

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-020-01
提出年月日	2023年1月17日

VI-2-別添 5-1 代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針

S2 補 VI-2-別添 5-1 R0

2023年1月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 評価対象設備	2
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
5. 構造強度評価	7
5.1 構造強度評価方法	7
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
5.3 設計用地震力	10
5.4 計算方法	10
6. 機能維持評価	13

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 54 条及び第 71 条並びにその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、「11. 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の基本設計方針，適用基準及び適用規格」にて耐震性を有する設計とした構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）（以下「構内監視カメラ」という。）が，基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

なお，構内監視カメラへの基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は，技術基準規則の第 5 条及び第 50 条の対象ではない。

代替淡水源を監視するための設備の計算結果は，VI-2-別添 5-2「代替淡水源を監視するための設備の耐震性についての計算書」に示すとともに，動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する影響評価結果を VI-2-別添 5-3「代替淡水源を監視するための設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

応力評価は、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「5. 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、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 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。

耐震評価フローを図2-1 に示す。

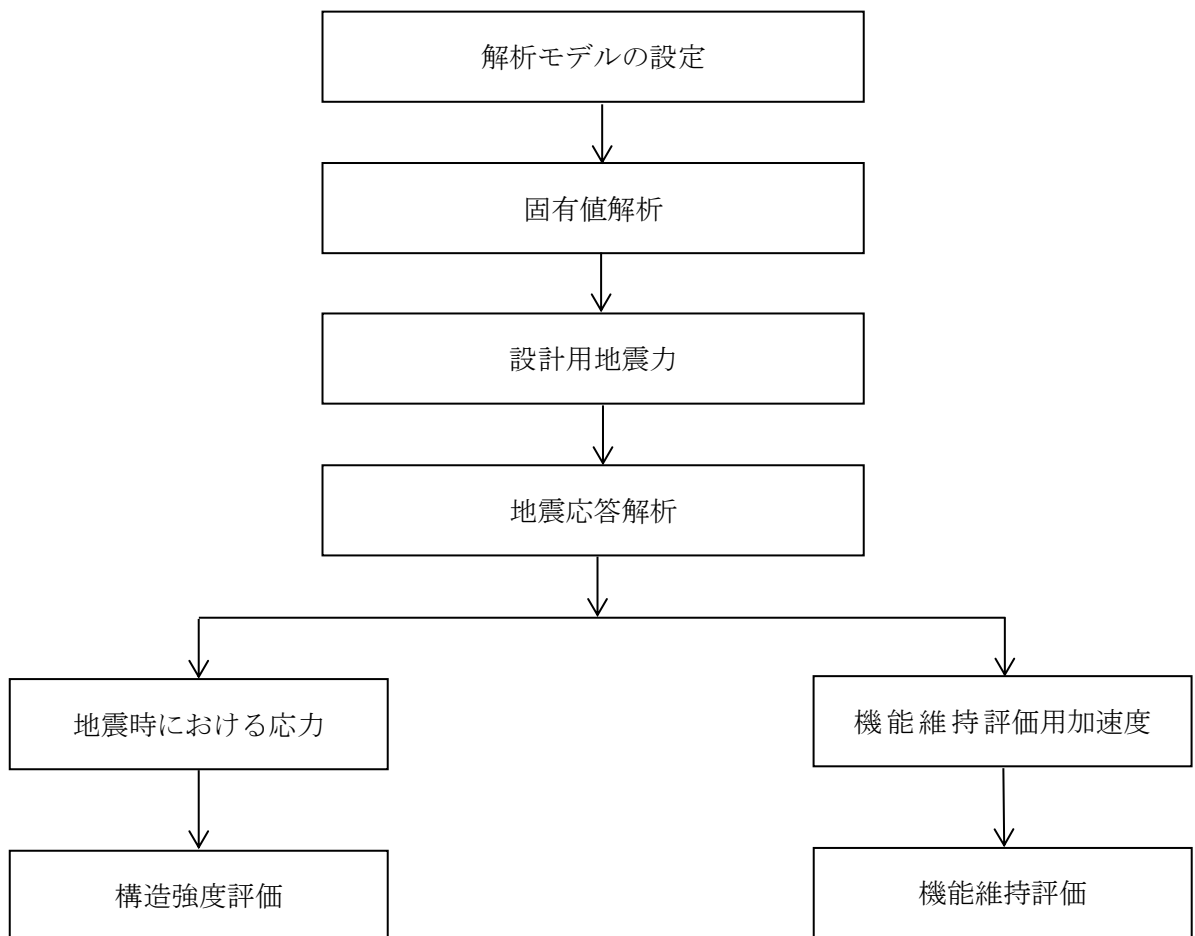


図 2-1 耐震評価フロー

2.2 評価対象設備

評価対象設備は、構内監視カメラを対象とする。

構内監視カメラの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構内監視カメラの構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内監視カメラ	監視カメラは、取付ボルトにて監視カメラ架台に固定する。 監視カメラ架台は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	監視カメラ	図 2-2

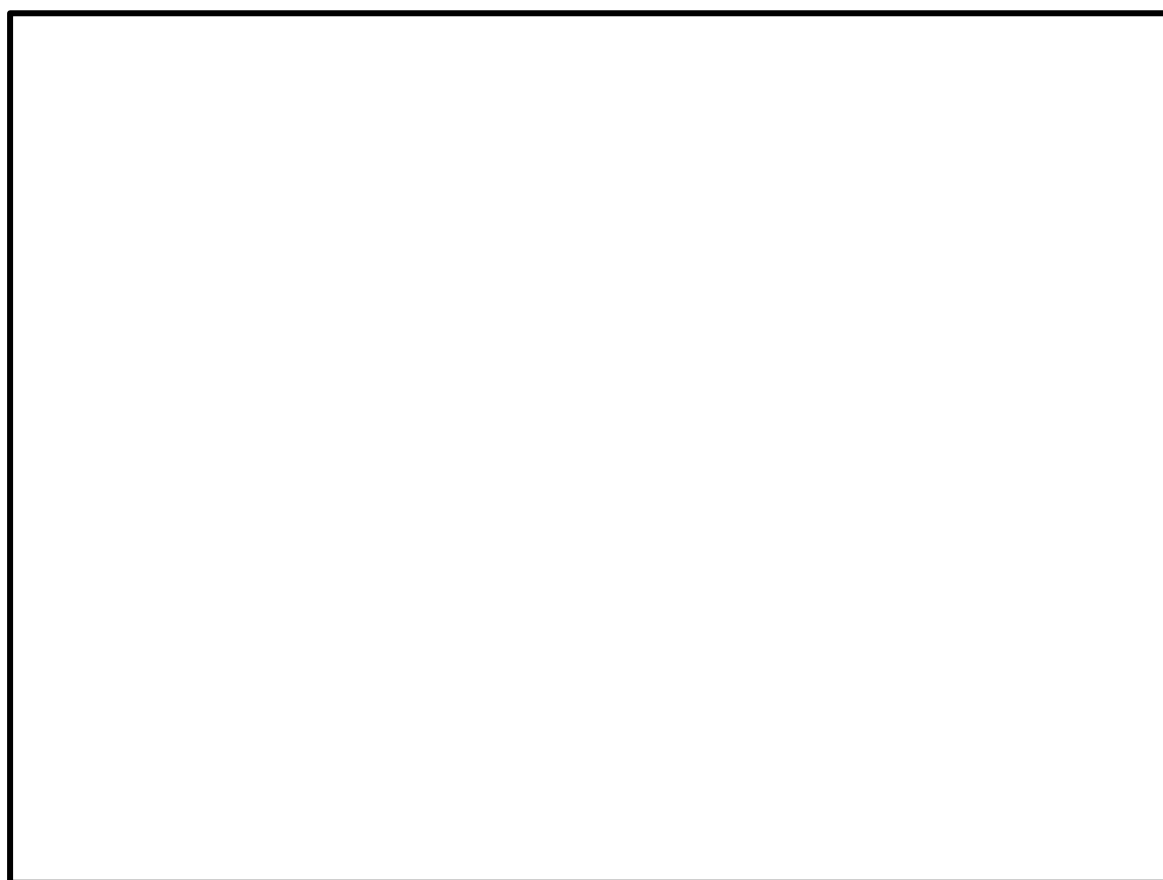


図 2-2 構内監視カメラの概要図

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005 年度版（2007 年追補版を含む））（以下「設計・建設規格」という。）
- ・建築基準法・同施工令

2.4 記号の説明

表 2-2 構内監視カメラの応力評価に用いる記号の定義

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-3121.1(1)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_{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 (許容組合せ応力) * 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_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	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* ¹	—
P_{Ki}	風荷重* ¹	N
P_{Si}	積雪荷重* ¹	N
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* 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
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃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_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , P_{Ki} , P_{Si} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{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 : $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-3に示すとおりである。

表2-3 構内監視カメラの表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
速度圧	N/m ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1 : 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2 : 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3 : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

代替淡水源を監視するための設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、以下について評価を実施する。

(1) 構内監視カメラ

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

構内監視カメラは、耐震性を有するガスタービン発電機建物にボルトで固定する。

構内監視カメラは、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部位が、代替淡水源を監視する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、構内監視カメラを固定する基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

4. 固有周期

構内監視カメラの固有周期は、三次元FEMモデルによる解析により求める。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 構内監視カメラ

- (1) 構内監視カメラの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は構内監視カメラに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 構内監視カメラは監視カメラ架台に取付ボルトで固定されており、固定端とする。
また、監視カメラ架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向*は、左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 構内監視カメラの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記*：構内監視カメラの正面を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の種類

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重を用いる。

5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器・配管系の荷重の組合せを用いる。地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の図3-1 耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フローに基づき設定する。

評価対象部位ごとの荷重の組合せを表5-1に示す。

5.2.3 許容応力

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

各評価項目の許容限界を表5-2に示す。

5.2.4 ボルト許容応力

ボルトの許容組合せ応力 f_{tsi} を次式に示す。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (5.2.4.1)$$

また、許容引張応力 f_{toi} 及び許容せん断応力 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

表 5-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設分類	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
SA	構内監視 カメラ	常設/その他	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_S$ *3	IVAS
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$	VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)

注記*1：「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-2 構内監視カメラの許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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。

5.3 設計用地震力

地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づく地震力を設定する。

5.4 計算方法

5.4.1 構内監視カメラの計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの構造強度評価

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-1及び図5-2に示す。

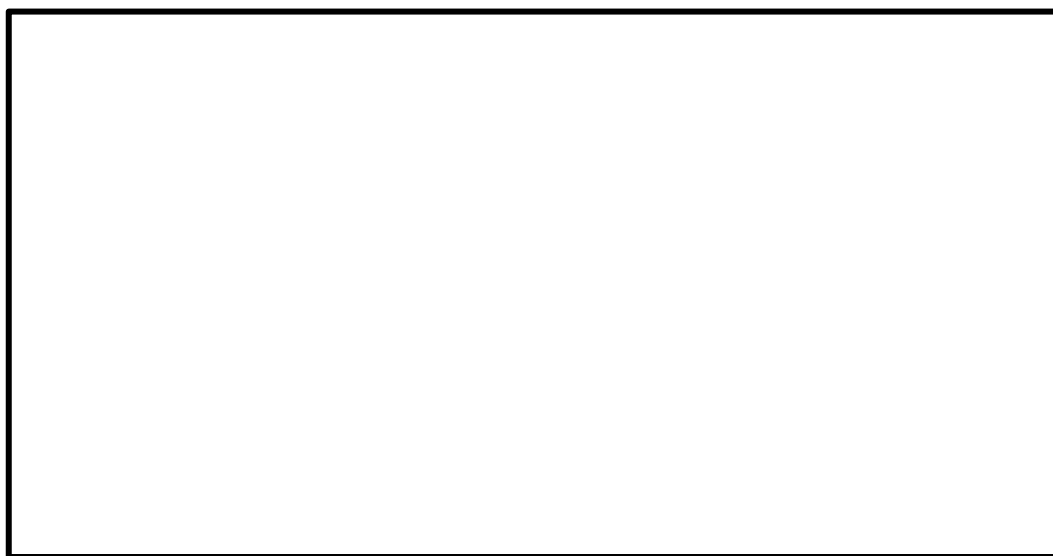


図 5-1 計算モデル（前後方向転倒）



図 5-2 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれ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

$$F_{b1} = \frac{(m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot \{C_H \cdot h_1 + (C_V - 1) \cdot \ell_{21}\} + P_{K1} \cdot h_1}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot C_H + P_{K1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 取付ボルトの構造強度評価

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-3及び図5-4に示す。



図5-3 計算モデル（前後方向転倒）

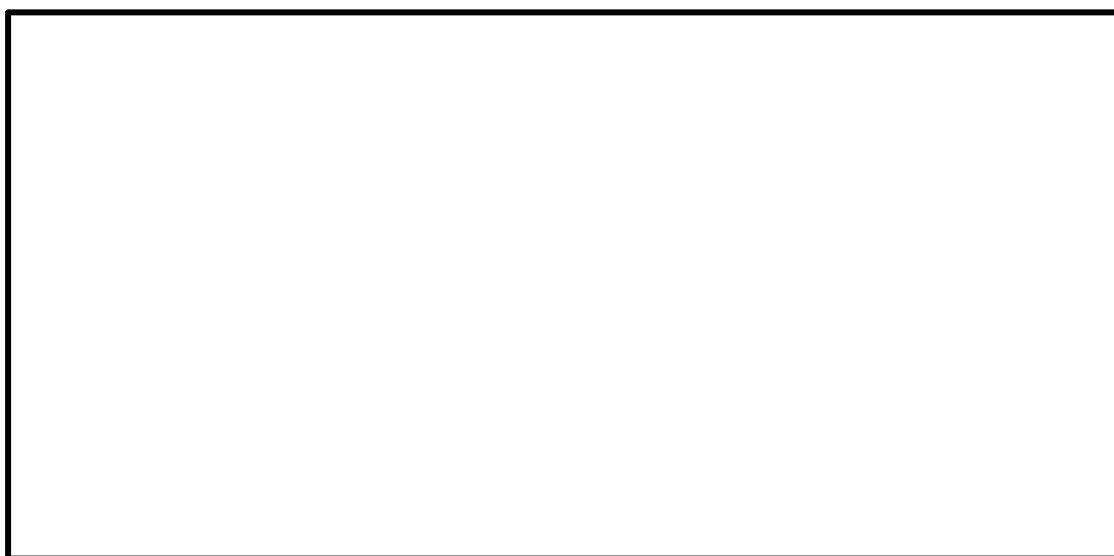


図5-4 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれ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

$$F_{b2} = \frac{(m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot \{C_H \cdot h_2 + (C_V - 1) \cdot \ell_{22}\} + P_{K2} \cdot h_2}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot C_H + P_{K2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

6. 機能維持評価

構内監視カメラは、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震後の電气的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。