

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-437 改0
提出年月日	平成30年5月25日

V-2-6-7-3\_安全パラメータ表示システム（SPDS）  
データ表示装置\_無線通信用アンテナの耐震性についての計算書

## 目 次

1. 安全パラメータ表示システム（SPDS） データ伝送装置	
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 構造強度評価	3
1.3.1 構造強度評価方法	3
1.3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4 評価結果	7
1.4.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7
2. 安全パラメータ表示システム（SPDS） 無線通信用アンテナ	
2.1 耐震性についての計算書作成の基本方針	18
2.1.1 概要	18
2.1.2 一般事項	18
2.1.2.1 評価方針	18
2.1.2.2 適用基準	19
2.1.2.3 記号の説明	20
2.1.2.4 計算精度と数値の丸め方	21
2.1.3 評価部位	22
2.1.4 固有周期	22
2.1.4.1 基本方針	22
2.1.4.2 固有振動数の算出方法	22
2.1.5 構造強度評価	22
2.1.5.1 構造強度評価方法	22
2.1.5.2 設計用地震力	23
2.1.5.3 計算方法	24
2.1.5.4 応力の評価	30
2.1.6 機能維持評価	31
2.1.6.1 電氣的機能維持評価方法	31
2.2 耐震性についての計算書	32
2.2.1 構造計画	32
2.2.2 荷重の組合せ及び許容応力	32
2.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力	35
2.2.2.2 許容応力	35

2.2.2.3 使用材料の許容応力 .....	35
2.2.3 機能維持評価 .....	40
2.2.3.1 電氣的機能維持評価 .....	40
2.2.4 評価結果 .....	40
2.2.4.1 重大事故等対処設備としての評価結果 .....	40

## 1. 安全パラメータ表示システム（SPDS） データ伝送装置

### 1.1 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、安全パラメータ表示システム（SPDS） データ伝送装置\*<sup>1</sup>、無線通信用アンテナ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。

安全パラメータ表示システム（SPDS） データ伝送装置、無線通信用アンテナは重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

\* 1 : データ伝送装置は以下の制御盤で構成される。

SPDSデータ収納盤-A, -B

SPDS入出力制御盤-A, -B

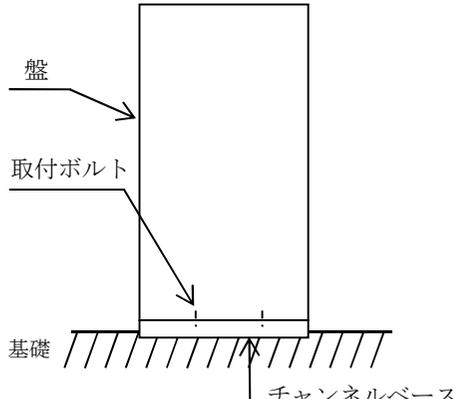
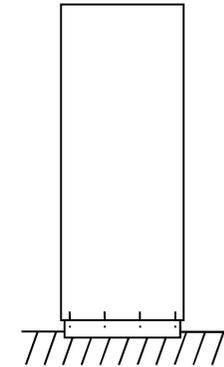
SPDSインターフェイス盤

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

安全パラメータ表示システム（SPDS） データ伝送装置の構造計画を表 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>データ伝送装置*1 は、チャンネルベース に取付ボルトで設置す る。</p>	<p>垂直自立形</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>(長辺方向)</p>  <p>(長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(短辺方向)</p>  <p>(短辺方向)</p> </div> </div> <p>* 1 : SPDSデータ収納盤-A, -B SPDS入出力制御盤-A, -B SPDSインターフェイス盤</p>

### 1.3 構造強度評価

#### 1.3.1 構造強度評価方法

データ伝送装置\*<sup>1</sup>の構造は垂直自立形であるため、構造強度評価は、「付録7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

#### 1.3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 1.3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

データ伝送装置\*<sup>1</sup>の荷重の組合せ及び許容応力状態の重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

##### 1.3.2.2 許容応力

データ伝送装置\*<sup>1</sup>の許容応力を表3-2に示す。

##### 1.3.2.3 使用材料の許容応力

データ伝送装置\*<sup>1</sup>の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-3に示す。

\* 1 : S P D Sデータ収納盤-A, -B  
S P D S入出力制御盤-A, -B  
S P D Sインターフェイス盤

表 3-1 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	データ伝送装置* <sup>4</sup>	常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ 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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,  
「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。

\*4: SPDSデータ収納盤-A, -B, SPDS入出力制御盤-A, -B, SPDSインターフェイス盤

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び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
$IV_{AS}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ 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 3-3 使用材料の許容応力（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)
		取付ボルト	SS400	周囲環境温度	40	235

## 1.4 評価結果

### 1.4.1 重大事故等対処設備としての評価結果

データ伝送装置の重大事故等対処設備として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。

【SPDSデータ収集盤-A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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
SPDSデータ収集盤-A	— ( $S_s$ 機能維持)	原子炉建屋 EL. 20.3 <sup>*1</sup>	0.05以下	0.05以下	—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	40

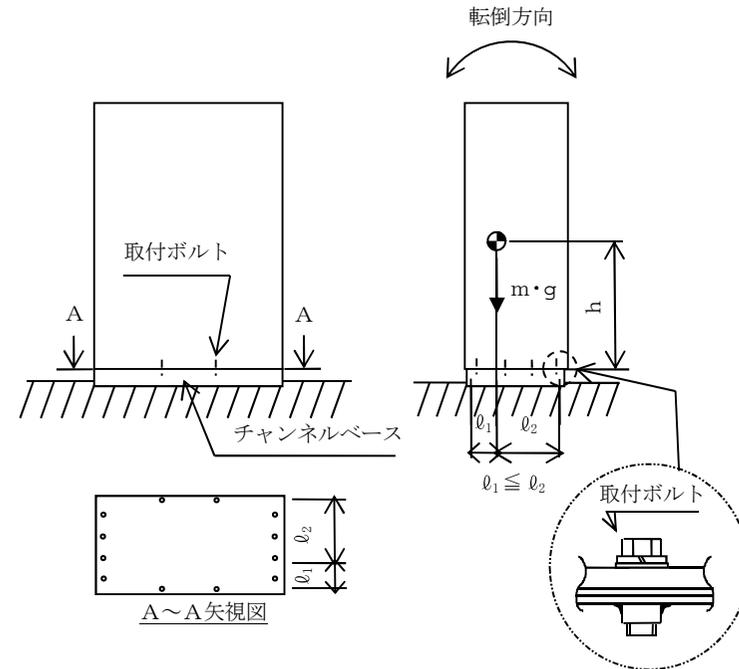
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_2$ (kg)	$h_2$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_{b2}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_2$	$n_f$
取付ボルト	800	1234	338	392	201.1 (M16)	12	2

部材	$S_{y2}$ (MPa)	$S_{u2}$ (MPa)	$F_2$ (MPa)	$F_2^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 (16mm < 径 ≤ 40mm)	400	—	280	—	短辺方向



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>b2</sub>		Q <sub>b2</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>
取付ボルト	—	8.906×10 <sup>3</sup>	—	1.051×10 <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
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=210$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

【SPDSデータ収集盤-B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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
SPDSデータ収集盤-B	— ( $S_s$ 機能維持)	原子炉建屋 EL. 20.3*1	0.05以下	0.05以下	—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	40

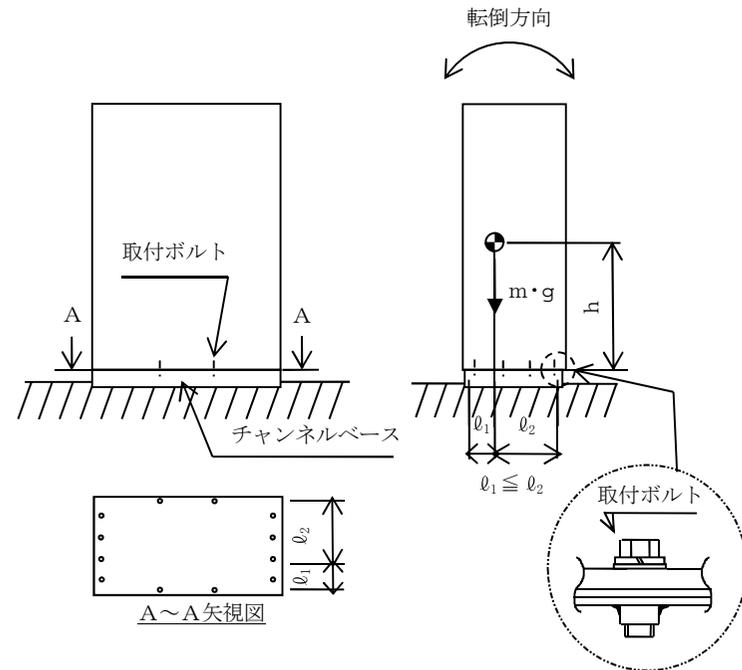
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_2$ (kg)	$h_2$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_{b2}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_2$	$n_f$
取付ボルト	800	1234	338	392	201.1 (M16)	12	2

部材	$S_{y2}$ (MPa)	$S_{u2}$ (MPa)	$F_2$ (MPa)	$F_2^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 (16mm<径≤40mm)	400	—	280	—	短辺方向



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>b2</sub>		Q <sub>b2</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>
取付ボルト	—	8.906×10 <sup>3</sup>	—	1.051×10 <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
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=210$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

【SPDS入出力制御盤-A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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
SPDS入出力制御盤-A	— ( $S_s$ 機能維持)	原子炉建屋 EL. 20.3*1	0.05以下	0.05以下	—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	40

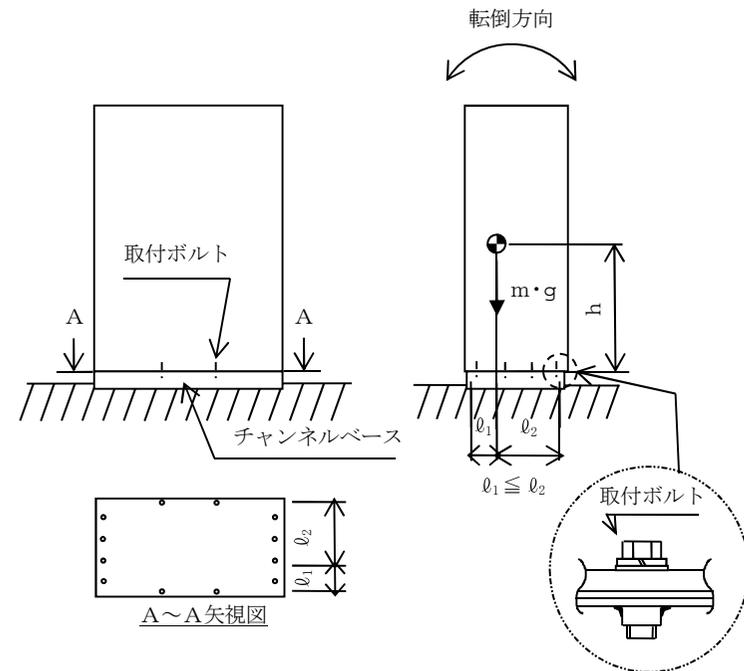
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_2$ (kg)	$h_2$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_{b2}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_2$	$n_f$
取付ボルト	800	1248	337	393	201.1 (M16)	12	2

部材	$S_{y2}$ (MPa)	$S_{u2}$ (MPa)	$F_2$ (MPa)	$F_2^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 (16mm<径≤40mm)	400	—	280	—	短辺方向



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>b2</sub>		Q <sub>b2</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>
取付ボルト	—	9.007×10 <sup>3</sup>	—	1.051×10 <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
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =45	f <sub>ts2</sub> =210
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =5	f <sub>sb2</sub> =161

すべて許容応力以下である。

【SPDS入出力制御盤-B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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
SPDS入出力制御盤-B	— ( $S_s$ 機能維持)	原子炉建屋 EL. 20.3*1	0.05以下	0.05以下	—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	40

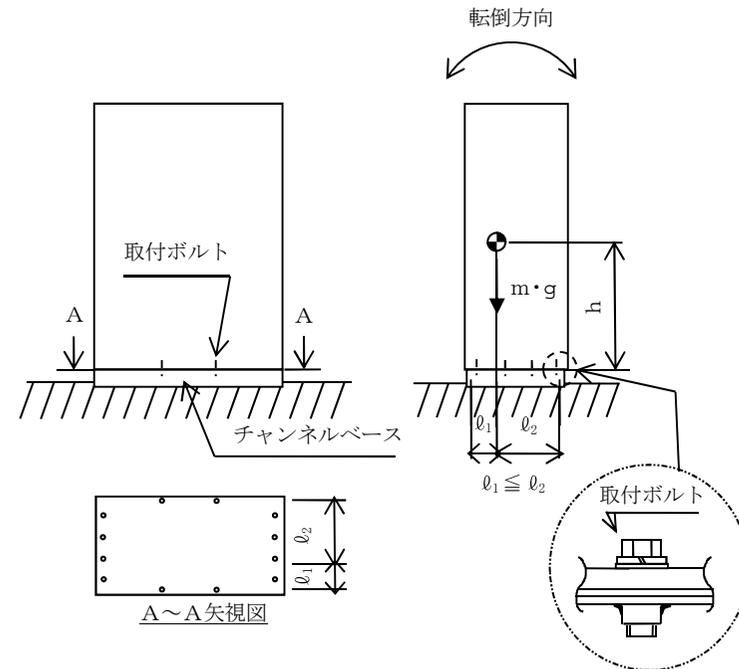
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_2$ (kg)	$h_2$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_{b2}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_2$	$n_f$
取付ボルト	800	1215	339	391	201.1 (M16)	12	2

部材	$S_{y2}$ (MPa)	$S_{u2}$ (MPa)	$F_2$ (MPa)	$F_2^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 (16mm<径≤40mm)	400	—	280	—	短辺方向



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>b2</sub>		Q <sub>b2</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>
取付ボルト	—	8.770×10 <sup>3</sup>	—	1.051×10 <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
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =44	f <sub>ts2</sub> =210
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =5	f <sub>sb2</sub> =161

すべて許容応力以下である。

【SPDSインターフェイス盤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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
SPDSインターフェイス盤	— ( $S_s$ 機能維持)	原子炉建屋 EL. 20.3*1	0.05以下	0.05以下	—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	40

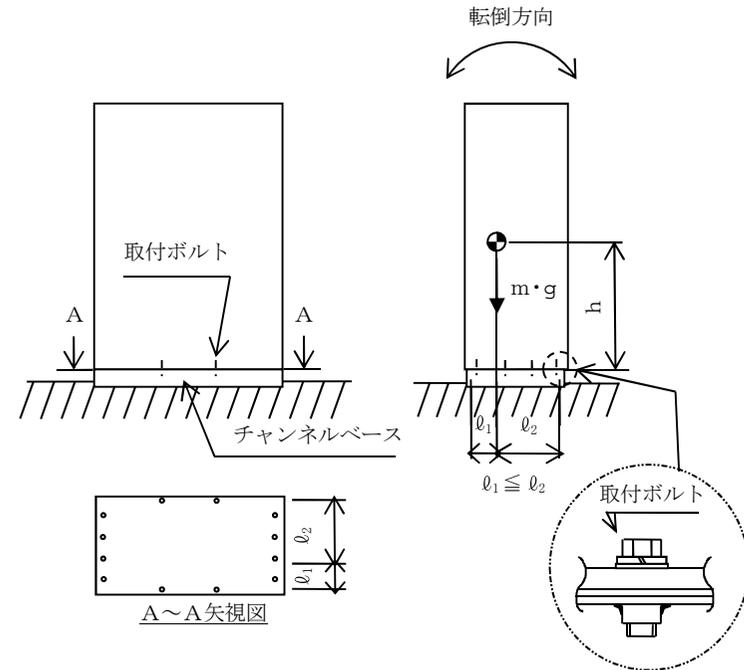
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_2$ (kg)	$h_2$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_{b2}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_2$	$n_f$
取付ボルト	800	1215	335	395	201.1 (M16)	12	2

部材	$S_{y2}$ (MPa)	$S_{u2}$ (MPa)	$F_2$ (MPa)	$F_2^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 (16mm<径≤40mm)	400	—	280	—	短辺方向



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>b2</sub>		Q <sub>b2</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>
取付ボルト	—	8.770×10 <sup>3</sup>	—	1.051×10 <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
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =44	f <sub>ts2</sub> =210
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =5	f <sub>sb2</sub> =161

すべて許容応力以下である。

## 2. 安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナ

### 2.1 耐震性についての計算書作成の基本方針

#### 2.1.1 概要

基本方針は、「V-2-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書が求められている安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナ（以下「無線通信用アンテナ」という。）（耐震重要度分類Sクラス又はS<sub>s</sub>機能維持の計算を行うもの）が、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。

解析の方針及び減衰定数については、「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

#### 2.1.2 一般事項

##### 2.1.2.1 評価方針

無線通信用アンテナの応力評価は、「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、「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。また、無線通信用アンテナの機能維持評価は、「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、「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。確認結果を「7. 耐震計算書のフォーマット」に示す。無線通信用アンテナの耐震評価フローを図2-1に示す。

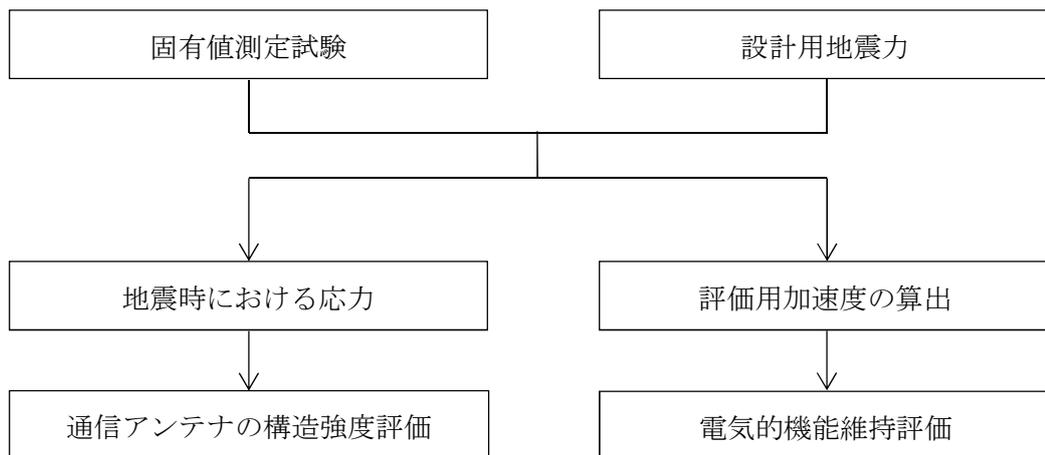


図2-1 無線通信用アンテナの耐震評価フロー

## 2.1.2.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1)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 ・補一  
1984, J E A G 4 6 0 1 -1987 及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協  
会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2)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。）

2.1.2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
$F$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
$F_b$	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
$F_{b1}$	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本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	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本当たり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける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ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	取付面から重心までの距離	mm
$h_2$	取付面から重心までの距離(壁掛形)	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_3$	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
$l_a$	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
$l_b$	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
$m$	通信アンテナの質量	kg
$n$	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ボルトの本数	—
$n_{fV}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向転倒)(壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(平面方向転倒)(壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N

記号	記号の説明	単位
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める値	MPa
$S_y (R$ $T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記 \* :  $l_1 \leq l_2$

#### 2.1.2.4 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-1に示すとおりである。

表2-1 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
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* <sup>1</sup>	mm	—	—	整数位
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 \*<sup>1</sup> : 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。

\*<sup>2</sup> : 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*<sup>3</sup> : 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。

### 2.1.3 評価部位

無線通信用アンテナは「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について評価を実施する。対象は基礎ボルトを使用する原子炉建屋に設置する無線通信用アンテナとする。

なお、緊急時対策所建屋に設置する無線通信用アンテナは埋込金物に直接溶接することから対象としない。

### 2.1.4 固有周期

#### 2.1.4.1 基本方針

無線通信用アンテナの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 2.1.4.2 固有振動数の算出方法

振動試験装置により一定の加速度の正弦波にて無線通信用アンテナを加振するとともに、加振周波数を掃引して無線通信用アンテナの固有振動数（共振周波数）を測定する。

### 2.1.5 構造強度評価

#### 2.1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信用アンテナの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は無線通信用アンテナに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 無線通信用アンテナは基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、図 5-1 概要図（直立形）における正面方向及び側面方向並びに図 5-2 概要図（壁掛形）における平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を記載する。
- (5) 無線通信用アンテナ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) 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。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

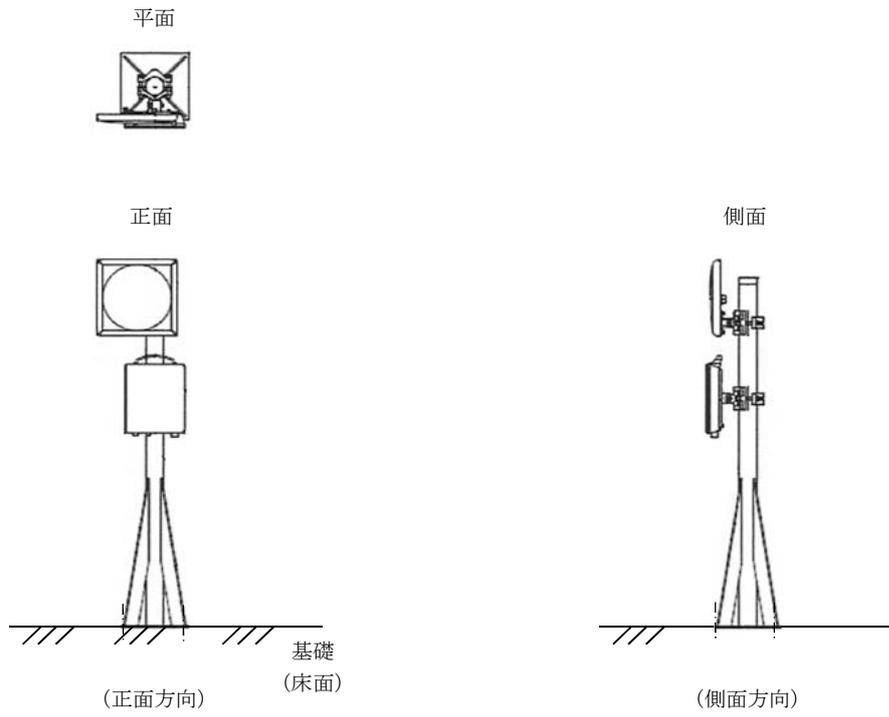


図 5-1 概要図(直立形)

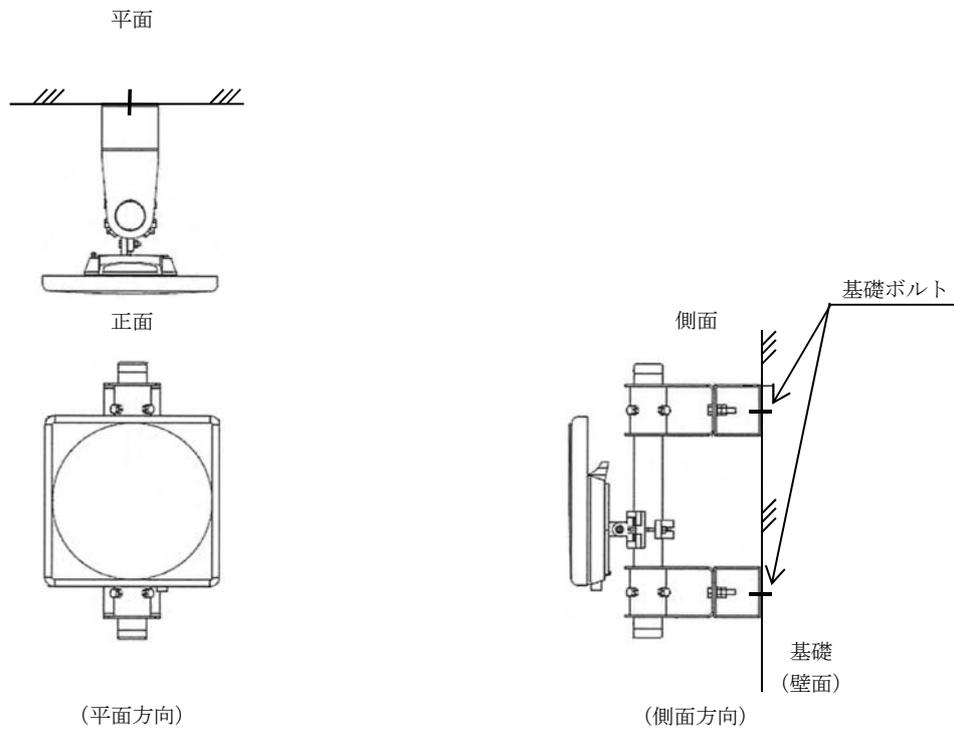


図 5-1 概要図(壁掛形)

2.1.5.2 設計用地震力

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。なお、壁掛形の無線通信用アンテナの設計用地震力については、設置床上階の設計用地震力を使用する。

2.1.5.3 計算方法

2.1.5.3.1 応力の計算方法

2.1.5.3.1.1 ボルトの計算方法

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。

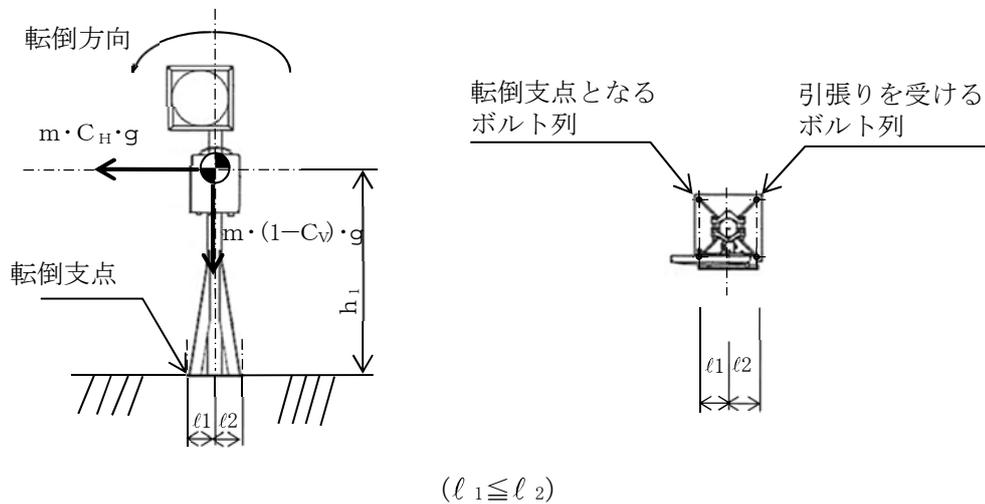


図5-3(1) 計算モデル

(直立形 正面方向転倒-1 ( $1 - C_v \geq 0$ )の場合)

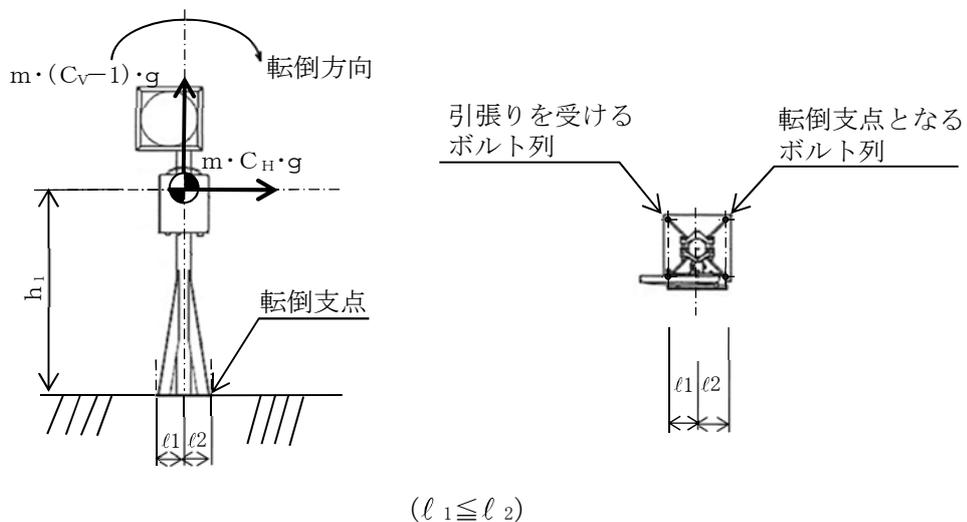
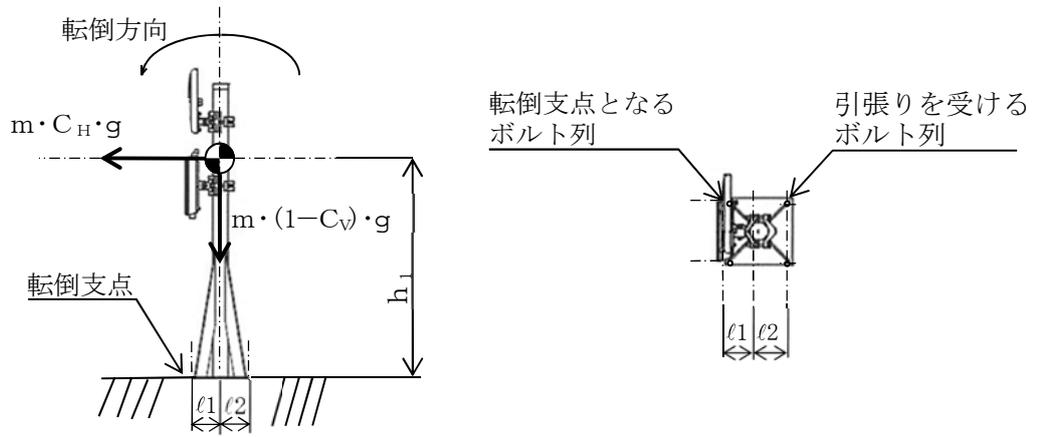


図5-3(2) 計算モデル

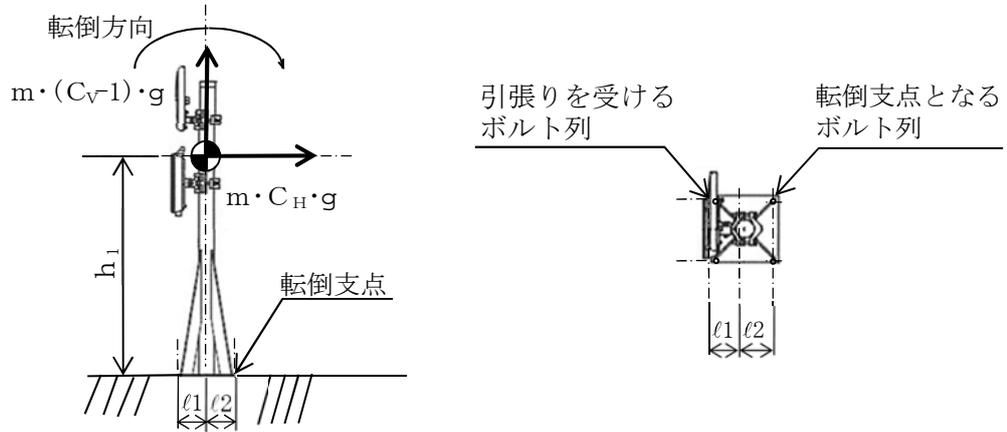
(直立形 正面方向転倒-2  $(1 - C_V) < 0$ の場合)



$(l_1 \leq l_2)$

図5-4(1) 計算モデル

(直立形 側面方向転倒-1  $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)



$(l_1 \leq l_2)$

図5-4(2) 計算モデル

(直立形 側面方向転倒-1  $(1 - C_V) < 0$ の場合)

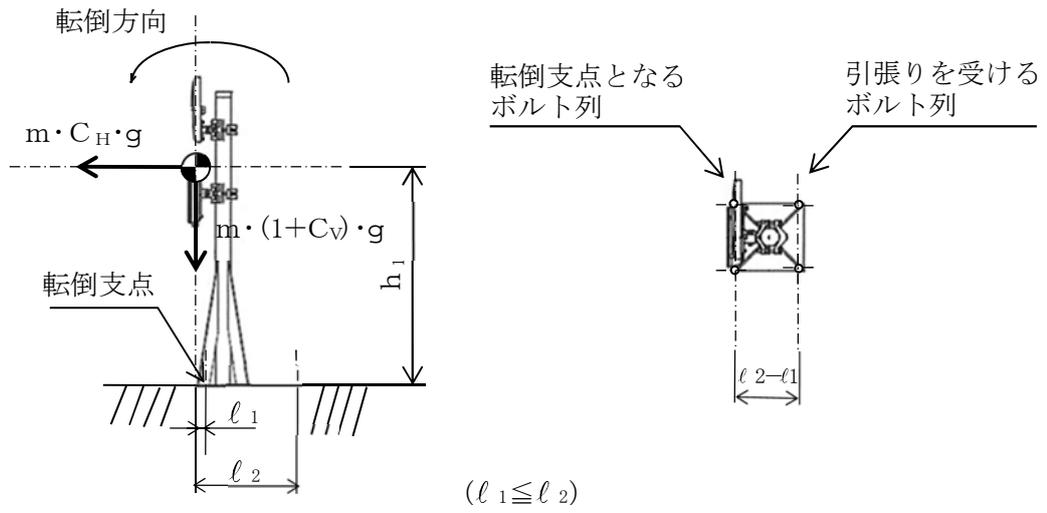


図5-4(3) 計算モデル

(直立形 側面方向転倒-3 重心位置が両端のボルトの間でない場合で  $(l_2 + l_1) / (l_2 - l_1) \geq C_v$  の場合)

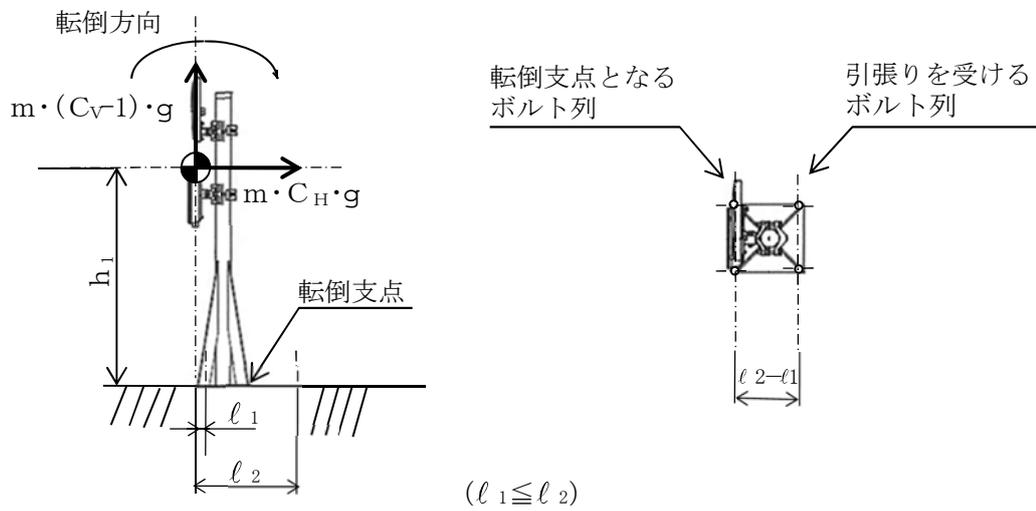


図5-4(4) 計算モデル

(直立形 側面方向転倒-4 重心位置が両端のボルトの間でない場合で  $(l_2 + l_1) / (l_2 - l_1) < C_v$  の場合)

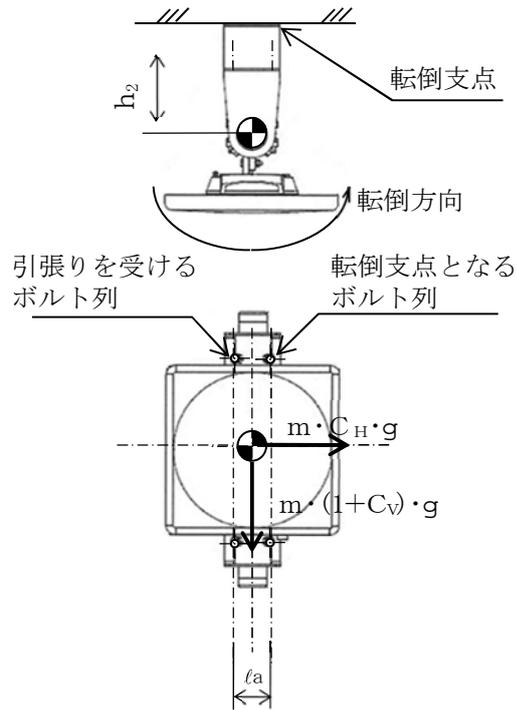


図5-5(1) 計算モデル  
(壁掛形 平面方向転倒の場合)

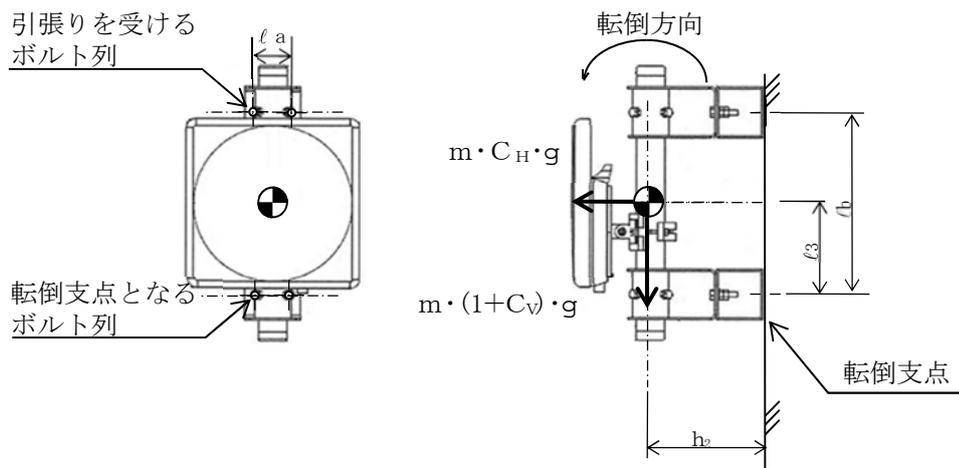


図5-5(2) 計算モデル  
(壁掛形 側面方向転倒の場合)

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-3、図5-4及び図5-5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 (F<sub>b</sub>)

計算モデル図5-3(1)及び5-4(1)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.1)$$

計算モデル図5-3 (2)及び5-4 (2)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.2)$$

計算モデル図5-4 (3)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot \ell_1}{n_f \cdot (\ell_2 - \ell_1)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.3)$$

計算モデル図5-4 (4)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_2 - \ell_1)} \dots\dots\dots (5.3.1.1.4)$$

計算モデル図5-5 (1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.5)$$

計算モデル図5-5 (2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.3.1.1.6)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.3.1.1.7)$$

引張応力 (σ<sub>b</sub>)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.1.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.3.1.1.9)$$

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

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

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.3.1.1.10)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.3.1.1.11)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.3.1.1.12)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.3.1.1.13)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.3.1.1.14)$$

2.1.5.4 応力の評価

2.1.5.4.1 ボルトの応力評価

5.3.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  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、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

せん断応力  $\tau_b$  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。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	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 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 2.1.6 機能維持評価

### 2.1.6.1 電氣的機能維持評価方法

評価用加速度と機能確認済加速度との比較により，地震時又は地震後の電氣的機能維持を評価する。

評価用加速度は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

機能確認済加速度は，「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき加振試験等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。

## 2.2 耐震性についての計算書

### 2.2.1 構造計画

無線通信用アンテナの構造計画を表 2-1, 表 2-2 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>アンテナは、アンテナ用ポールに固定され、アンテナ用ポールは側面取付用金具に固定され、側面取付用金具を基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>無線通信用アンテナ (原子炉建屋)</p>	<p>The diagram illustrates the antenna structure from three perspectives:         <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Top View (平面):</b> Shows the antenna pole and antenna assembly from above, with a horizontal line indicating the ground level.</li> <li><b>Front View (正面):</b> Shows the antenna assembly from the front, highlighting the circular antenna element.</li> <li><b>Side View (側面):</b> Shows the antenna pole and antenna assembly from the side, attached to a vertical wall (基礎(壁面)). Labels include:             <ul style="list-style-type: none"> <li>アンテナ用ポール (Antenna pole)</li> <li>通信用アンテナ (Communication antenna)</li> <li>側面取付用金具 (Side mounting bracket)</li> <li>基礎ボルト (Foundation bolt)</li> <li>基礎(壁面) (Foundation (wall))</li> </ul> </li> </ul> </p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
アンテナは、アンテナ用マストに固定され、アンテナ用マストを床面の埋込金物に溶接して設置する。	無線通信用アンテナ (緊急時対策所建)	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>アンテナ用マスト</p> <p>通信用アンテナ</p> <p>埋込金物</p> <p>基礎 (床面)</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

## 2.2.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 2.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信用アンテナ（原子炉建屋）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 2-1 に示す。

### 2.2.2.2 許容応力

無線通信用アンテナ（原子炉建屋）の許容応力を表 2-2 に示す。

### 2.2.2.3 使用材料の許容応力

無線通信用アンテナ（原子炉建屋）の使用材料の許容応力のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

表 2-1 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	無線通信用アンテナ (原子炉建屋)	常設／緩和	— * <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ 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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,  
「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 2-2 許容応力（その他の支持構造物及び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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> S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 2-3 使用材料の許容応力（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	40			
基礎ボルト		周囲環境温度	40			—

## 2.2.3 機能維持評価

### 2.2.3.1 電氣的機能維持評価

無線通信用アンテナの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。電氣的機能確認済加速度の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

形式	方向	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (原子炉建屋)	水平	5
	鉛直	3
無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋)	水平	5
	鉛直	3

## 2.2.4 評価結果

### 2.2.4.1 電氣的機能維持評価としての評価結果

無線通信用アンテナの重大事故等対処設備として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氣的機能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。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信用アンテナ（原子炉建屋）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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
無線通信用アンテナ (原子炉建屋)	S	原子炉建屋 EL. 63.65 *1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=2.45$	$C_V=1.88$	40

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 無線通信用アンテナ（原子炉建屋）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$\ell_3$ (mm)	$\ell_a$ (mm)	$\ell_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{IV}$	$n_{HI}$
基礎ボルト									

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト					—	

1.3 計算数値

1.3.1 無線通信用アンテナ（原子炉建屋）に作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	—		—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 無線通信用アンテナ（原子炉建屋）の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

注記 \* : (5.4.1)式より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (原子炉建屋)	水平方向	2.04	5
	鉛直方向	1.56	3

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			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	
無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋)	S	緊急時対策所建屋 EL. 51.00	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=1.93$	$C_V=1.45$	40

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

2.2.1 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋）

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$\ell_3$ (mm)	$\ell_a$ (mm)	$\ell_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{NV}$	$n_{NH}$
基礎ボルト	—	—	—	—	—	—	—	—	—

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	—	—	—	—	—

2.3 計算数値

2.3.1 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋）に作用する力

(単位: N)

部 材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	—	—	—	—	—	—	—	—

2.4 結論

2.4.1 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋）の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

注記 \* : (5.4.1)式より算出

2.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋)	水平方向	1.61	5
	鉛直方向	1.21	3

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。