

6.10 津波監視設備に関する補足説明

6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明

6.10.1.1 概要

本資料は、津波監視設備のうち津波・構内監視カメラの耐震計算の詳細について説明するものである。津波・構内監視カメラは、地震後の繰返しの襲来を想定した津波に対し、昼夜問わず敷地への津波の襲来状況を監視するために設置する。このため、耐震性に関する設計としては、基準地震動 S_s による地震力に対して津波監視機能が維持できる設計とする。また、風及び積雪による荷重を考慮するとともに波力及び漂流物の影響を受けない位置へ設置する設計とする。対象となる津波・構内監視カメラの配置を図6.10.1-1に示す。

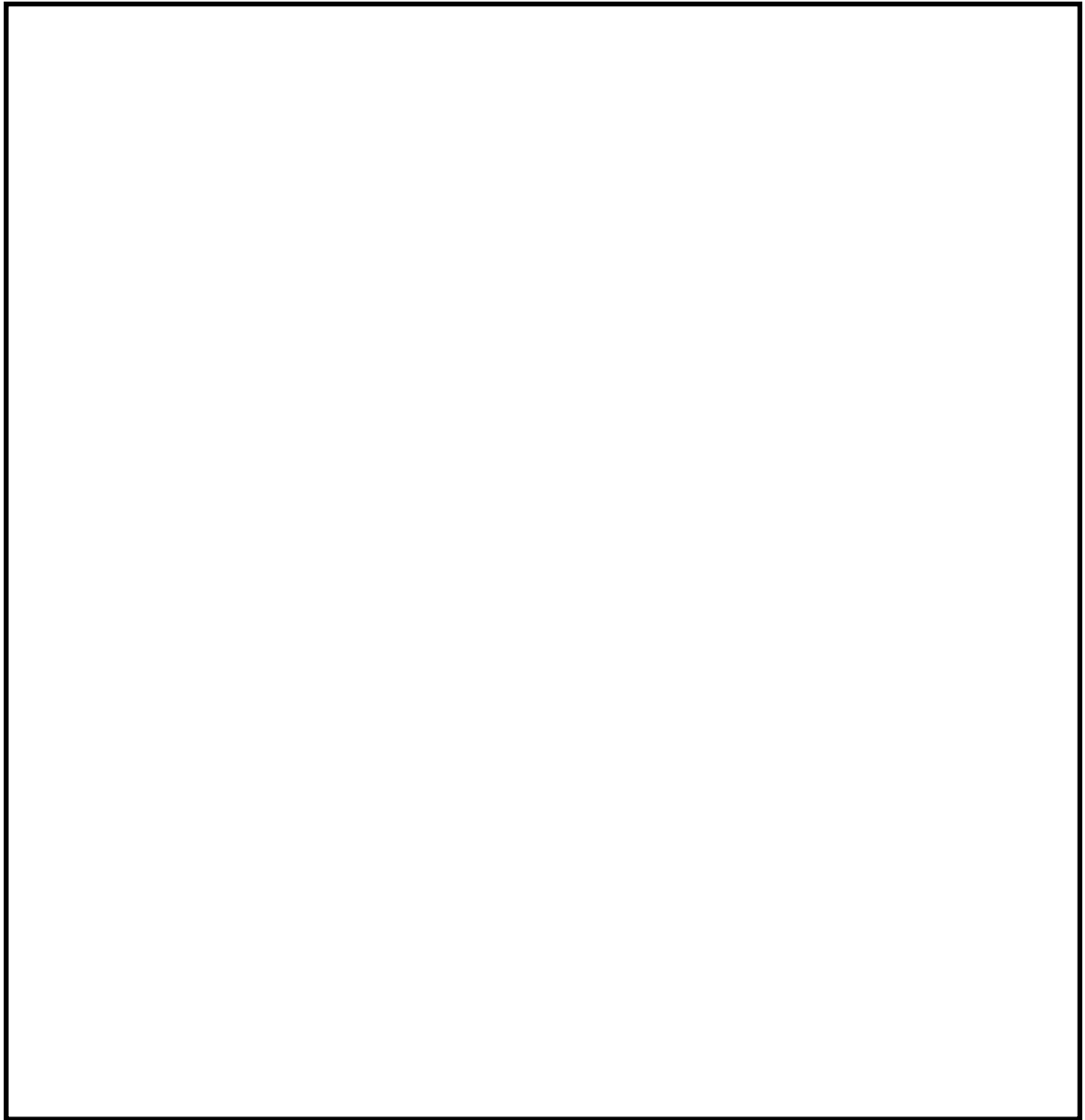


図 6.10.1-1 津波・構内監視カメラ配置図

6.10.1.2 基本方針

津波・構内監視カメラの耐震計算は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、津波・構内監視カメラが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認する。

耐震計算に当たっては津波・構内監視カメラの構成機器を踏まえ評価対象機器を以下の通り設定する。

- (1) カメラ本体
- (2) 中央制御室制御盤
- (3) 緊急時対策所制御盤
- (4) 中央制御室監視モニタ
- (5) 緊急時対策所監視モニタ

6.10.1.3 評価方法

(1) カメラ本体

a. 一般事項

図 6.10.1-2 にカメラ本体の概略構造図を示す。

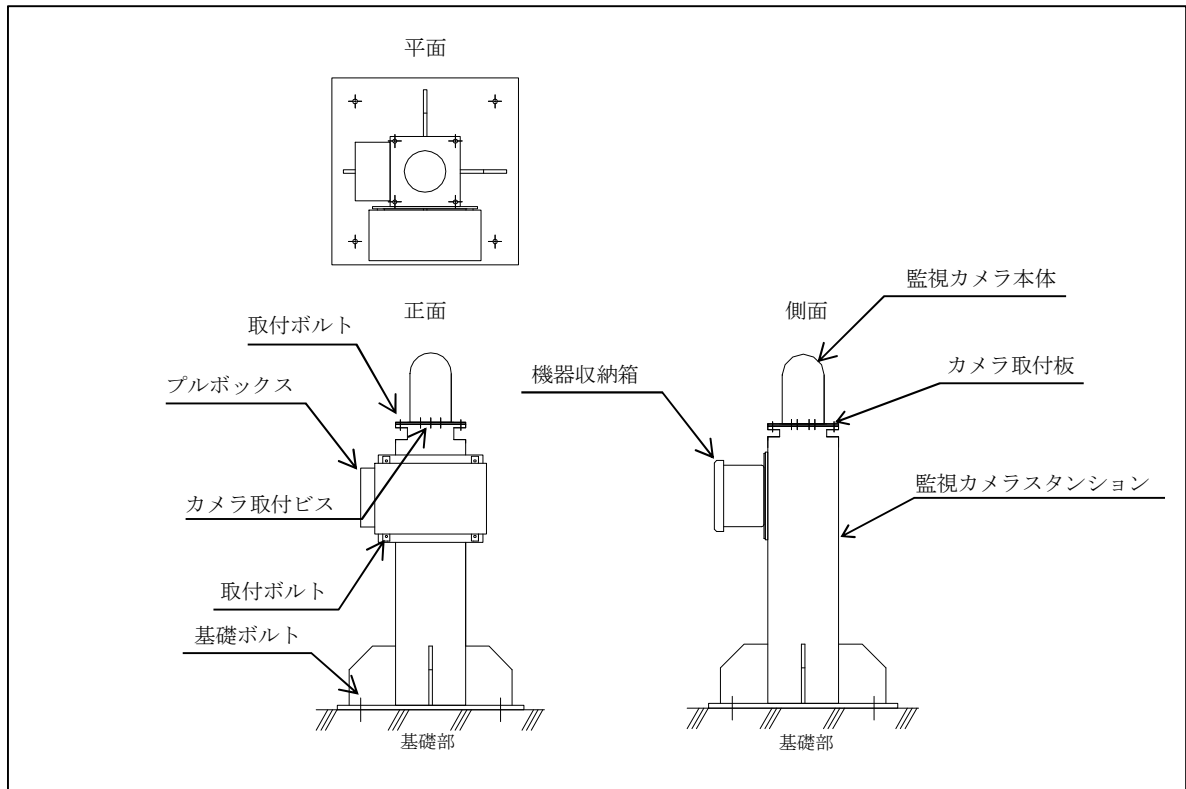


図 6.10.1-2 概略構造図(カメラ本体)

b. 評価条件

<設計用地震力>

設置場所（原子炉建屋屋上*）の最大応答加速度を適用する。

S_s 水平方向震度 (C_H) :2.45

鉛直方向震度 (C_V) :1.88

注記 * :据付場所が異なるため、包絡する原子炉建屋屋上の設計用地震力で評価する。

<雰囲気温度>

40℃（屋外）

c. 固有周期

①水平方向の固有周期は次式にて求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{A_s \cdot G} \right)}$$

②鉛直方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

ここで

E : 縦弾性係数

I : 断面二次モーメント

A_s : 最小有効せん断断面積

G : せん断弾性係数

m : 質量

h : 据付面から重心までの距離

縦弾性係数 E を J S M E N C 1 付録図表 Part6 表 1 より、比例法を用いて求める。

20°Cにおける E : 195000 MPa, 50°Cにおける E : 193000 MPa

40°Cにおける E = 195000 + (195000 - 193000) / (20 - 50) × (40 - 20)

= 193667

= 1.94 × 10⁵ (MPa)

断面二次モーメント I = 1.83 × 10⁸ (m⁴)

最小有効せん断断面積 $A_s = 2 \cdot (a - 2 \cdot 2t) \cdot t$

ここで

a : 鋼材幅

t : 鋼材厚さ

$A_s = 2 \times (300 - 2 \times 2 \times 12) \times 12$

= 6048 (mm²)

せん断弾性係数 G = E / (2 × (1 + ν))

ここで

ν : ポアソン比

G = 194000 / (2 × (1 + 0.3))

= 74615.38462

= 74600 (MPa)

= 7.46 × 10⁴ (MPa)

上記より、水平方向の固有周期Tは

固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

d. 応力計算

<自然現象の荷重の組み合わせ>

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）は屋外に設置されるため、耐震計算に考慮する荷重の組合せは以下のとおりとする。

基準地震動（ S_s ）+風荷重（ P_k ）+0.35×積雪荷重（ P_s ）

<風荷重>

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）に作用する風荷重 P_k は次式にて求める。

$$P_k = q \times B \times H \times C_f$$

ここで

q：減速圧

B：被対象物幅

H：被対象物高さ

C_f ：風力係数

減速圧qは次式にて求める。

$$q = 0.6 \times E \times V_0^2$$

ここで

E：速度圧の高さ方向の分布を示す係数

V_0 ：基準風速 = 30 m/s

速度圧の高さ方向の分布を示す係数Eは次式にて求める。

$$E = E_r^2 \times G_f$$

ここで

E_r ：平均風速の高さ方向の分布を示す係数

G_f ：ガスト影響係数 = 2

平均風速の高さ方向の分布を示す係数 E_r は次式にて求める。

$$E_r = 1.7 \times (H_a / ZG)^\alpha$$

ここで

H_a ：建物高さ = GL. 58.4749 m

ZG：地表面粗度区分に応じて求められる係数 = 350 m

α : 地表面粗度区分に応じて求められる係数 = 0.15

以上より, 減速圧 q は

$$E_r = 1.7 \times (58.4749/350)^{0.15}$$

$$= 1.299822$$

$$= 1.3$$

$$E = 1.3^2 \times 2$$

$$= 3.38$$

$$q = 0.6 \times 3.38 \times 30^2$$

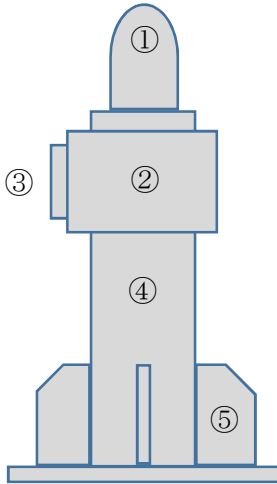
$$= 1825.2$$

$$= \underline{1826 \text{ N/mm}^2}$$

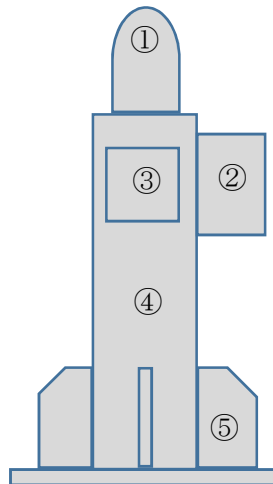
＜津波・構内監視カメラ（カメラ本体）への受風角度及び各種値＞

以下に津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の受風角度及び各種値（B, H, C f）を示す。
 なお、風力係数C fは日本建築学会 建築物荷重指針・同解説（2004）の値を使用する。

カメラ本体正面



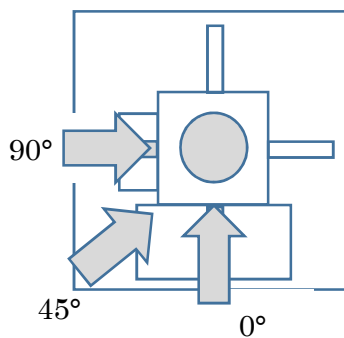
カメラ本体側面



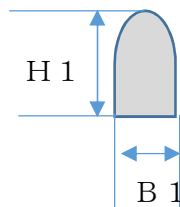
（被対象物）

- ①監視カメラ
- ②機器収納箱
- ③プルボックス
- ④架台
- ⑤架台下部

①監視カメラ



垂直断面



①監視カメラ

被対象物幅B 1

$$B 1=0.1788 \text{ m}$$

被対象物高さH 1

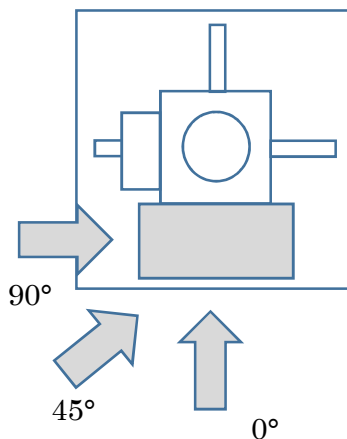
$$H 1=0.2949 \text{ m}$$

風力係数C f 1

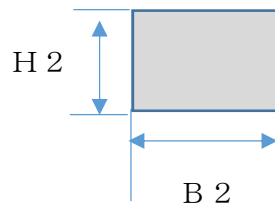
水平断面積形状：円形

$$C f 1=1.2$$

②機器収納箱



垂直断面



②機器収納箱

被対象物幅B 2

$$B 2=0.48 \text{ m}$$

被対象物高さH 2

$$H 2=0.3 \text{ m}$$

風力係数C f 2

水平断面積形状：長方形

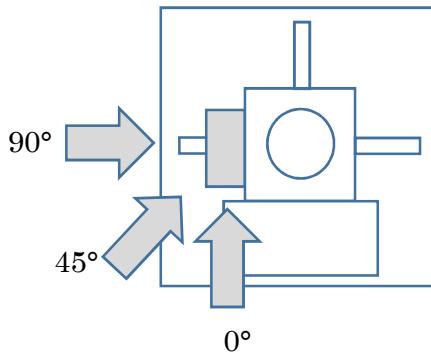
$$0C f y 2=2.4(0^\circ)$$

$$45C f x 2=0.7(45^\circ)$$

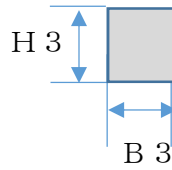
$$45C f y 2=1.6(45^\circ)$$

$$90C f x 2=0.8(90^\circ)$$

③プルボックス



垂直断面



③プルボックス

被対象物幅 B_3

$$B_3 = 0.25 \text{ m}$$

被対象物高さ H_3

$$H_3 = 0.25 \text{ m}$$

風力係数 C_{f3}

水平断面形状：長方形

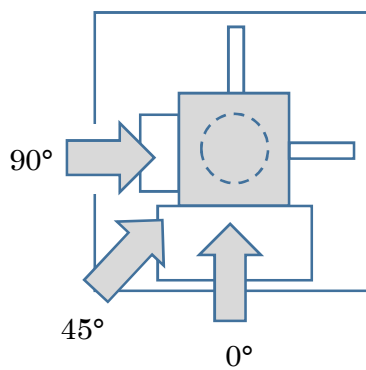
$$0C_{fy3} = 0.8 (0^\circ)$$

$$45C_{fx3} = 1.6 (45^\circ)$$

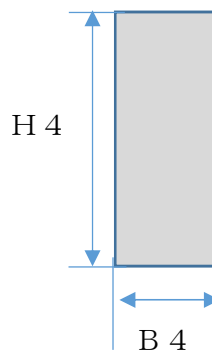
$$45C_{fy3} = 0.7 (45^\circ)$$

$$90C_{fx3} = 2.4 (90^\circ)$$

④架台



垂直断面



④架台

被対象物幅 B_4

$$B_4 = 0.3 \text{ m}$$

被対象物高さ H_4

$$H_4 = 0.95 \text{ m}$$

風力係数 C_{f4}

水平断面形状：正方形

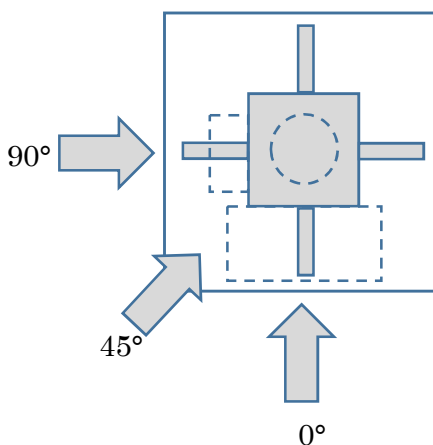
$$0C_{fy4} = 2.1 (0^\circ)$$

$$45C_{fx4} = 1.6 (45^\circ)$$

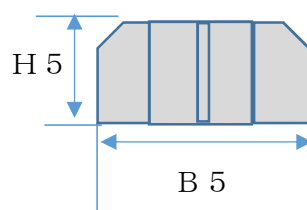
$$45C_{fy4} = 1.6 (45^\circ)$$

$$90C_{fx4} = 2.1 (90^\circ)$$

⑤ 架台下部



垂直断面



⑤架台下部

被対象物幅 B_5

$$B_5 = 0.7 \text{ m}$$

被対象物高さ H_5

$$H_5 = 0.25 \text{ m}$$

風力係数 C_{f5}

水平断面形状：L形

$$0C_{fy5} = 1.9 (0^\circ)$$

$$45C_{fx5} = 2.3 (45^\circ)$$

$$45C_{fy5} = 2.3 (45^\circ)$$

$$90C_{fx5} = 1.9 (90^\circ)$$

各被対象物①～⑤の風荷重 P_K を求める。

①監視カメラの風荷重 P_{K1}

$$\begin{aligned}P_{K1} &= q \times B1 \times H1 \times C f 1 \\ &= 1826 \times 0.1788 \times 0.2949 \times 1.2 \\ &= 115.5 \text{ N}\end{aligned}$$

②機器収納箱の風荷重 P_{K2}

$$P_{K2} = q \times B2 \times H2 \times (0Cfy2, 45Cfx2, 45Cfy2, 90Cfx2)$$

$$0Pky2 = 1826 \times 0.48 \times 0.3 \times 2.4$$

$$= 631.1 \text{ N}$$

$$45P_{Kx2} = 1826 \times 0.48 \times 0.3 \times 0.7$$

$$= 184.1 \text{ N}$$

$$45P_{Ky2} = 1826 \times 0.48 \times 0.3 \times 1.6$$

$$= 420.7 \text{ N}$$

$$90P_{Kx2} = 1826 \times 0.48 \times 0.3 \times 0.8$$

$$= 210.4 \text{ N}$$

③プルボックスの風荷重 P_{K3}

$$P_{K3} = q \times B3 \times H3 \times (0Cfy3, 45Cfx3, 45Cfy3, 90Cfx3)$$

$$0Pky3 = 1826 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.8$$

$$= 91.3 \text{ N}$$

$$45P_{Kx3} = 1826 \times 0.25 \times 0.25 \times 1.6$$

$$= 182.6 \text{ N}$$

$$45P_{Ky3} = 1826 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.7$$

$$= 79.89 \text{ N}$$

$$90P_{Kx3} = 1826 \times 0.25 \times 0.25 \times 2.4$$

$$= 273.9 \text{ N}$$

④架台の風荷重 P_{K4}

$$P_{K4} = q \times B4 \times H4 \times (0Cfy4, 45Cfx4, 45Cfy4, 90Cfx4)$$

$$0Pky4 = 1826 \times 0.3 \times 0.95 \times 2.1$$

$$= 1093 \text{ N}$$

$$45P_{Kx4} = 1826 \times 0.3 \times 0.95 \times 1.6$$

$$= 832.7 \text{ N}$$

$$45P_{Ky4} = 1826 \times 0.3 \times 0.95 \times 1.6$$

$$= 832.7 \text{ N}$$

$$90P_{Kx4} = 1826 \times 0.3 \times 0.95 \times 2.1$$

$$= 1093 \text{ N}$$

⑤架台下部の風荷重 P_{k5}

$$P_{k5} = q \times B5 \times H5 \times (0Cfy5, 45Cfx5, 45Cfy5, 90Cfx5)$$

$$0Pky5 = 1826 \times 0.7 \times 0.25 \times 1.9$$

$$= 607.1 \text{ N}$$

$$45Pky5 = 1826 \times 0.7 \times 0.25 \times 2.3$$

$$= 735.0 \text{ N}$$

$$45Pky5 = 1826 \times 0.7 \times 0.25 \times 2.3$$

$$= 735.0 \text{ N}$$

$$90Pky5 = 1826 \times 0.7 \times 0.25 \times 1.9$$

$$= 607.1 \text{ N}$$

各被対象物①～⑤に作用する風荷重を風角度ごとに足し合わせる。

風角度 0° (Y 方向風)

$$0Pk = Pk1 + 0Pky2 + 0Pky3 + 0Pky4 + 0Pky5$$

$$= 115.5 + 631.1 + 91.3 + 1093 + 607.1$$

$$= 2538 \text{ N}$$

風角度 45° (X-Y 方向風)

$$45Pk = Pk1 + \sqrt{((45Pky2)^2 + (45Pky3)^2)} + \sqrt{((45Pky4)^2 + (45Pky5)^2)} + \sqrt{((45Pky2)^2 + (45Pky3)^2)} + \sqrt{((45Pky4)^2 + (45Pky5)^2)}$$

$$= 115.5 + \sqrt{(184.1^2 + 420.7^2)} + \sqrt{(182.6^2 + 79.89^2)} + \sqrt{(832.7^2 + 832.7^2)} + \sqrt{(735^2 + 735^2)}$$

$$= 2991 \text{ N}$$

風角度 90° (X 方向風)

$$90Pk = Pk1 + 90Pky2 + 90Pky3 + 90Pky4 + 90Pky5$$

$$= 115.5 + 210.4 + 273.9 + 1093 + 607.1$$

$$= 2300 \text{ N}$$

風荷重 P_k は各角度の風荷重のうち、厳しいものとする。

$$P_k = \text{Max}(0Pk, 45Pk, 90Pk)$$

$$= \text{Max}(2538, 2991, 2300)$$

$$= \underline{2991 \text{ N}}$$

<積雪荷重>

カメラ本体（架台を含む）に作用する積雪荷重 P_s は次式にて求める。

$$P_s = d_s \cdot \rho_s \cdot A$$

ここで

$$d_s : \text{垂直堆積量} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_s : \text{単位荷重} = 20 \text{ N/cm/m}^2$$

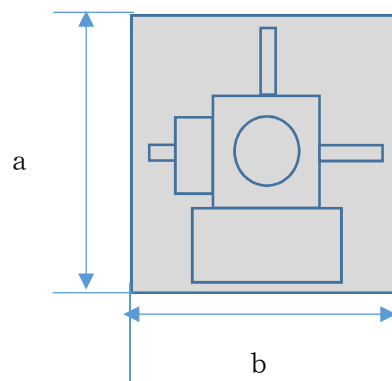
A : 水平投影面積

$$A = a \times b$$

$$= 800 \times 800$$

$$= 640000 \text{ mm}^2$$

$$= 0.64 \text{ m}^2$$



以上より,

$$P_s = 30 \times 20 \times 0.64$$

$$= \underline{384 \text{ N}}$$

<応力計算>

①引張応力

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \frac{(m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot C_H \cdot h + P_k \cdot h - (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)}$$
$$= \frac{(355 \times 9.80665 + 0.35 \times 384) \times 2.45 \times 1494.9 + 2991 \times 1494.9 - (355 \times 9.80665 + 0.35 \times 384) \times (1 - 1.88) \times 300}{2 \times (300 + 300)}$$
$$= 15557.12$$
$$= \underline{15560 \text{ N}}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 15560 / 201.1$$
$$= 77.37444$$
$$= \underline{78 \text{ MPa}}$$

②せん断応力

基礎ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot C_H$$
$$= (355 \times 9.80665 + 0.35 \times 384) \times 2.45$$
$$= 8858.614$$
$$= \underline{8859 \text{ N}}$$

基礎ボルト 1 本あたりに生じるせん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b + P_k}{n \cdot A_b}$$
$$= (8859 + 2990) / (4 \times 201.1)$$
$$= 14.73023$$
$$= \underline{15 \text{ MPa}}$$

③F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

40°C における $S_y = 205 \text{ MPa}$

40°C における $S_u = 520 \text{ MPa}$

$F_1 = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$

$$\begin{aligned}
&= \text{Min}(205, 0.7 \times 520) \\
&= \text{Min}(205, 64) \\
&= \underline{205 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts1}

$$f_{ts1} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_{bl}, f_{to})$$

$$f_{to} = F_1 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 205 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 123$$

$$f_{ts1} = \text{Min}(1.4 \times 123 - 1.6 \times 15, 123)$$

$$= \text{Min}(148, 123)$$

$$= \underline{123 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sbl}

$$f_{sbl} = F_1 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 205 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 94.685444$$

$$= \underline{94 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥応力評価結果

カメラ本体の応力評価結果を表 6.10.1-1 に示す。

表 6.10.1-1 カメラ本体の応力評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	78	123*	OK
	せん断	15	94	OK

注記 * : $f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bl}, f_{to}]$ より算出

(2) 中央制御室制御盤

a. 一般事項

図 6.10.1-3 に津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）の概略構造図を示す。

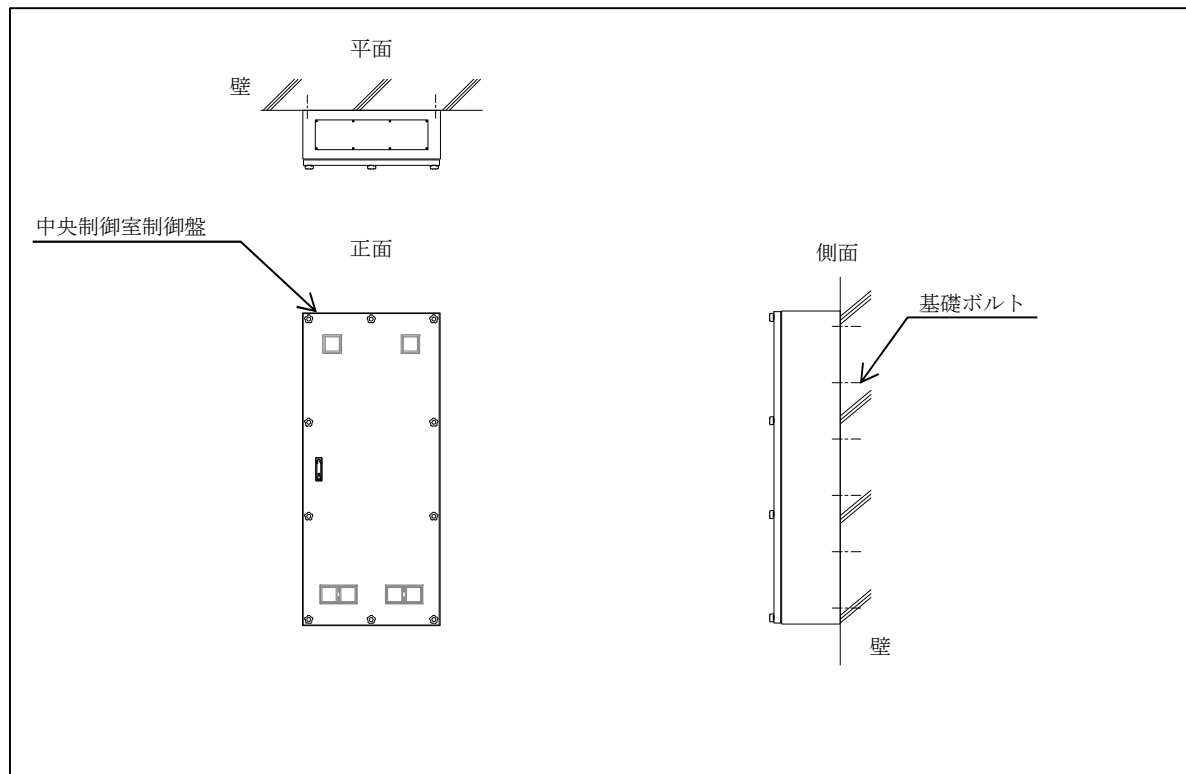


図 6.10.1-3 概略構造図(中央制御室制御盤)

b. 計算条件

<設計用地震力>

壁掛形の盤なので設置場所（中央制御室）上階の最大応答加速度を適用する。

S_s 水平方向震度 (C_H) :1.55

鉛直方向震度 (C_V) :1.17

<雰囲気温度>

40℃ （中央制御室）

c. 固有周期

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

①引張応力

水平方向の引張力 F_{b11}

$$\begin{aligned} F_{b11} &= \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot \ell_{31}} \\ &= (303 \times (1+1.17) \times 165 \times 9.80665) / (2 \times 1800) + (303 \times 1.55 \times 165 \times 9.80665) / (6 \times 820) \\ &= 449.9912 \\ &= \underline{450 \text{ N}} \end{aligned}$$

鉛直方向の引張力 F_{b21}

$$\begin{aligned} F_{b21} &= \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot \ell_{11} \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} \\ &= (303 \times (1+1.17) \times 165 \times 9.80665 + 303 \times 1.55 \times 879 \times 9.80665) / (2 \times 1800) \\ &= 1420.089 \\ &= \underline{1420 \text{ N}} \end{aligned}$$

ボルトに作用する引張力 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= \text{Max}(F_{b11}, F_{b21}) \\ &= \text{Max}(450, 1420) \\ &= \underline{1420 \text{ N}} \end{aligned}$$

ボルトに作用する引張応力 σ_{b1}

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \\ &= 1420 / 201.1 \\ &= 7.061163 \\ &= \underline{7 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

②せん断応力

水平方向地震によるせん断力 Q_{b11}

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$\begin{aligned}
&=303 \times 1.55 \times 9.80665 \\
&=4605.693 \\
&=\underline{4606 \text{ N}}
\end{aligned}$$

鉛直方向地震によるせん断力 Q_{b21}

$$\begin{aligned}
Q_{b21} &= m_1 \cdot (1 + C_v) \cdot g \\
&= 303 \times (1 + 1.17) \times 9.80665 \\
&= 6447.970 \\
&= \underline{6448 \text{ N}}
\end{aligned}$$

ボルトに作用するせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned}
Q_{b1} &= \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \\
&= \sqrt{4606^2 + 6448^2} \\
&= 7924.137 \\
&= \underline{7924 \text{ N}}
\end{aligned}$$

ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned}
\tau_{b1} &= \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \\
&= 7925 / (12 \times 201.1) \\
&= 3.284021 \\
&= \underline{4 \text{ N}}
\end{aligned}$$

③ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 205 \text{ MPa}$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 520 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
F_1 &= \text{Min}(S_y, 0.7 S_u) \\
&= \text{Min}(205, 0.7 \times 520) \\
&= \text{Min}(205, 364) \\
&= \underline{205 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

④ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts1}

$$f_{ts1} = \text{Min}(1.4 \times f_{to1} - 1.6 \times \tau_{b1}, f_{to1})$$

$$f_{t\ o1} = F_1 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 205 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 123$$

$$f_{t\ s1} = \text{Min}(1.4 \times 123 - 1.6 \times 4, 123)$$

$$= \text{Min}(165, 123)$$

$$= \underline{123 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb1}

$$f_{s\ b1} = F_1 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 205 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 94.685444$$

$$= \underline{94 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥応力評価結果

中央制御室制御盤の応力評価結果を表 6.10.1-2 に示す。

表 6.10.1-2 中央制御室制御盤の応力評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	7	123*	OK
	せん断	4	94	OK

注記 * : $f_{t\ s1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t\ o1} - 1.6 \cdot \tau_{b1}, f_{t\ o1}]$ より算出

(3) 緊急時対策所制御盤

a. 一般事項

図 6.10.1-4 に津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）の概略構造図を示す。

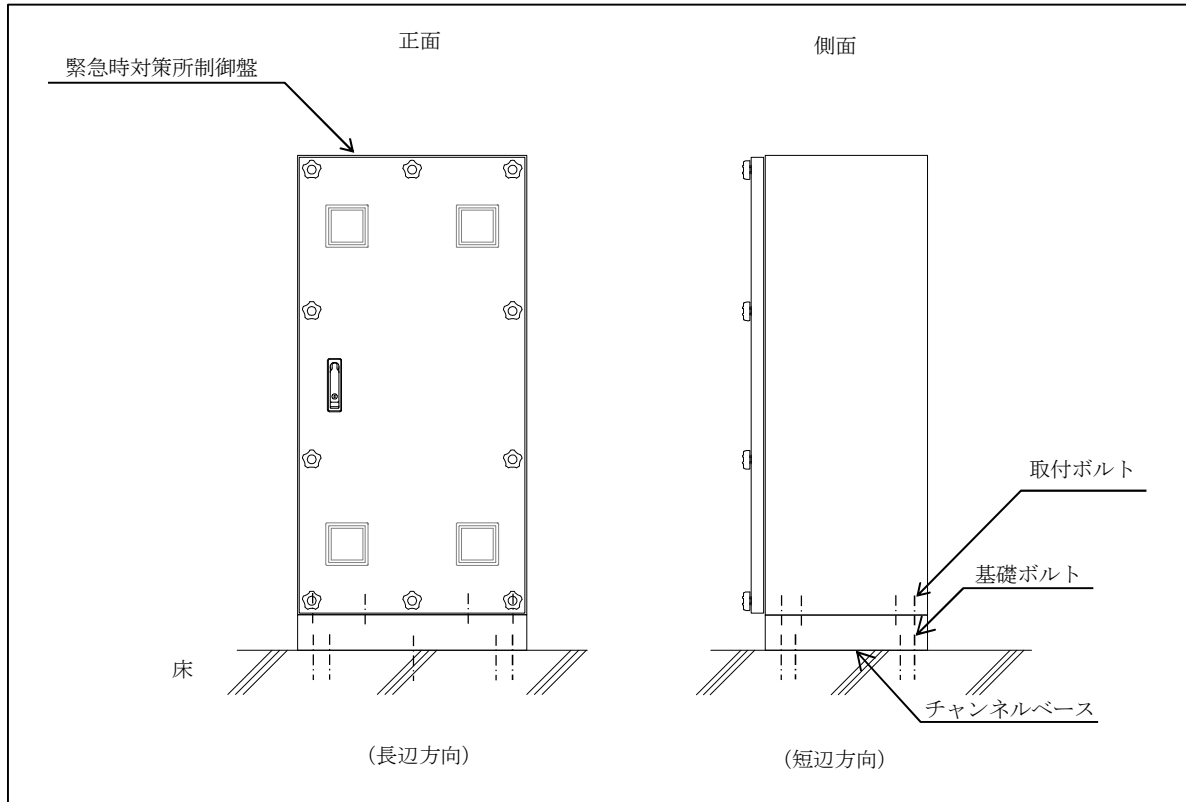


図 6.10.1-4 概略構造図(緊急時対策所制御盤)

b. 計算条件

<設計用地震力>

設置場所（緊急時対策所）の最大応答加速度を適用する。

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.54

鉛直方向震度 (C_V) : 1.36

<雰囲気温度>

40℃（緊急時対策所）

c. 固有値解析

津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は 0.05 秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

基礎ボルト (i=1), 取付ボルト (i=2)それぞれについて計算する。

①引張応力

<基礎ボルト (i=1)>

長辺方向の引張力 F_{b1-1}

$$\begin{aligned} F_{b1-1} &= \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \\ &= (217 \times 1.54 \times 701 \times 9.80665 - 217 \times (1 - 1.36) \times 298 \times 9.80665) / (2 \times (292 + 298)) \\ &= 2140.342 \\ &= 2140 \text{ N} \end{aligned}$$

短辺方向の引張力 F_{b1-2}

$$\begin{aligned} F_{b1-2} &= \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \\ &= (217 \times 1.54 \times 701 \times 9.80665 - 217 \times (1 - 1.36) \times 212 \times 9.80665) / (3 \times (188 + 212)) \\ &= 2049.767 \\ &= 2050 \text{ N} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= \text{Max}(F_{b1-1}, F_{b1-2}) \\ &= \text{Max}(2140, 2050) \\ &= \underline{2140 \text{ N}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_{b1}

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \\ &= 2140 / 201.1 \\ &= 10.64147 \\ &= \underline{11 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

<取付ボルト (i=2)>

長辺方向の引張力 F_{b2-1}

$$\begin{aligned} F_{b2-1} &= \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \\ &= (198 \times 1.54 \times 648 \times 9.80665 - 198 \times (1 - 1.36) \times 298 \times 9.80665) / (2 \times (292 + 298)) \\ &= 1818.632 \\ &= 1819 \text{ N} \end{aligned}$$

短辺方向の引張力 F_{b2-2}

$$\begin{aligned} F_{b2-2} &= \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{22} \cdot g}{n_2 \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \\ &= (198 \times 1.54 \times 648 \times 9.80665 - 198 \times (1 - 1.36) \times 212 \times 9.80665) / (2 \times (188 + 212)) \\ &= 2607.337 \\ &= 2607 \text{ N} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用する引張力 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= \text{Max}(F_{b2-1}, F_{b2-2}) \\ &= \text{Max}(1819, 2607) \\ &= \underline{2607 \text{ N}} \end{aligned}$$

取付ボルトに生じる引張応力 σ_{b2}

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \\ &= 2607 / 113.1 \\ &= 23.0504 \\ &= \underline{23 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

②せん断応力

<基礎ボルト (i=1)>

水平方向地震によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= m_1 \cdot C_H \cdot g \\ &= 217 \times 1.54 \times 9.80665 \\ &= 3277.186 \\ &= \underline{3277 \text{ N}} \end{aligned}$$

基礎ボルト 1 本あたりに生じるせん断応力 τ_{b1}

$$\begin{aligned} \tau_{b1} &= \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \\ &= 3277 / (10 \times 201.1) \\ &= 1.62953 \\ &= \underline{2 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

<取付ボルト (i=2)>

水平方向地震によるせん断力 Q_{b2}

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$=198 \times 1.54 \times 9.80665$$

$$=2990.244$$

$$=2990 \text{ N}$$

取付ボルト 1 本あたりに生じるせん断応力 τ_{b2}

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}}$$

$$=2990 / (8 \times 113.1)$$

$$=3.30459$$

$$=4 \text{ MPa}$$

③ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 205 \text{ MPa}$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 520 \text{ MPa}$$

$$F_i = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$$

$$= \text{Min}(205, 0.7 \times 520)$$

$$= \text{Min}(205, 364)$$

$$=205 \text{ MPa}$$

④ 許容引張応力

< 基礎ボルト (i=1) >

許容引張応力 f_{ts1}

$$f_{ts1} = \text{Min}(1.4 \times f_{to1} - 1.6 \times \tau_{b1}, f_{to1})$$

$$f_{to1} = F_1 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 205 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 123$$

$$f_{ts1} = \text{Min}(1.4 \times 123 - 1.6 \times 2, 123)$$

$$= \text{Min}(169, 123)$$

$$=123 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984 に基づき、後施工アンカの許容応力は 20% 低減を考慮する。

< 取付ボルト (i=2) >

許容引張応力 f_{ts2}

$$f_{ts2} = \text{Min}(1.4 \times f_{to2} - 1.6 \times \tau_{b2}, f_{to2})$$

$$f_{to2} = F_2 / 2 \times 1.5$$

$$= 205 / 2 \times 1.5$$

$$\begin{aligned}
&=153.75 \\
&=153 \\
f_{ts2} &= \text{Min}(1.4 \times 153 - 1.6 \times 4, 153) \\
&= \text{Min}(208, 153) \\
&= \underline{153 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

⑤許容せん断応力

<基礎ボルト (i=1) >

許容せん断応力 f_{sb1}

$$\begin{aligned}
f_{sb1} &= F_1 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\
&= 205 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\
&= 94.68544 \\
&= \underline{94 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

<取付ボルト (i=2) >

許容せん断応力 f_{sb2}

$$\begin{aligned}
f_{sb2} &= F_2 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \\
&= 205 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \\
&= 118.3568 \\
&= \underline{118 \text{ MPa}}
\end{aligned}$$

⑥応力評価結果

緊急時対策所制御盤の応力評価結果を表 6.10.1-3 に示す。

表 6.10.1-3 緊急時対策所制御盤の応力評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	11	123*	OK
	せん断	2	94	OK
取付ボルト	引張	23	153*	OK
	せん断	4	118	OK

注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

(4) 中央制御室監視モニタ及び緊急時対策所監視モニタ

a. 一般事項

図 6.10.1-5 に津波・構内監視カメラ（中央制御室監視モニタ及び緊急時対策所監視モニタ）の概略構造図を示す。

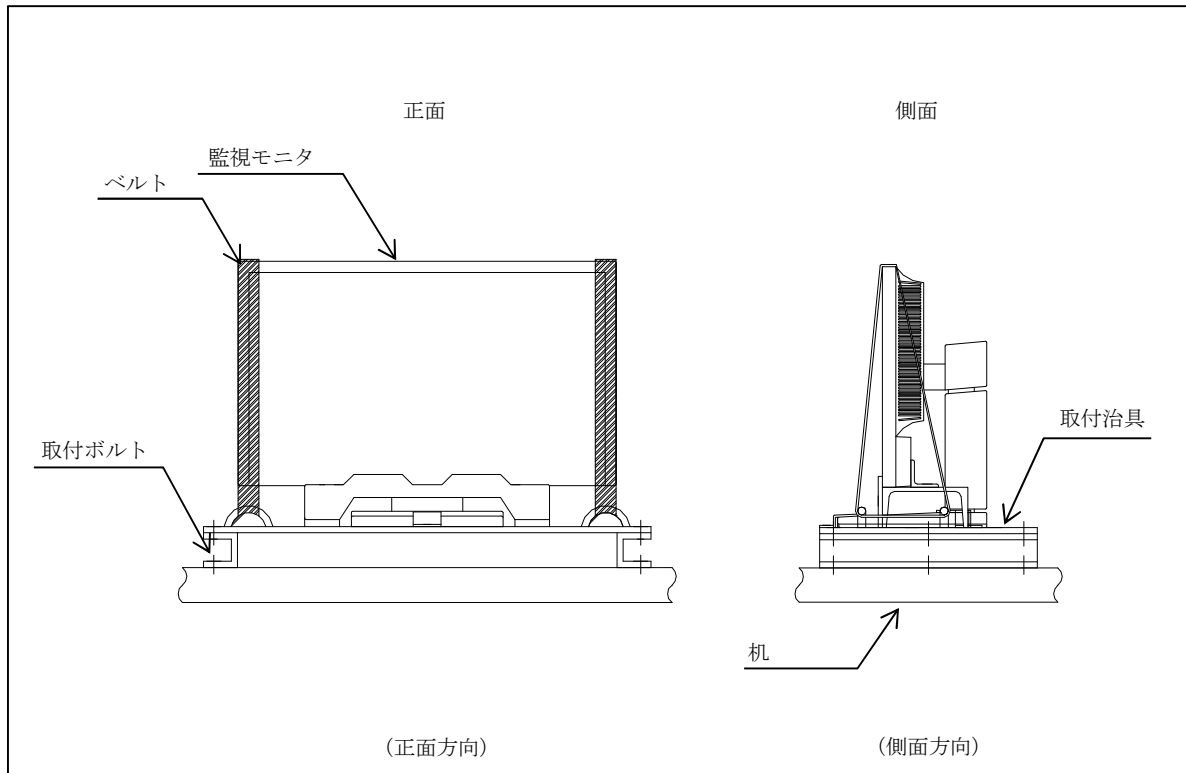


図 6.10.1-5 概略構造図(監視モニタ)

b. 固有値解析

津波・構内監視カメラ（中央制御室監視モニタ及び緊急時対策所監視モニタ）の固有周期は、表示モニタを取付治具に取付けた状態で振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

c. 評価方針

中央制御室監視モニタ及び緊急時対策所監視モニタは、建屋床に取り付けられた剛構造の机に固定する構造であるため、耐震計算書では、設置する建屋の地震応答解析結果を用いた津波・構内監視カメラ監視モニタの電氣的機能維持評価について示す。

6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明

6.10.2.1 概要

本資料は、津波監視設備のうち取水ピット水位計及び潮位計の耐震計算の詳細について説明するものである。耐震計算に当たっては、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、強度計算に当たっては、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、取水ピット水位計及び潮位計の耐震計算書及び強度計算書に示した評価について補足するものである。対象となる取水ピット水位計及び潮位計の配置を図 6.10.2-1 に示す

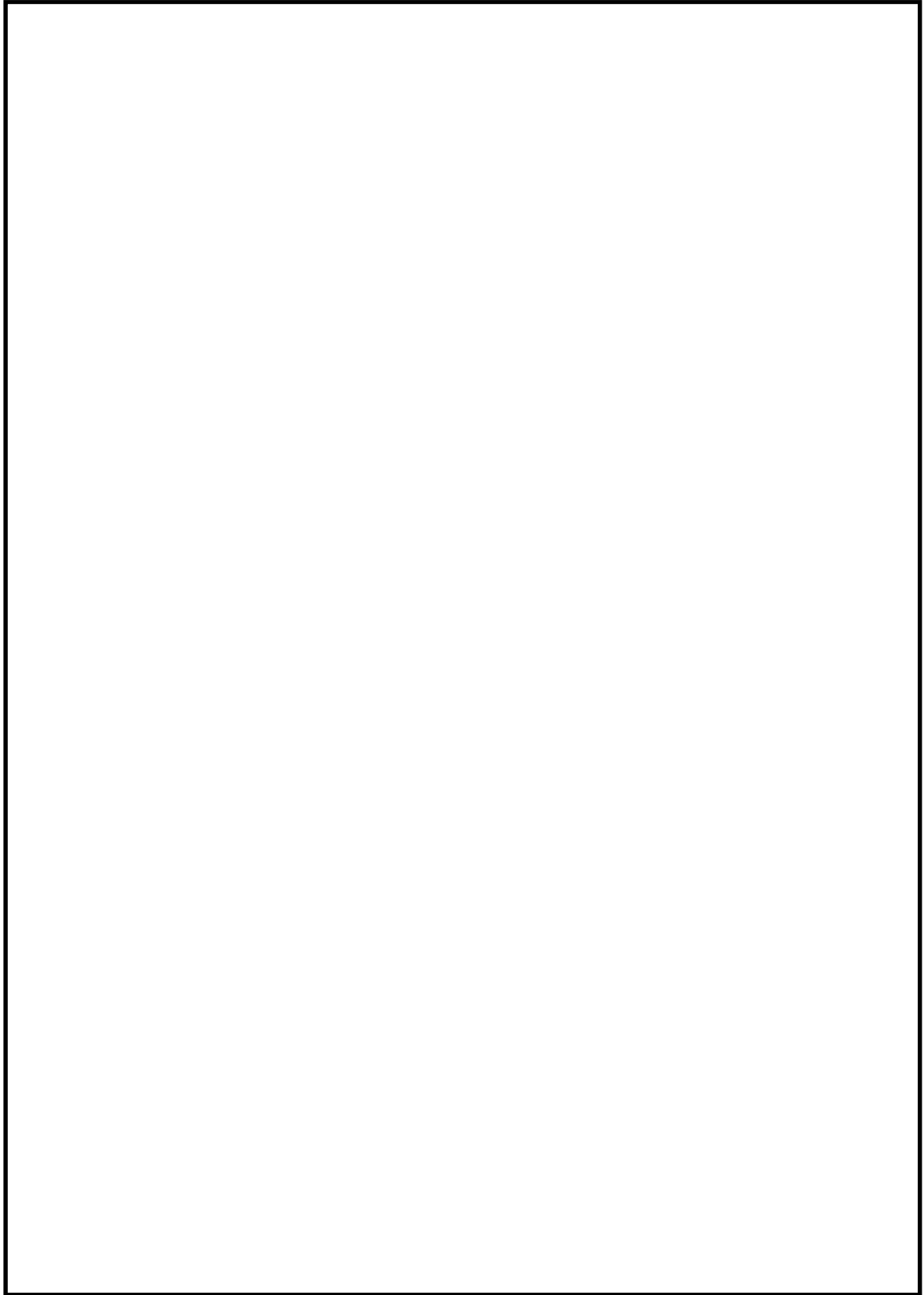


図 6.10.2-1 津波監視設備配置図

6.10.2.2 取水ピット水位計の設計に関する補足説明

a. 一般事項

図6.10.2-2に取水ピット水位計の概略構造図を示す。

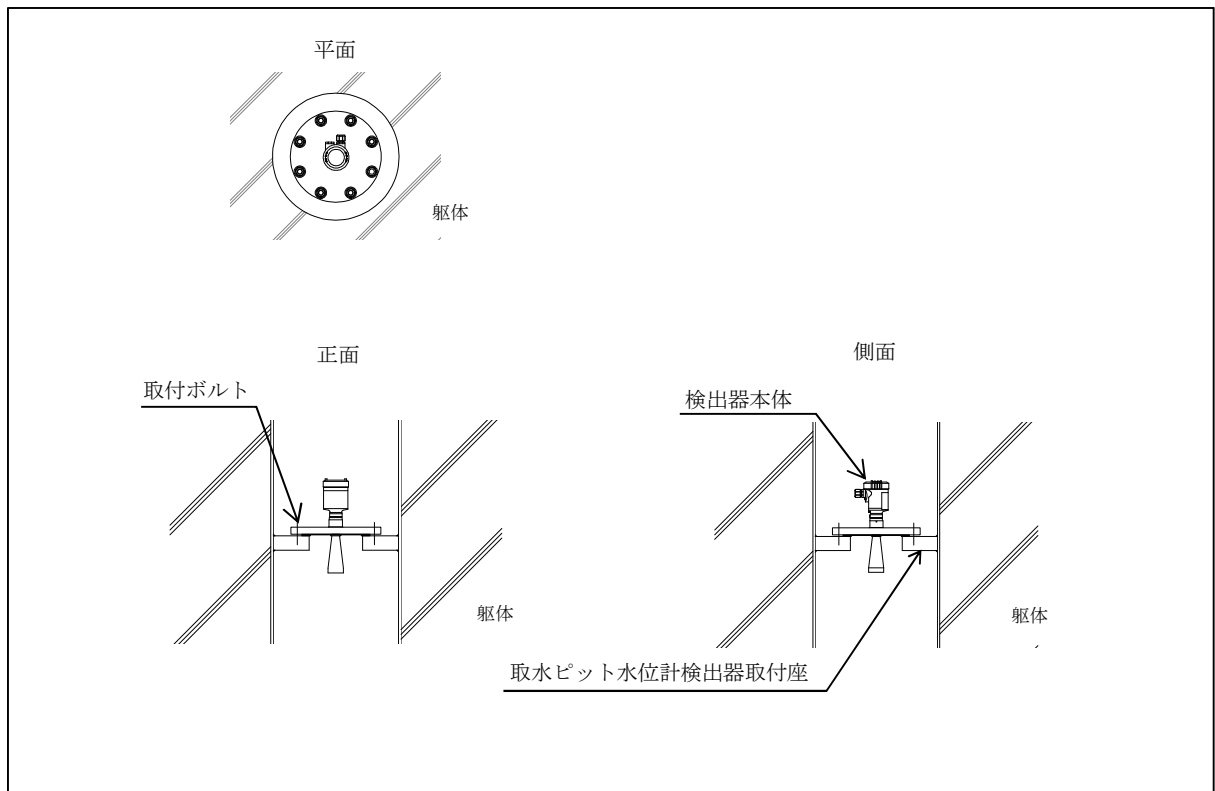


図6.10.2-2 取水ピット水位計の概略構造図

b. 評価条件

<設計用地震力>

設置場所（海水ポンプ室）の最大応答加速度を適用する。

S_d 水平方向震度 (C_H) : 0.61

鉛直方向震度 (C_V) : 0.43

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.10

鉛直方向震度 (C_V) : 1.03

静的震度 水平方向震度 ($3.6 \cdot C_i$) : 0.58

鉛直方向震度 ($1.2 \cdot C_V$) : 0.29

<雰囲気温度>

40°C (屋外)

<津波荷重水位>

取水ピット水位計の津波荷重水位は添付書類「V-1-1-2-2-3 入力津波の設定」にて設定している取水ピットの入力津波高さを元に設定する。

基準津波 : T.P + 22 m

敷地に遡上する津波 : T.P + 26 m

c. 固有周期

取水ピット水位計の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot l_2 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)}$$
$$= (17.2 \times 9.80665 \times 1.10 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 1.03) \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9))$$
$$= 77.80733$$
$$= \underline{77.81 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 77.81 / 201.1$$
$$= 0.3869219$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

②せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$
$$= 17.2 \times 1.10 \times 9.80665$$
$$= 185.5418$$
$$= \underline{185.5 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$
$$= 185.5 / (8 \times 201.1)$$
$$= 0.1153033$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

③ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第

I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^{\circ}\text{C} \text{ における } S_y = 235$$

$$40^{\circ}\text{C} \text{ における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$= \underline{235 \text{ MPa}}$$

④ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5$$

$$= 235 / 2 \times 1.5$$

$$= 176.25$$

$$= 176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$= \underline{176 \text{ MPa}}$$

⑤ 許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$= \underline{135 \text{ MPa}}$$

⑥ 耐震評価結果

取水ピット水位計の耐震評価結果を表 6.10.2-1 に示す。

表 6.10.2-1 取水ピット水位計の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	1	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（基準津波と余震による重畳時）>

①突き上げ津波荷重(P_t)

取水ピット水位計に作用する突き上げ津波荷重(P_t)

$$P_t = \frac{\rho \cdot g \cdot T h \cdot A_1 + 0.5 \cdot C D \cdot \rho \cdot A_1 \cdot U^2}{10^6}$$

なお、抗力係数 (CD) は日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説の値を使用する。流れ方向の物体の投影面積 A_1 は次式にて求める。

$$\begin{aligned} A_1 &= \left(\frac{B_1}{2} \right)^2 \cdot \pi \\ &= (168/2)^2 \times \pi \\ &= 22167.07 \\ &= 22170 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 22 \times 22170 + 0.5 \times 1.2 \times 1030 \times 22170 \times 2^2) / 10^6 \\ &= 4981.393 \\ &= \underline{4981 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

②引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

注：鉛直方向の設計震度が1以下の場合は取水ピット水位計の浮上りが起こらないことから、鉛直方向地震荷重を考慮しない。

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot l_1 \cdot g + P_t \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \\ &= (17.2 \times 9.80665 \times 0.61 \times 183 + 4981 \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9)) \\ &= 1287.696 \\ &= \underline{1288 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 1288 / 201.1 \\ &= 6.40477 \\ &= \underline{7 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

③せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

$$=17.2 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$=102.8914$$

$$=102.9 \text{ (N)}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$=102.9 / (8 \times 201.1)$$

$$=0.06396$$

$$=1 \text{ (MPa)}$$

④ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$=235 \text{ MPa}$$

⑤ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5$$

$$= 235 / 2 \times 1.5$$

$$= 176.25$$

$$= 176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$=176 \text{ MPa}$$

⑥ 許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$=135 \text{ MPa}$$

⑦強度評価結果

取水ピット水位計の強度評価結果を表 6. 10. 2-2 に示す。

表 6. 10. 2-2 取水ピット水位計の強度評価結果（基準津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	7	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）>

①突き上げ津波荷重(P_t)

取水ピット水位計に作用する突き上げ津波荷重(P_t)

$$P_t = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 \cdot g + P_t \cdot \ell_2}{10^6}$$

なお、抗力係数 (CD) は日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説の値を使用する。流れ方向の物体の投影面積 A_1 は次式にて求める。

$$\begin{aligned} A_1 &= \left[\frac{B_1}{2} \right]^2 \cdot \pi \\ &= (168/2)^2 \times \pi \\ &= 22167.07 \\ &= 22170 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 26 \times 22170 + 0.5 \times 1.2 \times 1030 \times 22170 \times 2^2) / 10^6 \\ &= 5877.136 \\ &= \underline{5877 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

②引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

注：鉛直方向の設計震度が1以下の場合は取水ピット水位計の浮上りが起こらないことから、鉛直方向地震荷重を考慮しない。

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 \cdot g + P_t \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \\ &= (17.2 \times 9.80665 \times 0.61 \times 183 + 5877 \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9)) \\ &= 1511.696 \\ &= \underline{1512 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 1512/201.1 \\ &= 7.518647 \\ &= \underline{8 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

③せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned}Q_b &= m \cdot C_H \cdot g \\ &= 17.2 \times 0.61 \times 9.80665 \\ &= 102.8914 \\ &= \underline{102.9 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 102.9 / (8 \times 201.1) \\ &= 0.06396 \\ &= \underline{1 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

④F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$= \underline{235 \text{ MPa}}$$

⑤許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5$$

$$=235/2 \times 1.5$$

$$=176.25$$

$$=176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$= \underline{176 \text{ MPa}}$$

⑥許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$= \underline{135 \text{ MPa}}$$

⑦強度評価結果

取水ピット水位計の強度評価結果を表 6.10.2-3 に示す。

表 6.10.2-3 取水ピット水位計の強度評価結果（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	8	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

6.10.2.3 潮位計の設計に関する補足説明

(1) 潮位計（検出器）

a. 一般事項

図6.10.2-3に潮位計（検出器）の概略構造図を示す。

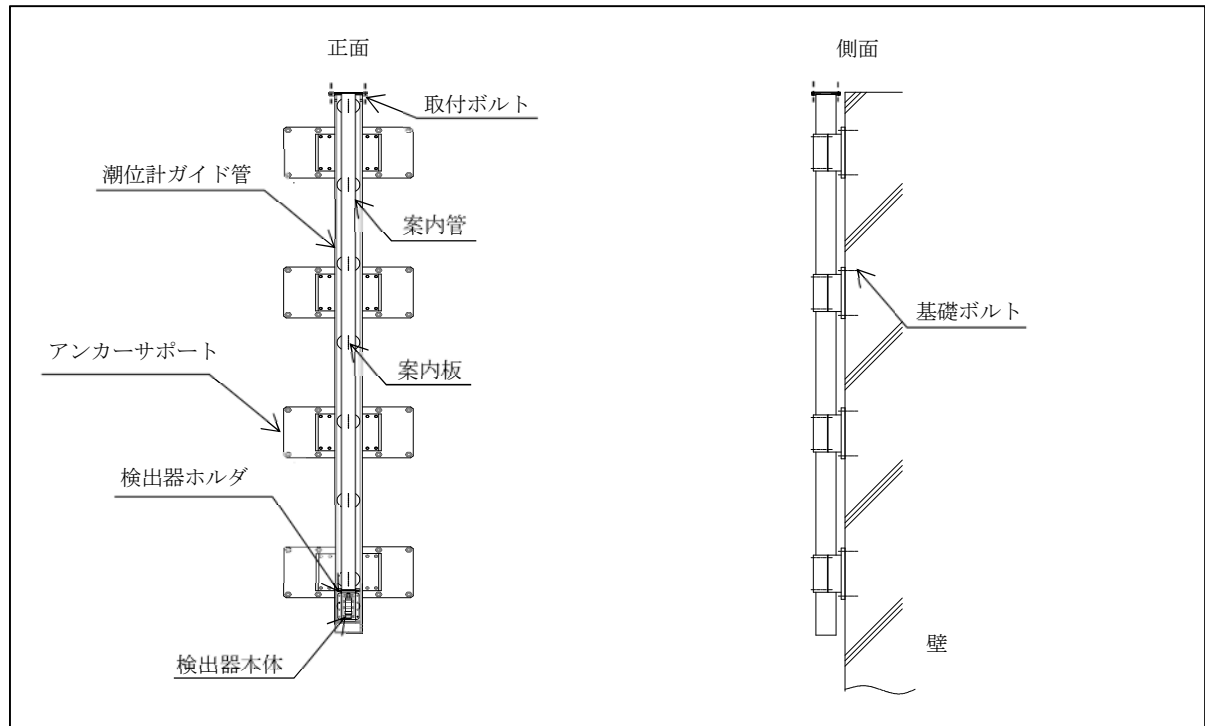


図6.10.2-3 潮位計（検出器）の概略構造図

b. 評価条件

<設計用地震力>

設置場所（取水路）の最大応答加速度を適用する。

S_d 水平方向震度 (C_H) : 0.61

鉛直方向震度 (C_V) : 0.39

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.04

鉛直方向震度 (C_V) : 0.95

静的震度 水平方向震度 ($3.6 \cdot C_i$) : 0.58

鉛直方向震度 ($1.2 \cdot C_V$) : 0.29

<霧囲気温度>

40°C（屋外）

<津波荷重水位>

潮位計（検出器）の津波荷重水位は添付書類「V-1-1-2-2-3 入力津波の設定」にて設定している防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを元に設定する。

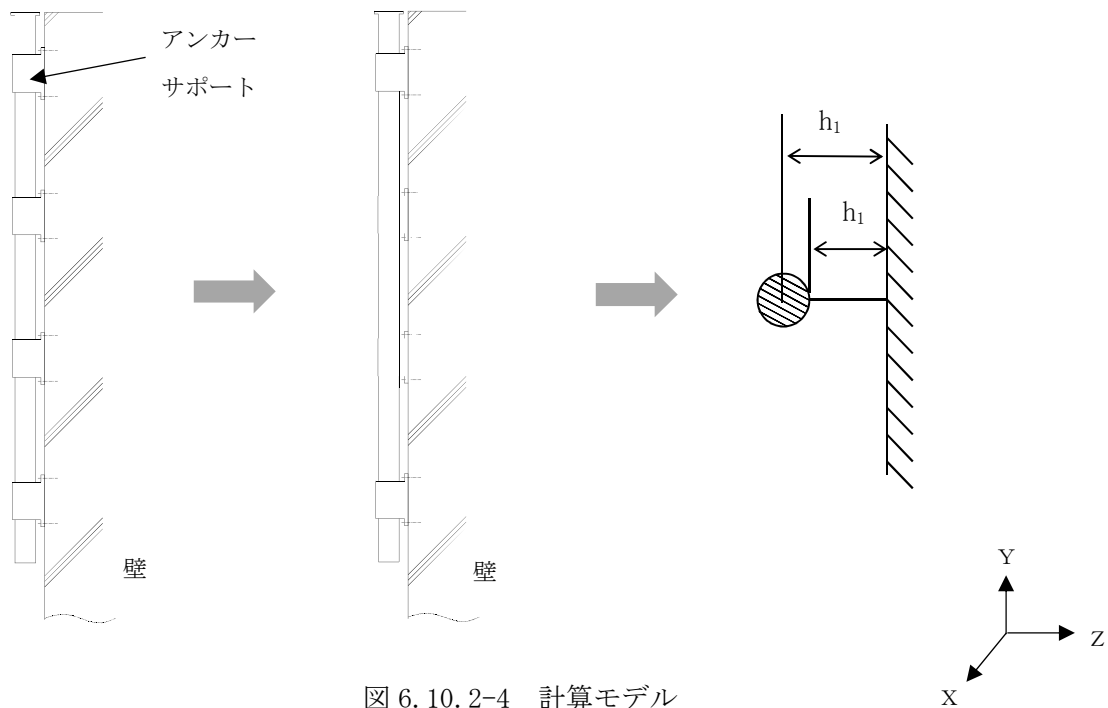
基準津波 : T.P + 20 m

敷地に遡上する津波 : T.P + 24 m

c. 固有周期の算出

＜潮位計ガイド管の固有周期＞

潮位計（検出器）は潮位計ガイド管の内部に設置されるため、潮位計ガイド管全体の固有周期を求める。固有周期の算出では潮位計ガイド管を固定するアンカーサポート4ヶ所のうち、両端2カ所のアンカーサポートにて固定されるものとしてモデル化する。固有周期の計算モデル及び算出式は「JEAG4601-1987 固有周期計算モデルと評価法の例」を参考に用いる。固有周期の計算モデルを図6.10.2-4に示す。



① 水平方向（X方向，Z方向）

X方向に対する固有周期 T_1 を次式で求める。

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{R+W}{10^3 \cdot K_1}}$$

X方向のばね定数 K_1 は次式で求める。

$$K_1 = \frac{1}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h - h_1)}{6 \cdot E \cdot I_x} + \frac{(h - h_1) \cdot h_1 \cdot (h - h_1/2)}{E \cdot I_x} + \frac{h_1}{G \cdot A_s}}$$

ここで

E：縦弾性係数

I_x ：アンカーサポートの縦方向軸に対する断面二次モーメント

A_s ：アンカーサポートの最小有効せん断断面積

G：せん断弾性係数

h_1 ：取付面からガイド管間距離

h：取付面からガイド管中心間距離

R：サポート1本当たりで受ける質量

W：サポート1本当たりの質量

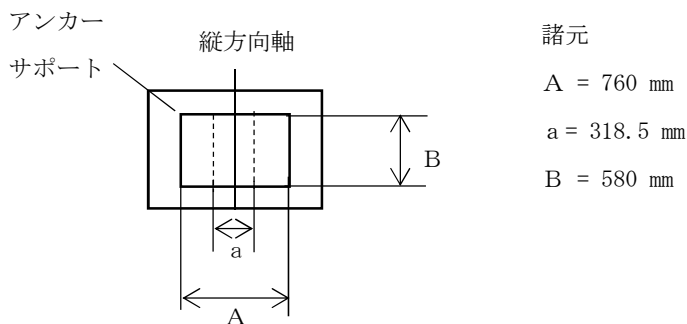
m：質量

縦弾性係数EをJ SME NC 1 付録図表Part6表1より、比例法を用いて求める。

20°CにおけるE：195000 MPa，50°CにおけるE：193000 MPa

$$40^\circ\text{CにおけるE} = 195000 + (195000 - 193000) / (20 - 50) \times (40 - 20) \\ = 194000 \text{ (MPa)}$$

I_x 及び A_s を算出するためのモデル図及び諸元を以下に示す。



$$I_x = (B \times (A^3 - a^3)) / 12 \\ = (580 \times (760^3 - 318.5^3)) / 12 \\ = 19655554430 \\ = 1.966 \times 10^{10} \text{ (mm}^4\text{)}$$

最小有効せん断断面積

$$\begin{aligned} A_s &= B \times (A - a) \\ &= 580 \times (760 - 318.5) \\ &= 256070 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

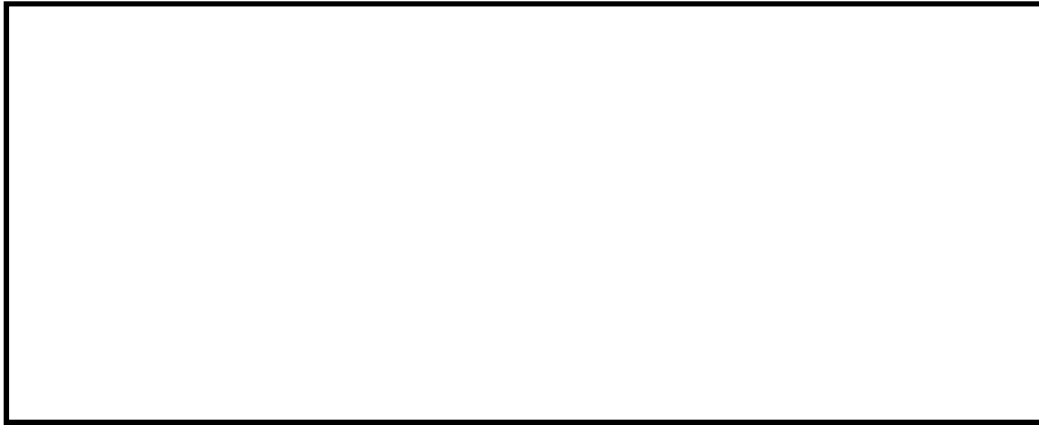
せん断弾性係数 $G = E / (2 \cdot (1 + \nu))$

ここで

ν : ポアソン比

$$\begin{aligned} G &= 194000 / (2 \times (1 + 0.3)) \\ &= 74615.38462 \\ &= 74600 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

上記より



Z方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

②鉛直方向 (Y方向)

Y方向の固有周期 T_2 は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{10^3 \cdot K_2}}$$

Y方向のばね定数 K_2 は次式で求める。

$$K_2 = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E \cdot I_y} + \frac{h_1}{G \cdot A_s}}$$

ここで

E : 縦弾性係数

I_y : アンカーサポートの横方向軸に対する断面二次モーメント

A_s : アンカーサポートの最小有効せん断断面積

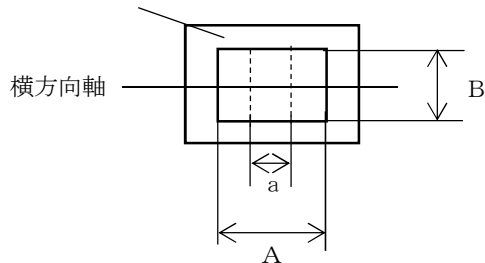
G : せん断弾性係数

h_1 :取付面からガイド管間距離

m :質量

I_y 及び A_s を算出するためのモデル図及び諸元を以下に示す。

アンカーサポート



諸元

$$A = 760 \text{ mm}$$

$$a = 318.5 \text{ mm}$$

$$B = 580 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_y &= ((A - a) \times B^3) / 12 \\ &= ((760 - 318.5) \times 580^3) / 12 \\ &= 7178495667 \\ &= 7.179 \times 10^9 \text{ (mm}^4\text{)} \end{aligned}$$

最小有効せん断断面積

$$\begin{aligned} A_s &= B \times (A - a) \\ &= 580 \times (760 - 318.5) \\ &= 256070 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断弾性係数 $G = E / (2 \cdot (1 + \nu))$

ここで

ν : ポアソン比

$$\begin{aligned} G &= 194000 / (2 \times (1 + 0.3)) \\ &= 74615.38462 \\ &= 74600 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

上記より



③固有値計算結果

検出器を含む潮位計ガイド管全体の固有周期は、水平方向及び鉛直方向において 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

d. 応力計算

<耐震評価>

① 引張応力

水平方向転倒 F_{b1}

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_H) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right)$$
$$= 7500 \times 9.80665 \times \left((1.04 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1 + 0.95) \times 445) / (4 \times 7294) \right)$$
$$= 5226.6997$$
$$= \underline{5227 \text{ (N)}}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_H) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right)$$
$$= 7500 \times 9.80665 \times \left((1.04 \times 7234 + (1 + 0.95) \times 445) / (4 \times 7294) \right)$$
$$= 21153.18$$
$$= \underline{21150 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2})$$
$$= \text{Max}(5227, 21150)$$
$$= \underline{21150 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 21150 / 1385$$
$$= 15.270$$
$$= \underline{16 \text{ (MPa)}}$$

② せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H$$
$$= 7500 \times 9.80665 \times 1.04$$
$$= 76491.87$$
$$= \underline{76490 \text{ (N)}}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V)$$
$$= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.95)$$
$$= 143422.3$$

$$=143400 \text{ (N)}$$

基礎ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{76490^2 + 143400^2} \\ &= 162524.7 \\ &= 162500 \text{ (N)} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 162500 / (32 \times 1385) \\ &= 3.666516 \\ &= 4 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

③ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 175$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 480$$

$$\begin{aligned} F &= \text{Min}(S_y, 0.7 S_u) \\ &= \text{Min}(175, 0.7 \times 480) \\ &= \text{Min}(175, 336) \\ &= 175 \text{ MPa} \end{aligned}$$

④ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$\begin{aligned} f_{to} &= F / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 105 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 4, 105) \\ &= \text{Min}(140, 105) \\ &= 105 \text{ MPa} \end{aligned}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき、後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 80.82904$$

$$= \underline{80 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき、後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥耐震評価結果

潮位計検出器の耐震評価結果を表 6.10.2-4 に示す。

表 6.10.2-4 潮位計検出器の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	16	105*	OK
	せん断	4	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（基準津波と余震による重畳時）>

①遡上津波荷重 (P_t)

潮位計検出器に作用する遡上津波荷重 (P_t) は「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省 港湾局 平成 25 年 9 月）」に示されている津波波力算出式を参考に次式にて求める。

$$P_t = 3.0 \cdot \rho \cdot g \cdot a I \cdot 1.5$$

入射津波の静水面上高さ aI は次式にて求める。

$$a I = \frac{1}{2} \cdot T h$$

$$= 0.5 \times 20$$

$$= \underline{10 \text{ (m)}}$$

$$P_t = 3.0 \times 1030 \times 9.80665 \times 10 \times 1.5$$

$$= 454.538 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

潮位計ガイド管に作用する揚圧力 P_t^{\wedge} は次式にて求める。

$$P_t^{\wedge} = P_t$$

$$= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

②投影面積

潮位計ガイド管の側面投影面積(A₁)及び水平投影面積(A₂)は次式にて求める。

$$\begin{aligned} A_1 &= h \cdot \ell_d \\ &= 445 \times 8500 \\ &= 3782500 \\ &= \underline{3783000 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= h \cdot \ell_c \\ &= 445 \times 1500 \\ &= \underline{667500 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

③引張応力

水平転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left[\frac{C_H \cdot h}{n_H \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_V \cdot \ell_b} \right] + \sqrt{\left[\frac{P_t \cdot A_1 \cdot h}{n_H \cdot \ell_a} \right]^2 + \left[\frac{P_t \cdot A_2 \cdot h}{n_V \cdot \ell_b} \right]^2} \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 445) / (8 \times 1400) + (1 + 0.39) \times 445 / (4 \times 7294) \right) \\ &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\ &= 71812.83 \\ &= \underline{71810 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left[\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h}{n_V \cdot \ell_b} \right] + \sqrt{\left[\frac{P_t \cdot A_1 \cdot h}{n_H \cdot \ell_a} \right]^2 + \left[\frac{P_t \cdot A_2 \cdot h}{n_V \cdot \ell_b} \right]^2} \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 7234 + (1 + 0.39) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\ &= 81154.32 \\ &= \underline{81150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\ &= \text{Max}(71810, 81150) \\ &= \underline{81150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 81150/1385 \\ &= 58.59206 \\ &= \underline{59 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

④せん断応力

水平方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned}Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H + P_t \cdot A_1 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times 0.61 + 0.4545 \times 3783000 \\ &= 1764239 \\ &= \underline{1764000 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

鉛直方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned}Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_v) + P_t \cdot A_2 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.39) + 0.4545 \times 667500 \\ &= 405613 \\ &= \underline{405600 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

基礎ボルトに対するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned}Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{(1764000)^2 + (405600)^2} \\ &= 1810030 \\ &= \underline{1810000 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 1810000 / (32 \times 1385) \\ &= 40.83935 \\ &= \underline{41 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

⑤ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^{\circ}\text{C} \text{ における } S_y = 175$$

$$40^{\circ}\text{C} \text{ における } S_u = 480$$

$$\begin{aligned} F &= \text{Min}(S_y, 0.7 S_u) \\ &= \text{Min}(175, 0.7 \times 480) \\ &= \text{Min}(175, 336) \\ &= \underline{175 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

⑥ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$\begin{aligned} f_{to} &= F / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 105 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 41, 105) \\ &= \text{Min}(81, 105) \\ &= \underline{81 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑦ 許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$\begin{aligned} f_{sb} &= F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 80.82904 \\ &= \underline{80 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑧ 強度評価結果

潮位計検出器の強度評価結果を表 6.10.2-5 に示す。

表 6.10.2-5 潮位計検出器の耐震評価結果（基準津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	59	81*	OK
	せん断	41	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）>

①遡上津波荷重 (P_t)

潮位計検出器に作用する遡上津波荷重 (P_t) は「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省 港湾局 平成 25 年 9 月）」に示されている津波波力算出式を参考に次式にて求める。

$$P_t = 3.0 \cdot \rho \cdot g \cdot a I \cdot 1.5$$

入射津波の静水面上高さ aI は次式にて求める。

$$a I = \frac{1}{2} \cdot T h$$

$$= 0.5 \times 24$$

$$= \underline{12 \text{ (m)}}$$

$$P_t = 3.0 \times 1030 \times 9.80665 \times 12 \times 1.5$$

$$= 545.446 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$= \underline{0.5454 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

潮位計ガイド管に作用する揚圧力 P_t' は次式にて求める。

$$P_t' = P_t$$

$$= \underline{0.5454 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

②投影面積

潮位計ガイド管の側面投影面積 (A_1) 及び水平投影面積 (A_2) は次式にて求める。

$$A_1 = h \cdot l_d$$

$$= 445 \times 8500$$

$$= 3782500$$

$$= \underline{3783000 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$A_2 = h \cdot l_c$$

$$= 445 \times 1500$$

$$= \underline{667500 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

③引張応力

水平転倒 F_{b1}

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_H \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_V \cdot l_b} \right) + \sqrt{\left(\frac{P_t \cdot A_1 \cdot h}{n_H \cdot l_a} \right)^2 + \left(\frac{P_t' \cdot A_2 \cdot h}{n_V \cdot l_b} \right)^2}$$

$$= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1 + 0.39) \times 445) / (4 \times 7294) \right)$$

$$\begin{aligned}
& +\sqrt{\left(\left(\frac{0.5454 \times 3783000 \times 445}{8 \times 1400}\right)^2 + \left(\frac{0.5454 \times 667500 \times 445}{4 \times 7294}\right)^2\right)} \\
& =85507.01 \\
& =\underline{85510 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned}
F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left[\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h}{n_{\mathcal{N}} \cdot \ell_b} \right] + \sqrt{\left(\frac{P_t \cdot A_1 \cdot h}{n_{\mathcal{H}} \cdot \ell_a} \right)^2 + \left(\frac{P_t \cdot A_2 \cdot h}{n_{\mathcal{V}} \cdot \ell_b} \right)^2} \\
&= 7500 \times 9.80665 \times \left(\frac{0.61 \times 7234 + (1 + 0.39) \times 445}{4 \times 7294} \right) \\
& \quad + \sqrt{\left(\left(\frac{0.5454 \times 3783000 \times 445}{8 \times 1400}\right)^2 + \left(\frac{0.5454 \times 667500 \times 445}{4 \times 7294}\right)^2\right)} \\
&= 93754.33 \\
& =\underline{93750 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned}
F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\
&= \text{Max}(85510, 93750) \\
& =\underline{93750 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}
\sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\
&= 93750 / 1385 \\
&= 67.68953 \\
& =\underline{68 \text{ (MPa)}}
\end{aligned}$$

④せん断応力

水平方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned}
Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H + P_t \cdot A_1 \\
&= 7500 \times 9.80665 \times 0.61 + 0.5454 \times 3783000 \\
&= 2108114 \\
& =\underline{2108000 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

鉛直方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned}
Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_V) + P_t \cdot A_2 \\
&= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.39) + 0.5454 \times 667500
\end{aligned}$$

$$=466288.8$$

$$=\underline{466300 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに対するせん断力 Q_b

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2}$$

$$= \sqrt{(2108000^2 + 466300^2)}$$

$$=2158958.01$$

$$=\underline{2159000 \text{ (N)}}$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$=2159000 / (32 \times 1385)$$

$$=48.7139$$

$$=\underline{49 \text{ (MPa)}}$$

⑤ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 175$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 480$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7 S_u)$$

$$= \text{Min}(175, 0.7 \times 480)$$

$$= \text{Min}(175, 336)$$

$$=\underline{175 \text{ MPa}}$$

⑥ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 105 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 49, 105)$$

$$= \text{Min}(69, 105)$$

$$=\underline{69 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑦許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 80.82904$$

$$= \underline{80 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき、後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する

⑧強度評価結果

潮位計検出器の強度評価結果を表 6.10.2-6 に示す。

表 6.10.2-6 潮位計検出器の耐震評価結果（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	68	69*	OK
	せん断	49	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

(2) 潮位計（潮位監視盤）

a. 一般事項

図6.10.2-5に潮位計（潮位監視盤）の概略構造図を示す。

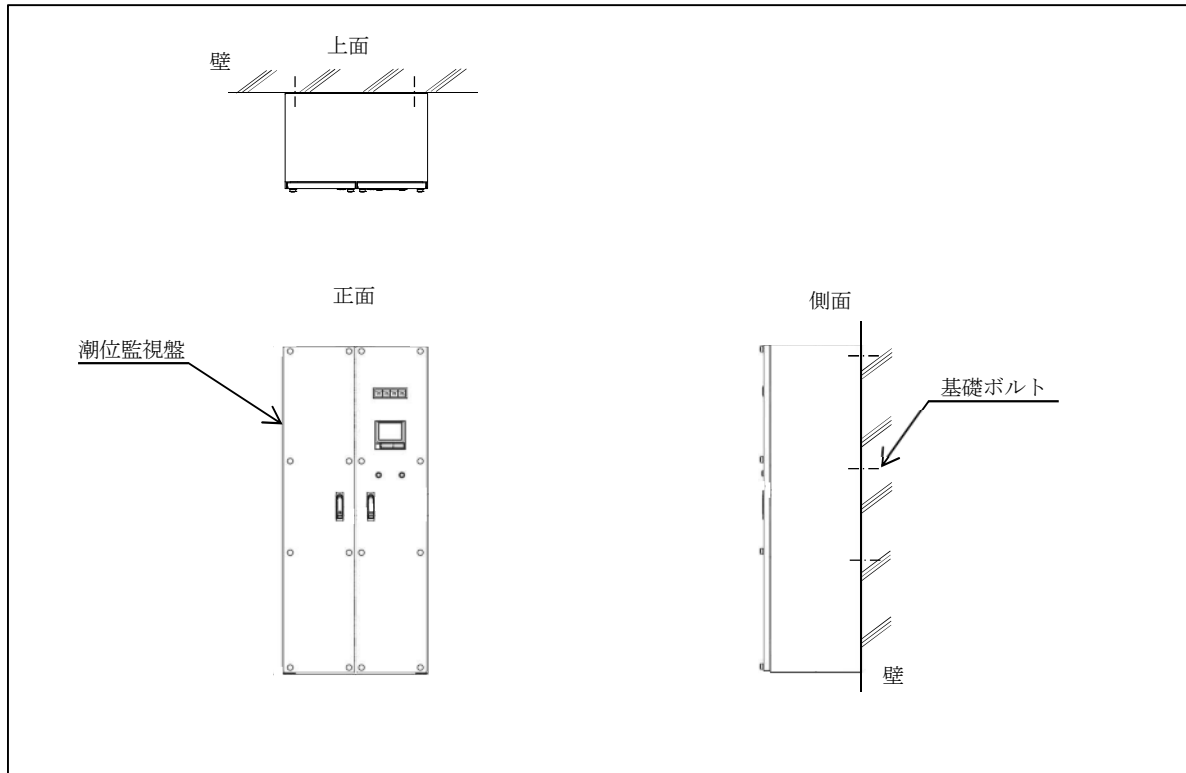


図6.10.2-5 潮位計（潮位監視盤）の概略構造図

b. 評価条件

<設計用地震力>

壁掛形の盤なので設置場所（中央制御室）上階の最大応答加速度を適用する。

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.55

鉛直方向震度 (C_V) : 1.17

<雰囲気温度>

40°C （中央制御室）

c. 固有周期

潮位計（潮位監視盤）の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

水平方向転倒 F_{b1}

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_V \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_H \cdot \ell_3}$$
$$= (310 \times (1 + 1.17) \times 237 \times 9.80665) / (2 \times 1050) + (310 \times 1.55 \times 237 \times 9.80665) / (3 \times 686)$$
$$= 1287.158$$
$$= \underline{1287 \text{ (N)}}$$

鉛直方向の引張力 F_{b2}

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_V \cdot \ell_2}$$
$$= (310 \times (1 + 1.17) \times 237 \times 9.80665 + 310 \times 1.55 \times 225 \times 9.80665) / (2 \times 1050)$$
$$= 1249.378$$
$$= \underline{1249 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2})$$
$$= \text{Max}(1287, 1249)$$
$$= \underline{1287 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 1287 / 201.1$$
$$= 6.399801$$
$$= \underline{7 \text{ (MPa)}}$$

②せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H$$
$$= 310 \times 9.80665 \times 1.55$$
$$= 4712.095$$
$$= \underline{4712 \text{ (N)}}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned} Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_v) \\ &= 310 \times 9.80665 \times (1 + 1.17) \\ &= 6596.933 \\ &= \underline{6597 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{4712^2 + 6597^2} \\ &= 8106.994 \\ &= \underline{8107 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 8107 / (6 \times 201.1) \\ &= 6.718879 \\ &= \underline{7 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

③ F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 400$$

$$\begin{aligned} F &= \text{Min}(S_y, 0.7 S_u) \\ &= \text{Min}(235, 0.7 \times 400) \\ &= \text{Min}(235, 280) \\ &= \underline{235 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

④ 許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$\begin{aligned} f_{to} &= F / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 235 / 2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 141 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \text{Min}(1.4 \times 141 - 1.6 \times 7, 141) \\ &= \text{Min}(186, 141) \end{aligned}$$

$$=141 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 108.5419$$

$$= 108 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥耐震評価結果

潮位計（潮位監視盤）の耐震評価結果を表 6.10.2-7 に示す。

表 6.10.2-7 潮位計（潮位監視盤）の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	7	141*	OK
	せん断	7	108	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

6.10.3 加振試験の条件について

6.10.3.1 概要

本資料は、津波監視設備の津波・構内監視カメラについて、加振試験により電氣的機能の機能維持を確認する場合の試験条件について説明するものである。

6.10.3.2 加振条件の設定

加振試験では、掃引試験により固有振動数を確認する。その後、固有振動数を基準に正弦波で加振する。

正弦波による加振においては、設備の取付位置での応答速度以上となるよう加振試験の加速度を設定する。

加振試験においては、水平方向、鉛直方向それぞれ加振する。

6.10.3.3 判定基準の設定

津波・構内監視カメラのように電氣的機能維持が要求される電気計装設備の機能維持については、原則として地震時の応答速度が各々の器具等に対する振動試験により得られた加速度以下であることを確認する。

6.10.3.4 加振試験の詳細

(1) 津波・構内監視カメラ

a. 加振条件

表 6.10.3-1 津波・構内監視カメラの加振条件 (単位: $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

試験体 (試験範囲)	振動波形	方向	目標加速度
監視カメラ (監視カメラ及び カメラ取付板)	正弦波	水平	
		鉛直	
機器収納箱 (機器収納箱本体)	正弦波	水平	
		鉛直	
中央制御室制御盤 (制御盤本体)	正弦波	水平	
		鉛直	
緊急時対策所制御盤 (制御盤本体)	正弦波	水平	
		鉛直	
監視モニタ (監視モニタ及び 取付治具)	正弦波	水平	
		鉛直	

b. 加振試験の評価方法と判定基準

表 6.10.3-2 津波・構内監視カメラの加振試験の判定基準

試験体	評価・確認方法	判定基準
監視カメラ本体 機器収納箱 中央制御室制御盤 緊急時対策所制御盤 監視モニタ	加振試験後、外観及び 動作状態の確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・外観に異常がないこと ・正常に動作すること

(2) 取水ピット水位計及び潮位計

a. 加振条件

表 6.10.3-3 取水ピット水位計及び潮位計の加振条件 (単位: $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

試験体 (試験範囲)	振動波形	方向	目標加速度
取水ピット水位計検出器 (検出器及び検出器 取付座)	正弦波	水平	
		鉛直	
潮位計検出器 (検出器及び検出器 ホルダ)	正弦波	水平	
		鉛直	
潮位監視盤 (制御盤本体)	正弦波	水平	
		鉛直	

b. 加振試験の評価方法と判定基準

表 6.10.3-4 取水ピット水位計及び潮位計の加振試験の判定基準

試験体	評価・確認方法	判定基準
取水ピット水位計検出器 潮位計検出器 潮位監視盤	加振試験後, 外観及び 動作状態の確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・外観に異常がないこと ・正常に動作すること

6.10.3.5 加振試験評価結果

表 6.10.3-5 津波・構内監視カメラの加振試験評価結果（単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ）

試験体	方向	評価用 加速度	目標 加速度	試験結果	判定 評価用加速度 \leq 機能確認済加速度*
監視カメラ本体	水平	2.04			OK
	鉛直	1.56			OK
機器収納箱	水平	2.04			OK
	鉛直	1.56			OK
中央制御室制御盤	水平	1.29			OK
	鉛直	0.98			OK
緊急時対策所 制御盤	水平	1.28			OK
	鉛直	1.14			OK
中央制御室 監視モニタ	水平	1.11			OK
	鉛直	0.84			OK
緊急時対策所 監視モニタ	水平	1.28			OK
	鉛直	1.14			OK
取水ピット水位計 検出器	水平	0.92			OK
	鉛直	0.86			OK
潮位計検出器	水平	0.87			OK
	鉛直	0.79			OK
潮位監視盤	水平	1.29			OK
	鉛直	0.98			OK

注記 *：機能確認済加速度は目標加速度の値とする。

6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について

本資料は、津波監視設備の設計内容及び設備構成、電源構成について説明するものである。

6.10.4.1 津波監視設備の設計

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の主な要求事項と対応する設計内容を以下に記載する。

○第四条（地震による損傷の防止）

耐震重要施設である津波監視設備（敷地における津波監視機能を有する施設）は、耐震重要度Sクラス設計とし、下位クラスに属するものの波及的影響により機能が損なわれないこと。また、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、設備に要求される機能を保持し、必要に応じて津波による荷重の組合せを考慮すること。

【設計内容】

津波監視設備は耐震重要度Sクラス^{※1}の設計とする。

電源については、耐震性を有する、非常用所内電気設備、所内常設直流電源設備、緊急時対策所用125V系蓄電池から受電する設計とする。

尚、原子炉建屋付属棟から緊急時対策所間の通信については無線による通信設備を耐震重要度Sクラス設計にすることで要求に適合させることとし、有線については多様性を持たせた、より安全側の対策にするため自主設備として設置する。

※1:緊急時対策所に設置する監視設備(制御盤、監視モニタ)は基準地震動S_sによる地震力に対し、機能維持できる設計とする。

○第五条（津波による損傷防止）

入力津波に対して津波監視機能が保持できること。なお、「津波監視設備」とは、敷地の潮位計及び取水ピット水位計、並びに津波の襲来状況を把握できる屋外監視カメラ等をいう。

津波の影響（波力及び漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

【設計内容】

津波・構内監視カメラは基準津波の影響を受けにくい、原子炉建屋屋上（T.P.+64m）、防潮堤上部（T.P.+18m、T.P.+20m）に設置する設計とする。

取水ピット水位計は、基準津波の圧力に十分に耐えられる設計とする。また、漂流物については取水路奥の取水ピット上版のコンクリート躯体に設けるφ400mmの貫通孔内に

設置するため、取水路内に流入した漂流物が取水ピット水位計に衝突する可能性は極めて低いと考えられる。このため、比較的寸法の小さい漂流物を想定しても、漂流物の衝突による影響はないと考えるが、より安全側の対策として、海水ポンプ室の北側及び南側にそれぞれ1個ずつ計2個の取水ピット水位計を設置し、多重化した設計とする。

潮位計は、取水口入口近傍の側壁に設置するが、検出器及びケーブル・電線管はφ400mm、厚さ10mmのステンレス製の防波管内に収納することにより、取水路内に流入した漂流物から保護できる設計とする。このため、比較的寸法の小さい漂流物を想定しても、漂流物の衝突による影響はないと考えるが、より安全側の対策として、取水口の北側及び南側にそれぞれ1個ずつ計2個の潮位計を設置し、多重化した設計とする。

○第二十六条（原子炉制御室等）

原子炉制御室から、発電用原子炉施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等（津波含む）を把握できること。

【設計内容】

中央制御室は、発電用原子炉施設の外の状況を把握するために、原子炉建屋屋上及び防潮堤上部に設置する津波・構内監視カメラの可視光及び赤外線映像により、自然現象等の外部事象を昼夜にわたり監視できる設計とする。

6.10.4.2 津波監視設備の設備構成

津波監視設備の映像及び、観測データは中央制御室及び緊急時対策所で監視可能な設計とする。津波監視設備の映像及び、観測データの伝送方法を表6.10.4-1、津波・構内監視カメラの概略構成図を図6.10.4-1、取水ピット水位計、潮位計の概略構成図を図6.10.4-2に示す。

表 6.10.4-1 津波監視設備の映像及び、観測データの伝送方法

津波監視設備	設置場所	数量	伝送方法	
			設置場所～中央制御室	中央制御室～緊急時対策所
津波・構内 監視カメラ	原子炉建屋屋上	3	有線	有線及び無線
	防潮堤上部	4		
取水ピット 水位計	取水ピット上版部	2	有線	有線及び無線 ^{※1}
潮位計	取水路内側壁	2		

※1：中央制御室～緊急時対策所の伝送は安全パラメータ表示システム（SPDS）で伝送する。

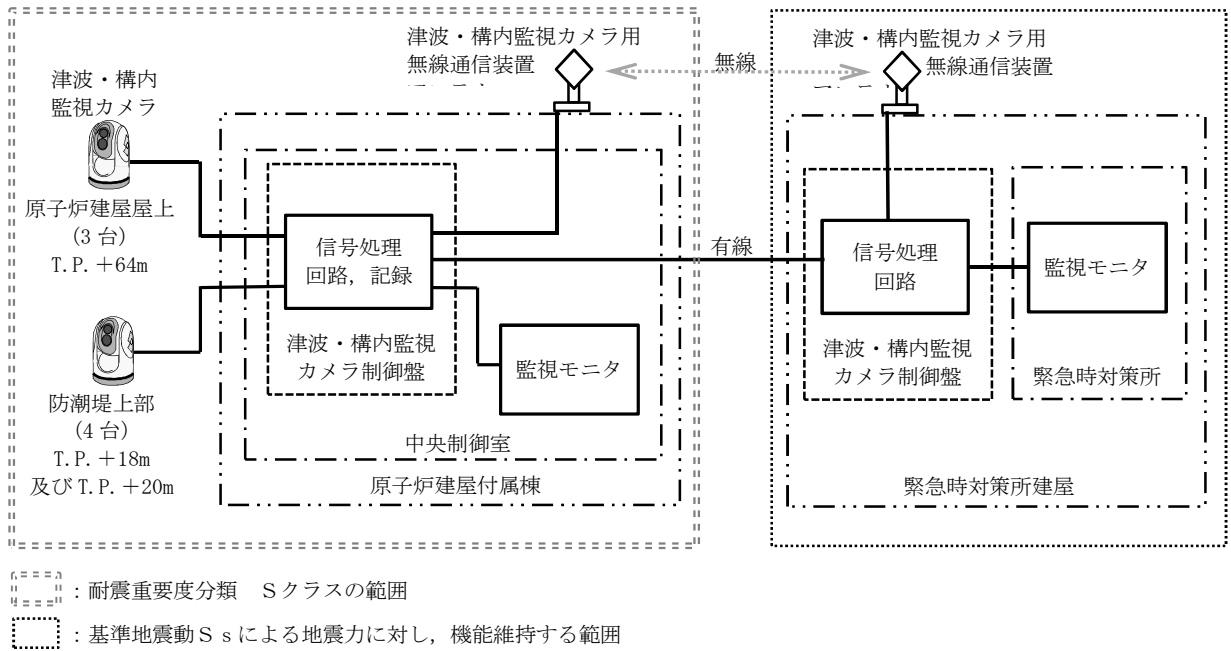
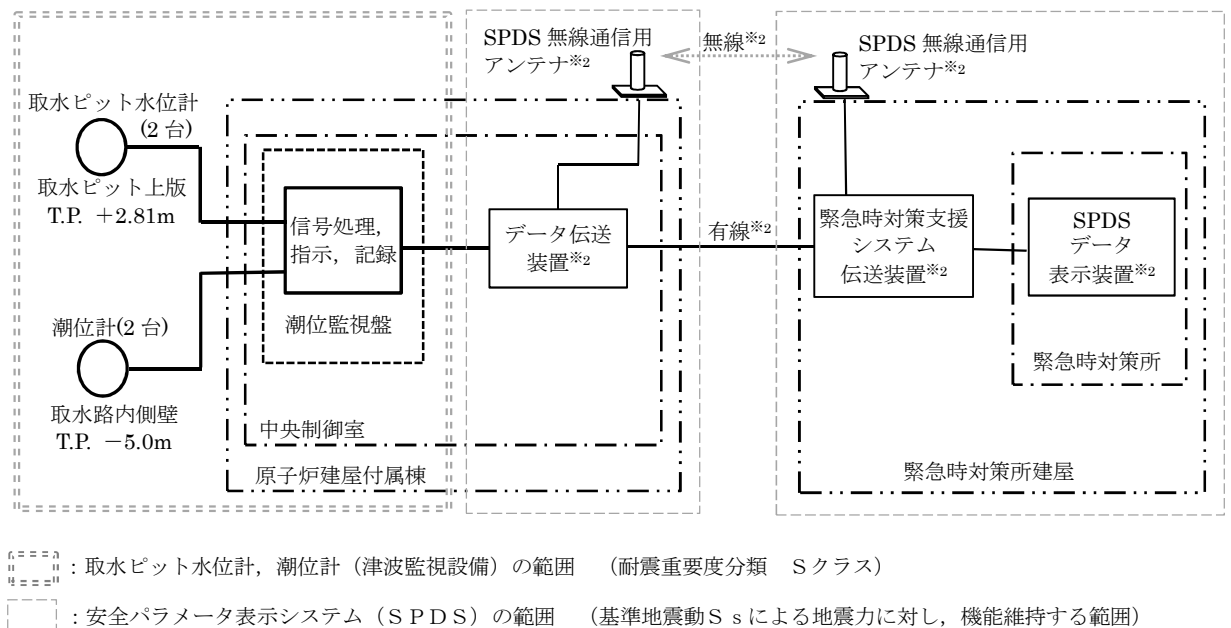


図 6.10.4-1 津波・構内監視カメラの概略構成図



※2 : 中央制御室～緊急時対策所の伝送は安全パラメータ表示システム (SPDS) で伝送する。

図 6.10.4-2 取水ピット水位計, 潮位計の概略構成図

6.10.4.3 津波監視設備の電源

津波監視設備^{※3}の電源は通常時、非常用所内電気設備から受電し、全交流動力電源喪失時は所内常設直流電源設備から9時間受電可能な設計とする。また、常設代替交流電源設備を起動し、約95分後から受電することで、継続して監視可能な設計とする。

津波監視設備^{※4}の電源は通常時、非常用電源設備から受電し、全交流動力電源喪失時は緊急時対策所用125V系蓄電池から1時間受電可能な設計とする。また、全交流動力電源喪失時は緊急時対策所用発電機を起動し、受電することで、継続して監視可能な設計とする。

※3:中央制御室に設置する津波・構内監視カメラ制御盤、監視モニタ、潮位監視盤、原子炉建屋屋上及び防潮堤上部設置する津波・構内監視カメラ、取水ピットに設置する水位計、取水口に設置する潮位計を示す。

※4:緊急時対策所に設置する津波・構内監視カメラ制御盤、監視モニタを示す。

津波監視設備の電源供給を表6.10.4-2、概略電源系統図を図6.10.4-3、津波監視設備の電路配線ルートを図6.10.4-4に示す。

表 6.10.4-2 津波監視設備の電源供給

津波監視設備	設置場所	数量	電源	
			通常時	SBO時
津波・構内監視カメラ制御盤 ^{※3} 監視モニタ ^{※3}	中央制御室	1	非常用所内電気設備	所内常設直流電源設備
津波・構内監視カメラ制御盤 ^{※4} 監視モニタ ^{※4}	緊急時対策所	1	非常用電源設備	緊急時対策所用 125V系蓄電池
津波・構内監視カメラ ^{※3}	原子炉建屋屋上	3	非常用所内電気設備	所内常設直流電源設備
	防潮堤上部	4		
潮位監視盤 ^{※3}	中央制御室	1		
取水ピット水位計 ^{※3}	取水ピット	2		
潮位計 ^{※3}	取水口	2		

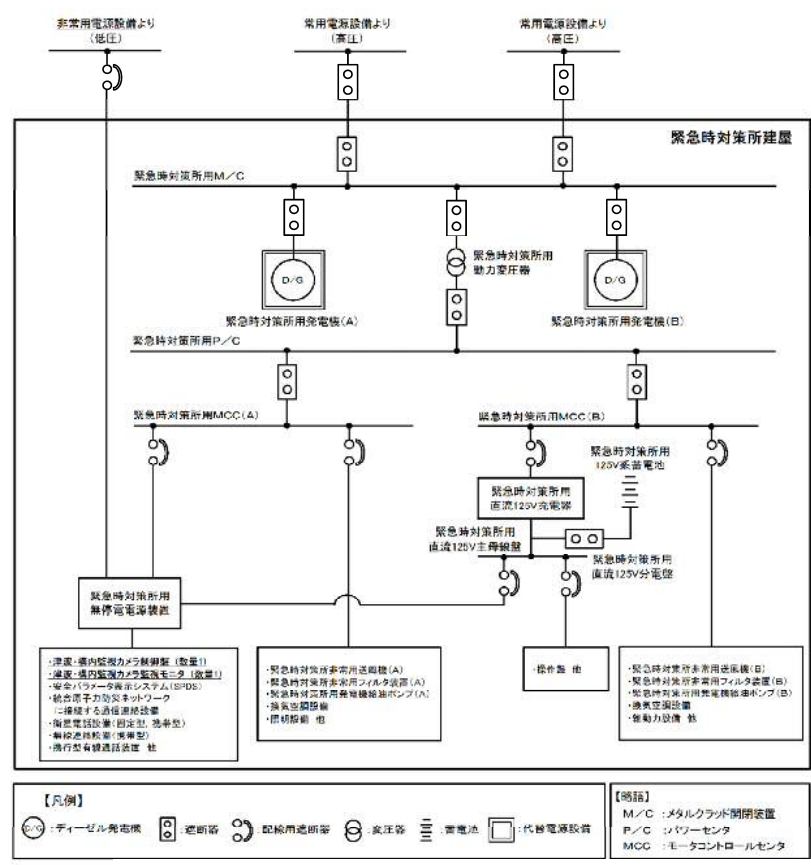
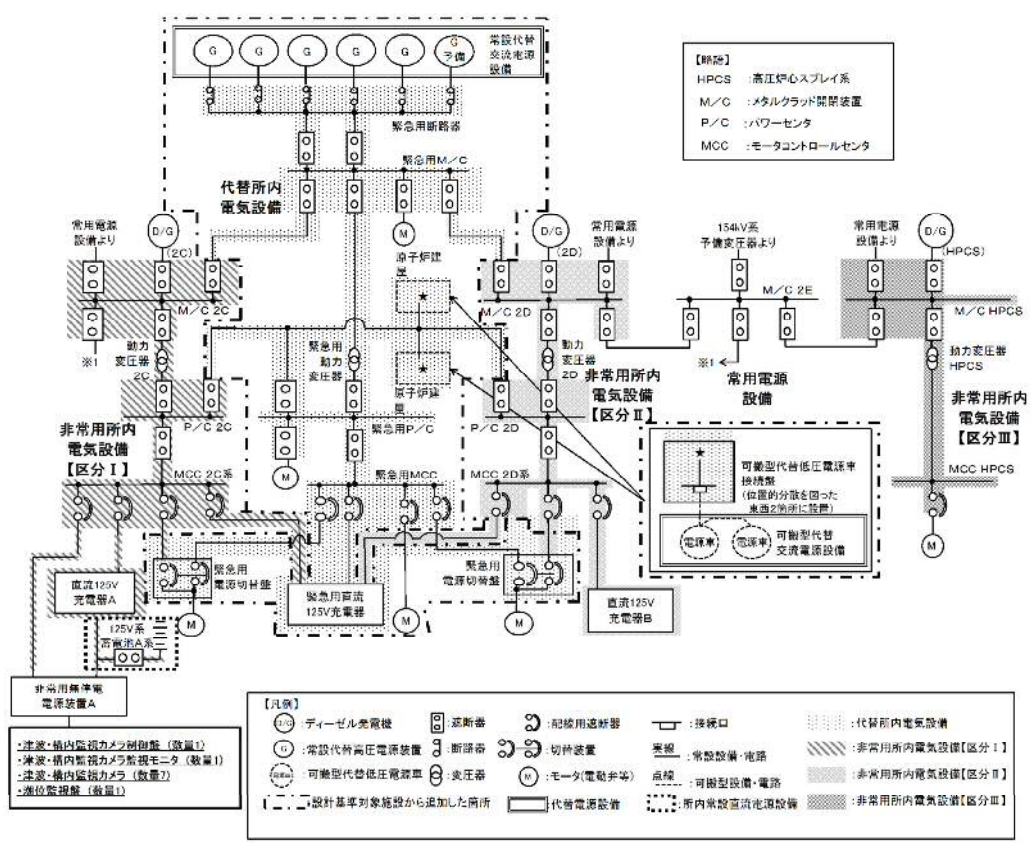


図 6.10.4-3 津波監視設備の概略電源系統図

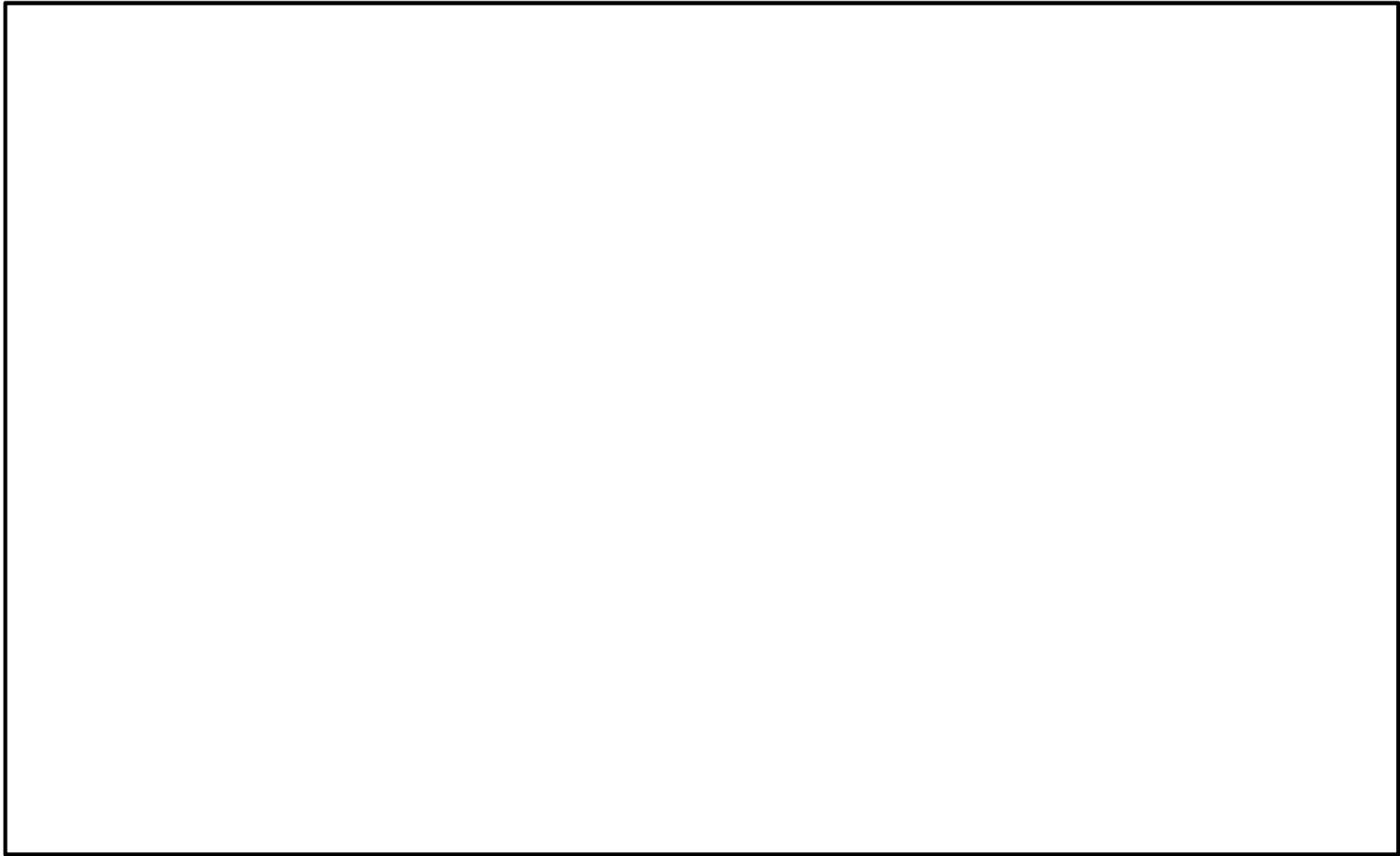


図 6.10.4-4 津波監視設備の電路配線ルート