

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から公
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-260 改2
提 出 年 月 日	平成30年7月11日

V-2-10-2-9-1 津波・構内監視カメラの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）	2
2.1 一般事項	2
2.1.1 位置	2
2.1.2 構造概要	3
2.1.3 評価方針	4
2.1.4 記号の説明	5
2.2 評価部位	5
2.3 固有周期	6
2.3.1 固有周期の算出方法	6
2.3.2 固有周期の計算条件	6
2.3.3 固有周期の計算結果	6
2.4 構造強度評価	7
2.4.1 構造強度評価方法	7
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
2.4.2.2 許容応力	7
2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
2.5 設計用地震力	9
2.6 計算方法	10
2.6.1 風荷重の計算方法	10
2.6.2 積雪荷重の計算方法	11
2.6.3 応力の計算方法	11
2.6.4 各諸元	12
2.6.5 応力の評価	13
2.7 機能維持評価	14
2.7.1 電氣的機能維持評価方法	14
2.8 評価結果	15
3. 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）	16
3.1 一般事項	16
3.1.1 構造概要	16
3.1.2 評価方針	19
3.1.3 記号の説明	20
3.2 評価部位	21

3.3	固有周期	21
3.4	構造強度評価	22
3.4.1	構造強度評価方法	22
3.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	22
3.5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	22
3.5.2.2	許容応力	22
3.5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	22
3.5	設計用地震力	24
3.6	計算方法	25
3.6.1	中央制御室制御盤の応力の計算方法	25
3.6.2	緊急時対策所制御盤の応力の計算方法	27
3.6.3	各諸元	29
3.6.4	応力の評価	30
3.7	機能維持評価	31
3.7.1	電氣的機能維持評価方法	31
3.8	評価結果	32
4.	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）	34
4.1	一般事項	34
4.1.1	構造概要	34
4.1.2	評価方針	36
4.2	評価部位	36
4.3	機能維持評価	37
4.3.1	電氣的機能維持評価方法	37
4.3.2	加振試験	37
4.3.2.1	基本事項	37
4.3.2.2	設計用地震力	37
4.3.3	機能確認済加速度	38
4.4	評価結果	38

1. 概要

本計算書は、「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氣的機能を有していることを説明するものである。津波・構内監視カメラは、カメラ本体、中央制御室制御盤、緊急時対策所制御盤、中央制御室監視モニタ、緊急時対策所監視モニタで構成される。本計算書は各構成機器それぞれの評価結果を示す。

津波・構内監視カメラは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）

2.1 一般事項

2.1.1 位置

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の配置図を図 2.1-1 に示す。

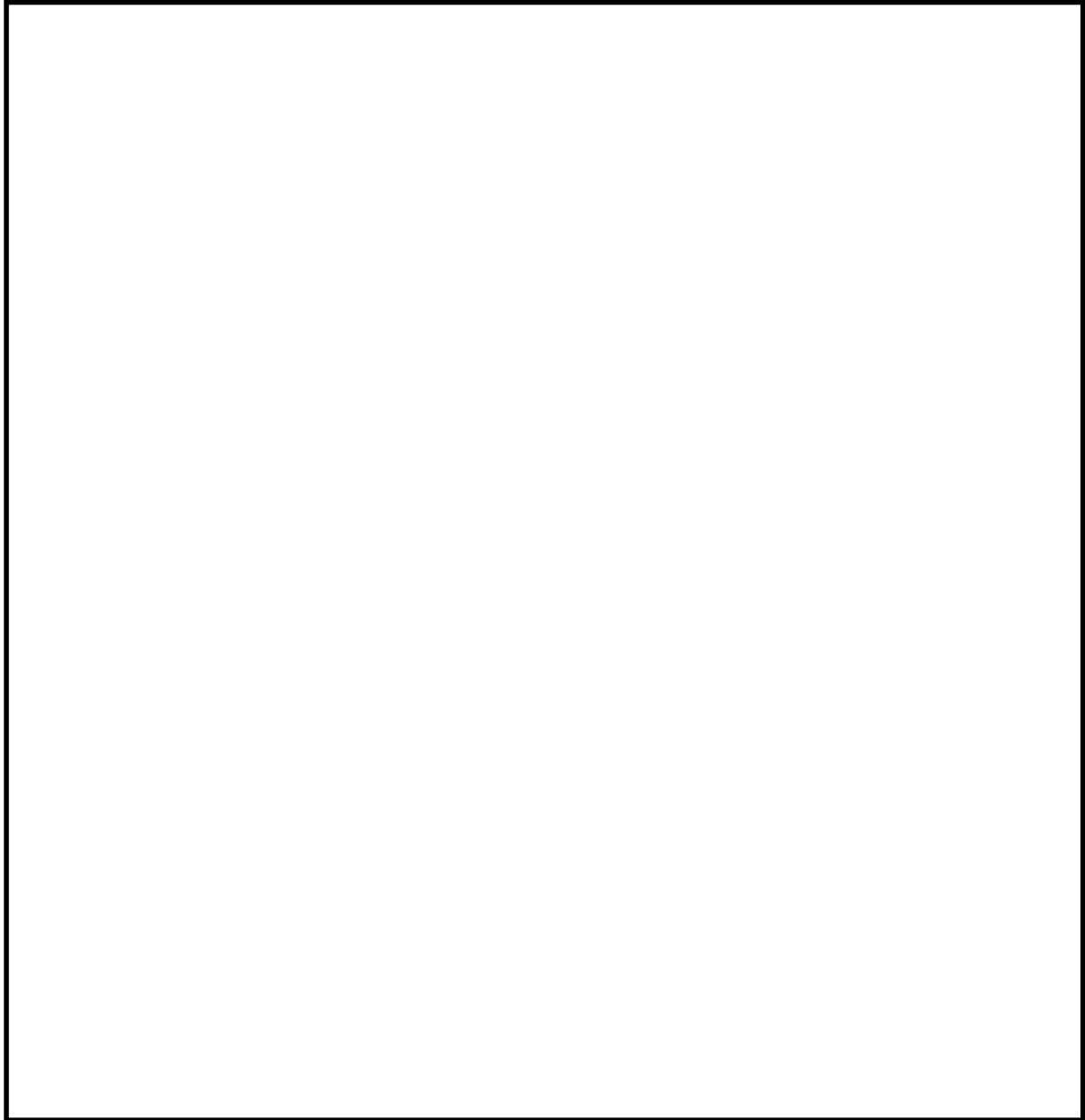


図 2.1-1 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）配置図

2.1.2 構造概要

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の構造概要を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の構造概要

設備名称	構造概要		説明図
	主体構造	支持構造	
津波・構内監視カメラ	監視カメラ本体	監視カメラ本体は、カメラ取付ビスによりカメラ取付板に固定され、カメラ取付板及び機器収納箱は、取付ボルトにより監視カメラスターションに固定される。 監視カメラスターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	<p>The diagram consists of three views: a top view (平面) showing the camera body and mounting plate; a front view (正面) showing the camera body, mounting plate, station, and base with labels for '取付ボルト' (mounting bolt), 'カメラ取付ビス' (camera mounting screw), '取付ボルト' (mounting bolt), and '基礎ボルト' (foundation bolt); and a side view (側面) showing the camera body, mounting plate, station, and base with labels for '監視カメラ本体' (camera body), 'カメラ取付板' (camera mounting plate), '機器収納箱' (equipment storage box), and '監視カメラスターション' (camera station). The base is labeled '床' (floor) and the views are labeled '(正面方向)' and '(側面方向)'.</p>

2.1.3 評価方針

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1.2 構造概要」にて示す津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の部位を踏まえ「2.2 評価部位」にて設定する箇所において、「2.3 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「2.4 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「2.7 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.8 耐震評価結果」に示す。

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の耐震評価フローを図 2.1-1 に示す。

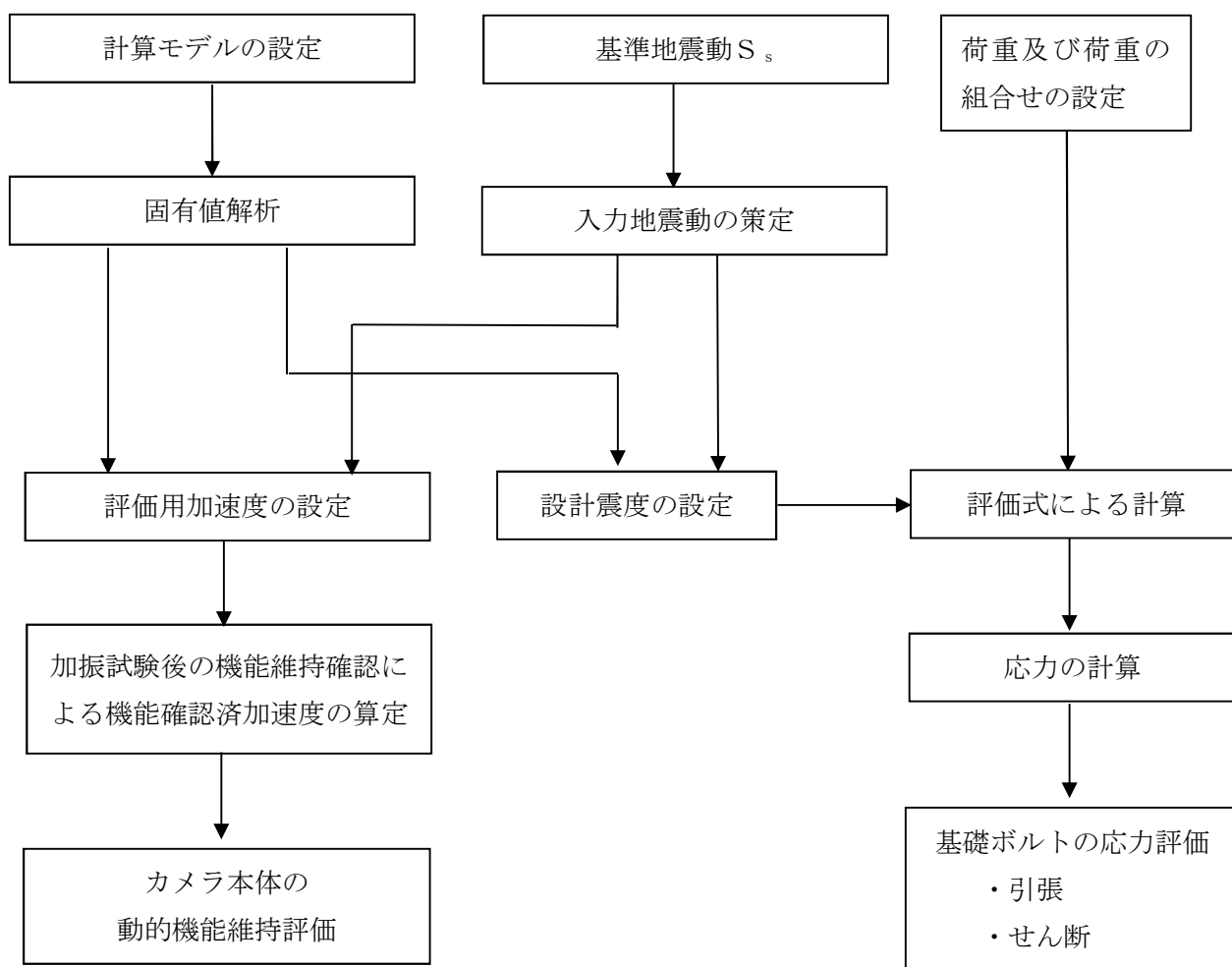


図 2.1-1 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の耐震評価フロー

2.1.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
h_a	取付面から端までの距離	mm
l_1	重心と基礎ボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
l_2	重心と基礎ボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
m	運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
P_k	風荷重	N
P_s	積雪荷重	N

*1 : $l_1 \leq l_2$

2.2 評価部位

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）は原子炉建屋屋上に設置する鉄筋コンクリート製の基礎部及び防潮堤の躯体に設置するため、耐震評価は、「2.4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の評価部位については、表 2.1-1 の構造概要に示す。

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の算出方法

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の固有周期の計算方法を以下に示す。

a. 水平方向

- (1) 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）は、図 2.3-1 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。
- (3) 固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{A_s \cdot G} \right)} \dots \dots \dots (2.3.1.1)$$

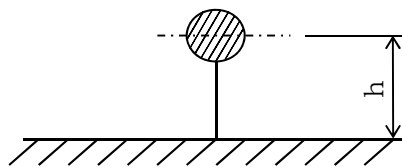


図 2.3-1 固有周期の計算モデル

b. 鉛直方向

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。

2.3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値
質量	m	kg	
据付面から重心までの距離	h	mm	
縦弾性係数	E	MPa	194000
断面二次モーメント	I	mm ⁴	1.83 × 10 ⁸
最小有効せん断断面積	A s	mm ²	6048
せん断弾性係数	G	MPa	74600

2.3.3 固有周期の計算結果

固有値の計算結果を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 固有周期

評価部位	方向	固有周期 (s)
カメラ本体	水平	
	鉛直	

注記 * : 鉛直方法は十分な剛性を有していることから、計算を省略する。

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

- (1) 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の質量は先端に集中するものとする。
- (2) 津波・構内監視カメラ（カメラ本体）は基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。
ここで、基礎については剛となるよう設計する。
- (3) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (4) 設計用地震力は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2.4-1 に示す。

2.4.2.2 許容応力

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の許容応力を表 2.4-2 に示す。

2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2.4-3 に示す。

表 2.4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	荷重の組合せ
計測制御 系統施設	中央制御室 機能	津波・構内監視カメラ (カメラ本体)	$D + S_s + P_k + P_s$
その他発電 用原子炉の 付属施設	浸水防 護施設		

注記 * : Dは固定荷重, S_s は地震荷重, P_k は風荷重, P_s は積雪荷重を示す。

表 2.4-2 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2.4-3 使用材料の許容応力評価条件

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)
		基礎ボルト		周囲環境温度	40	205

2.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 2.5-1 に示す。基準地震動 S_s による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 2.5-1 設計用地震力（設計基準対象施設）

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
S	原子炉建屋 [] []	[]		$C_H=2.45^{*3}$	$C_V=1.88^{*3}$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

*3：据付場所が異なるため，包絡する原子炉建屋の設計用地震力で評価する。

2.6 計算方法

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、基礎ボルトの応力は、基準地震動(Ss)に風荷重(Pk)及び積雪荷重(Ps)を考慮し評価する。

2.6.1 風荷重の計算方法

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

$$P_k = q \cdot B \cdot H \cdot C_f \dots\dots\dots (2.6.1)$$

ここで

- q：減速圧
- B：被対象物幅
- H：被対象物高さ
- Cf：風力係数

また、風荷重の被対象物は以下の機器とする。

- 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

図 2.6-1 にカメラ本体の被対象物位置を示す。

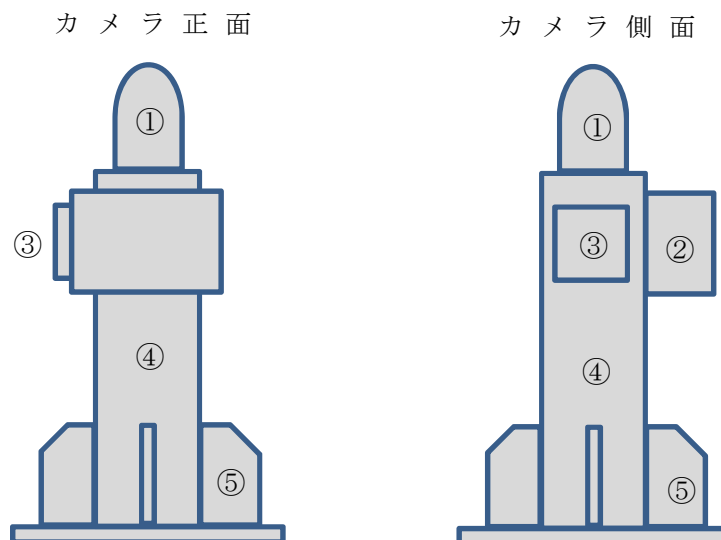


図 2.6-1 カメラ本体の被対象物位置

風荷重の計算は被対象物それぞれについて3方向の風角度(0°, 45°, 90°)毎に算出し、各被対象物に作用する風荷重を風角度ごとに足し合わせることで全体の風荷重を算出する。

風荷重の計算結果を表2.6-1に示す。

表 2.6-1 風荷重

風角度	風荷重 (N)
0°	2537
45°	2990
90°	2299
最大値(45°)	2990

風荷重 Pk は各風角度の風荷重のうち最大となる角度(45°)の値を採用する。

2.6.2 積雪荷重の計算方法

津波・構内監視カメラ(カメラ本体)に作用する積雪荷重 Ps は次式にて求める。

$$P_s = d_s \cdot \rho_s \cdot A_s \quad \dots\dots\dots (2.6.2)$$

ここで

ds : 垂直堆積量

ρs : 単位荷重

As : 水平投影面積

積雪荷重の計算結果を表2.6-2に示す。

表 2.6-2 積雪荷重

評価部位	積雪荷重 (N)
カメラ本体	384

2.6.3 応力の計算方法

(1) 引張応力

基礎ボルトに作用する引張力 Fb は次式にて求める。

$$F_b = \frac{(m \cdot g + 0.35P_s) \cdot CH \cdot h + P_k \cdot h - (m \cdot g + 0.35P_s) \cdot (1 - C_v) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \dots\dots\dots (2.6.3)$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σb は次式にて求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (2.6.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 Ab は

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (2.6.5)$$

ただし、Fb が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行なわない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。
基礎ボルトに作用するせん断力 Q_b は次式にて求める。

$$Q_b = C_H \cdot (m \cdot g + 0.35Ps) \quad \dots\dots\dots (2.6.6)$$

基礎ボルトに作用するせん断応力 τ_b は次式にて求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (2.6.7)$$

2.6.4 各諸元

評価に使用する各諸元を表 2.6-3 に示す。

表 2.6-3 各諸元(カメラ本体)

記号	数値	単位
m		kg
A_b		mm^2
C_H	2.45	—
C_V	1.88	—
d		mm
g	9.80665	m/s^2
h		mm
ℓ_1		mm
ℓ_2		mm
n		—
nf		—
ds	30	cm
ρ_s	20	$N/cm/m^2$
As	0.64	m^2

2.6.5 応力の評価

ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{t0} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t0}] \quad \dots\dots\dots (2.6.8)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{t0}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.7 機能維持評価

2.7.1 電氣的機能維持評価方法

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

評価用加速度は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す地震応答解析で評価した加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、カメラ本体単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の目標加速度を適用する。機能確認済加速度を表 2.7-1 に示す。

表 2.7-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
監視カメラ	水平	[]
	鉛直	
機器収納箱	水平	
	鉛直	


2.8 耐震評価結果

津波・構内監視カメラ（カメラ本体）の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、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した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する構造強度評価結果を表 2.8-1 に示す。

表 2.8-1 構造強度評価結果


部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b = 78$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	$\tau_b = 15$	$f_{sb} = 94$

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

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を表 2.8-2 に示す。

表 2.8-2 電気的機能維持評価

		評価用加速度	機能確認済加速度
監視カメラ	水平方向	2.04	
	鉛直方向	1.56	
機器収納箱	水平方向	2.04	
	鉛直方向	1.56	

3. 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）

3.1. 一般事項

3.1.1 構造概要

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の構造概要を表 3.1-1 及び表 3.1-2 に示す。津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）は中央制御室の壁面に設置し、津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）は緊急時対策所建屋の床面に設置する。

表 3.1-1 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）の構造概要

設備名称	構造概要		説明図
	主体構造	支持構造	
津波・構内監視カメラ	壁掛型	中央制御室制御盤は、壁に基礎ボルトで設置する。	

表 3.1-2 津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）の構造概要

設備名称	構造概要		説明図
	主体構造	支持構造	
津波・構内監視カメラ	直立型	緊急時対策所制御盤は、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは床に基礎ボルトで設置する。	

3.1.2 評価方針

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の構造強度評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.1.1 構造概要」にて示す津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の部位を踏まえ「3.2 評価部位」にて設定する箇所において「3.3 固有周期」に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界に収まることを、「3.4 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「3.7 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.8 評価結果」に示す。

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の耐震評価フローを図 3.1-1 に示す。

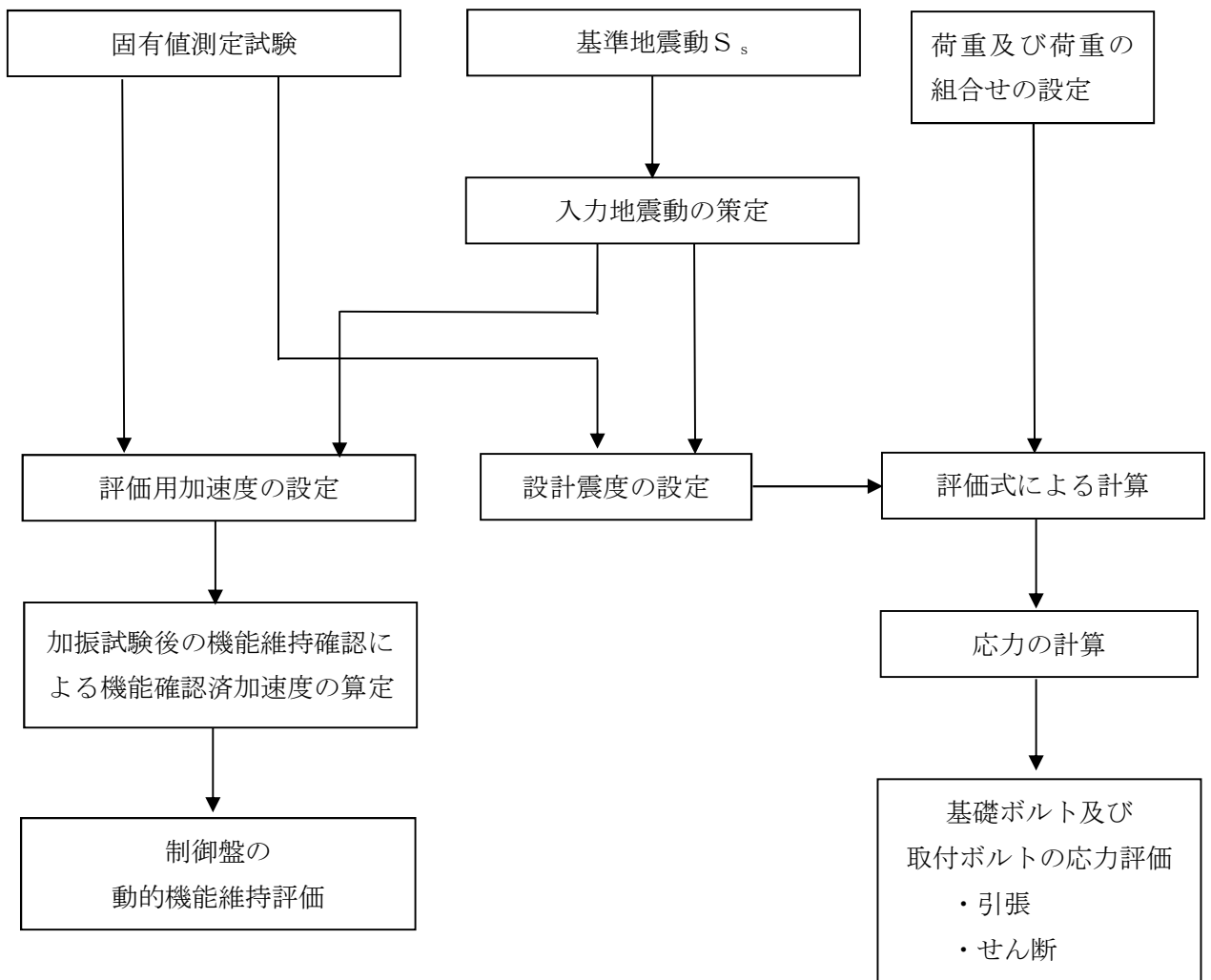


図 3.1-1 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の耐震評価フロー

3.1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3131に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1本あたり）* ¹	N
F_{bli}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力*（1本あたり）（壁掛形）* ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本あたり）（壁掛形）* ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{li}	重心とボルト間の水平方向距離（直立型）* ^{1,*3}	mm
l_{li}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* ¹	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離（直立型）* ^{1,*3}	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）* ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離（壁掛形）* ¹	mm
m_i	運転時質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（直立型）* ¹	—
n_{Vi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹ （鉛直方向）（壁掛形）	—
n_{Hi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹ （水平方向）（壁掛形）	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{bli}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa

記号	記号の説明	単位
S_{yi} (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記 *1: $A_{bi}, d_i, F_i, F_i, F_{bi}, F_{bli}, F_{b2i}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, l_{1i}, l_{2i}, l_{3i}, n_i, n_{Vi}, n_{Hi}, Q_{bi}, Q_{bli}, Q_{b2i}, S_{ui}, S_{yi}, \sigma_{bi}$ 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。
 $i = 1$: 基礎ボルト
 $i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。
 $i = 1$: 据付面
 $i = 2$: 取付面

*3: $l_1 \leq l_2$

3.2 評価部位

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の耐震評価は、「3.4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の評価部位については、表 3.1-1 及び表 3.1-2 の構造概要に示す。

3.3 固有周期

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。固有周期を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 固有周期

評価部位	方向	固有周期 (s)
中央制御室制御盤	水平	□
	鉛直	
緊急時対策所制御盤	水平	
	鉛直	

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 直立形の盤は取付ボルト及び基礎ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。また、壁掛形の盤は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (3) 直立型の盤の転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。壁掛形の盤については、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (4) 設計用地震力は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象設備の評価に用いるものを表 3.4-1 に示す。

3.4.2.2 許容応力

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の許容応力を表 3.4-2 に示す。

3.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3.4-3 及び表 3.4-4 に示す。

表 3.4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	荷重の組合せ
計測制御 系統施設	中央制御室 機能	中央制御室制御盤 緊急時対策所制御盤	D + S _s
その他発電 用原子炉の 附属施設	浸水防 護施設		

注記 * : Dは固定荷重, S_sは地震荷重を示す

表 3.4-2 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	1.5 · f _t	1.5 · f _s

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3.4-3 使用材料の許容応力評価条件 (中央制御室制御盤)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	40	205

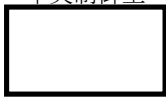

表 3.4-4 使用材料の許容応力評価条件 (緊急時対策所制御盤)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	40	205
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	40	205	520	—

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3.5-1 及び表 3.5-2 に示す。基準地震動 S_s による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。



表 3.5-1 設計用地震力（中央制御室制御盤）

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S_s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
S	中央制御室 			$C_H=1.55$	$C_V=1.17$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：壁掛型の盤なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

表 3.5-2 設計用地震力（緊急時対策所制御盤）

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S_s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
S	緊急時対策所建屋 			$C_H=1.54$	$C_V=1.36$

注記 *1：基準床レベルを示す。

3.6 計算方法

3.6.1 中央制御室制御盤の応力の計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。図 3.6-1 及び図 3.6-2 に計算モデルを示す。

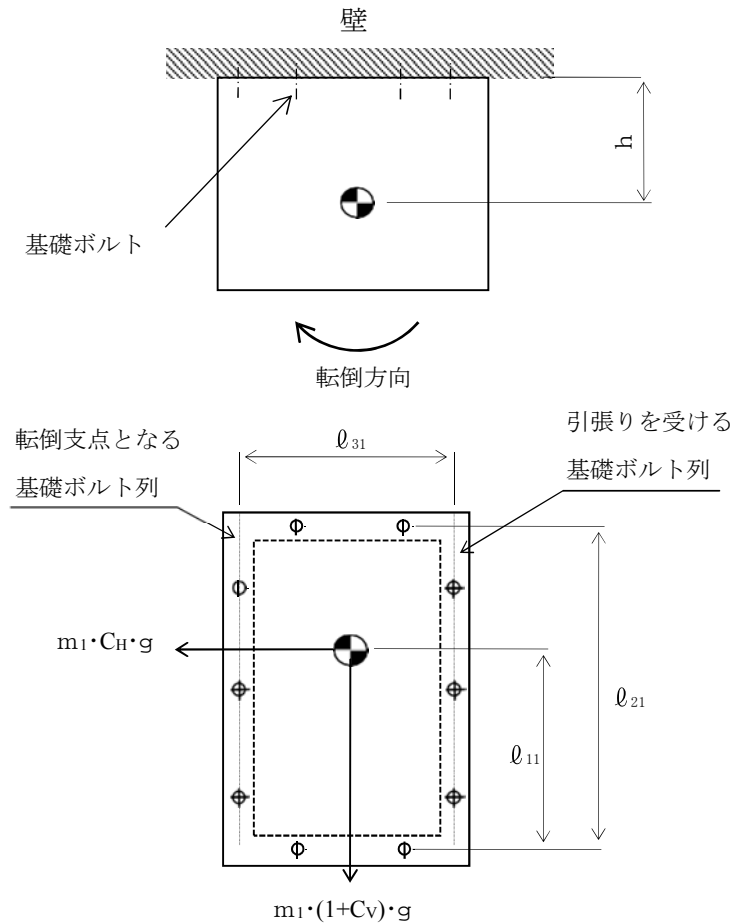


図 3.6-1 計算モデル（中央制御室制御盤 正面方向転倒）

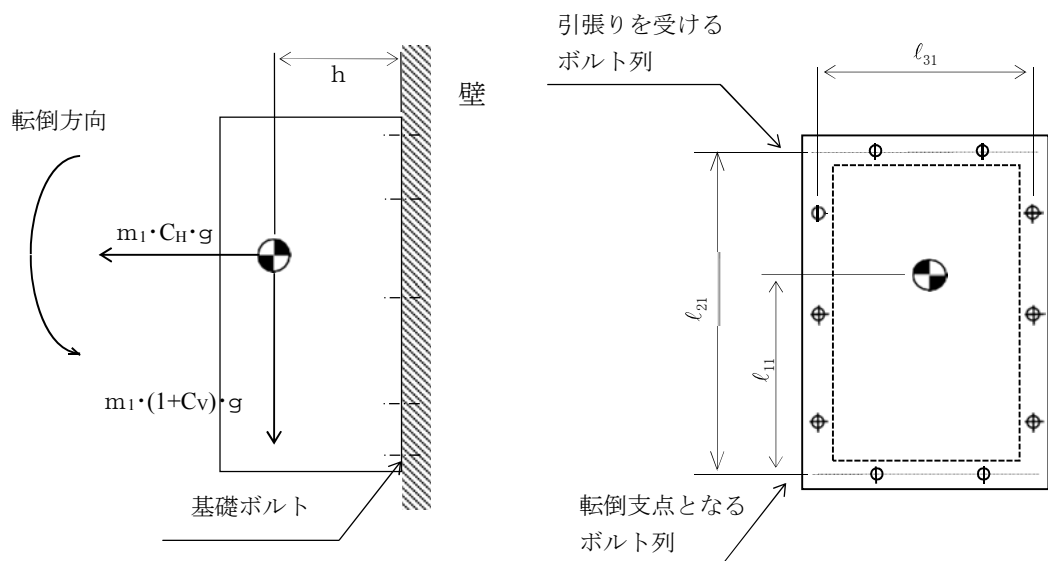


図 3.6-2 計算モデル（中央制御室制御盤 側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 3.6-1 及び図 3.6-2 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{N1} \cdot l_{21}} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{H1} \cdot l_{31}} \dots\dots\dots (3.6.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_{11} \cdot g}{n_{N1} \cdot l_{21}} \dots\dots\dots (3.6.2)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (3.6.3)$$

引張応力 (σ_{bi})

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.6.4)$$

ここで、基礎ボルト及び取付ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.6.5)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (3.6.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (3.6.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (3.6.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.6.9)$$

3.6.2 緊急時対策所制御盤の応力の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。

図 3.6-3 及び図 3.6-4 に計算モデル（基礎ボルトの例）を示す。

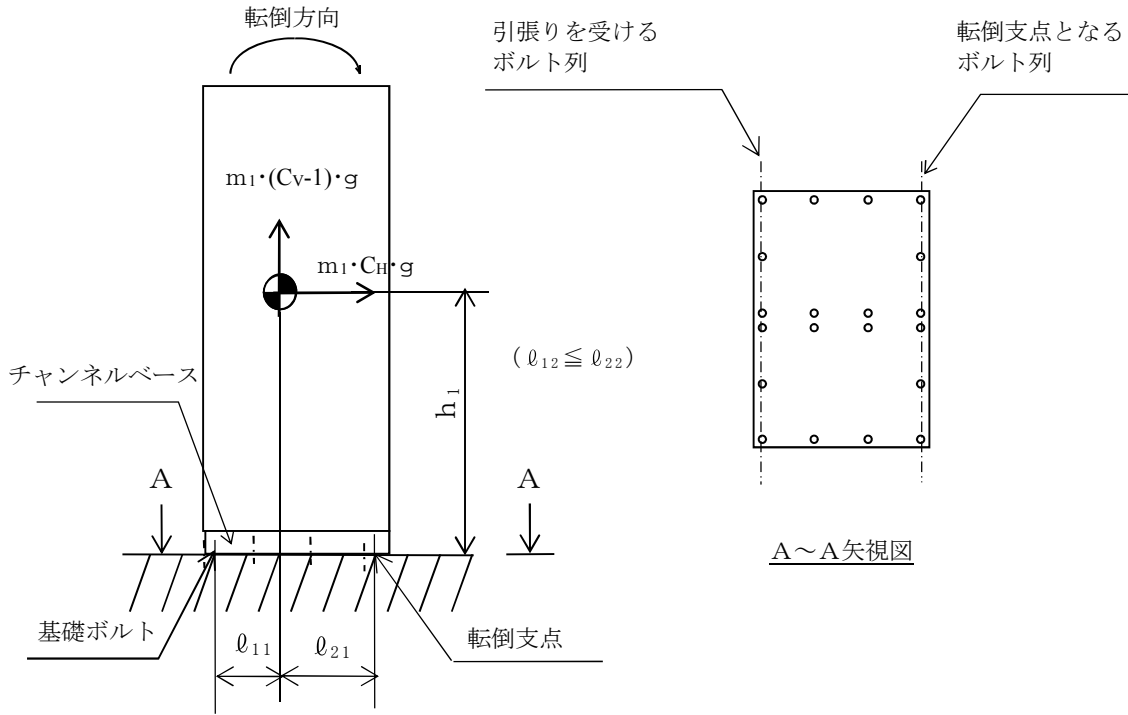


図 3.6-3 計算モデル（緊急時対策所制御盤 短辺方向転倒）

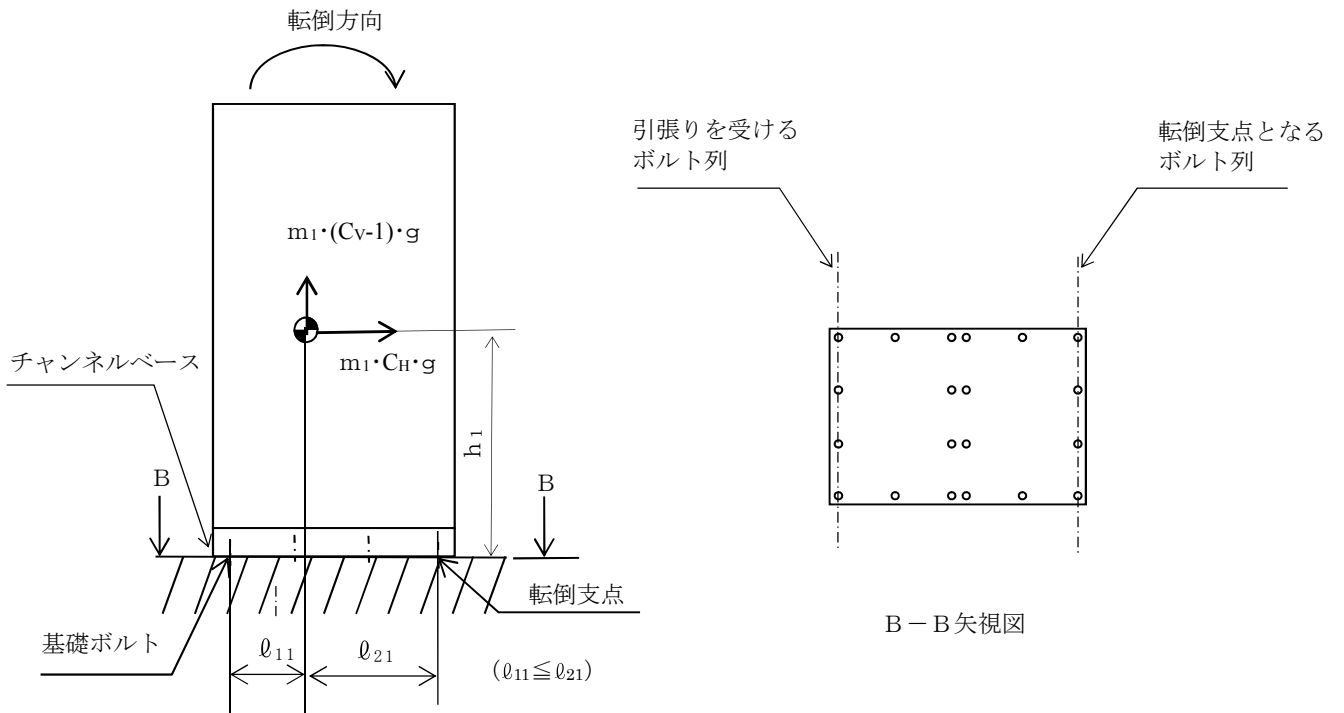


図 3.6-4 計算モデル（緊急時対策所制御盤 長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルト (i=1) 及び取付ボルト (i=2) に対する引張力は最も厳しい条件として、図 3.6-3 及び図 3.6-4 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2 \cdot g}{n_i \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \dots\dots\dots (3.6.10)$$

引張応力 (σ_{bi})

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \dots\dots\dots (3.6.11)$$

ここで、基礎ボルト及び取付ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \dots\dots\dots (3.6.12)$$

ただし、 F_{bi} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.6.13)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \quad \dots\dots\dots (3.6.14)$$

3.6.3 各諸元

評価に使用する各諸元を表 3.6-1 及び表 3.6-2 に示す。

表 3.6-1 各諸元 (中央制御室制御盤)

記号	数値	単位
m1	□	kg
A _{b1}		mm ²
C _H	1.55	—
C _V	1.17	—
d1	□	mm
g	9.80665	m/s ²
h1	□	mm
φ11		mm
φ21		mm
φ31		mm
n		—
nfV1		—
nfV2		—

表 3.6-2 各諸元 (緊急時対策所制御盤)

記号	数値	単位
m1	□	kg
m2		kg
Ab1		mm ²
Ab2		mm ²
C _H	1.55	—
C _V	1.17	—
d1	□	mm
d2		mm
g	9.80665	m/s ²
h1	□	mm
h2		mm
φ11(長辺方向)		mm
φ11(短辺方向)		mm
φ21(長辺方向)		mm
φ21(短辺方向)		mm
φ12(長辺方向)		mm

記号	数値		単位
φ12(短辺方向)	[]	[]	mm
φ22(長辺方向)			mm
φ22(短辺方向)			mm
n1			—
n2			—
nf1(長辺方向)			—
nf1(短辺方向)			—
nf2(長辺方向)			—
nf2(短辺方向)			—

3.6.4 応力の評価

ボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 $f_{t si}$ 以下であること。ただし、 $f_{t oi}$ は下表による。

$$f_{t si} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t oi}] \quad \dots\dots\dots (3.6.15)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{s bi}$ 以下であること。ただし、 $f_{s bi}$ は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{t oi}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{s bi}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

3.7 機能維持評価

3.7.1 電氣的機能維持評価方法

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

評価用加速度は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す地震応答解析で評価した加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、制御盤の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の目標加速度を適用する。機能確認済加速度を表 3.7-1 に示す。

表 3.7-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
中央制御室制御盤	水平	<div style="border: 2px solid black; width: 80px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>
	鉛直	
緊急時対策所制御盤	水平	
	鉛直	

3.8 評価結果

津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤及び緊急時対策所制御盤）の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、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した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する構造強度評価結果を表 3.8-1 及び表 3.8-2 に示す。

表 3.8-1 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）の構造強度評価結果

部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b = 7$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 94$

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

表 3.8-2 津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）の構造強度評価結果

部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 94$
取付ボルト		引張り	$\sigma_b = 23$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 118$

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

(2)機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を表 3.8-3 及び表 3.8-4 に示す。

表 3.8-3 津波・構内監視カメラ（中央制御室制御盤）の電氣的機能維持評価

		評価用加速度	機能確認済加速度
津波・構内監視カメラ (中央制御室制御盤)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.98	

表 3.8-4 津波・構内監視カメラ（緊急時対策所制御盤）の電氣的機能維持評価

		評価用加速度	機能確認済加速度
津波・構内監視カメラ (緊急時対策所制御盤)	水平方向	1.28	
	鉛直方向	1.14	

4. 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）

4.1 一般事項

4.1.1 構造概要

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）の構造概要を表 4.1-1 に示す。津波・構内監視カメラ（中央制御室監視モニタ）は中央制御室の机に設置し、津波・構内監視カメラ（緊急時対策所監視モニタ）は緊急時対策所建屋の机に設置する。

表 4.1-1 構造概要

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
津波・構内監視カメラ	監視モニタ	監視モニタは、ベルトにより取付治具に固定され、取付治具は、剛構造の机に取付ボルトで設置する。	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> <p>監視モニタ</p> <p>ベルト</p> <p>取付ボルト</p> <p>(正面方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p> <p>取付治具</p> <p>机</p> <p>(側面方向)</p> </div> </div>

4.1.2 評価方針

津波・構内監視カメラ監視モニタの機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4.3 機能維持評価」にて示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「4.4 評価結果」に示す。

津波・構内監視カメラ監視モニタの耐震評価フローを図 4.1-1 に示す。

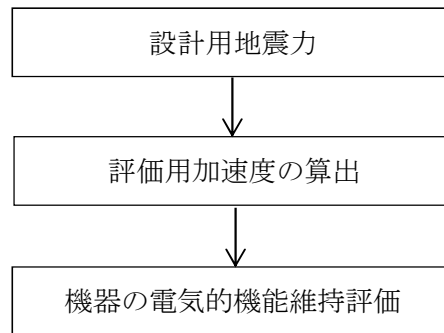


図 4.1-1 津波・構内監視カメラ監視モニタの耐震評価フロー

4.2 評価部位

津波・構内監視カメラ監視モニタは、建屋床に取り付けられた剛構造の机に固定されることから、本計算書では、設置する各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。

津波・構内監視カメラ監視モニタの耐震評価部位については、表 4.1-1 の構造概要に示す。

4.3 機能維持評価

4.3.1 電氣的機能維持評価方法

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、以下に示す。

津波・構内監視カメラ監視モニタは中央制御室及び緊急時対策所建屋に設置されることから、評価用加速度は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す地震応答解析で評価した加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

4.3.2 加振試験

4.3.2.1 基本事項

津波・構内監視カメラ監視モニタについて実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

4.3.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波：正弦波
- ・加振方向：水平（前後）、水平（左右）、鉛直

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

対象機器設置箇所	加振方向		最大加速度
			$S_s - D1 \sim 31$
原子炉建屋 中央制御室 	水平	X	1.11
		Y	1.11
	鉛直	Z	0.84
緊急時対策所建屋 	水平	X	1.28
		Y	1.28
	鉛直	Z	1.14

注記 *1：壁掛型の盤なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

4.3.3 機能確認済加速度

機能確認済加速度は、監視モニタ単体の加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の目標加速度を適用する。表 4.3-1 に評価用加速度を示す。

表 4.3-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
監視モニタ	水平	
	鉛直	

4.4 評価結果

津波・構内監視カメラ監視モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電気的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 電気的機能維持評価

		評価用加速度	機能確認済加速度
津波・構内監視カメラ 中央制御室監視モニタ	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	
津波・構内監視カメラ 緊急時対策所監視モニタ	水平方向	1.28	
	鉛直方向	1.14	