

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-041-22 改3
提出年月日	2020年 8月20日

V-2-10-1-4-2 緊急用電源切替箱断路器の耐震性についての計算書

K7 ① V-2-10-1-4-2 R3

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-10-1-4-2 緊急用電源切替箱断路器の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
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	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
5.2.2 許容応力	9
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	29
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	29
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	29
5.6 応力の評価	30
5.6.1 ボルトの応力評価	30
6. 評価結果	31
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	31

## 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、緊急用電源切替箱断路器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急用電源切替箱断路器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

緊急用電源切替箱断路器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用電源切替箱断路器は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは、基礎ボルトにて壁に固定する。</p> <p>緊急用電源切替箱断路器は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは、基礎ボルトにて基礎に固定する。</p>	<p>直立及び壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立及び壁掛閉鎖型の盤)</p>	<p><b>【緊急用電源切替箱断路器】</b></p> <p>The diagram shows two views of the emergency power transfer switch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>正面 (Front View):</b> Shows a rectangular panel with a width of 2510 mm and a height of 1500 mm. It is mounted on a channel base which is fixed to a foundation using chemical anchors (基礎ボルト (ケミカルアンカ)). Labels include: 盤 (Panel), 取付ボルト (Mounting Bolt), 基礎ボルト (ケミカルアンカ) (Foundation Bolt (Chemical Anchor)), 基礎 (Foundation), and チャンネルベース (Channel Base).</li> <li><b>側面 (Side View):</b> Shows the panel with a depth of 900 mm. It is mounted on a channel base which is fixed to a wall using chemical anchors. Labels include: 取付ボルト (Mounting Bolt), 壁 (Wall), 基礎ボルト (ケミカルアンカ) (Foundation Bolt (Chemical Anchor)), and チャンネルベース (Channel Base).</li> </ul> <p>(長辺方向) (Long side direction) and (短辺方向) (Short side direction) are indicated below the respective views.</p> <p>(単位: mm) (Unit: mm)</p>

## 2.2 評価方針

緊急用電源切替箱断路器の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」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 構造計画」にて示す緊急用電源切替箱断路器の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等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。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

緊急用電源切替箱断路器の耐震評価フローを図2-1に示す。

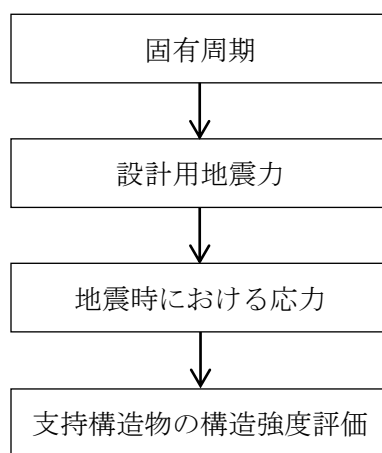


図2-1 緊急用電源切替箱断路器の耐震評価フロー

### 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 (2005年版 (2007年追補版含む。))  
J S M E S N C 1 -2005/2007) (日本機械学会 2007年9月) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	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) * <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離 (直立形) * <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	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) * <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	mm
$m_i$	盤の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	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* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa



注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  
 $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $n_{fvi}$ ,  $n_{fhi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  
 $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

緊急用電源切替箱断路器の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、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。

緊急用電源切替箱断路器の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 基本方針

緊急用電源切替箱断路器の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。緊急用電源切替箱断路器の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.036
鉛直	0.007

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 緊急用電源切替箱断路器の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は緊急用電源切替箱断路器に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 緊急用電源切替箱断路器は取付ボルト及び基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。また、取付ボルト及び基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 基礎据付側転倒方向は、壁基礎据付側固定をしていない直立状態とし、計算モデルにおける長辺方向及び短辺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。壁については、基礎据付側固定をしていない壁掛状態における正面方向及び側面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) 緊急用電源切替箱断路器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。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用電源切替箱断路器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

緊急用電源切替箱断路器の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用電源切替箱断路器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		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
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用 電気設備	緊急用電源切替箱断路器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」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 許容応力（重大事故等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
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト*1	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm < 径)	周囲環境温度	40	215	400	—
基礎ボルト*2	SS400 (40mm < 径)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記\*1：基礎側の基礎ボルトを示す。

\*2：壁側の基礎ボルトを示す。

### 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 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」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3 <sup>*1</sup> (T.M.S.L. 24.1 <sup>*2</sup> )	0.036	0.007	—	—	$C_H=2.02$ $C_H=2.38^{*2}$	$C_V=1.42$ $C_V=1.46^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形の計算の場合は、設置床上階の設計用地震力を使用する。



5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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。

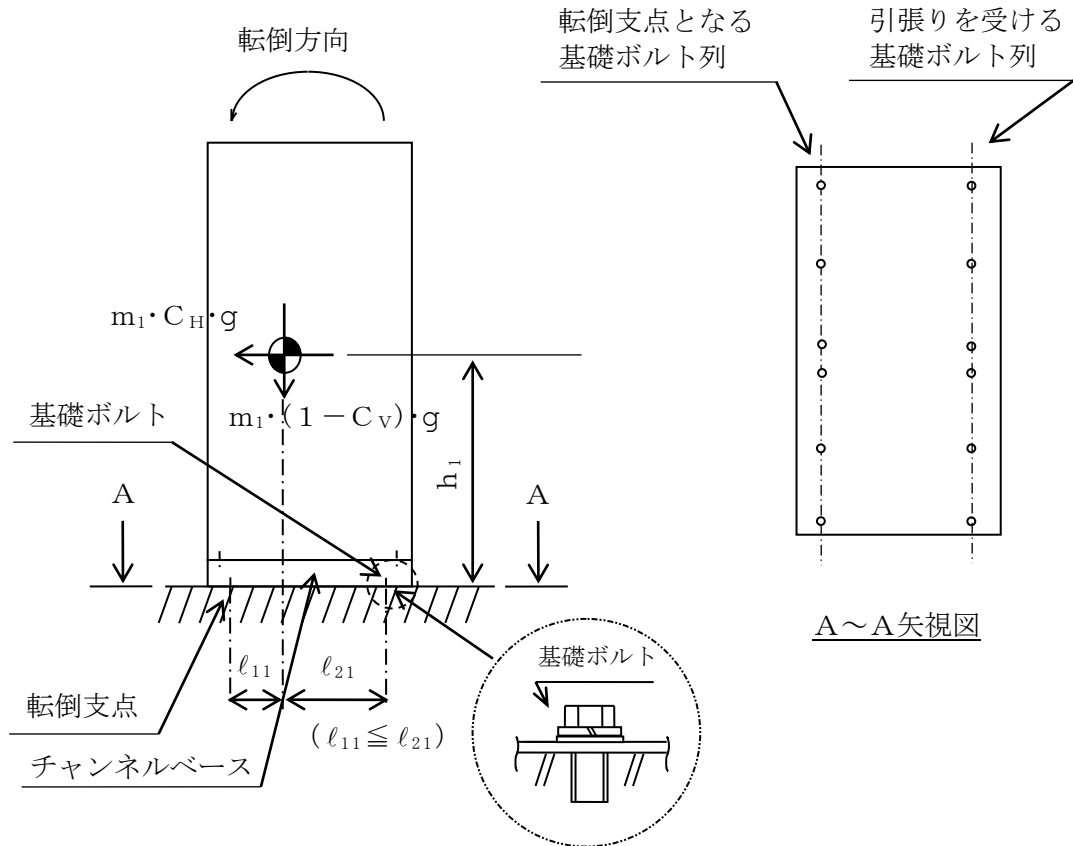


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒  $(1 - C_v) \geq 0$  の場合）

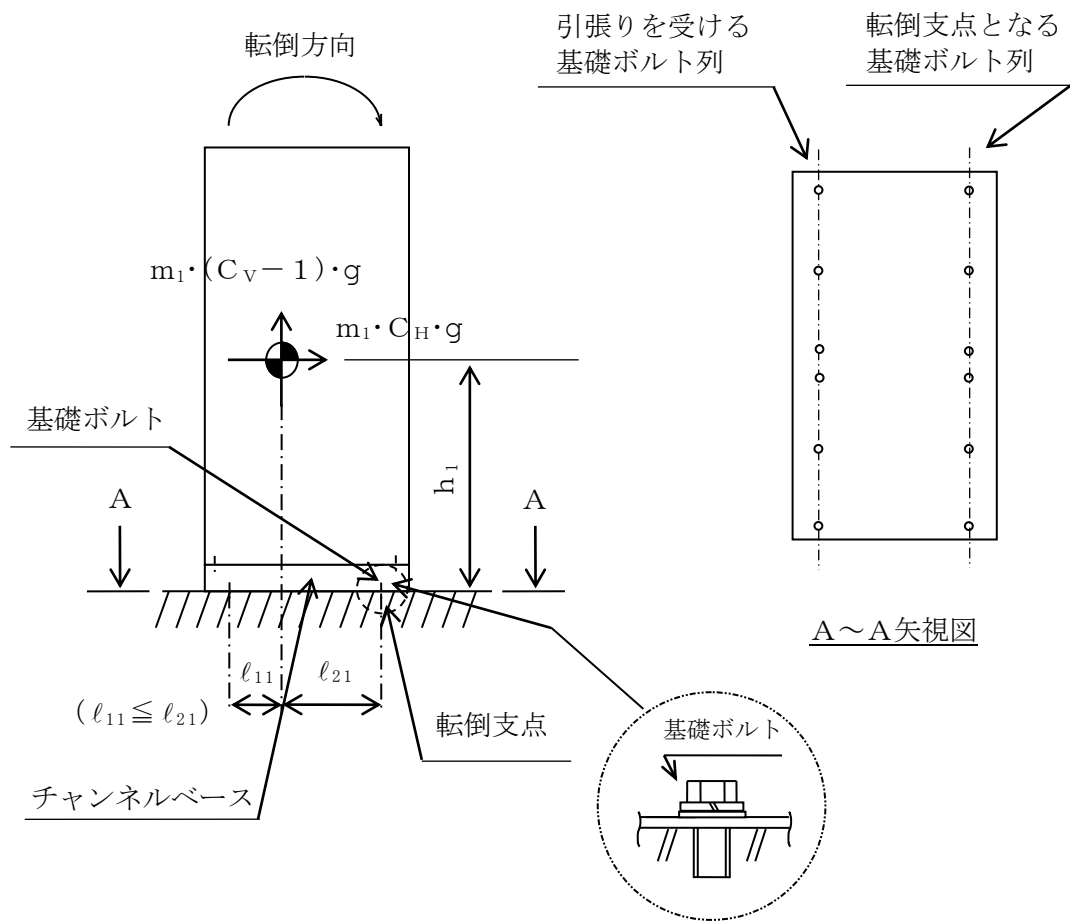


図5-2 計算モデル（短辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$  の場合）

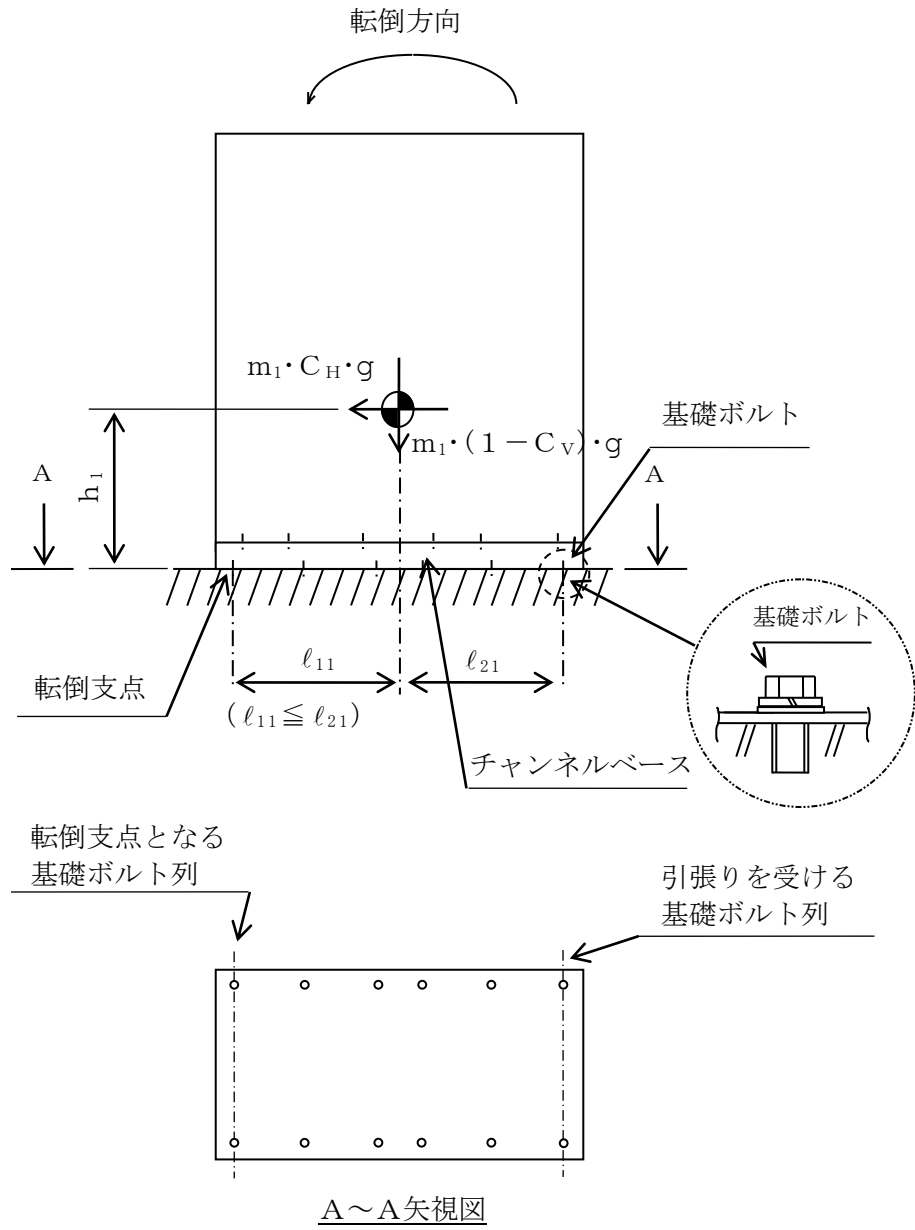


図5-3 計算モデル (長辺方向転倒  $(1 - C_v) \geq 0$  の場合)

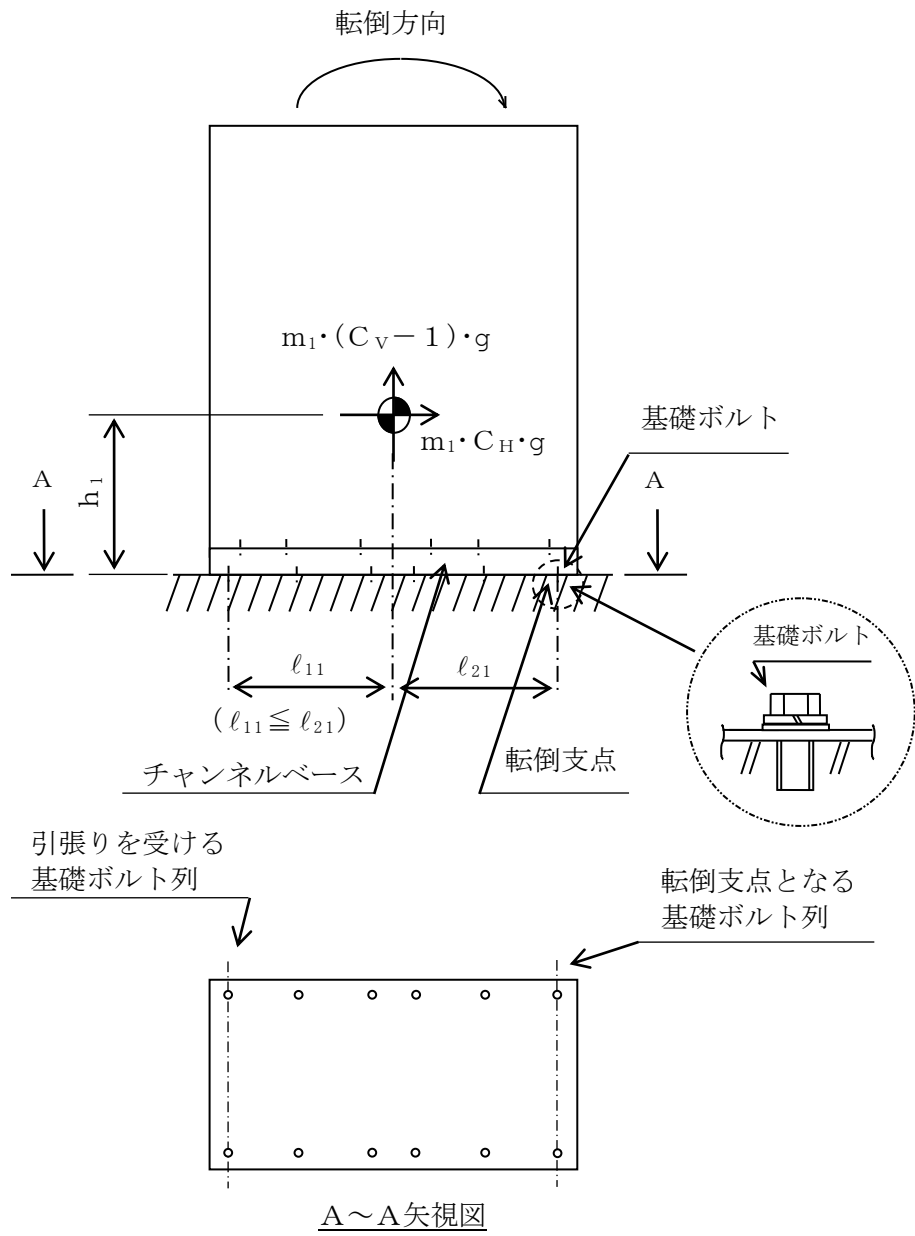


図5-4 計算モデル (長辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$ の場合)

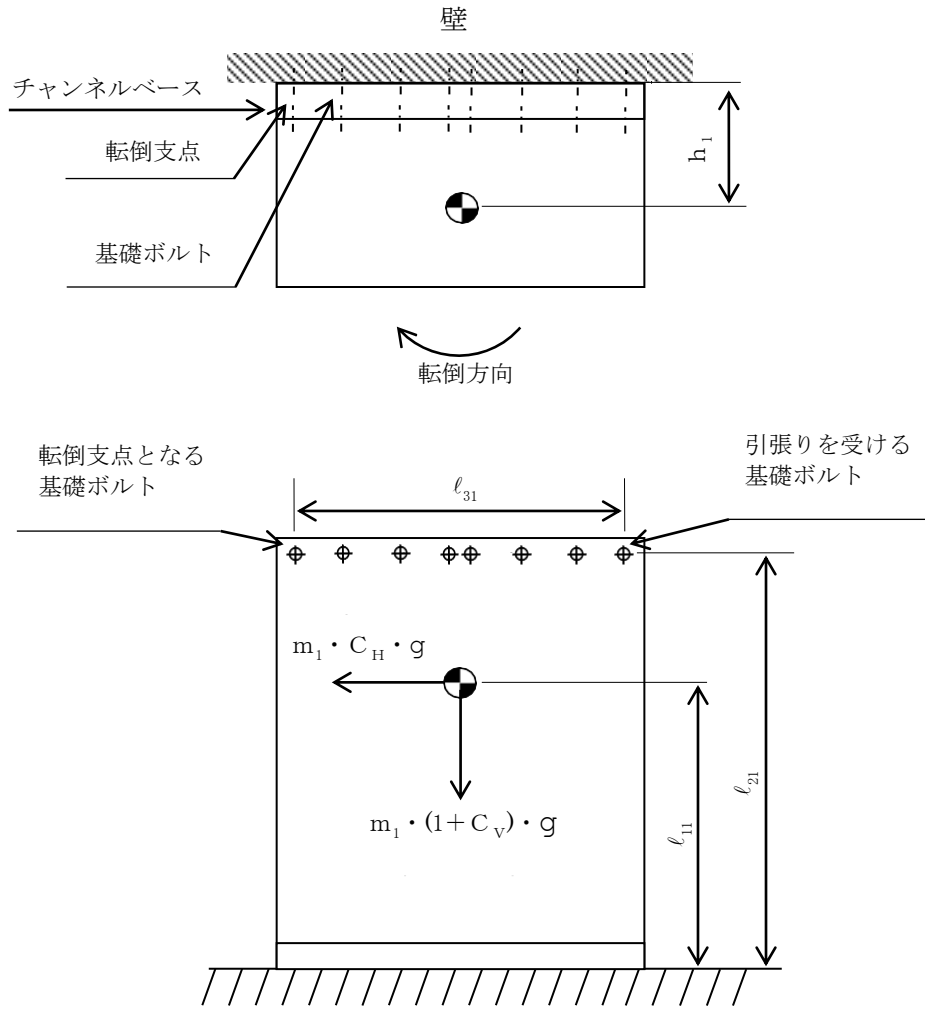


図5-5 計算モデル（正面方向転倒の場合）

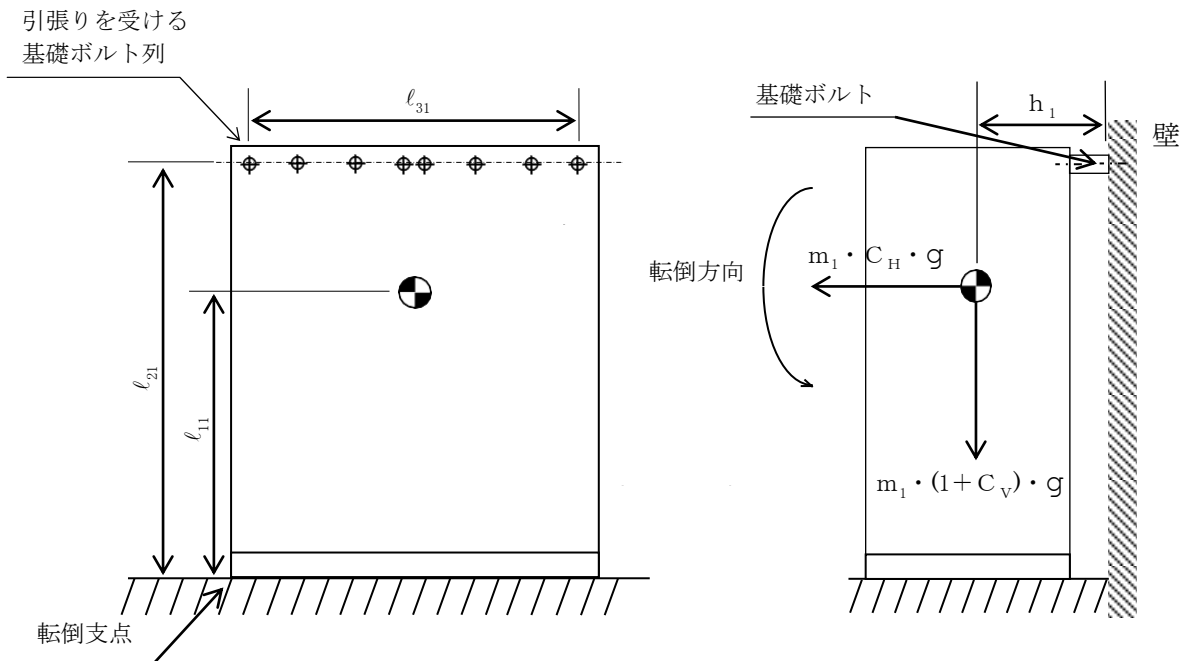


図5-6 計算モデル（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1～図5-6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

計算モデル図5-1, 5-3の場合の引張力

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

計算モデル図5-2, 5-4の場合の引張力

$$F_{b1} = \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \dots (5.4.1.1.2)$$

計算モデル図5-5, 5-6の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot \ell_{31}} \dots (5.4.1.1.3)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot \ell_{11} \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} \dots (5.4.1.1.4)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots (5.4.1.1.5)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots (5.4.1.1.6)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots (5.4.1.1.7)$$

(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

a. 直立形の場合

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.12)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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。

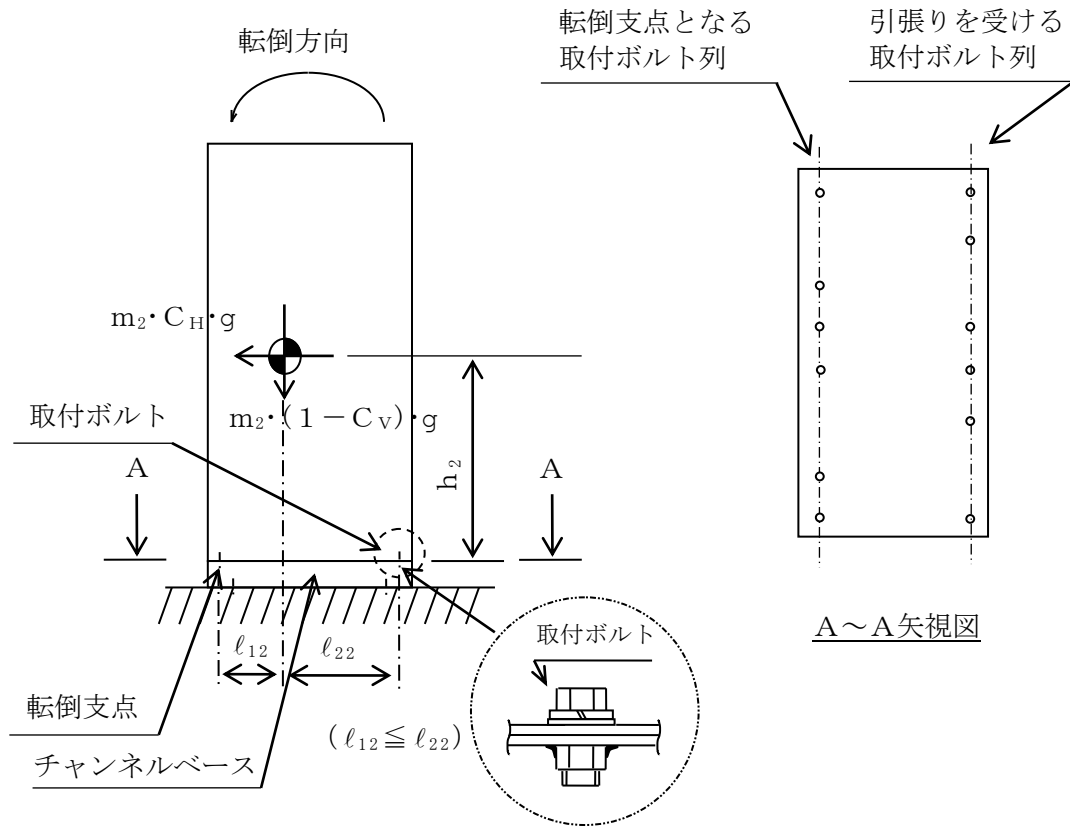


図5-7 計算モデル（短辺方向転倒（ $1 - C_v \geq 0$ の場合））



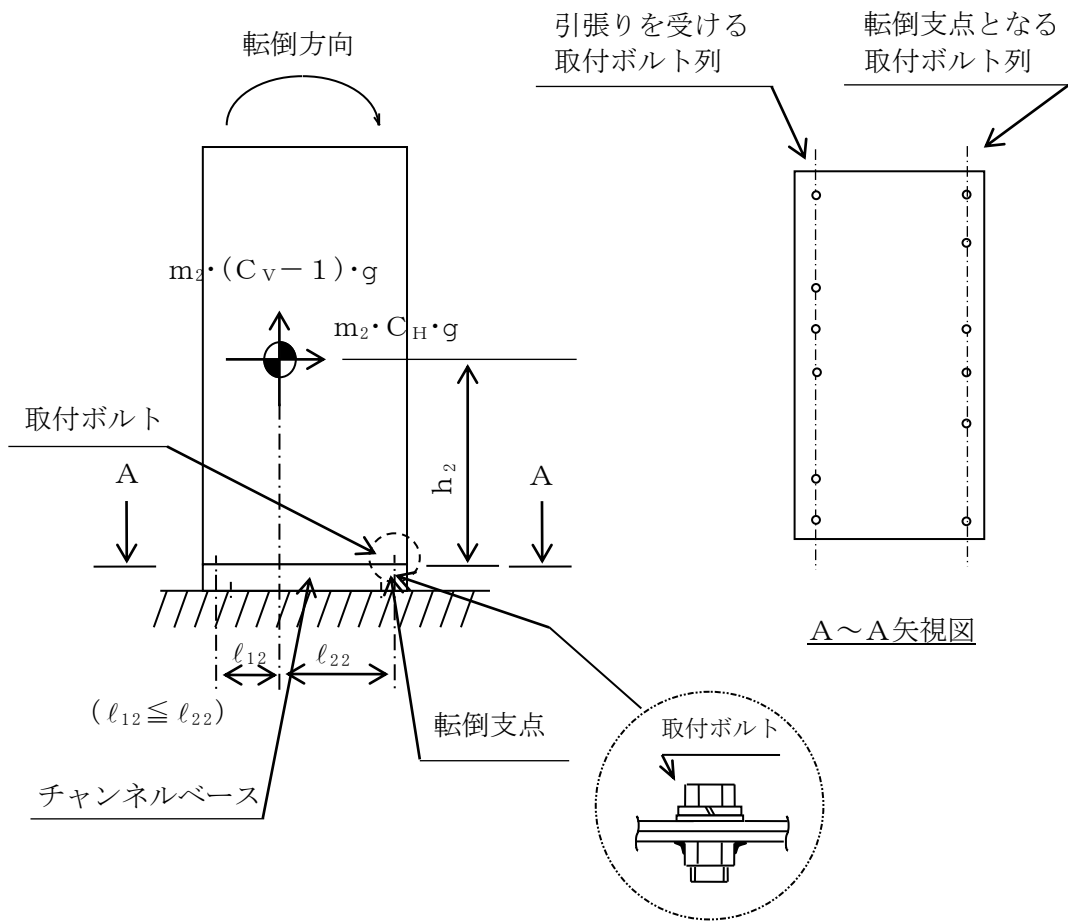


図5-8 計算モデル（短辺方向転倒  $(1 - C_v) < 0$  の場合）

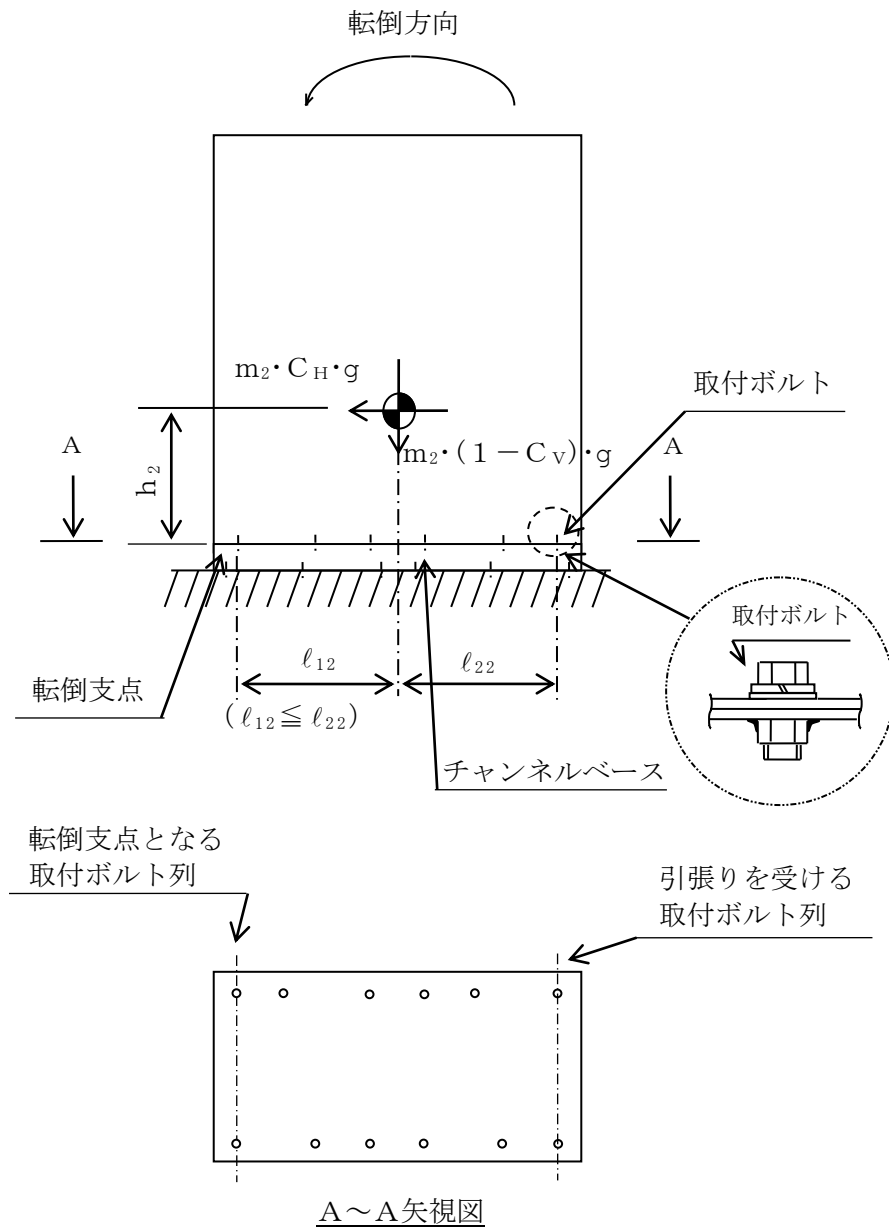


図5-9 計算モデル (長辺方向転倒  $(1 - C_v) \geq 0$  の場合)

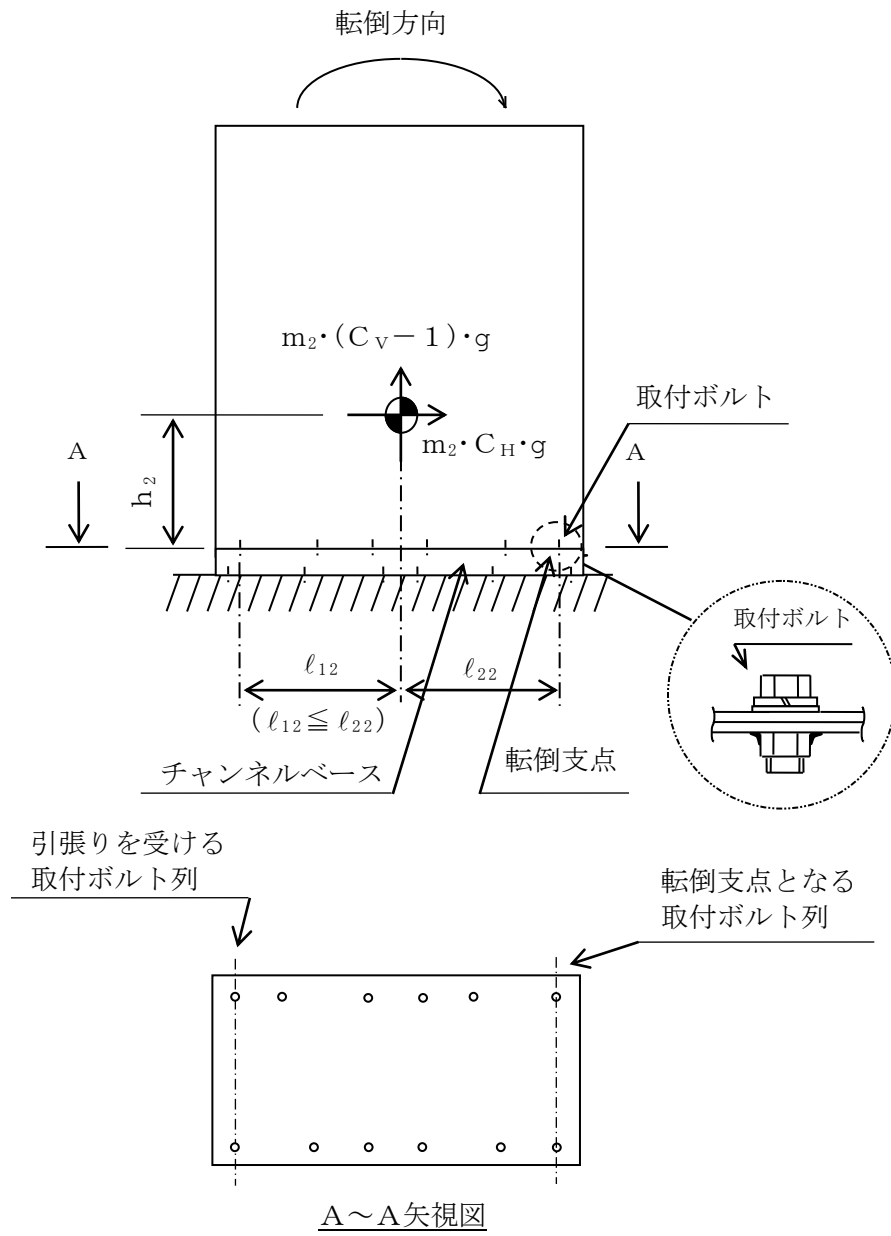


図5-10 計算モデル (長辺方向転倒  $(1 - C_V) < 0$  の場合)

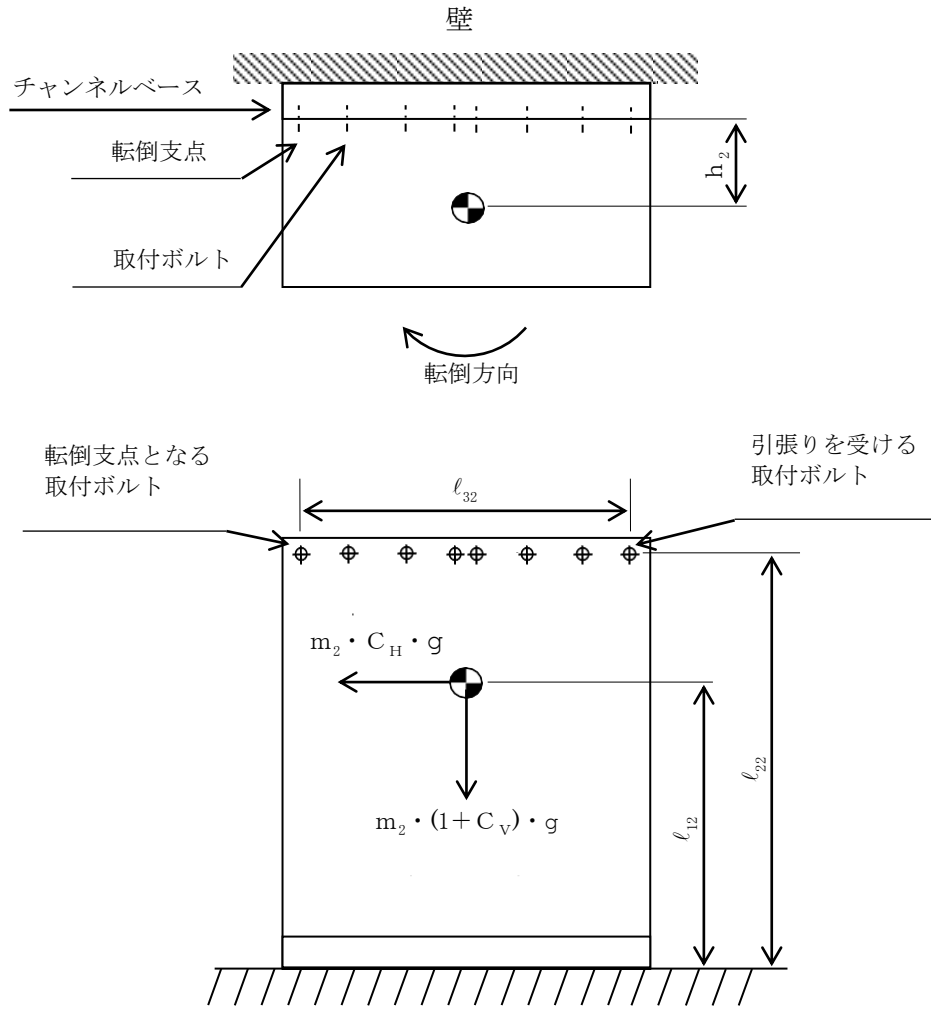


図5-11 計算モデル（正面方向転倒の場合）

K7 ① V-2-10-1-4-2 R1

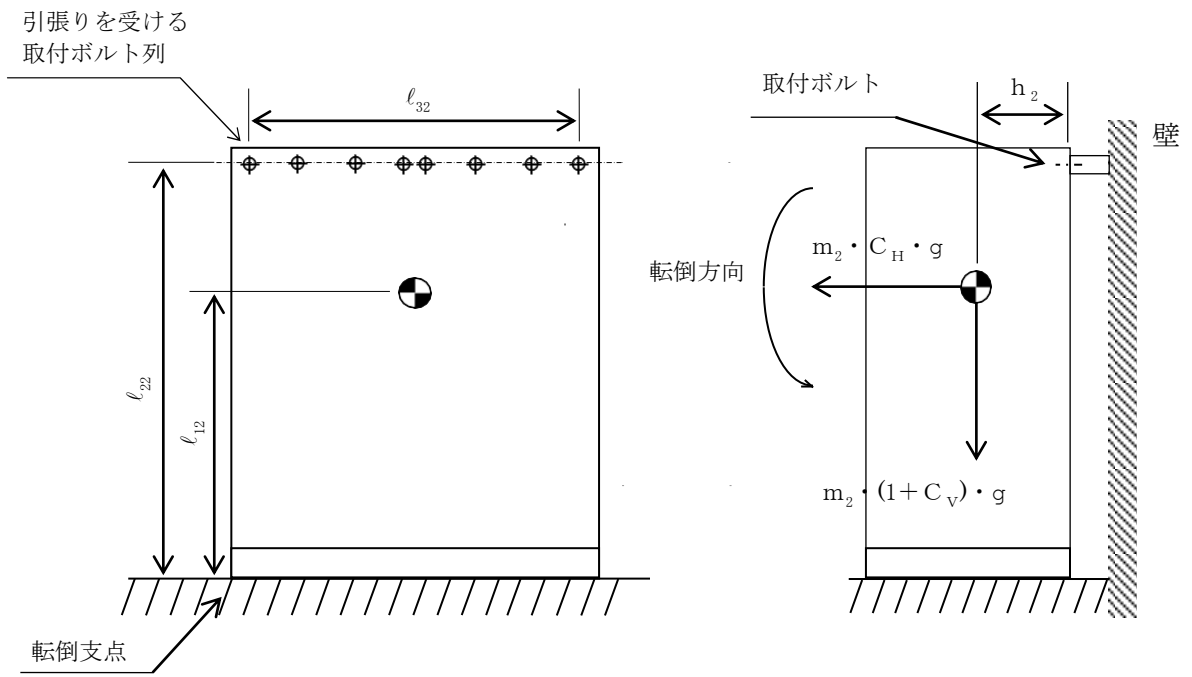


図5-12 計算モデル（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-7～図5-12で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-7, 5-9の場合の引張力

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

計算モデル図5-8, 5-10の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \dots (5.4.1.2.2)$$

計算モデル図5-11, 5-12の場合の引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fv2} \cdot \ell_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fh2} \cdot \ell_{32}} \dots (5.4.1.2.3)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot \ell_{12} \cdot g}{n_{fv2} \cdot \ell_{22}} \dots (5.4.1.2.4)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots (5.4.1.2.5)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots (5.4.1.2.6)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (5.4.1.2.7)$$

(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

a. 直立形の場合

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.11)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.12)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急用電源切替箱断路器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急用電源切替箱断路器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



## 5.6 応力の評価

### 5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sbi}$ 以下であること。ただし、 $f_{sbi}$ 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 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用電源切替箱断路器の重大事故等時の状態を考慮した場合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を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用電源切替箱断路器（直立形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用電源切替箱 断路器	常設耐震／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3*1	0. 036	0. 007	—	—	C <sub>H</sub> =2. 02	C <sub>V</sub> =1. 42	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	1410	767	12 (M12)	113. 1	12	245 (径≤16mm)	400 (径≤16mm)
取付ボルト (i=2)	1330	761	12 (M12)	113. 1	12	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	366	399	6	—	280	—	長辺方向
	1175	1175	2				
取付ボルト (i=2)	387	423	6	—	258	—	長辺方向
	1125	1125	2				

注記\*：各ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、  
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	6.010×10 <sup>3</sup>	—	2.793×10 <sup>4</sup>
取付ボルト (i=2)	—	5.825×10 <sup>3</sup>	—	2.635×10 <sup>4</sup>

1.4 結論

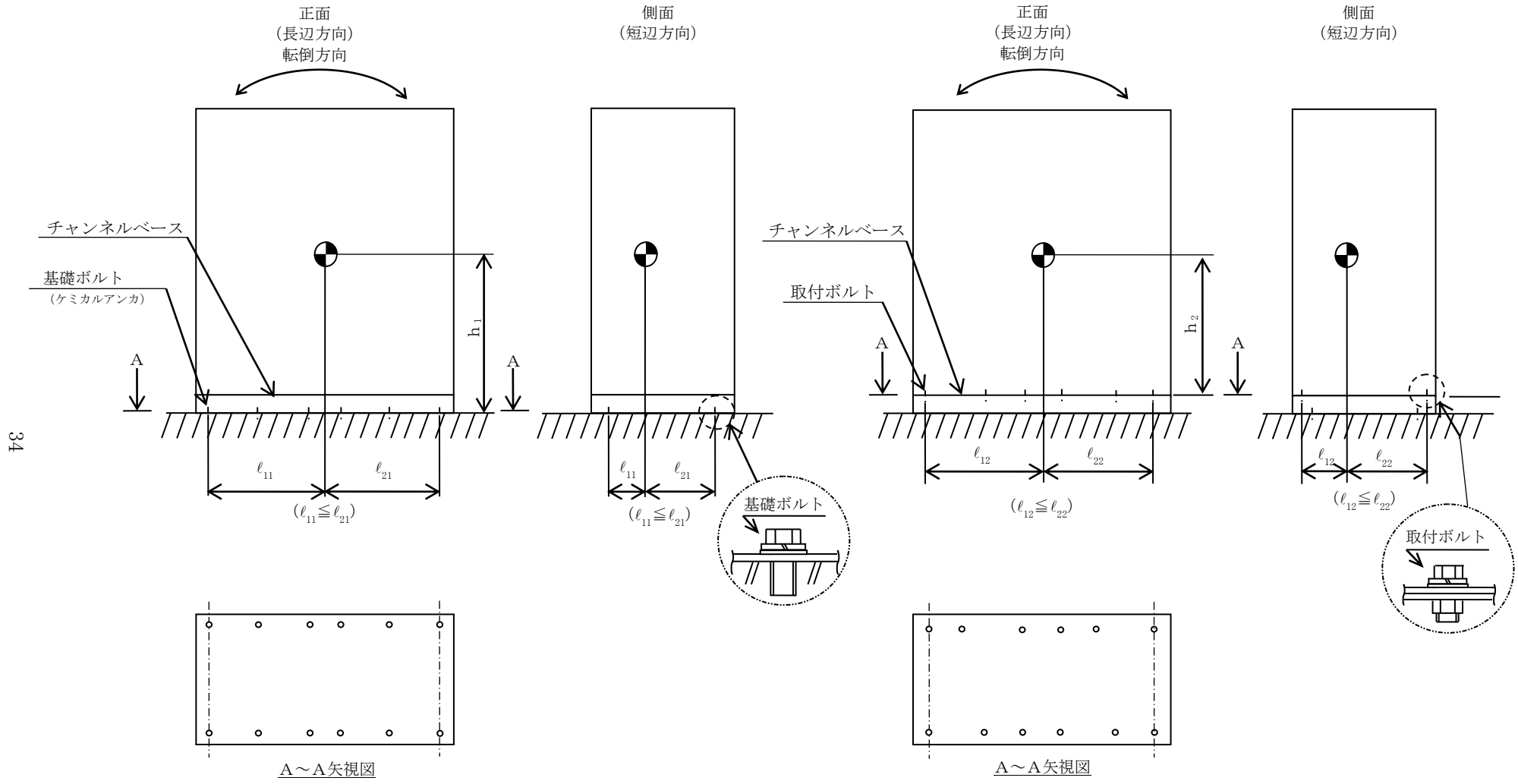
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b1</sub> =54	f <sub>t s1</sub> =168*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =21	f <sub>s b1</sub> =129
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =52	f <sub>t s2</sub> =193*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =20	f <sub>s b2</sub> =148

すべて許容応力以下である。

注記\* :  $f_{t s i} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$



【緊急用電源切替箱断路器（壁掛形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用電源切替箱 断路器	常設耐震/防止 常設/緩和	コントロール建屋 T. M. S. L. 17.3 <sup>*1</sup> (T. M. S. L. 24.1 <sup>*2</sup> )	0.036	0.007	—	—	C <sub>H</sub> =2.38	C <sub>V</sub> =1.46	40

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形の計算の場合は、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	1410	616	12 (M12)	113.1	8	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i=2)	1380	427	12 (M12)	113.1	8	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f v i</sub> <sup>*</sup>	n <sub>f H i</sub> <sup>*</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	767	1475	2370	8	1	—	258	—	正面方向
取付ボルト (i=2)	752	1475	2370	8	1	—	258	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	1.033×10 <sup>4</sup>	—	4.733×10 <sup>4</sup>
取付ボルト (i=2)	—	7.008×10 <sup>3</sup>	—	4.632×10 <sup>4</sup>

1.4 結論 0

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b1</sub> =92	f <sub>ts1</sub> =149*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =53	f <sub>sb1</sub> =119
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =62	f <sub>ts2</sub> =188*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =52	f <sub>sb2</sub> =148

すべて許容応力以下である。

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

