞りを設け、流れの状態を常流から射流に遷移させると、この部分を通過する流水は、限界流状態を生じている部分の水深によって流量が決まり、水路の勾配や粗度係数が関係しなくなる。そこでパーシャルフリュームの入口部分の水位を検出し、流量を測定する。

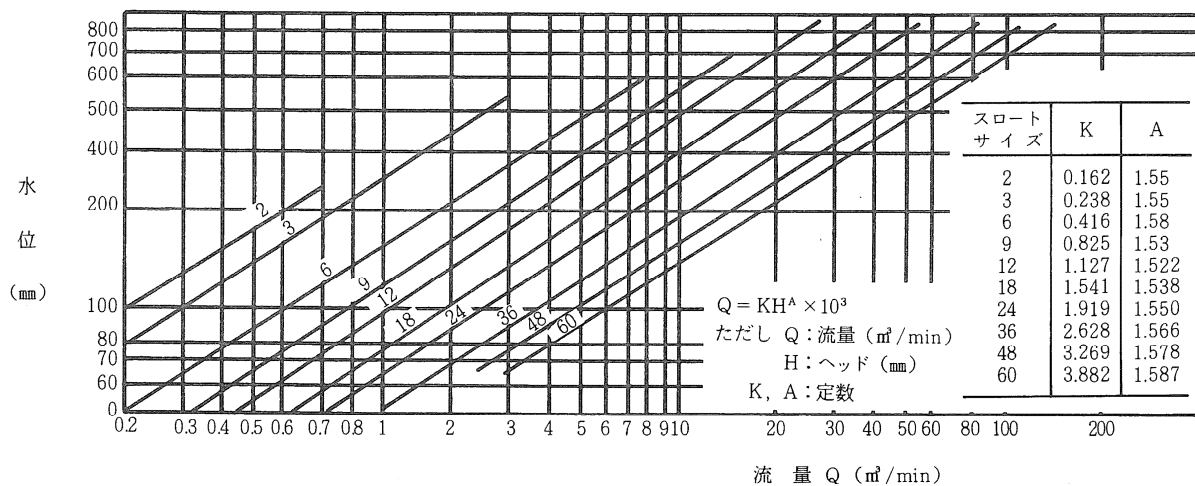


図 6.3-17 パーシャルフリュームの水位－流量線図

(2) 構成

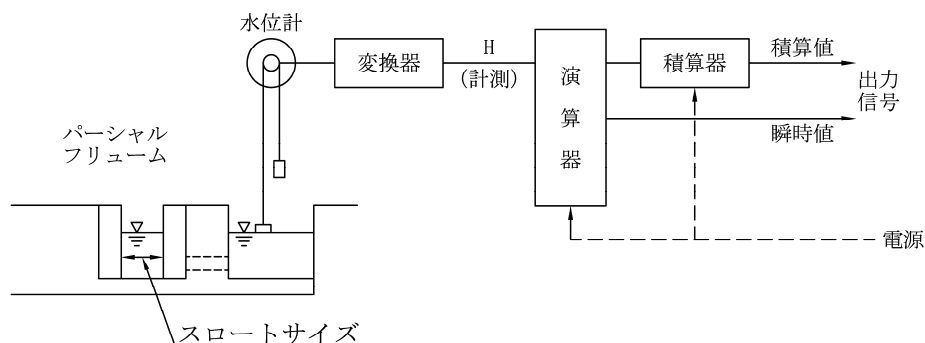


図 6.3-18 パーシャルフリューム式流量計構成図 (例)

(3) 構造

一般的な構造例を図 6.3-19 に示す。水路の条件などにより、それぞれ適した方法によって設置する。

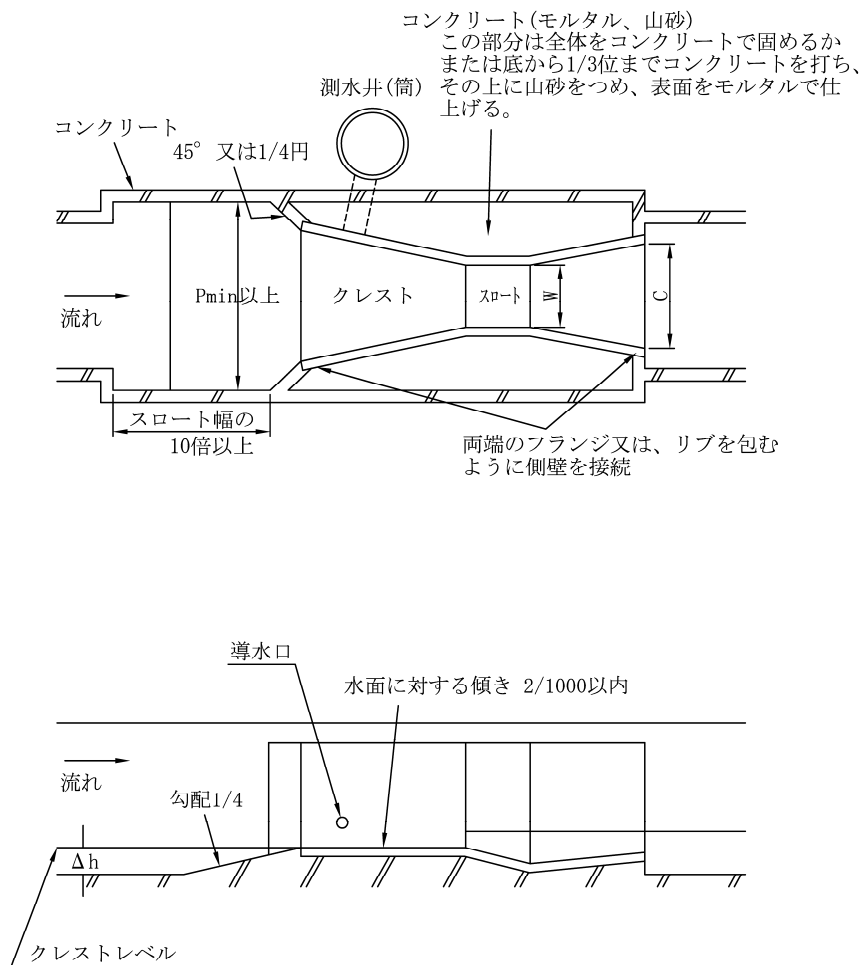


図 6.3-19 パーシャルフリューム流量計構造 (例)

(4) 設置要領

① 設置条件

- 水路工事は、水路の底をコンクリートで水平に仕上げた後、コンクリートブロックなどをいくつかならべ、その上にフリュームを置き、各部のブロックの高さを調節して、クレストレベルに合わせクレストの水平を出す。
- フリュームの取り付けは、クレストレベルと水平度を調節した後、フリュームの周囲にコンクリートを流し込む。この時フリュームが動かないように、固定しておく。
- フリューム上流側の水路勾配は 30/1,000 以下にする。
- フリュームのクレスト部の水平面に対する傾きは 2/1,000 以内に設置する。
- フリューム上流側の直線水路部分の長さは、スロート幅 (W) の 10 倍以上にする。下流側は特に必要ないが若干の直線部はとる。

② 設置上の注意事項

- (a) フリューム上流側の水路幅はサイズにより表 6.3-3 の幅 (P_{min}) 以上必要である。既設水路にフリュームを設置するときに水路幅が P_{min} 以下の場合は、直線水路部分の、幅を P_{min} まですらげ水路側壁とフリューム側壁は $1/4$ 円又は 45° の傾斜を付けて接続する。

表 6.3-3 サイズ表

JISB7553 呼び	サイズ (インチ)	P_{min} (mm)	C (mm)	流量 (m^3/s)	
				最小	最大
PF-03	3	768	178	0.00085	0.0538
PF-06	6	902	394	0.00142	0.110
PF-09	9	1080	381	0.00255	0.252
PF-10	12	1492	610	0.00311	0.356
PF-15	18	1676	762	0.00425	0.697
PF-20	24	1854	914	0.0199	0.937
PF-30	36	2223	1219	0.0173	1.43
PF-40	48	2711	1524	0.0368	1.92
PF-50	60	3080	1829	0.0453	2.42

- (b) 下流側の水路幅は特に制限はない。上流側の水路幅 (P_{min}) に無理に合せる必要はない。既設水路にフリュームを設置するときに水路幅がフリュームの出口幅 (C) より広い場合は、下流側水路は改造せずにそのまま使用する。逆に出口幅 (C) より狭い場合は水路幅を C 寸法以上に広げる。
- (c) クレストの設置高さはフリューム内に限界流が生じる高さにクレストを設置する必要がある。
- (d) フリュームと測水井 (筒) との間隔は特に制限はないが、あまり長くすると連通管内の掃除がやりにくくなり、水位変化に対する応答が悪くなるため、5 m 以内が望ましく、位置関係は、連通管が水平か、測水井 (筒) 側を下げて設置する。
- (e) 水位計を設置するときは、測水井 (筒) に直接のせるのは避けるようにする。
また、水位計には、日よけ、雨よけ用の簡単な覆いを設置したほうがよい。
- (f) 連通管の大きさは測水井 (筒) の導水管の径に準じて決める。

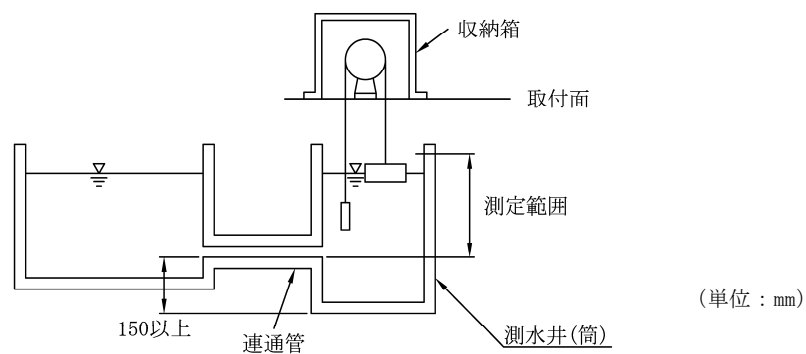


図 6.3-20 水位計部設置参考図

6.3.5 堰式流量計

(1) 測定原理

越流水深を水位計により測定し、演算器により流量演算を行う。

(2) 構成

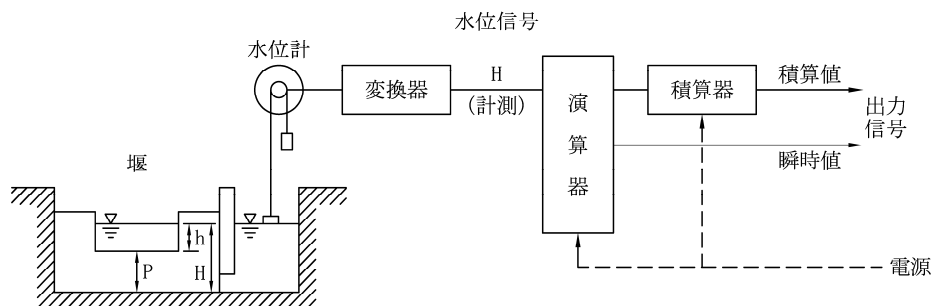


図 6.3-21 堰式流量計構成図（例）

(3) 構造（参考例）

堰板の形状により表 6.3-4 に示す種類に区分される。

① せき板及び支え板

- (a) せき板の断面は図 6.3-22 に示すように板内平面と上端面は直交し、その角は鋭く、わずかの丸みもないこと。上端面の幅は約 2mm とし、それより外側に向かって約 45° の傾きをもたせる。

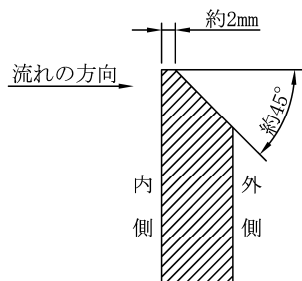
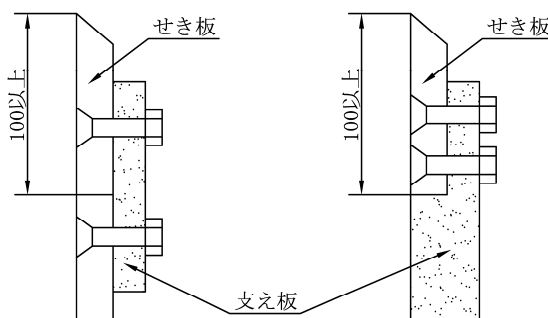


図 6.3-22 せき板断面図

- (b) せき板の内面は平面とし、特に板の上端面から 100 mm 以内は滑らかとする（図 6.3-23 参照）。それ以上隔たった部分は流れが乱れない限り、特に滑らかにしなくてもよい。



（単位：mm）

図 6.3-23 せき板内面図

表 6.3-4 堰の形状と流量特性

	せきの形状	JIS B8302 規格	
		流 量 式	適 用 範 囲
60 度三角せき		$Q = 0.577Kh^{5/2}$ $K = 83 + \frac{1978}{B\sqrt{Rw}}$ $Rw = 1000h\sqrt{h/\nu}$	$B = 0.44 \sim 1.0$ (m) $h = 0.04 \sim 0.12$ (m) $D = 0.1 \sim 0.13$ (m)
90 度三角せき		$Q = Kh^{5/2}$ $K = 81.2 + 0.24/h + (8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}})(\frac{h}{B} - 0.09)^2$	$B = 0.5 \sim 1.2$ (m) $h = 0.07 \sim 0.26$ (m) $h = B/3$ 以内 $D = 0.1 \sim 0.75$ (m)
四角せき		$Q = Kbh^{3/2}$ $K = 107.1 + 0.177/h + 14.2\frac{h}{D} - 25.7\sqrt{\frac{(B-b)h}{D \cdot B}} + 2.04\sqrt{\frac{B}{D}}$	$B = 0.5 \sim 6.3$ (m) $b = 0.15 \sim 5.0$ (m) $D = 0.15 \sim 3.5$ (m) $\frac{bD}{B^2} = 0.06$ 以上 $h = 0.03 \sim 0.45\sqrt{b}$ (m)
全幅せき		$Q = KBh^{3/2}$ $K = 107.1 + (\frac{0.177}{h} + 14.2\frac{h}{D})(1 + \epsilon)$ $\epsilon = 0$: D が 1 m 以下の場合 $\epsilon = 0.55(D - 1)$: D が 1 m 以上の場合	$B = 0.5$ (m) 以上 $D = 0.3 \sim 2.5$ (m) $h = 0.03 \sim D$ (m) (ただし h は 0.8m 以下かつ $B/4$ 以下)
備考	Q : 流量 (m ³ /min) K : 流量係数 h : せきの水頭 (m) D : 水路の底面から切欠き下縁までの高さ (m)		
	B : 水路の幅 (m) b : 切欠きの幅 (m) Rw : レイノルズ数 ν : 動粘性係数 = 0.01 cm ² /sec		

- (c) せき板の材料は、さび及び腐食に耐えるものであること。
- (d) 支え板は、せき板が内部水圧によって変形しないように軟鋼板又はコンクリートをもって作り、せき内の水位が四角せきでは下縁から、全幅せきではせき縁からそれぞれ 30 mm 以上（三角せきでは切欠き底点から 70 mm 以上）上がったとき、落下する水のはねかえりが溢流の形状を乱すことがないようにせき板下流水路底の高さ等について検討する。
- (e) せき板及び支え板の内面は、水路の長軸に直角であって、かつ鉛直にこれを設ける。

(f) せき板上部には土砂が埋砂するので容易に除去できるよう引上げ式は扉式を採用する。

② 水路

水路は導入部分、整流装置部分及び整流部分によって構成する。

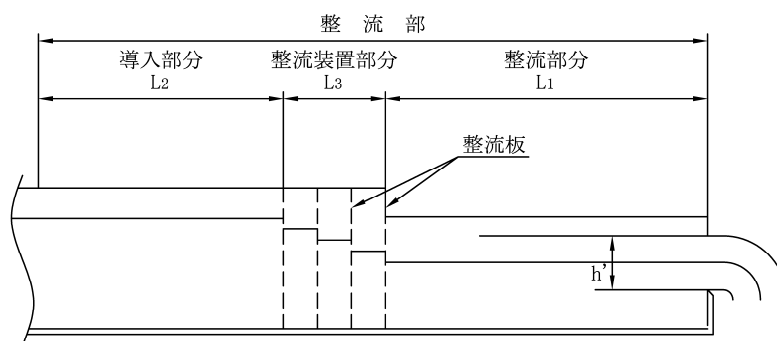


図 6.3-24 水路の構成

(a) 水路の各部の長さは表 6.3-5 による。

なお、整流群がない場合は、水路幅の 10 倍以上の直線区間をとるようにする。流量に対する各部寸法の参考値は水理公式集参照のこと。

表 6.3-5 水路の寸法表

	L_1	L_2	L_3
直角三角せき	$> (B + 2h')$	約 $(2h')$	$> (B + h')$
四角せき	$> (B + 3h')$	約 $(2h')$	$> (B + 2h')$
全幅せき	$> (B + 5h')$	約 $(2h')$	$> (B + 3h')$

(b) 整流部分の水路はその底面が水平、その側面が鉛直で水を満たしても変形しない堅固なものとする。

また、この部分の水路の軸線は直線とし、その水路の幅はほぼ一様とする。

(c) 全幅せきの水路については、せき板及び支え板の外側は、図 6.3-25 に示すように最大水頭 h' 以上両側壁を延長し、せきを流下する水が側方に広がるのを防ぐ。この延長壁の下端は、せき板の縁より下方 150 mm 以上あればよい。

なお、せき板を越えて流下する水の内側に大気が自由に出入することができるよう十分な通路面積をもった空気穴を設ける。

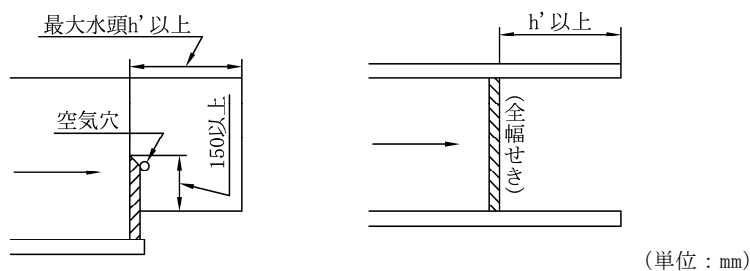


図 6.3-25 せき板及び支え板構造図（例）

- (d) 整流装置部分の水路幅は、整流部分の幅と等しく側壁の高さは導入部分の側壁と等しくする。整流装置は波動の伝搬を防ぐとともに、ほぼ完全に水を整流するようにする。
- (e) 導入部分の貯水容量は、なるべく大きなものがよい。この部分の幅及び深さは、整流部分の水路の幅及び深さより大きいこと。

なお、導入部分の側壁の高さは、水の盛り上がりによる溢流を防ぐため、整流部分の水路壁の高さより高くするのがよい。

③ 水頭測定装置

水頭^(*)の測定装置は次による。

- (a) 水頭の測定は図 6.3-26 に示すように水路の整流部分の側壁に設けた細孔によって水路と連結した測水井（筒）の水位によって行う。

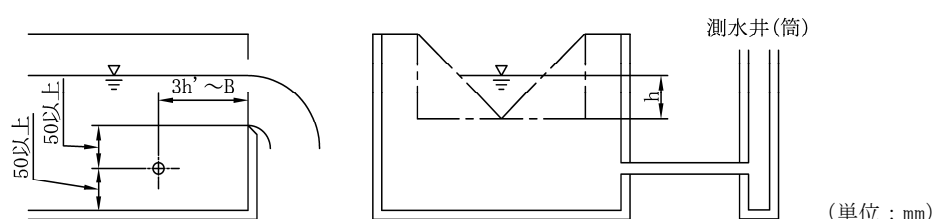


図 6.3-26 水頭測定原理図

- (b) 前記細孔の位置は、せき板内面から上流側に最小 $3h'$ (h' はせきの最大水頭)、最大 B (水路幅) とし、かつ切欠底点、切欠下縁又はせき縁から 50 mm 以上低く、水路底面から 50 mm 以上高くする。

(注) (*) : 水頭とはせき板の上流の水位と切欠底点（直角三角せき）、切欠下縁（四角せき）又はせき縁（全幅せき）中央との鉛直距離をいう。

6.3.6 H-Q 演算

(1) 測定原理

河川、水路等の流量は一般に流量計で計測するが、施設状況等により流量計が設置できない場合には H-Q 演算方式で行う場合がある。

H-Q 演算方式とは、あらかじめ該当する水路等において流量観測を行い、流量と水位の関係式を求め、この式を H-Q 変換演算器あるいはデータ処理装置にプログラムしておき、水位計からの水位信号を流量に変換するものである。このため事前の流量観測においてなるべく多くの観測を行い演算式の精度を高めておく必要がある。

また、河川における河床変動、あるいは、粗度係数等の変化により水位と流量の関係式が変わってくる可能性があるため、定期的に流量観測あるいは河床の測量等を行って確認する必要がある。

(2) 演算式

流量観測により求められたデータから、通常最小二乗法により水位流量曲線を求める。水位 (H) と流量 (Q) との関係は一般に次の式で表される。

$$Q = a (H + b)^n + c \quad \text{ただし } a、b、c、n \text{ は定数}$$

これらの定数は断面形状、流れの条件等により異なり、観測値と適合するように決めるが簡単な形で整理する方が实际的である。

(3) 構 成

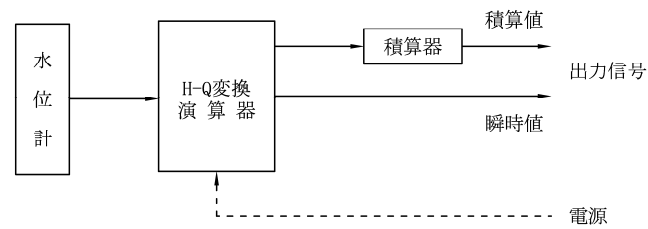


図 6.3-27 H-Q 演算構成図 (例)

6.3.7 流量計付帯施設

埋設管路に流量計を設置する場合、付帯施設として流量計室を設ける必要がある。

流量計室の設計に当たっては、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」(農林水産省農村振興局) による。

6.4 開度計測機器

開度の計測には開度計が用いられる。ゲート・バルブの開度を計測し、制御などの指標とする。

(1) 開度計の種類

開度計は開度を検出する方式によって、トラニオン軸や開閉装置の回転軸から検出する軸直結式、扉体の移動量を直接検知する直接検知式、油圧シリンダの移動量で検知する油圧シリンダ式に大別できる。また、開度計は検出部及び表示部から構成される。開度計によっては、信号変換部を必要とする種類もある。図 6.4-1 に開度計の種類を示す。

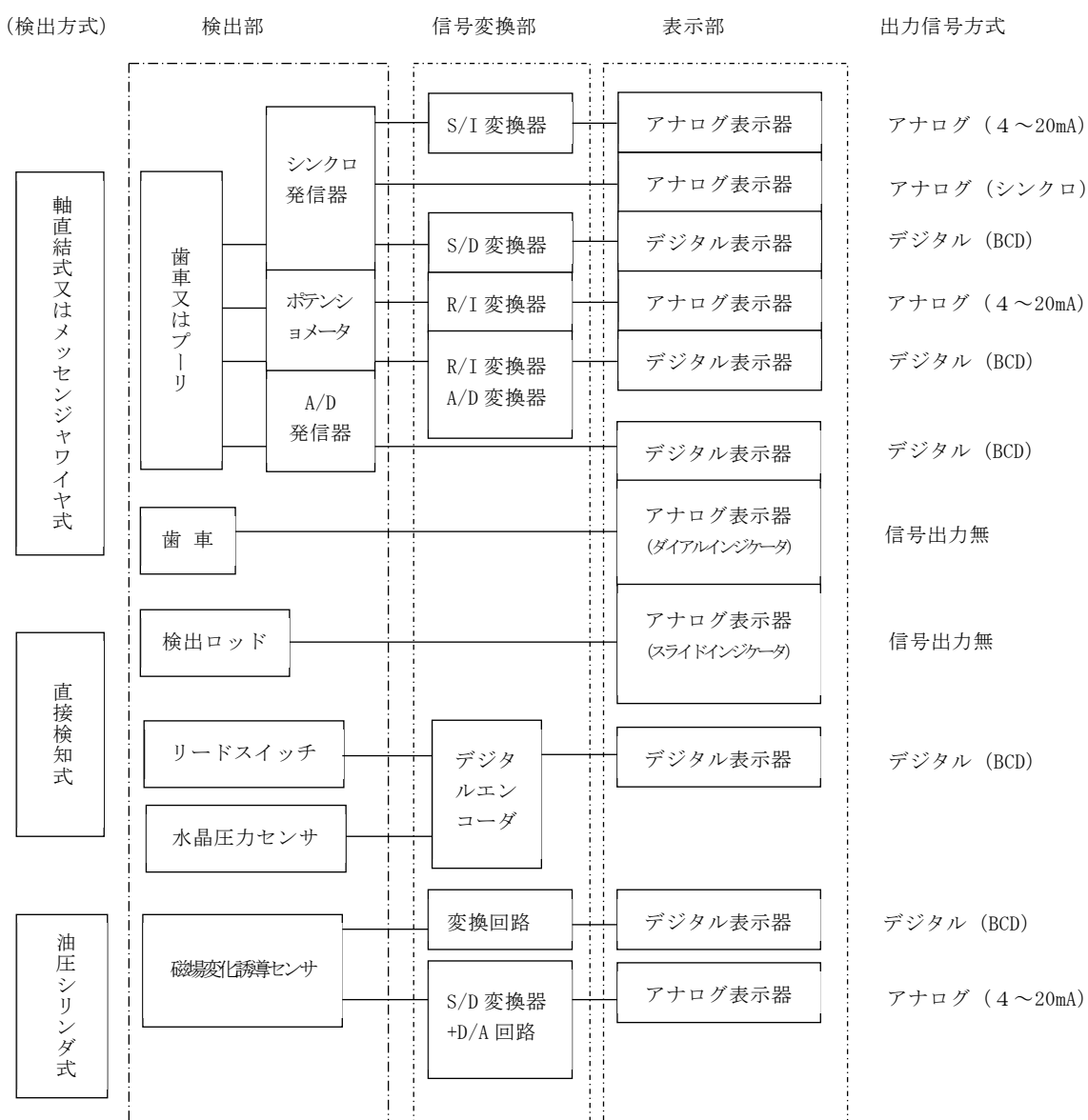


図 6.4-1 開度計の種類

開度計は、ゲート・バルブの開閉器と機械的に確実に結合させる必要があり、ゲート・バルブの機械的構造に合せた結合方法を決めなければならない。

各種開度計の性能及び特徴を表 6.4-1 に示すが、これは一般的なものであり、機器により違いがある場合があるので適用に当たっては注意する。表 6.4-1 における総合精度の算出の条件は以下のとおりである。

- ① 開度計のスパン最大値は 15m とする。
- ② メッセンジャワイヤの荷重による伸びの最大値は 0.1% とする。
- ③ ポテンシオメータの誤差は 0.5% とする。市販品の多くはこの値以下をとる。
- ④ R/I 変換器の誤差は 0.5% とする。
- ⑤ シンクロ発信機、受信機、SD 変換器の誤差は、それぞれ 0.1%、0.1%、0.1%+1 ビットとする。
- ⑥ A/D 発信器の誤差は 0.1%+1 ビットとする。RS・AD コンバータは 1 ビット
- ⑦ 開閉装置自体の誤差は含めない。

(2) 開度計の精度

開度計は、機械部品又は電気部品から構成され、それぞれ誤差を持っている。各部品の誤差は、メッセンジャワイヤロープの伸びのように温度によって伸縮し、その長さが長くなるほど誤差が大きくなるものや、プーリ、信号変換器のように固有の誤差を持っているものがある。これらの誤差の総和が開度計の誤差となる。表 6.4-1 に示す開度計の精度はこの方法によって求めたものである。

なお、開度の最小単位は下記を標準とする。

- ① ゲート移動量：1 cm 単位
- ② バルブ移動量：1 %単位

(3) 測定原理

ゲートやバルブの移動量の取り出し方は軸直結式、メッセンジャワイヤ式、直接検知式及び油圧シリンダ式に分類される。その概要を表 6.4-1 に示す。

① 軸直結式

扉体の回転角又は扉体の巻取り軸に A/D 変換器、ポテンシオメータ、シンクロ発信器などを取り付けて開度信号を得る。

② メッセンジャワイヤ方式

扉体にメッセンジャワイヤをとりつけて扉体の移動量をプーリの回転角に変換し、デジタル、アナログ信号として取り出す。

上記①、②については開度信号として取り出す発信器の原理によって更に次の(a)、(b)、(c)の形式に分けられる。

表 6. 4-1 水門扉に用いられる代表的な開度計の種類 (1/2)

検出方式	軸直結式（扉体の回転角度）	メッセンジャワイヤ式	軸直結式（開閉装置回転量）
表示方式	デジタル・アナログ式	デジタル・アナログ式	デジタル・アナログ式
概要図			
概要	扉体のトラニオン軸部で扉体の移動量を回転角として取り出し、検出器（シンクロ発信器）で検出する。 検出されたアナログ信号をそのままの信号で出力するアナログ式と、アナログ信号をデジタル変換してデジタル信号を取り出すデジタル式がある。	扉体に取り付けられた開度検出用メッセンジャワイヤを介して扉体の移動量をプーリの回転量として検出し、この回転量をアナログ又はデジタル発信器により電気信号として取り出す。	開閉装置から開度計結合軸を介して扉体の移動量を回転量として検出し、この回転量をアナログ又はデジタル発信器により電気信号として取り出す。
総合精度	0.2%	シンクロ発信器の場合： $5\text{m} (\pm 3\text{cm}) / 15\text{m} (\pm 6\text{cm})$ ポテンシオメータ発信器の場合： $5\text{m} (\pm 7\text{cm}) / 15\text{m} (\pm 19\text{cm})$ A/D 発信器の場合： $5\text{m} (\pm 2\text{cm}) / 15\text{m} (\pm 3\text{cm})$	シンクロ発信器の場合： $5\text{m} (\pm 2\text{cm} + \alpha) / 15\text{m} (\pm 4\text{cm} + \alpha)$ ポテンシオメータ発信器の場合： $5\text{m} (\pm 7\text{cm} + \alpha) / 15\text{m} (\pm 18\text{cm} + \alpha)$ A/D 発信器の場合： $5\text{m} (\pm 1\text{cm} + \alpha) / 15\text{m} (\pm 1\text{cm} + \alpha)$
環境条件	温度：-15℃～+45℃ 相対湿度：30%～90%	温度：-15℃～+45℃ 相対湿度：30%～90%	温度：-15℃～+45℃ 相対湿度：30%～90%

α ：開閉装置の誤差

表 6. 4-1 水門扉に用いられる代表的な開度計の種類 (2/2)

検出方式	油圧シリンダ式 (磁場変化誘導式)	直接検知方式 (リードスイッチ式)	直接検知方式 (水晶圧力式)
表示方式	デジタル・アナログ式	デジタル式	デジタル式
概 要 図			
概 要	シリンダヘッドに取り付けられたセンサが、ピストンロッド母材に刻み込まれた小さな溝を検知する。溝のパターンが磁場の変化を誘導し、電子装置がセンサからの信号をロジックパルスカウントに変換する。カウントされたパルス数が開度情報となる。 このシステムは、セミアブソリュートタイプであり、停電などにより位置情報が消失してしまうため、バックアップ用の電源を確保して防ぐ。	戸当り側の測定柱にはリードスイッチが等間隔に並んでおり、扉体には永久磁石が取り付けられている。扉体移動すると磁石に対応したリードスイッチがONの状態になり、各点の開度をコードでデータ処理した後、デジタル信号として取り出す。	扉体に取り付けた水晶圧力センサが、扉体の開閉による検知管内の液体の圧力変化を検出し、この圧力変化をゲート開度に演算し、デジタル信号として取り出す。
総合精度	± 1 ～ 3 mm	± 1 cm	ゲート半径 r : 5 m 以下 (±5mm) / 10m 以下 (±1cm) / 20m 以下 (±2cm)
環境条件	温 度 : -25℃～+60℃	温 度 : -10℃～+55℃	温 度 : -10℃～+50℃

(a) ポテンショ式

ゲートの位置変化又は回転軸の変化を抵抗値として出力する。抵抗値では伝送できないので、R/I 変換器にて電流信号に変換して伝送する。

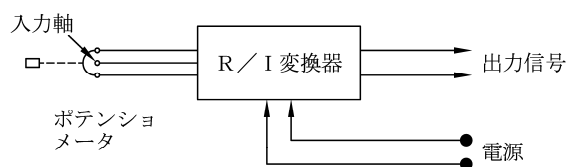


図 6.4-2 ポテンショ式測定原理図

(b) シンクロ式

バルブ開度などの位置変化又は回転軸の変化をシンクロ信号として出力する。

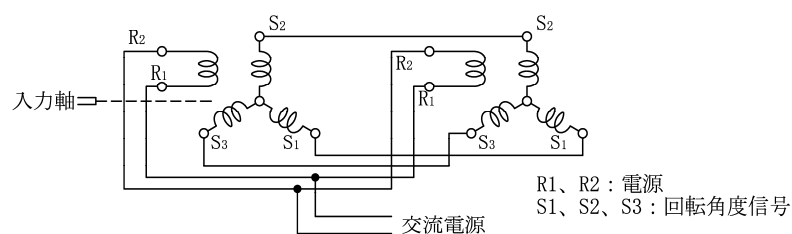


図 6.4-3 シンクロ式測定原理図

(c) デジタル式

ゲート本体に直接検出用ワイヤを取り付ける方法やスピンドル構造のゲートなどについては、ギヤ連動による取り付けにより、ワイヤの移動量又はギヤの回転量がデジタルエンコーダによりそのまま開度量 (BCD 符号) となる。

③ 直接検知式 (測定柱式)

扉体に並行してリードスイッチをならべた測定柱を設置し、扉体に取り付けたマグネットにより動作したリードスイッチの位置から開度を検知する。

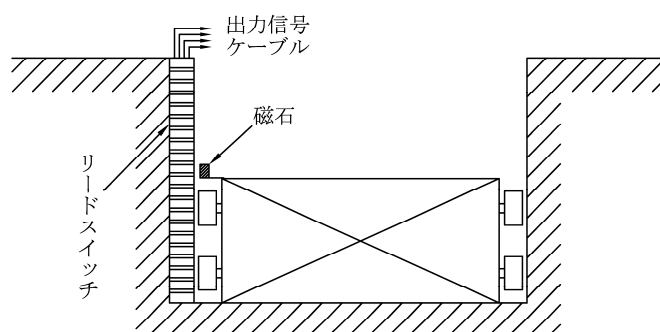
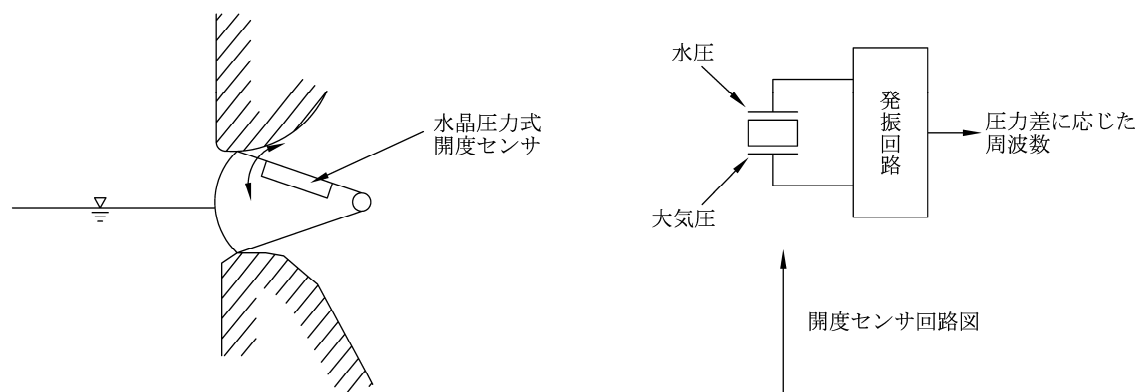


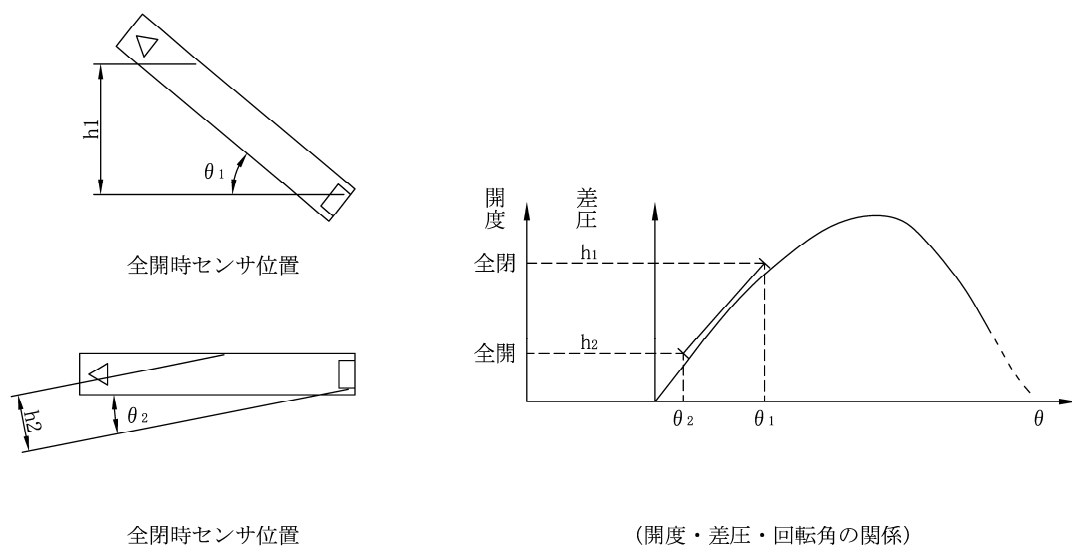
図 6.4-4 測定柱式開度計測定原理図

④ 直接検知方式（水晶圧力式）

水を封入した管の底部に水晶圧力式センサを固定した検出部をラジアルゲートに取り付け、ゲートの回転に伴い水晶センサに加わる圧力から開度を検出する。



(水晶圧力式開度センサ設置図)



(開度・差圧・回転角の関係)

図 6. 4-5 水晶圧力式開度計測定原理図

(4) 構成

① ゲート本体に直結する場合

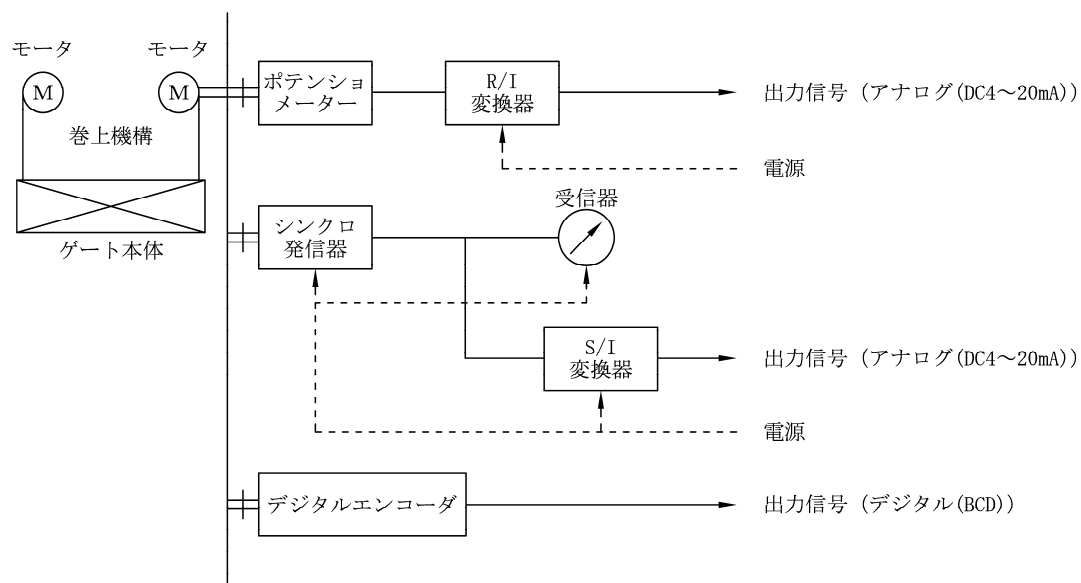


図 6.4-6 開度計構成図(扉体直結) (例)

② 回転軸に結合する場合

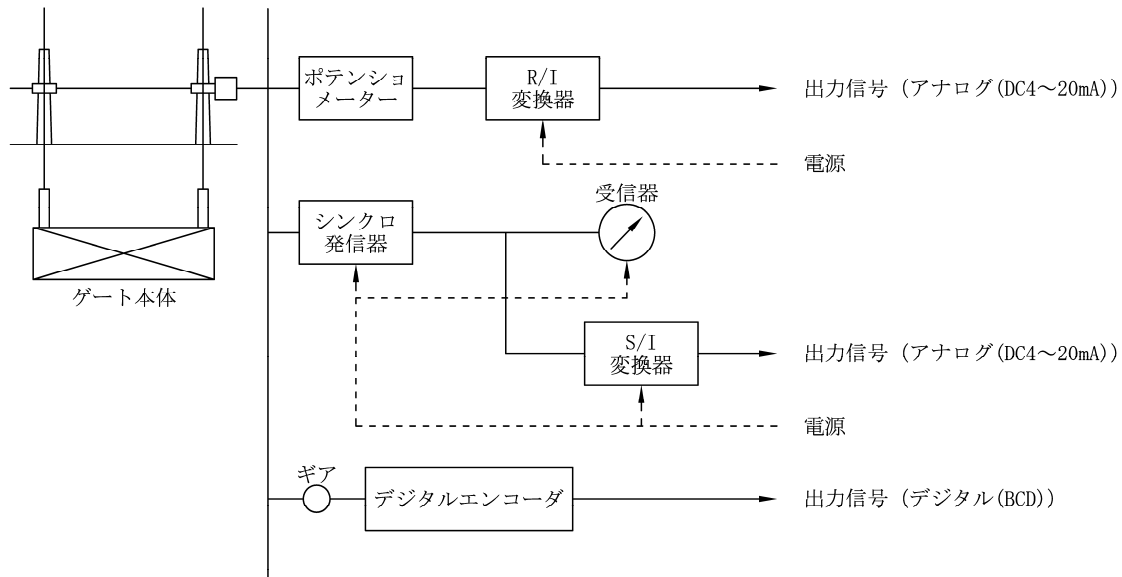
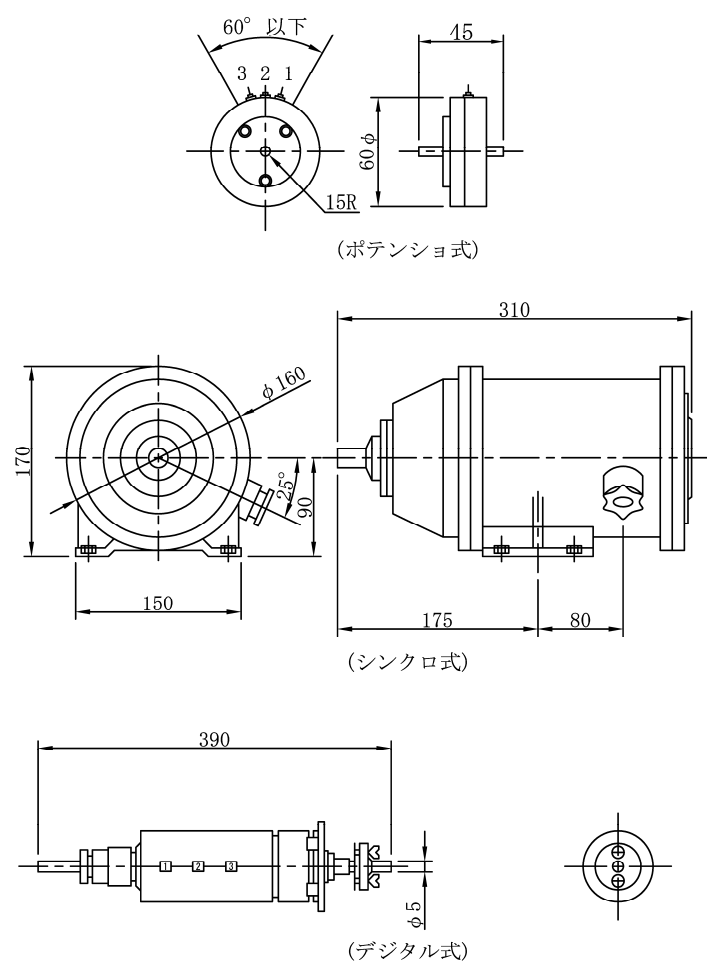


図 6.4-7 開度計構成図(回転軸直結) (例)

(5) 構造（外形寸法は参考値）



(単位：mm)

図 6.4-8 開度計構造図（例）

(6) 設置要領

① バルブ用開度計

一般にはバルブコントローラの中に取り付けられる。

② ゲート用開度計

- (a) 軸直結式：ギアボックス、フレキシブルカップリングなどを、ゲートや巻き上げ機の保守時に支障がないように確実に固定すること。
- (b) メッセンジャ：ピア間を吹き抜ける風の影響が少ない位置、ゲートが全開・全閉まで移動ワイヤ方式するときに支障のない位置に取り付けること。
- (c) リード：ゲートに固定されたマグネットと戸当たり側に固定された測定柱との間隔スイッチ式がゲートの全ストロークにわたって決められた値以下であるように固定すること。
- (d) 水晶圧力式：ラジアルゲート専用、ゲート開度0のときに水平に近い状態になるように取り付けること。

6.5 圧力計測機器

(1) 測定原理

管路内の水压などの計測には圧力計が用いられる。

圧力計は、検出器の受圧部の圧力に比例した変位を静電容量又は半導体素子により電気信号の変化として検出し、圧力を計測するものである。

圧力計は、半導体式、静電容量式、ブルドン管式が主として用いられる。

各圧力計の一般的な性能及び特徴を表 6.5-1 に示すが、これらは一般的なものであり、機器により異なる場合があるので適用に当たっては注意する。

表 6.5-1 圧力計比較表

種 類		半導体式	静電容量式	ブルドン管式
比較項目	測定範囲	0 ～100kPa 程度	○	○
	0 ～500kPa 程度	○	○	○
	0 ～1 MPa 程度			○
測定精度	±0.25% (FS) 程度	○		
	±1% (FS)			○
出力信号	DC 4 ～20mA	○		○
電 源	DC 12V	○		
	DC 24 V	○		○
	AC100V			○
そ の 他		一般的な使用実績が多く精度が高い。		構造が簡単。 圧力の小さいところでは不可。 現場指示が可能。

(注) ① ○印は適用可能なものを示す。

② FS はフルスケールを示す。

① 半導体式

図 6.5-1 により流体の圧力はダイヤフラム封入液を介してセンサ部に伝えられる。

センサ部では伝えられた圧力に応じてセンサの抵抗値が変化し、この変化をセンサチップ内で検出し、デジタル化して発信部にする。

デジタル信号はマイクロプロセッサにより演算処理し、アナログ信号に変換して出力する。

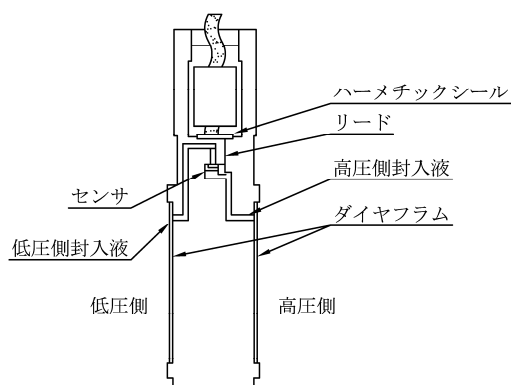


図 6.5-1 半導体式測定原理図

② 静電容量式

図 6.5-2 により流体の圧力はダイヤフラム封入液を通して感圧ダイヤフラム（可変電極）に加わり、感圧ダイヤフラムは高圧側と低圧側との圧力差に比例して変位する。

この感圧ダイヤフラムの変位が感圧ダイヤフラムとその両側の固定電極との間の静電容量差になり、この差を電子回路で変換・増幅して出力する。

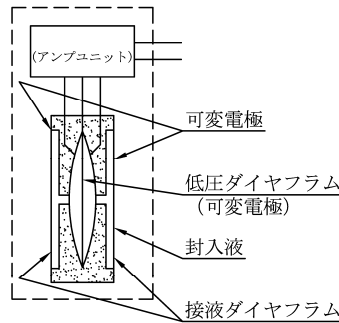


図 6.5-2 静電容量式測定原理図

③ ブルドン管式

断面が楕円形又は偏平な円弧状、うず巻形の金属長円管（ブルドン管）で、一端を固定し、他端を密閉したものに内圧を加えると、管は伸びて自由端が外側に向かって動く。この変位を機械的電気的に変換して測定する方式と、ダイヤフラムの両側に加えられる圧力差（差圧）によって、ダイヤフラムが変化するのを電気的に変換して測定する方式がある。圧力検出用では片側は大気圧として測定する。

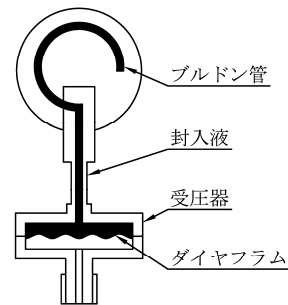


図 6.5-3 ブルドン管式測定原理図

(2) 構成

圧力計のブロック図例を図 6.5-4 に示す。

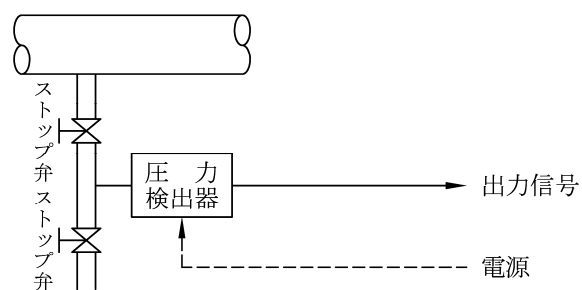
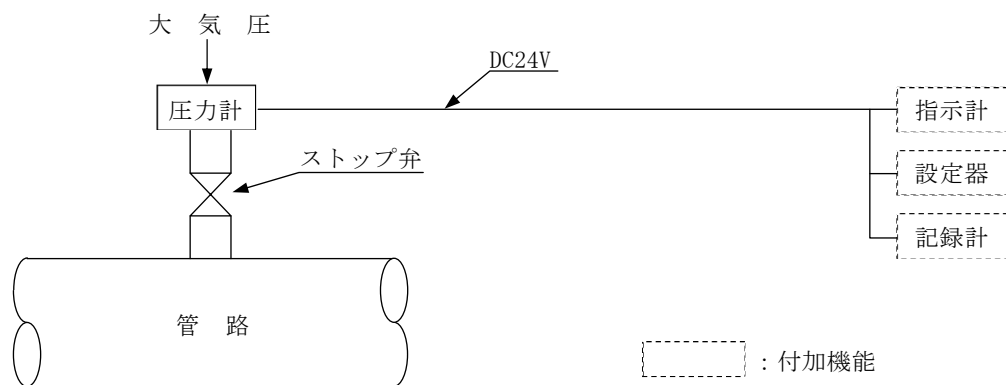
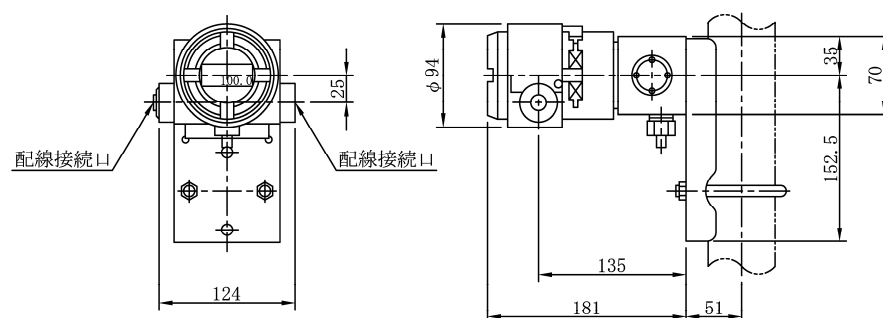
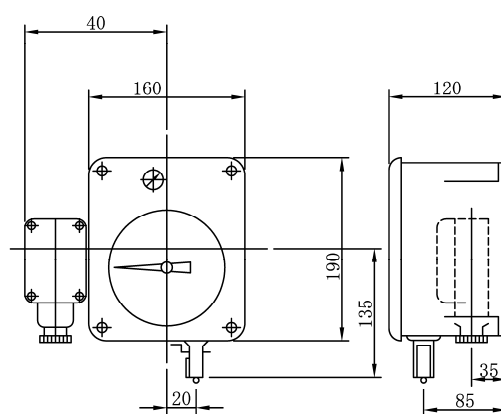


図 6.5-4 圧力計ブロック図 (例)

(3) 構造（外形寸法は参考値）



（半導体・静電容量式）



（単位：mm）

（ブルドン管式）

図 6.5-5 圧力計構造図（例）

(4) 設置要領

地中埋設管路などに圧力計を設置する場合、近傍に制御弁や空気弁などが設置されている場合は、同一弁室内に設置することが多い。近傍にこれらの施設がない場合には、地上まで配管を行い、圧力計を設置し、ハンドホールなどで保護しておく事が望ましいが、地中構造物を設ける必要がある場合には流量計室などに準拠して設計を行う。

① 現場指示圧力計の施工方法例

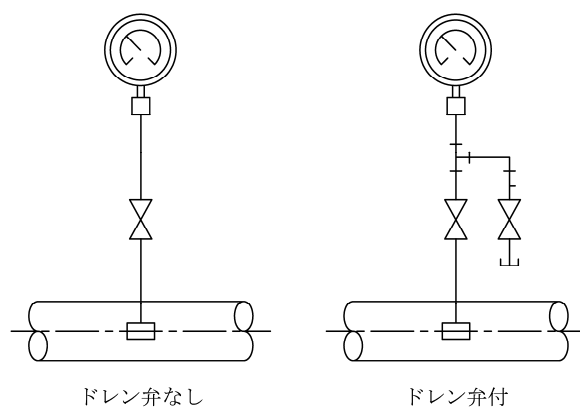


図 6.5-6 現場指示圧力計の施工方法（例）

② 圧力発信器の据付方法例

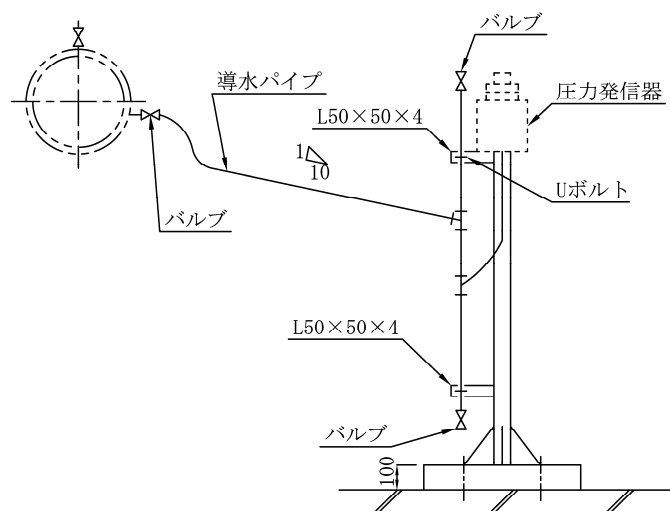


図 6.5-7 圧力発信器の施工方法（例）

(5) 機器仕様例

圧力計の機器仕様例を示す。

- | | |
|----------|--------------------|
| ① 測定範囲 | 0 ～4. 0MPa |
| ② 測定方式 | 静電容量式又は半導体式 |
| ③ 測定精度 | ±0. 25% (FS) |
| ④ 出力信号 | DC 4 ～20mA |
| ⑤ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度 |
| ⑥ 圧力指示計 | 内蔵 |
| ⑦ 配線方式 | 2線式 |
| ⑧ 信号用避雷器 | 内蔵 |
| ⑨ 防水構造 | 防浸形相当 (JIS C 0920) |
| ⑩ 各部材質 | |
| (a) 受圧部 | SUS316L 又は同等以上 |
| (b) ケース | アルミニウム合金又は同等以上 |
| ⑪ 供給電源 | DC24V |

6.6 雨量・雨雪量計

(1) 測定原理

ダム及び対象地区の雨量あるいは雨雪量(降水量)の計測には雨量計又は雨雪量計が用いられる。

雨量・雨雪量計は、受水口に入った降水及び降雪を融かした水を受水口で受け、その水を転倒マスで計量し降雨・降雪量を計測するものである。

また、ダムなど重要な施設の雨量計あるいは雨雪量計での計測値を情報提供して一般に公開する場合については、気象庁検定品（検定は5年間有効）を使用する。

① 雨量計

転倒マス・受水カップ・リードスイッチと積算器から構成される。

② 雨雪量計

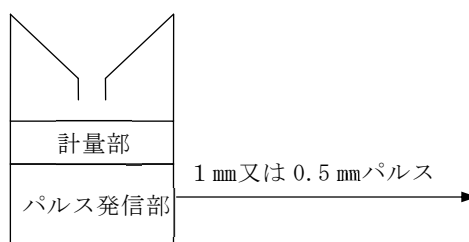
受水口が水槽になっており、中に一定量の不凍液を入れる。また、その表面に蒸発を防止するためにオイルを流して油膜をつくり、水槽全体を保温し、降雪を溶かして水にし、中央の溢水（いっすい）孔から溢水させて転倒マスで検出しパルス信号を出力する。

また、ヒータとサーモスタットにより温度調整する。

(2) 構 成

雨量・雨雪量計のブロック図例を図 6.6-1 に示す。

① 雨量計



② 雨雪量計

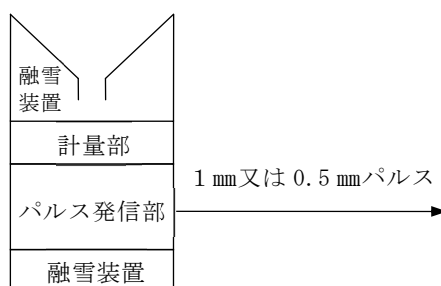


図 6.6-1 雨量・雨雪量計ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）

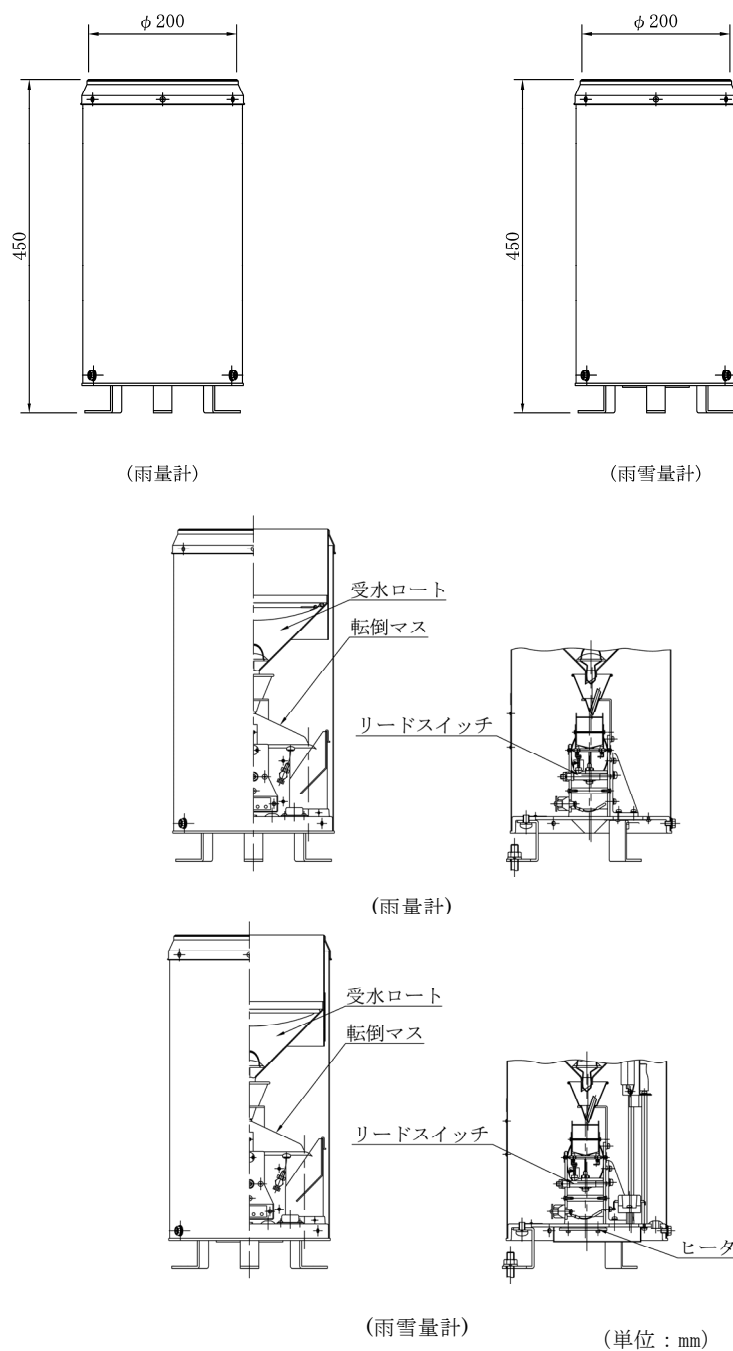


図 6.6-2 雨雪量計構造図（例）

(4) 設置要領

① 設置例

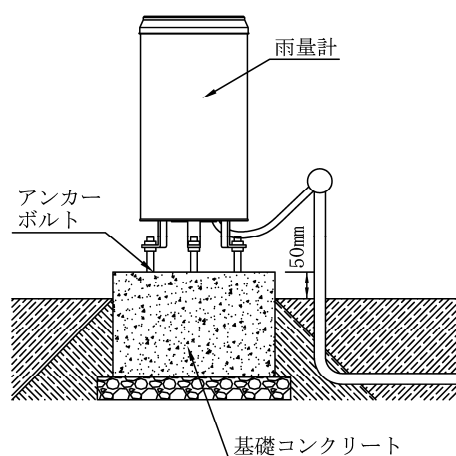


図 6.6-3 雨量計設置（例）

② 設置場所について

- (a) 付近に建物や樹木などの気流に障害を及ぼすような建物がある場合には、それらからなるべく離れた場所を選ぶ。

できれば、障害物の高さの4倍以上離すことが望ましい。

- (b) 地面が平坦で、気流ができるだけ水平になるような場所を選び、凹地、高所や、傾斜地は避ける。

- (c) 風が吹き上げるところ、あるいは吹きだまるところなどは避ける。

- (d) 強い風の際、地面からのほね返りが入らないよう、周りに芝草などを植えるとよい。

③ 取り付けについて

- (a) 取り付けは、露場（観測場所）に基礎コンクリートを設置しアンカーボルトで固定する。基礎コンクリートは、地表より5cmぐらい高くし、口金の地上高さは50cmぐらいが適当である。

- (b) 雨量計基台が水平になるよう取り付ける。

なお、積雪地方では、その地方の積雪深さを考慮して鉄塔を用意してその上に取り付けることもある。

- (c) 寒冷地用としてヒータを雨量計内部に取り付けた機種については、必ず接地処理をする。

(5) 機器仕様例

雨量・雨雪量計の機器仕様例を示す。

① 1 転倒量

1.0 mm又は0.5 mm

② 測定精度

- (a) 1 転倒量が1 mmの場合

雨量が40mm以下の場合 : ± 1 mm以内

雨量が40mmを超える場合 : ± 3 %以内

- (b) 1 転倒量が0.5mmの場合

雨量が20mm以下の場合 : ± 0.5 mm以内

雨量が20mmを超える場合 : ± 3 %以内

③ 出力信号

接点信号 (1.0 mm又は0.5 mmパルス)

- | | |
|-------------|---------------|
| ④ 融雪方法 | ヒータ式又は温水式 |
| ⑤ 電源（雨雪量計用） | 単相 AC100V±10V |

6.7 風向風速計

(1) 測定原理

風向風速計は、流線型をした胴体に垂直尾翼とプロペラが取り付けられており、垂直尾翼によってプロペラが風上を向くように回転し、胴体の向きから風向きを、プロペラの回転数から風速を計測するものである。

(2) 構成

風向風速計のブロック図例を図 6.7-1 に示す。

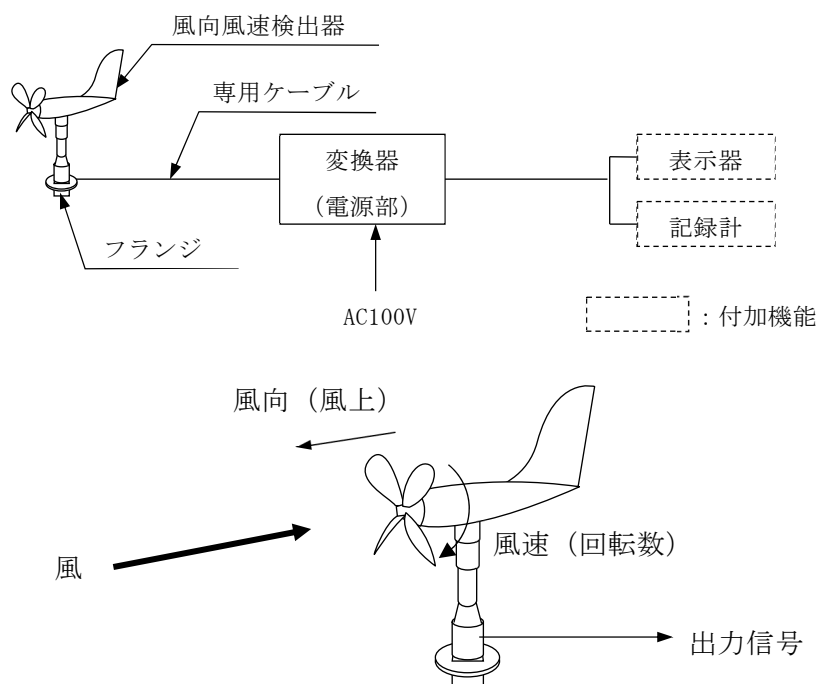


図 6.7-1 風向風速計ブロック図 (例)

(3) 構造 (外形寸法は参考値)

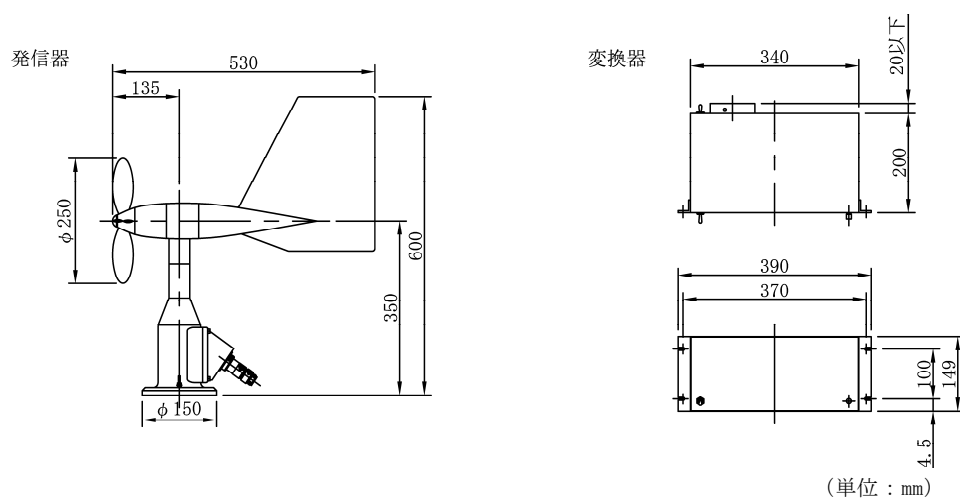


図 6.7-2 風向風速計構造図 (例)

(4) 設置要領

① 設置例

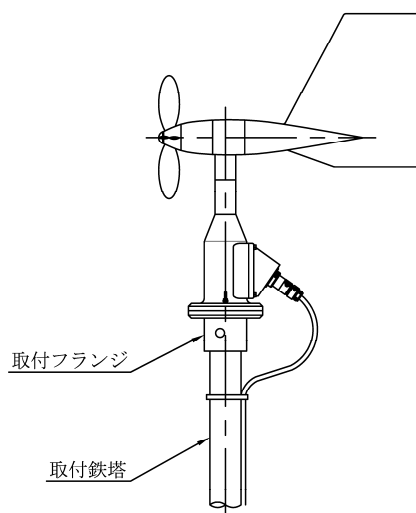


図 6. 7-3 風向風速計設置 (例)

② 施工上の留意事項

地上気象観測法には、平らな開けた場所を選んで、独立の塔又は支柱を建て、地上 10m（世界気象機関技術規則）の高さに設置することを基準としている。開けた場所とは、計測器と障害物との距離が障害物の高さの少なくとも 10 倍はあることをいう。

(5) 機器仕様例

風向風速計の機器仕様例を示す。

① 検出方式

- | | |
|---------|--------------------|
| (a) 風 向 | 尾翼 光電エンコーダ式 |
| (b) 風 速 | 風車 光電パルス式（ブラシレス方式） |

② 測定範囲

- | | |
|---------|----------------------|
| (a) 風 向 | 0 ～ 360° |
| (b) 風 速 | 0. 4m/s ～ 90m/s（最大値） |

③ 測定精度（変換器含む）

- | | |
|---------|--|
| (a) 風 向 | ± 3° 以内 |
| (b) 風 速 | ± 0. 5 m/s 以内（10m/s 以下のとき）
± 5 % 以内（10m/s を超えたとき） |

④ 出力信号

DC 0 ～ 1 V

⑤ 機 能

- | | |
|---------|--------------------|
| (a) 風 向 | 瞬間風向、平均風向など |
| (b) 風 速 | 瞬間風速、平均風速、最大瞬間風速など |

⑥ 電 源

AC100V ± 10V

6.8 気温計

(1) 測定原理

気温計は、白金測温抵抗体を用いて温度変化に伴う抵抗値の変化を検出し、気温を計測するものである。

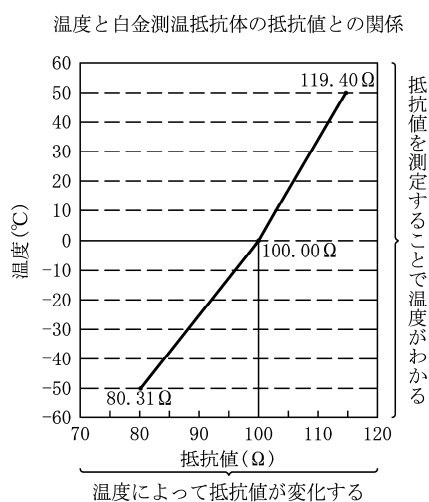


図 6.8-1 温度と抵抗値関係図

(2) 構成

気温計のブロック図例を図 6.8-2 に示す。

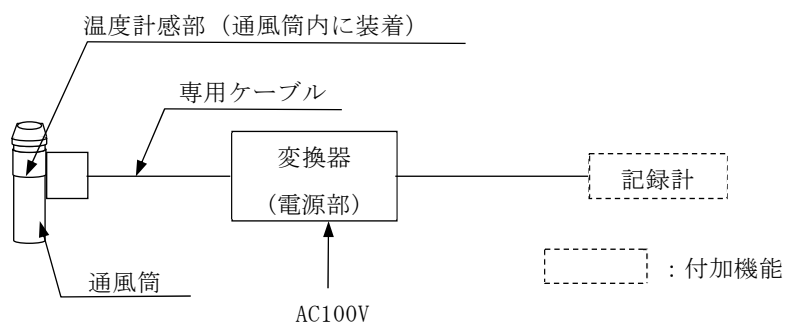
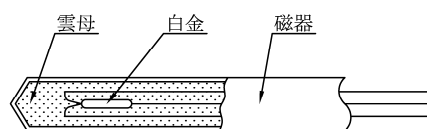
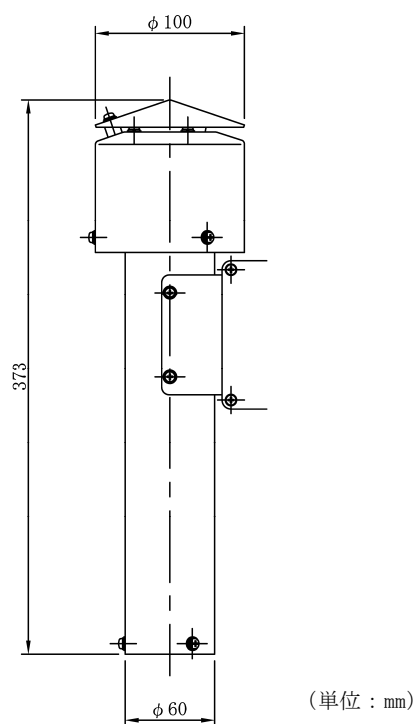
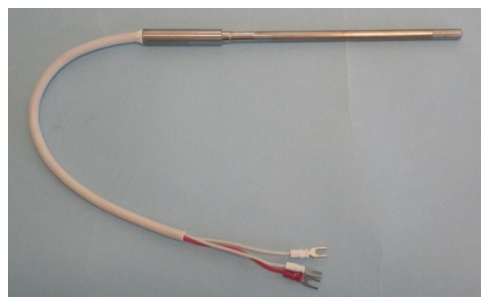


図 6.8-2 気温計ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）



(気温計断面図 (例))



(気温計外観 (例))

図 6.8-3 気温計構造図 (例)

(4) 設置要領

地上気象観測法では、百葉箱に収納する場合、建物や木などの日陰にならないところを選び、地表面上 1.5m 前後（世界気象機関技術規則では 1.25～2.0m）の高さに設置することを基準としている。

管理所の屋上など百葉箱に収納しないで機器を設置する場合、通風装置の付いた特殊な強制風筒の中に計測機器を入れ、通風口の高さ 1.5m を標準とする。

(5) 機器仕様例

気温計の機器仕様例を示す。

- | | |
|--------|--------------|
| ① 検出方式 | 白金測温抵抗体 |
| ② 測定範囲 | －50～50℃（最大値） |

③ 測定精度	JIS A 級
④ 出力信号	DC 0 ～ 1 V 又は DC 4 ～ 20mA
⑤ 機 能	現在温度、最高温度、最低温度、温度差など
⑥ 通風筒構造	内外二重円筒（外筒部へ断熱材充填）
⑦ 電 源	AC100V±10V

6.9 水温計

(1) 測定原理

水温計は、白金測温抵抗体を用いて温度変化に伴う抵抗値の変化を検出し、水温を計測するものである。

(2) 構成

水温計のブロック図例を図 6.9-1 に示す。

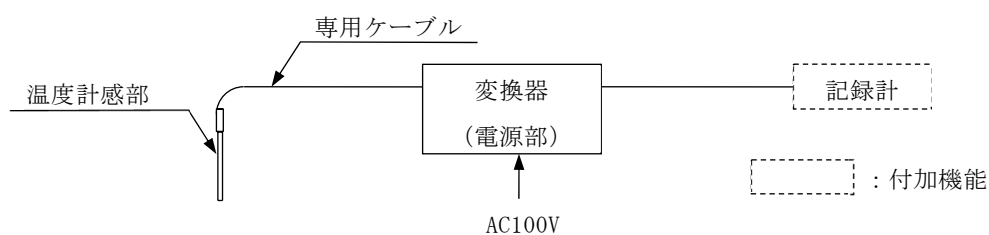


図 6.9-1 水温計ブロック図（例）

(3) 構造

白金測温抵抗体はステンレス製の保護管に覆われ、完全防水構造となっている。



図 6.9-2 水温計外観（例）

(4) 設置要領

ダム等へ設置する場合、選択取水設備であれば表面水(表層)に加えて、中層、底層の全水深にわたる水温測定を行ない、低水温被害等の低減を図れることが望ましい。

(5) 機器仕様例

水温計の機器仕様例を示す。

① 検出方式	白金測温抵抗体
② 測定範囲	-50～50℃（最大値）
③ 測定精度	JIS A 級
④ 出力信号	DC 0 ～ 1 V 又は DC 4 ～ 20mA
⑤ 機能	現在温度、最高温度、最低温度、温度差など
⑥ 保護管材質	SUS304
⑦ 電源	単相 AC100V±10V

6.10 地震計

(1) 測定原理

地震計は振子の原理を利用して地震動を記録するもので、短い固有周期を持った振子を用いることで対象地震動の加速度を計測する。

地震計は、直交する3方向（南北・東西・上下）の加速度を計測し、地面の三次元的な動きを把握するものである。東西動、南北動については特定の水平方向にのみ振動する振子を持った地震計を2台直交させて配置し、上下動についてはバネで吊るした形の振子を用いる。

振子の部分に細い電線を他数回巻いてコイルを形成し、これを永久磁石の作る磁場の中で動かすことによって、地面の動きを電気信号に変換する。

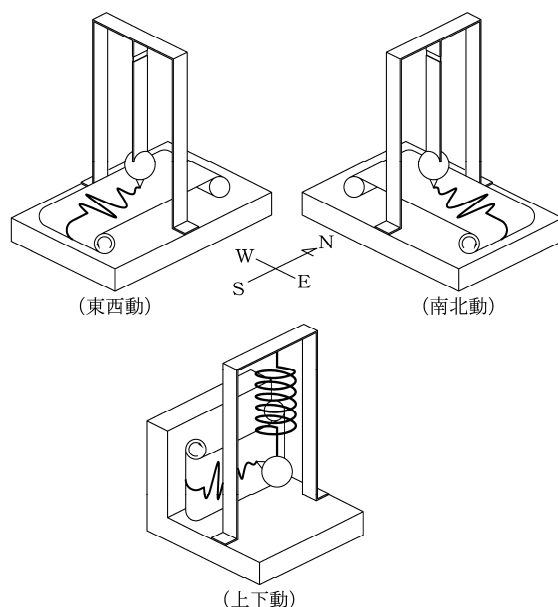


図 6.10-1 3成分地震観測原理

(2) 構成

地震計のブロック図例を図 6.10-2 に示す。

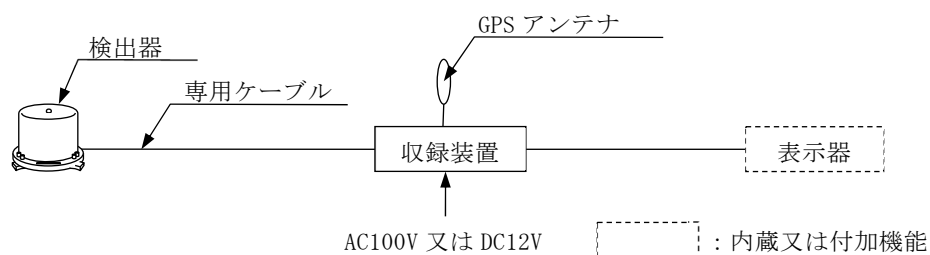


図 6.10-2 地震計ブロック図（例）

検出器、収録装置、制御装置等から構成される。



図 6.10-3 検出器外観（例）

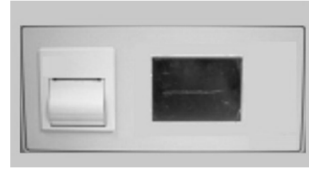
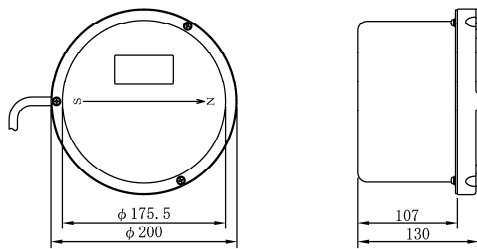


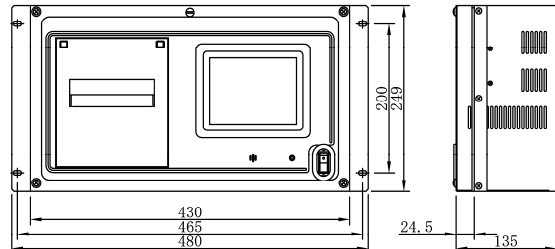
図 6.10-4 収録装置外観（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）



（単位：mm）

図 6.10-5 検出器構造図（例）



（単位：mm）

図 6.10-6 収録装置構造図（例）

(4) 設置要領

設置する階数は、建物の上層階ほど揺れが大きくなりことから1階とし、下に床下や中空階などの空間がなく、梁や基礎等がある強固な場所に設置することを推奨する。

震度計を設置する床面は、強震時に破壊されないよう強固なコンクリート床面などを選ぶ。強度に影響がありそうな、ひび割れ等の損傷が見られる床面は避ける。

強震時に震度計が建物床面等と一体となって振動するよう、震度計は建物床面とアンカーボルトにより強固に結合されていなければならない。

(5) 機器仕様例

地震計の機器仕様例を示す。

- | | |
|-------------|--------------------------------|
| ① 制動方式 | 電磁フィードバック方式 |
| ② 検出成分 | 加速度 水平2成分、上下1成分 |
| ③ 測定範囲 | ±2,000gal（最大値） |
| ④ 検出器構造 | 完全防水型 |
| ⑤ 固有周波数 | 5 Hz |
| ⑥ 測定周波数 | 0.1～30Hz |
| ⑦ 感 度 | 5 mV/Gal |
| ⑧ 機 能 | 自動受信、波形表示印刷 |
| ⑨ 出力インタフェース | 10BASE-T/100BASE-TX 又は RS-232C |
| ⑩ 電源電圧 | AC100V±10V 又は DC12V |

（注）地震観測システムの機器仕様は、要求される機能に基づき構成する機器（検出器、収録装置及びデータ処理装置など）の仕様を検討の上、決定すること。

6.11 気圧計

(1) 測定原理

気圧計は、圧力センサを使用して大気の圧力変化を計測するものである。

気圧計の検出方式は、静電容量式、ピエゾ抵抗素子又はシリコン振動式が主として用いられる。

各気圧計の一般的な性能及び特徴を表 6.11-1 に示すが、これらは一般的なものであり、機器により異なる場合があるので適用に当たっては注意する。

表 6.11-1 気圧計比較表

種 類	静電容量式	ピエゾ抵抗素子	シリコン振動式
比較項目			
測定範囲	800～1,100hpa 程度	600～1,100hpa 程度	500～1,300hpa 程度
測定精度	±0.5%程度		±0.15hpa 程度
アナログ出力信号	DC 0 ～ 1 V	—	DC 4 ～ 20mA
デジタル信号入出力	RS-232C		
電 源	AC100V 又は DC12V		
気象検定対応	可	不可	可

① 静電容量式

静電容量式圧力センサは、ガラスの固定極とシリコン等の稼動域（ダイヤフラム）を対向させてコンデンサを形成し、大気圧によって稼動極が変形して発生する静電容量の変化を計測し、電気信号に変換し出力する。ダイヤフラムの材質は、金属、セラミックス、シリコン等が用いられる。

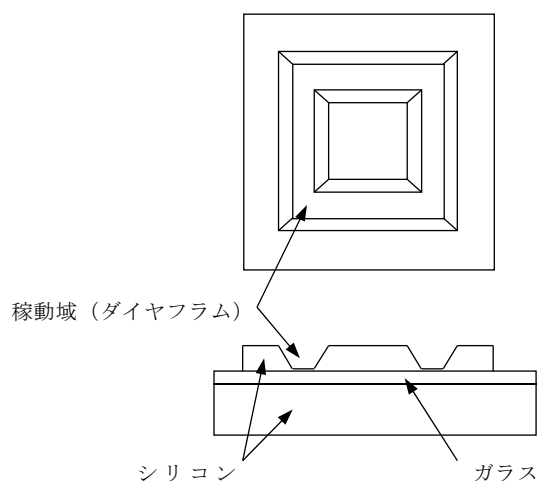


図 6.11-1 静電容量式気圧検出素子構造（例）

② ピエゾ抵抗素子

ダイヤフラムの表面に半導体ひずみゲージを形成し、大気圧によってダイヤフラムが変形して発生するピエゾ抵抗効果による電気抵抗の変化を電気信号に変換し出力する。

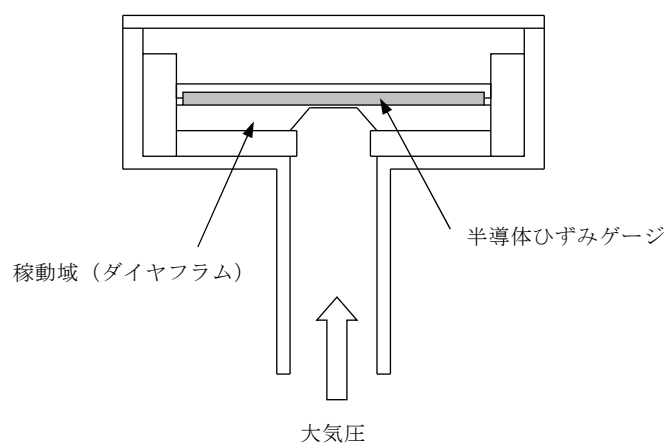


図 6.11-2 ピエゾ抵抗素子構造（例）

③ シリコン振動式

圧力の検出部に、圧力によって振動数が変化する単結晶シリコン振動子を使用し、ダイヤフラムの表面に半導体ひずみゲージを形成し、大気圧の変化によって生ずるシリコン振動子の振動数の変化を電気信号に変換し出力する。

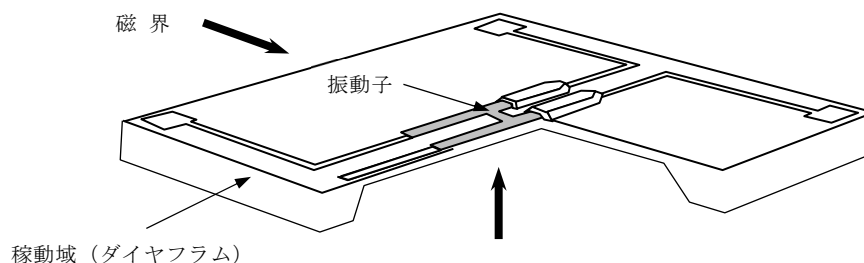


図 6.11-3 シリコン振動子構造（例）

(2) 構 成

気圧計のブロック図例を図 6.11-4 に示す。

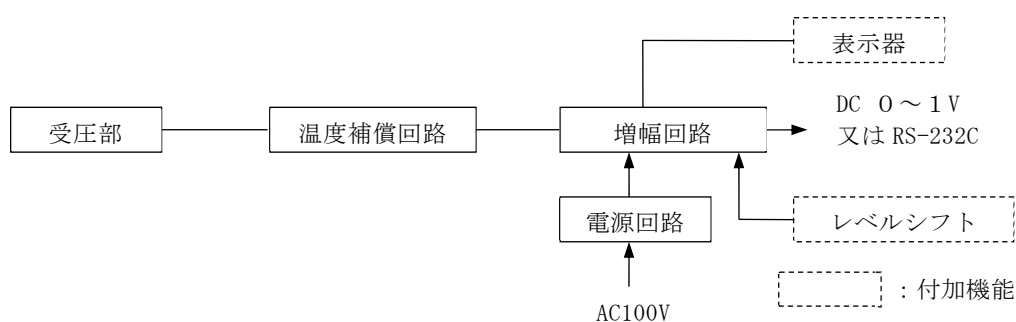


図 6.11-4 気圧計ブロック図（例）

(3) 構 造（外形寸法は参考値）

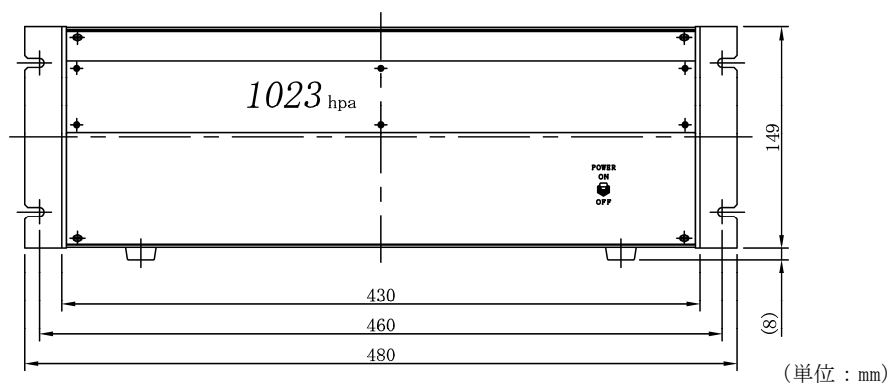


図 6.11-5 気圧計構造図（例）

(4) 設置要領

外部からの振動が伝わる場合には、丈夫な台を設けて、その上に振動を除去するためのスポンジラバーのクッションを敷いて設置するのが最もよい。

また、室内は気温の急変及びせまい気密性の高い部屋でドアの開閉による風圧が影響することもあるので注意し、ホコリなどからも保護されるようにする。

屋外で風が強い箇所へ設置する場合には、静圧のほかに、動圧が加わることが誤差の原因になる。この影響は風向及び風速によって違うため、建物の風に対する影響などを考慮に入れる必要がある。

(5) 機器仕様例

気圧計の機器仕様例を示す。

① 検出方式	静電容量式、ピエゾ抵抗素子又はシリコン振動式
② 測定範囲	870～1,050hPa
③ 測定精度	0.7hPa 以内
④ 出力信号	アナログ (DC 0 ～ 1 V) 又はデジタル (RS-232C)
⑤ 機 能	現在気圧
⑥ 電 源	AC100V±10V

6.12 小電力無線式センサ

計測点と変換器の設置場所が離れているなど、ケーブル布設が困難である場合に採用される方式である。計測信号の伝送形態の一つである。

対象となるセンサとしては下記が挙げられる。

- ・ダム、河川における水位計測（水晶式など）
- ・ダム湖の水温計測

なお、小電力無線装置については、第Ⅲ編 4.4.10 項参照。

(1) 構 成

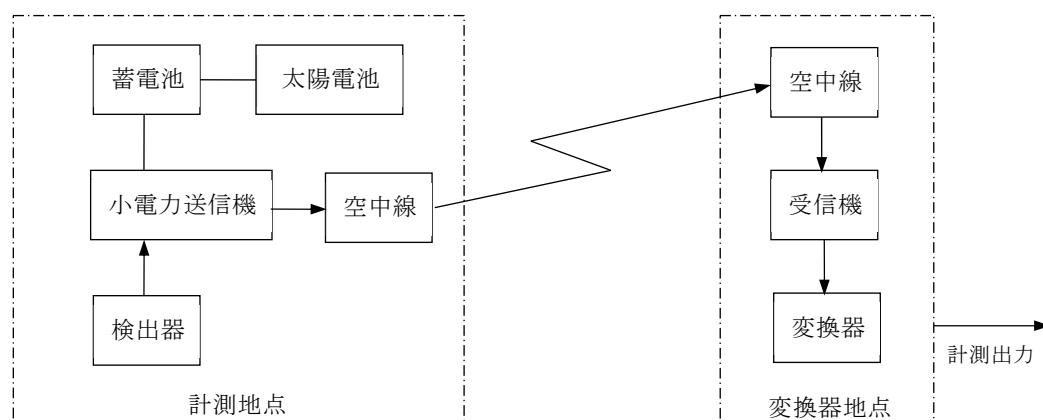


図 6.12-1 小電力無線機器構成（例）

(2) 特 徴

- ① 計測地点から変換器設置点までのケーブルが不要（見通しでかつ最大 500m 程度）
- ② 小電力無線のため無線局の免許が不要（電波法施行規則第 6 条）
- ③ サンプルング伝送である。
- ④ 原理的には無線系機器とセンサ機器は異なるメーカーでも良いが、消費電力と太陽電池・蓄電池の関係及び実装形態をコンパクトにする必要性から、全体を同一メーカーで設計して、実用化されている。検出器の消費電力が小さいことが必要。ただし、太陽電池、蓄電池の容量は設置地点の気象条件などを考慮して決める必要がある。

(3) 注意事項

太陽電池、蓄電池容量の決定に当たっては、発電量やデータ伝送間隔を十分確認し、欠測が生じないよう、必要な容量を検討する必要がある。