

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-438 改 2
提出年月日	平成 30 年 8 月 21 日

V-2-6-7-4 安全パラメータ表示システム (SPDS)  
無線通信用アンテナの耐震性についての計算書

## 目次

1. 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用基準	4
1.2.4 記号の説明	5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方	6
1.3 評価部位	7
1.4 固有周期	7
1.4.1 基本方針	7
1.4.2 固有周期の算出方法	7
1.4.3 固有周期の算出結果	7
1.5 構造強度評価	8
1.5.1 構造強度評価方法	8
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
1.5.3 設計用地震力	12
1.5.4 計算方法	13
1.5.5 計算条件	15
1.5.6 応力の評価	16
1.6 機能維持評価	17
1.6.1 電氣的機能維持評価方法	17
1.7 評価結果	18
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18
2. 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	21
2.1 概要	21
2.2 一般事項	21
2.2.1 構造計画	21
2.2.2 評価方針	23
2.2.3 適用基準	24
2.2.4 記号の説明	25
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	26
2.3 評価部位	27
2.4 固有周期	27

2.4.1	基本方針	27
2.4.2	固有周期の算出方法	27
2.4.3	固有周期の算出結果	27
2.5	構造強度評価	28
2.5.1	構造強度評価方法	28
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	28
2.5.3	設計用地震力	32
2.5.4	計算方法	33
2.5.5	計算条件	35
2.5.6	応力の評価	36
2.6	機能維持評価	37
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	37
2.7	評価結果	38
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	38

## 1. 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）

### 1.1 概要

本計算書は、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、無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）は、重大事故等対処設備においては常設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。重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の構造計画を表 1-2-1 に示す。

表 1-2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無線通信用アンテナ (原子炉建屋側) は、 基礎 (壁面) に基礎ボ ルトで設置する。	無線通信用アンテナ (原子炉建屋)	<p>The diagram illustrates the antenna's structure from three perspectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Top View (上面):</b> Shows a circular antenna mounted on a rectangular base. The diameter of the antenna is 371mm, and the height from the base to the top of the antenna is 409mm.</li> <li><b>Front View (正面):</b> Shows the antenna's profile, which is 600 mm high.</li> <li><b>Side View (側面):</b> Shows the antenna mounted on a vertical wall (基礎 (壁面)). It is secured by two chemical anchors (基礎ボルト (ケミカルアンカ)) that pass through the antenna's base into the wall.</li> </ul>

### 1.2.2 評価方針

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）は、添付書類「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、「1.2.1 構造計画」にて示す無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で測定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、「1.5 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（原子炉建屋側）の機能維持評価は、添付書類「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、「1.6 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「1.7 評価結果」に示す。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価フローを図1-2-2に示す。

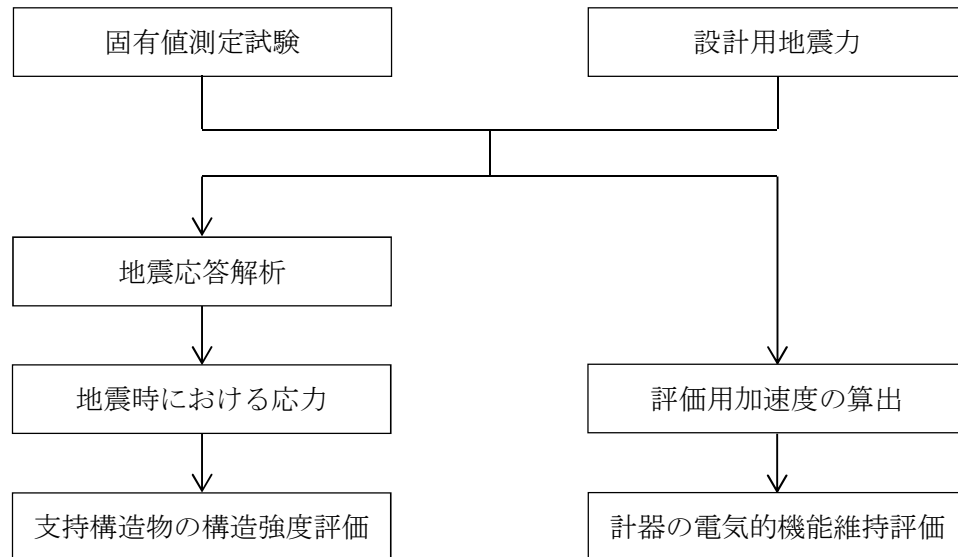


図1-2-2 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価フロー

### 1.2.3 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 JEAG 4601・補一1984, JEAG 4601-1987及びJEAG 4601-1991 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。）） JSME S NC 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

1.2.4 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本あたり)	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本あたり) (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本あたり) (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
$m$	計器スタクションの質量	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)(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(正面方向)(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 \* :  $l_1 \leq l_2$

### 1.2.5 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1-2-3に示すとおりとする。

表1-2-3 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*1	mm	—	—	整数位
面積*2	mm <sup>2</sup>	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の場合は、小数点以下表示とする。

\*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。

### 1.3 評価部位

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価は、「1.5.1 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実施する。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価部位については、表 1-2-1 の概略構造図に示す。

### 1.4 固有周期

#### 1.4.1 基本方針

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 1.4.2 固有周期の算出方法

振動試験装置にて無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の固有振動数を測定する。無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の外形図を表 1-2-1 の構造計画に示す。

#### 1.4.3 固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 1-4-1 に示す。鉛直方向は固有周期が 0.05s 以下であり、剛であることを確認した。また、水平方向  であることを確認した。

表 1-4-1 固有周期 (s)

水平	鉛直
<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 1.5 構造強度評価

### 1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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（原子炉建屋側）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（原子炉建屋側）は基礎ボルトで基礎（壁面）に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、図 1-5-5(1)、図 1-5-5(2) 計算モデルにおける短辺方向及び長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。
- (5) 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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。

### 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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 1-5-1 に示す。

#### 1.5.2.2 許容応力

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の許容応力を表 1-5-2 に示す。

#### 1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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 1-5-3 に示す。

表 1-5-1 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
計測制御 系統施設	計測装置	無線通信用アンテナ (原子炉建屋側)	常設／防止 常設／緩和	— *2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1:「常設／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 1-5-2 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 <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
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 1-5-3 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)
基礎ボルト		周囲環境温度	235	400	—

1.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-5-4 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 1-5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

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 $S_d$ 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
常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 □	□	□	—	—	$C_H=2.45$	$C_V=1.88$

注記 \*1：基準床レベルを示す。

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 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。

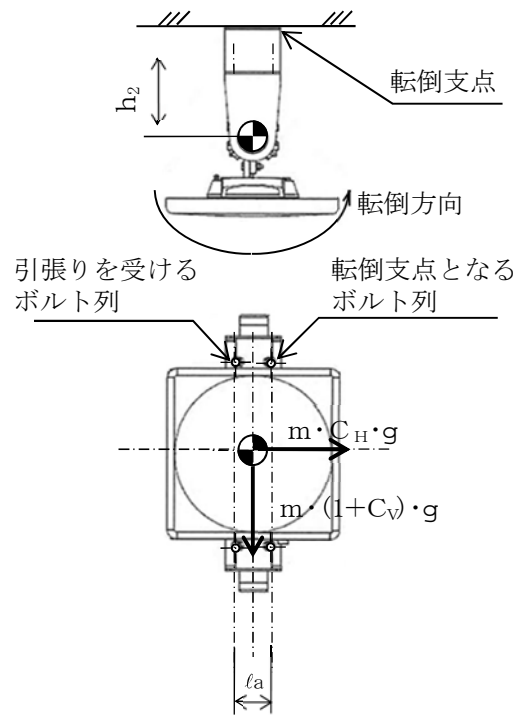


図1-5-5(1) 計算モデル (短辺方向転倒)

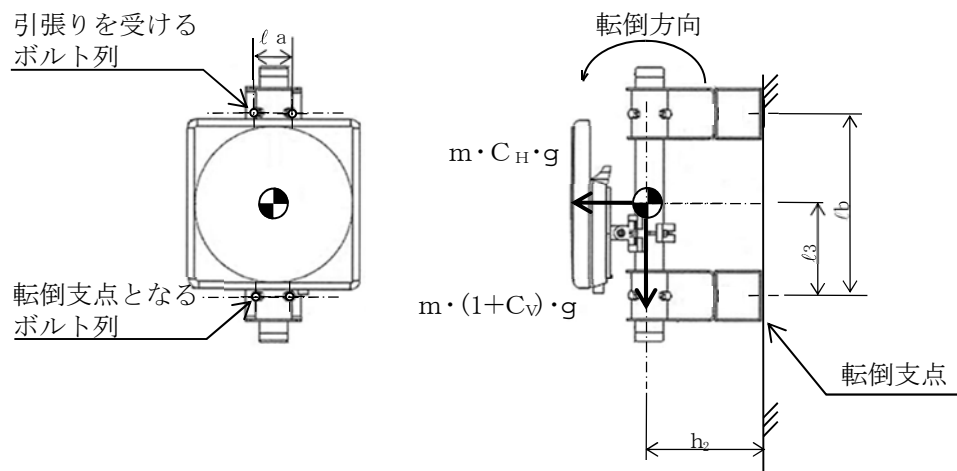


図1-5-5(2) 計算モデル (長辺方向転倒)



(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1-5-5(1)及び図1-5-5(2)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1-5-5(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図1-5-5(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

引張応力 (σ<sub>b</sub>)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

ただし、F<sub>b</sub>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. 壁掛形

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.9)$$

### 1.5.5 計算条件

#### 1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける基礎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 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 1.6 機能維持評価

### 1.6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度は添付書類「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。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の機能確認済加速度は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式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加速度を適用する。

機能確認済加速度を表1-6-1に示す。

表1-6-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (原子炉建屋側)	水平	
	鉛直	

## 1.7 評価結果

### 1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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（原子炉建屋側）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 $S_d$ 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 (原子炉建屋側)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋			-	-	$C_H=2.45$	$C_V=1.88$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{HI}$
基礎ボルト								1	2

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	245	400	-	280	-	水平方向

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</sub>		Q <sub>b</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	—		—	

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		引張り	—	—	σ <sub>b</sub> =5	f <sub>ts</sub> =168*
		せん断	—	—	τ <sub>b</sub> =2	f <sub>sb</sub> =129

すべて許容応力以下である。

注記\* : f<sub>ts</sub> = Min[1.4 · f<sub>to</sub> - 1.6 · τ<sub>b</sub>, f<sub>to</sub>]より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s<sup>2</sup>)

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

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

## 2. 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）

### 2.1 概要

本計算書は、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、無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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説明するものである。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）は、重大事故等対処設備においては常設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及び電気的機能維持評価を示す。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の構造計画を表 2-2-1 に示す。



表 2-2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋側)は、基礎に基礎ボルトで設置する。	無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋側)	<p>上面</p> <p>210mm</p> <p>293mm</p> <p>1050mm</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>正面 基礎</p> <p>側面</p> <p>(側面方向)</p>

## 2.2.2 評価方針

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）は、添付書類「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、「2.2.1 構造計画」にて示す無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で測定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、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することを実施する。また、無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の機能維持評価は、添付書類「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、「2.6 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「2.7 評価結果」に示す。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価フローを図 2-2-2 に示す。

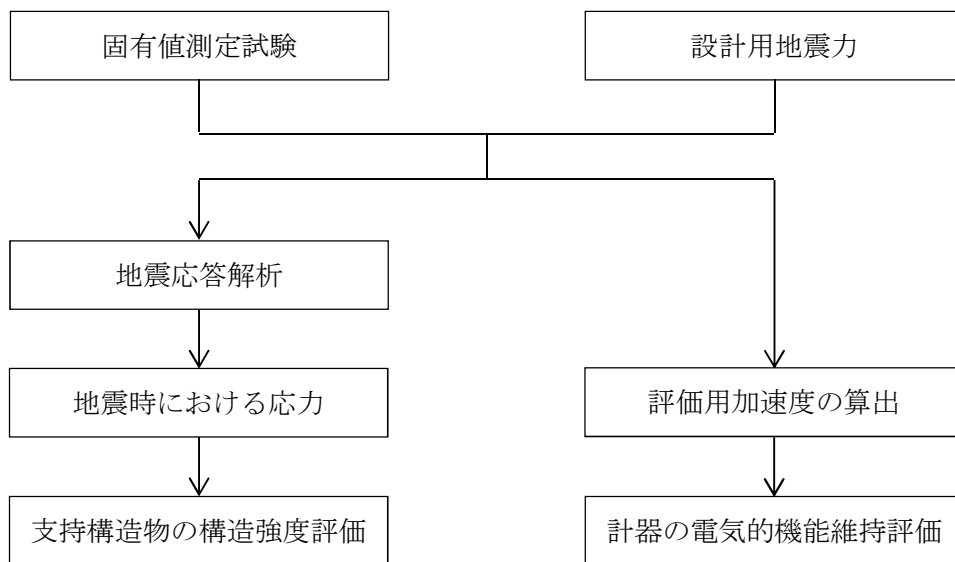


図 2-2-2 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価フロー

### 2.2.3 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。）

## 2.2.4 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本あたり)	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本あたり) (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本あたり) (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
$m$	計器スタクションの質量	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)(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(正面方向)(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 \* :  $l_1 \leq l_2$

### 2.2.5 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2-2-3に示すとおりとする。

表2-2-3 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*1	mm	—	—	整数位
面積*2	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	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の場合は、小数点以下表示とする。

\*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。

### 2.3 評価部位

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価は、「2.5.1 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実施する。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価部位については、表 2-2-1 の概略構造図に示す。

### 2.4 固有周期

#### 2.4.1 基本方針

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 2.4.2 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の外形図を表 2-2-1 の構造計画に示す。

#### 2.4.3 固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 2-4-1 示す。鉛直方向は固有周期が 0.05s 以下であり、剛であることを確認した。また、水平方向は  であることを確認した。

表 2-4-1 固有周期 (s)

水平	鉛直
<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 2.5. 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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（緊急時対策所建屋側）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（緊急時対策所建屋側）は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、図 2-5-5 計算モデルにおける短辺方向及び長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。
- (5) 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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 2-5-1 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の許容応力を表 2-5-2 に示す。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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 2-5-3 に示す。

表 2-5-1 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* <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 (緊急時対策所建屋側)	常設／防止 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／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 2-5-2 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 <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
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 2-5-3 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)
基礎ボルト		周囲環境温度	205	520	—

### 2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-5-4 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 2-5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

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 $S_d$ 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
常設／防止 常設／緩和	緊急時対策 所建屋側			—	—	$C_H=1.93$	$C_V=1.45$

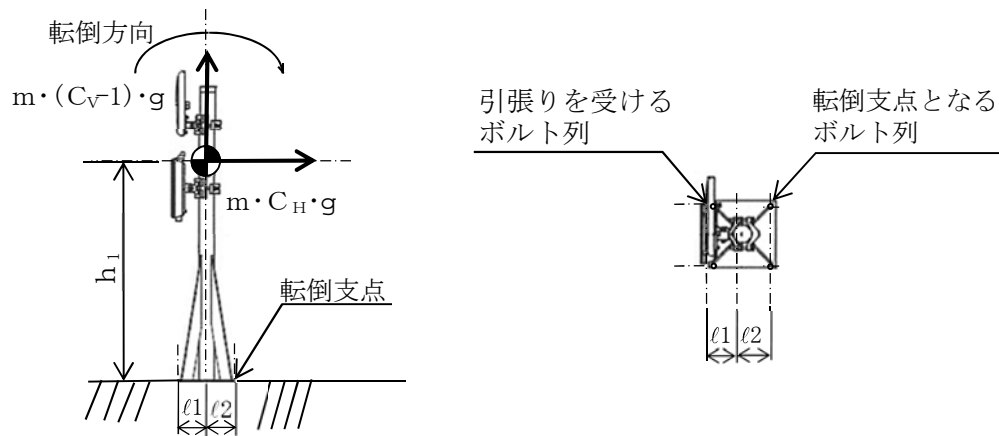
注記 \*1：基準床レベルを示す。

## 2.5.4 計算方法

### 2.5.4.1 応力の計算方法

#### 2.5.4.1.1 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。



$$(l_1 \leq l_2)$$

図2-5-5 計算モデル

(直立形 正面方向転倒-1  $(1 - C_V) \geq 0$ 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2-5-5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 ( $F_b$ )

計算モデル図2-5-5の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_b$  は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.3.1.1.3)$$

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

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (2.5.3.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.5.3.1.1.5)$$

## 2.5.5 計算条件

### 2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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。

## 2.5.6 応力の評価

### 2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ はせん断力のみを受ける基礎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 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 2.6 機能維持評価

### 2.6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度は添付書類「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。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の機能確認済加速度は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式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加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-6-1 に示す。

表 2-6-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (緊急時対策所建屋側)	水平	
	鉛直	



## 2.7 評価結果

### 2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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（緊急時対策所建屋側）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)		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 (緊急時対策所建屋側)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋			—	—	$C_H=1.93$	$C_V=1.45$	

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_i$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
基礎ボルト							2

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	205	520	—	205	—	側面方向

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</sub>		Q <sub>b</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	—		—	

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		引張り	—	—	σ <sub>b</sub> =3	f <sub>ts</sub> =123*
		せん断	—	—	τ <sub>b</sub> =1	f <sub>sb</sub> =94

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s<sup>2</sup>)

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

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。