

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-672 改0
提出年月日	平成30年5月25日

V-2-6-7-2 衛星電話設備（常設）の耐震性についての計算書

衛星電話設備（常設）の耐震計算書は、以下の図書より構成されている。

- 添付書類 V-2-6-7-2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算書
- 添付書類 V-2-6-7-2-2 屋外アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算書
- 添付書類 V-2-6-7-2-3 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）
の耐震性についての計算書
- 添付書類 V-2-6-7-2-4 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書
- 添付書類 V-2-6-7-2-5 屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算書
- 添付書類 V-2-6-7-2-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

V-2-6-7-2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）
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	2
2.2 適用基準	2
3. 評価部位	2
4. 機能維持評価	3
4.1 電氣的機能維持評価方法	3
4.2 加振試験	4
5. 評価結果	5
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	5

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、重大事故等対処施設において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及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備（固定型）（中央制御室）をマジックテープ及びバンドにて机の上に固縛する。</p> <p>机は専用治具を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	<p>衛星電話設備（固定型）（中央制御室）</p>	

2.2 評価方針

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「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. 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「5. 評価結果」に示す。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

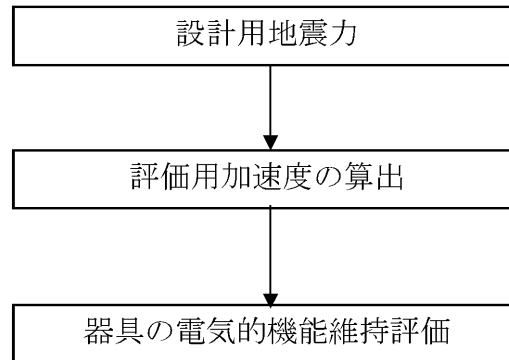


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、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, 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）に準拠して評価する。

3. 評価部位

評価部位は衛星電話設備（固定型）（中央制御室）本体である。本計算書では、加振試験結果を用いた衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持評価について示す。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能維持評価は、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）設置床の加速度により実施する。衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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. 機能維持評価

4.1 電気的機能維持評価方法

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は原子炉建屋付属棟（中央制御室）内に設置されることから、評価用加速度は、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す原子炉建屋の地震応答解析で評価した衛星電話設備（固定型）（中央制御室）を設置する床に生じる加速度とし、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、器具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加振台の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備 (固定型) (中央制御室)	水平	1.80
	鉛直	1.65

4.2 加振試験

4.2.1 基本事項

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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。

4.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波：対象機器設置床における基準地震動 S_s に対する設計用床応答曲線を上回るように設定
- ・加振方向：水平 2 方向と鉛直方向の 3 方向同時

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

対象機器設置箇所	加振方向	最大床加速度(G)
		$S_s - D1 \sim$ $S_s - 31$ の包絡
原子炉建屋 EL. 18.00 m (EL. 20.30 m) *1	水平*2	1.11
	鉛直	0.84

注記 *1：設置場所は中間階のため、1つ上階の最大床加速度を用いて保守的に評価する。

*2：水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の重大事故等の状態を考慮した場合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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
衛星電話設備 (固定型) (中央制御室)	水平方向	1.11	1.80
	鉛直方向	0.84	1.65

9 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。

V-2-6-7-2-2 屋外アンテナ（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造の説明	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用規格	2
3. 耐震評価箇所	3
4. 地震応答解析及び応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 設計用地震力	7
4.4 解析モデル及び諸元	8
4.5 固有値解析	10
4.6 応力評価方法	11
4.7 応力評価条件	12
5. 機能維持評価	12
5.1 機能維持評価方法	12
6. 評価結果	14
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14

1. 概要

本資料は、資料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、屋外アンテナ（中央制御室）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。その耐震評価は、屋外アンテナ（中央制御室）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

屋外アンテナ（中央制御室）は、重大事故等対処設備において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、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

屋外アンテナ（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 屋外アンテナ（中央制御室）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
屋外アンテナ (中央制御室)	アンテナ	屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 また、アンテナ取付架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	<p>屋外アンテナ</p> <p>取付金具</p> <p>壁</p> <p>アンテナ取付架台</p> <p>基礎ボルト</p> <p>アンカー取付部 フレーム</p>

2.2 評価方針

屋外アンテナ（中央制御室）の応力評価は、資料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 構造の説明」にて示す屋外アンテナ（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、屋外アンテナ（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」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「5. 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「6. 評価結果」に示す。

屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

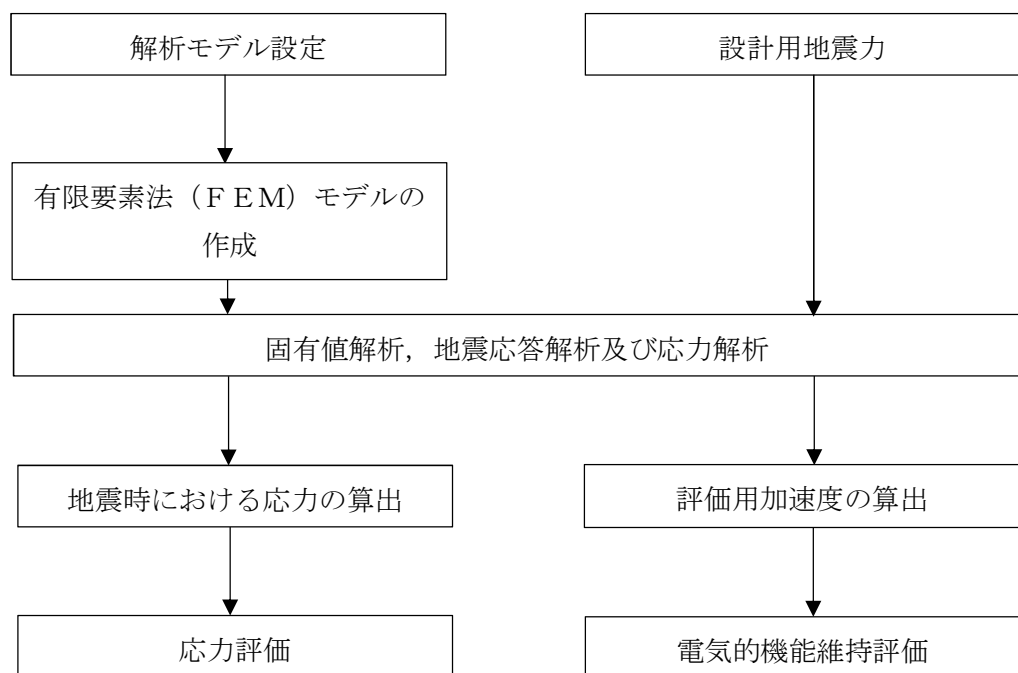


図2-1 屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC 1-2005/2007」(社) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」(社) 日本電気協会
- ・「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-1984」(社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」(社) 日本電気協会

3. 耐震評価箇所

屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価箇所については、表 2-1 の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

屋外アンテナ（中央制御室）の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、アンテナ取付架台をはり要素と質量要素により有限要素法（FEM）の解析モデルを作成し、FEMモデルによる解析を行い固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認した上で、設計用最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を実施する。20 Hz 未満である場合は、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「NX NASTRAN Ver. 9.1」を使用する。
 なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN Ver. 9.1」の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 63「計算機プログラム（解析コード）の概要 ・NASTRAN」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルトで固定された図 4-1 の△の節点について水平方向変位、上下方向変位を拘束した。いずれも回転は拘束していない。ただし、アンカー取付部フレームの軸方向の回転は、フレームを壁面に取り付けるため固定する。
- (4) 屋外アンテナ及び取付金具の質量は、耐震評価上厳しくなる最上端の節点位置に質量要素として設定した。アンテナ取付架台の質量は、はり要素の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。
- (5) 許容応力について J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

屋外アンテナ（中央制御室）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。また、本設備の構造や形状から、風荷重及び積雪荷重の影響が無視できない可能性があることから、風荷重及び積雪荷重を組合せて評価を行う。

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（中央制御室）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

屋外アンテナ（中央制御室）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ているものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

風荷重は、風速 30 m/s を使用し、屋外アンテナ（中央制御室）の架台形状、風向きを踏まえ、各部位に作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 4-4 に示す。

4.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、単位荷重 20 N/cm/m² を使用し、屋外アンテナ（中央制御室）の架台形状を踏まえ、各部位に作用する積雪荷重を算出する。算出した積雪荷重を表 4-5 に示す。

表 4-1 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	その他	屋外アンテナ（中央制御室）	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状態を適用する。

*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 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A Sとして、IV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注：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。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

基礎ボルト

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)
SUS304	<input type="text"/> (雰囲気温度)	198	504	205	205

表 4-4 基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m ²)
アンテナ取付架台	1808.3

表 4-5 積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3 設計用地震力

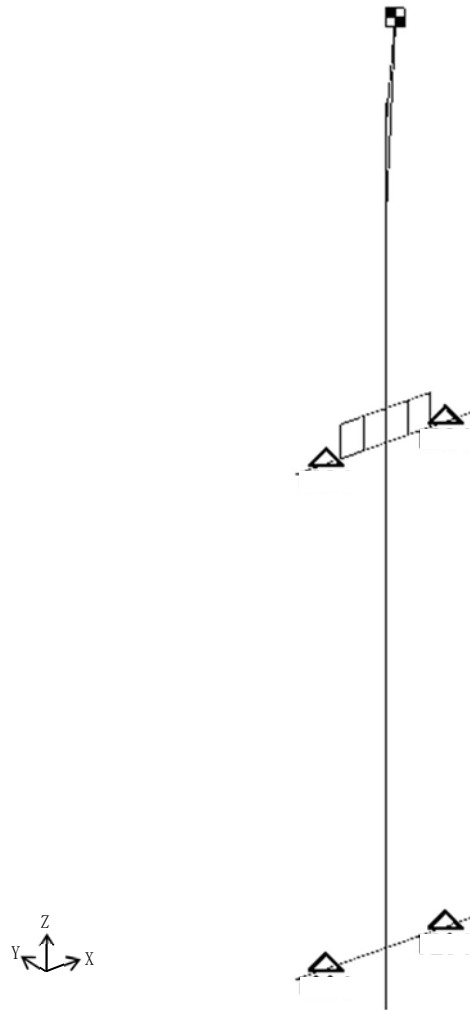
耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表4-6に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-6 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S_s	原子炉 建屋 EL. 63.65	原子炉 建屋 EL. 63.65	水平	水平方向，鉛直方向ともに S_s 8 波を包絡した値 を用いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは、アンテナ取付架台をはり要素と質量要素にてモデル化したFEMモデルである。解析モデルを図4-1に、解析モデルの諸元を表4-7に示す。



注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

図 4-1 解析モデル図

表 4-7 解析モデルの諸元

項目	単位	入力値
材料 (アンテナ取付架台)	—	SUS304
温度条件 (雰囲気温度)	℃	<input type="text"/>
縦弾性係数 (アンテナ取付架台)	MPa	193000
ポアソン比 (アンテナ取付架台)	—	0.25
寸法	—	図 4-2
要素数	個	40
節点数	個	35
質量 (アンテナ+取付金具)	kg	1.5

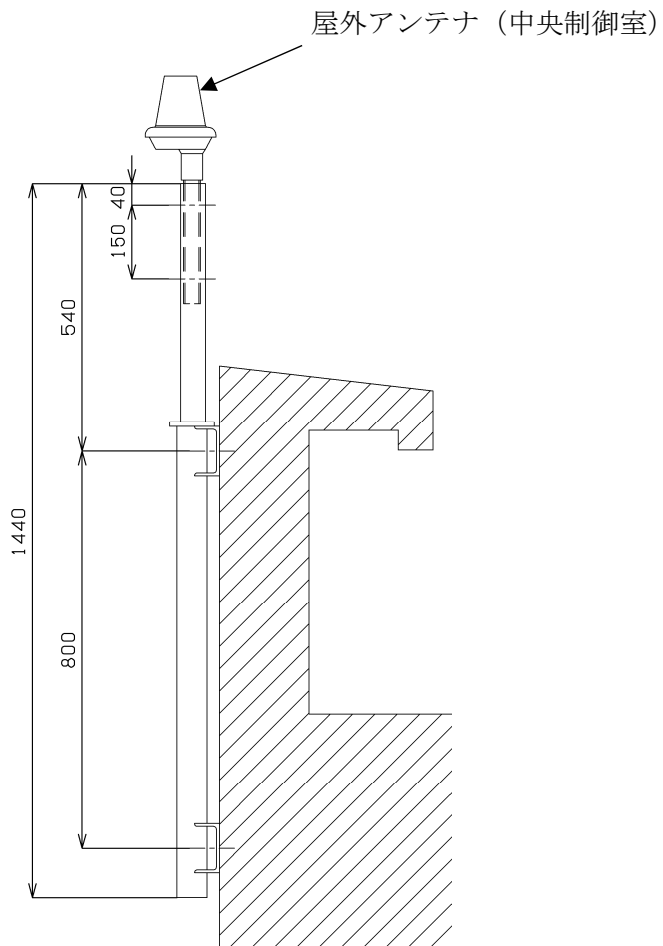


図 4-2 屋外アンテナ (中央制御室) 外形図

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を表 4-8 に、振動モード図を図 4-3 に示す。

表 4-8 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右 (X) 方向	前後 (Y) 方向	鉛直 (Z) 方向	
1	68.0	0.000	-0.061	-0.006	アンテナ取付架台
2	138.5	0.020	0.000	0.000	アンテナ取付架台
3	204.5	-0.058	0.000	0.000	アンテナ取付架台
4	371.7	0.000	0.040	-0.008	アンテナ取付架台
5	448.3	0.002	0.000	0.000	アンテナ取付架台
6	492.3	-0.057	0.000	0.000	アンテナ取付架台
7	493.6	0.000	0.050	0.041	アンテナ取付架台

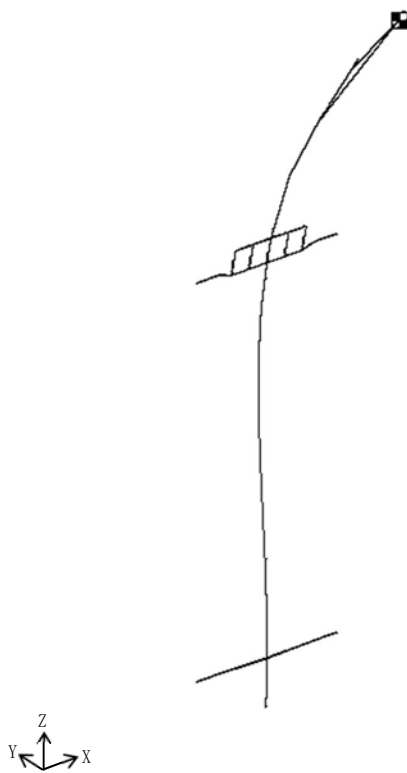


図 4-3 振動モード図 (68.0 Hz)

4.6 応力評価方法

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表4-9の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、応力計算式に使用する記号を表4-10に示す。

表4-9 応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{T}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{Q}{A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{T}{A}$

ここで、

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力} \quad T = F_x$$

$$\text{基礎ボルトに作用するせん断応力} \quad Q = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

表4-10 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A	基礎ボルトの断面積	mm ²

4.7 応力評価条件

(1) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(2) 設計用加速度

項目	設計用加速度* ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	2.45
鉛直	1.88

注記 * : 固有値解析結果より, 固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため, 設計用加速度には設計用最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

5. 機能維持評価

屋外アンテナ (中央制御室) は, 地震後に電氣的機能が要求されており, 地震後においてもその機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

屋外アンテナ (中央制御室) の評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認する。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を表 5-1 に示す。

なお, 地震時における屋外アンテナ (中央制御室) の応答加速度は, 固有値解析により固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため, 評価用加速度には設計用最大床加速度を使用する。

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

器具名称	電氣的機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水 平	鉛 直
屋外アンテナ (中央制御室)	8.24	8.16

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（中央制御室）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。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を表 6-1 に示す。また、電氣的機能維持確認結果を表 6-2 に示す。

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果

評価対象設備			評価部位	応力の種類	算出応力	許容応力
					(MPa)	(MPa)
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ (中央制御室)	基礎ボルト	引張応力	5	122
				せん断応力	6	94
				組合せ応力	5	122

注 : 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容応力は, $\text{Min} (1.4 \times 1.5 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_{bs}, 1.5 \cdot f_t^*)$ とする。

表 6-2 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処設備）

評価対象設備			電氣的機能確認済加速度との比較			
			水平加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			評価用 加速度	電氣的機能 確認済 加速度	評価用 加速度	電氣的機能 確認済 加速度
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ（中央制御室）	2.04	8.24	1.56	8.16

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。

V-2-6-7-2-3 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造の説明	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用規格	2
3. 耐震評価箇所	3
4. 地震応答解析及び応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 設計用地震力	6
4.4 解析モデル及び諸元	7
4.5 固有値解析	9
4.6 応力評価方法	12
4.7 応力評価条件	15
5. 機能維持評価	15
5.1 機能維持評価方法	15
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本資料は、資料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、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）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。その耐震評価は、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）は、重大事故等対処設備において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、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）	垂直自立型	器具は、棚板に取付ボルトにて固定する。棚板は、溶接にて耐震架フレームに固定する。耐震架フレームは、基礎ボルトにて床に固定する。	<p>耐震架フレーム</p> <p>取付ボルト</p> <p>棚板</p> <p>基礎ボルト</p> <p>床</p> <p>器具</p> <p>(電氣的機能維持評価対象)</p>

2.2 評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の応力評価は、資料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 構造の説明」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」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「5. 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「6. 評価結果」に示す。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

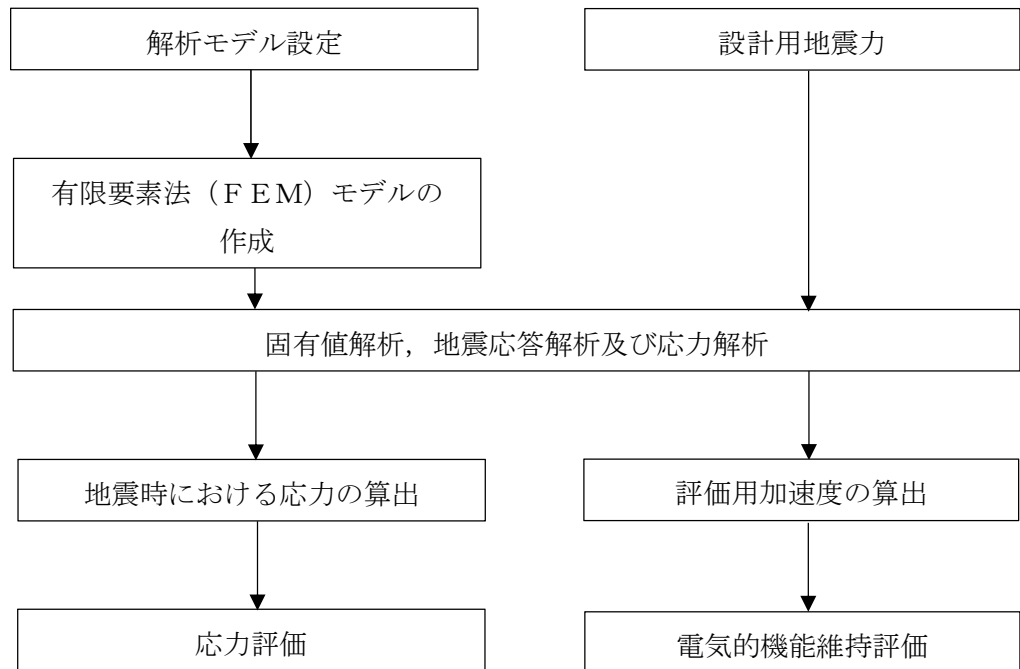


図2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」(社) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」(社) 日本電気協会
- ・「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-1984」(社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」(社) 日本電気協会

3. 耐震評価箇所

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる耐震架フレーム及び基礎ボルトを対象に選定する。衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価箇所については、表 2-1 の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）をばり要素、シェル要素及び質量要素により有限要素法（FEM）の解析モデルを作成し、FEMモデルによる解析を行い固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認した上で、設計用最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を実施する。20 Hz 未満である場合は、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「NX NASTRAN Ver. 9.1」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN Ver. 9.1」の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要 ・NASTRAN」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト位置をピン拘束とする。
- (4) 取付器具の質量は取付位置での中心に付加する。
- (5) 許容応力について J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）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 4-3 に示す。

表 4-1 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	その他	衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	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状態を適用する。

*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 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界*1*2 (ボルト等以外)				許容限界*2 (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t * [*]	1.5・f _s * [*]	1.5・f _c * [*]	1.5・f _b * [*]	1.5・f _t * [*]	1.5・f _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:「鋼構造設計基準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2: 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。

表 4-2 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

(1) 耐震架フレーム

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SUS304	<input type="text" value=""/> (雰囲気温度)	205	520	205

(2) 基礎ボルト

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SUS304	<input type="text" value=""/> (雰囲気温度)	205	520	205

4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表4-4にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-4 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S_s	原子炉建屋 EL. 18.00	原子炉建屋 EL. 20.30	水平	水平方向，鉛直方向ともに S_s 8 波を包絡した値を用 いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは、耐震架フレームを構成する鋼材をはり要素、器具を質量要素としてモデル化したFEMモデルである。解析モデルを図4-1、解析モデルの諸元を表4-5、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の諸元を表4-6に示す。

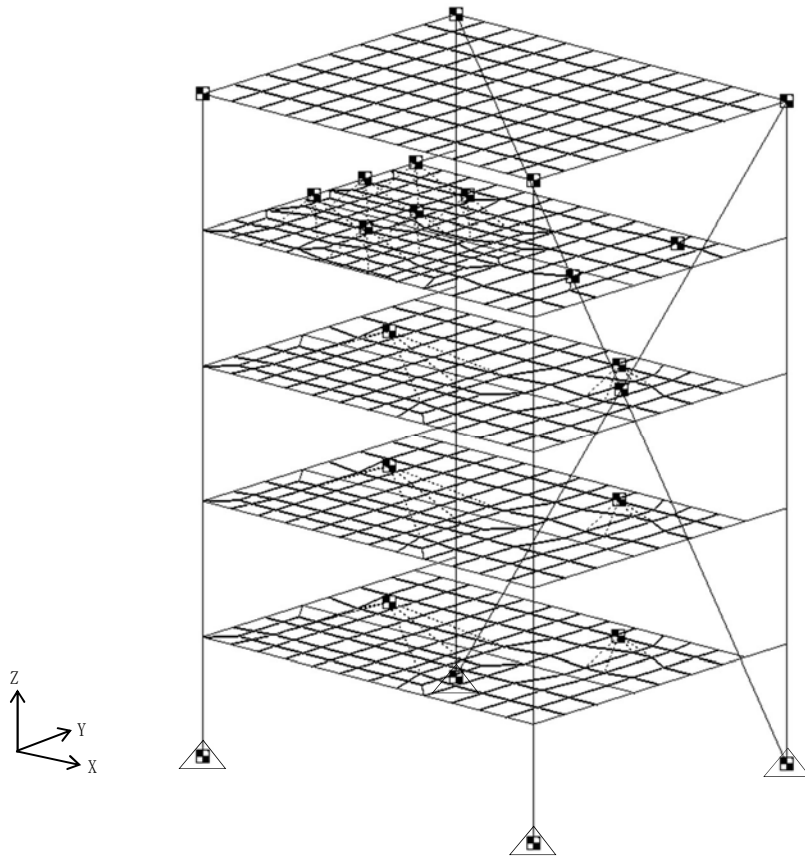


図4-1 解析モデル図

注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
温度条件(雰囲気温度)	℃	<input type="text"/>
縦弾性係数	MPa	194000
ポアソン比	—	0.25
寸法	—	図4-2
要素数	個	1000
節点数	個	804

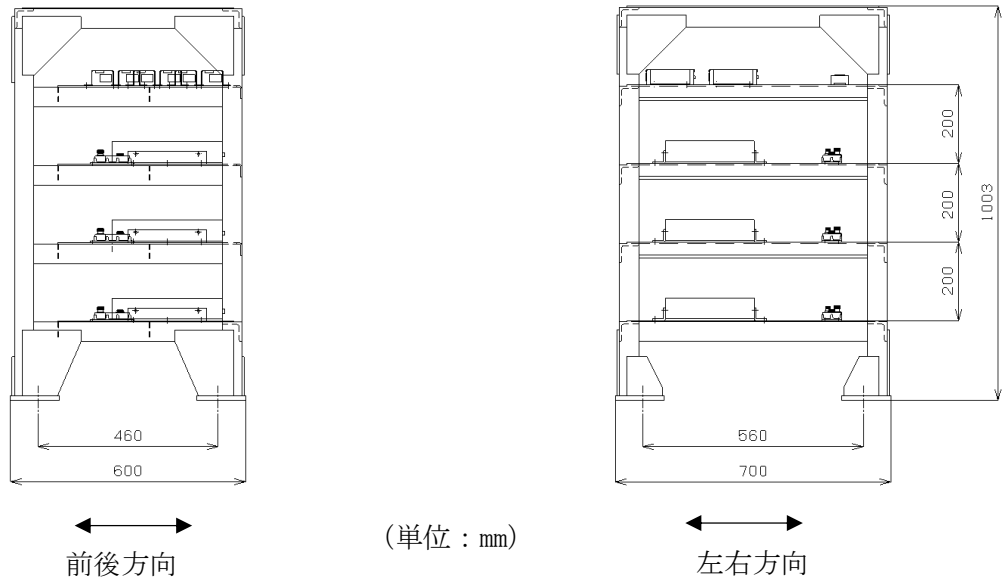


図 4-2 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）外形図

表 4-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の諸元

部品	主な構成部材	質量 (kg)
耐震架フレーム	L型鋼	83.4
棚板	鋼板	38.2
器具	—	11.74

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を表 4-7 に、1 次モード図及び刺激係数が各方向について高いモードの振動モード図を図 4-3～図 4-5 に示す。

表 4-7 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右 (X) 方向	前後 (Y) 方向	鉛直 (Z) 方向	
1	32.1	-0.090	0.300	0.001	フレーム
2	33.8	-0.210	-0.129	-0.001	フレーム
3	59.2	-0.060	-0.005	0.000	フレーム
4	67.5	0.000	-0.001	0.067	棚板
5	70.9	-0.224	0.001	0.001	フレーム
6	120.8	0.012	0.020	0.142	棚板
7	121.3	-0.010	-0.002	0.008	棚板
8	122.5	-0.025	-0.010	0.061	フレーム
9	123.1	0.015	0.006	-0.013	棚板
10	127.0	-0.005	0.065	0.037	棚板
11	127.6	-0.007	0.063	-0.086	棚板
12	135.5	0.003	-0.010	-0.090	棚板

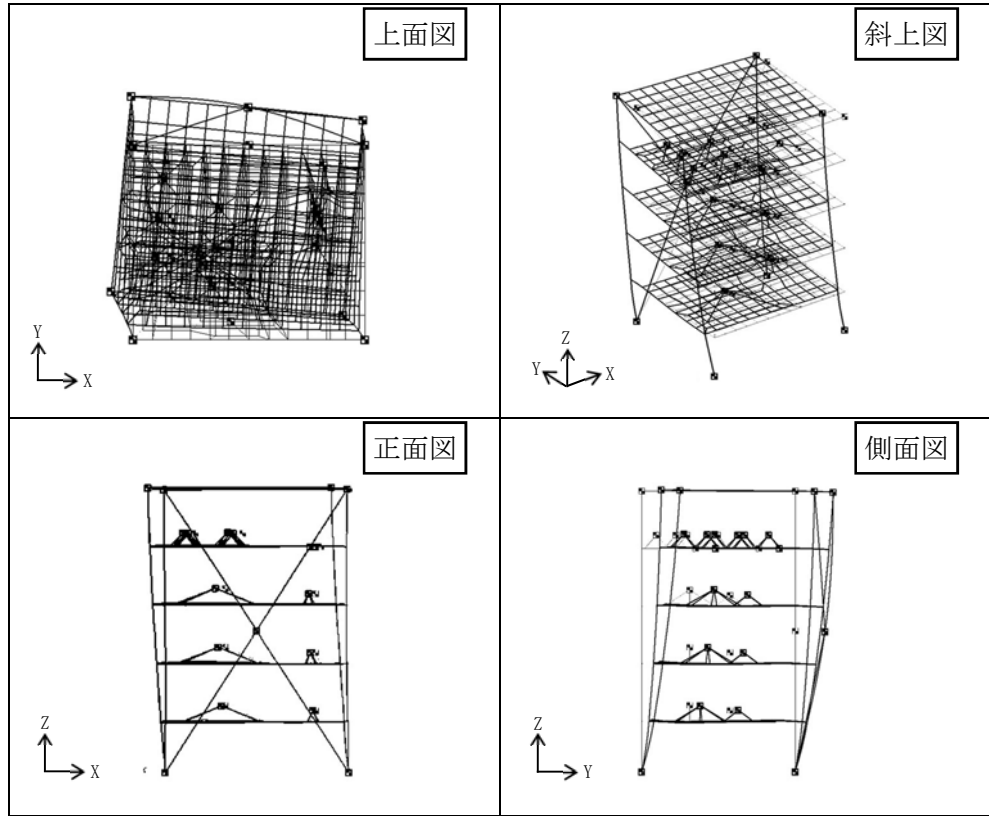


図 4-3 振動モード図 (32.1 Hz)

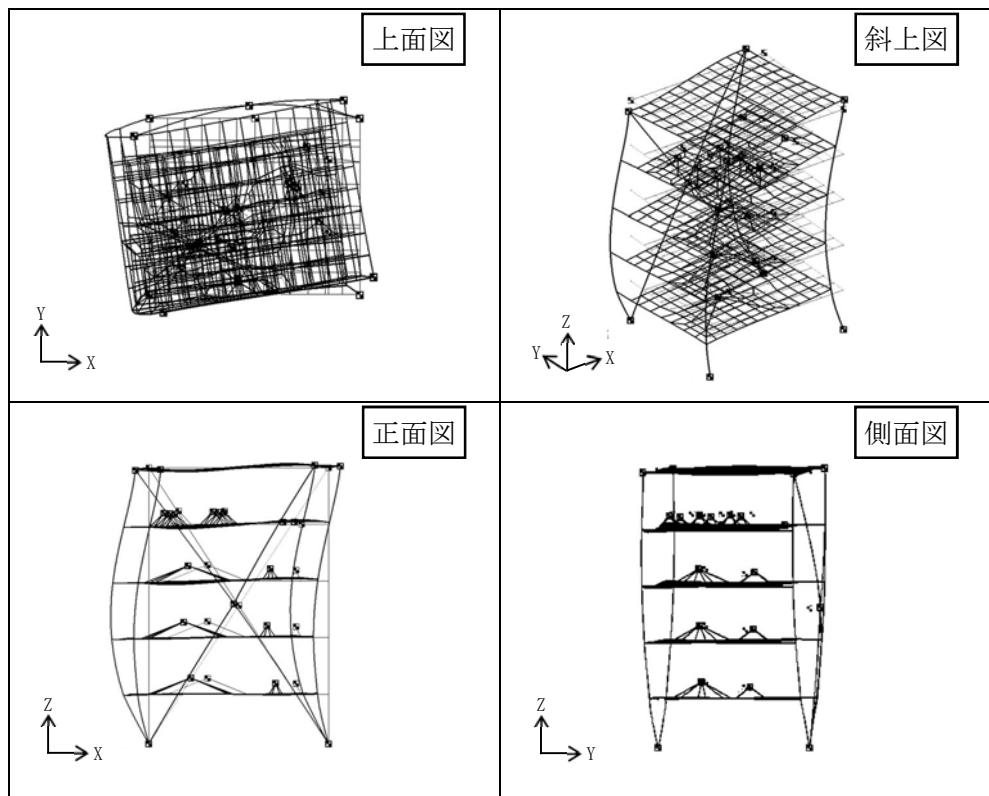


図 4-4 振動モード図 (70.9 Hz)

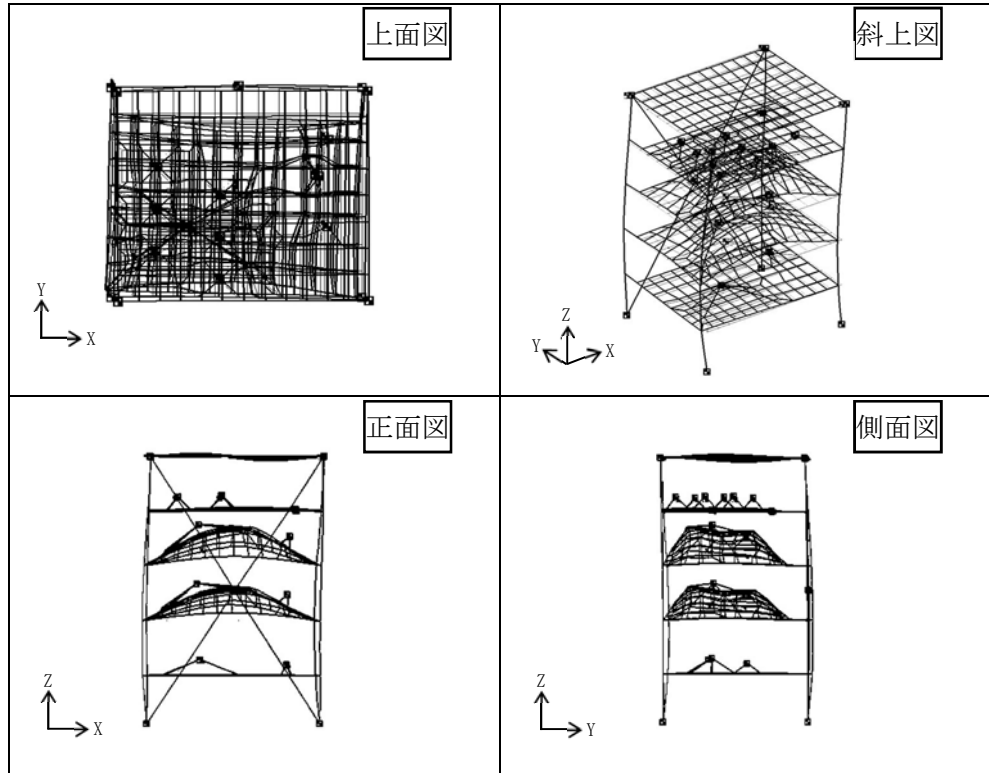


図 4-5 振動モード図 (120.8 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 耐震架フレームの応力評価

FEM解析の結果から得られる耐震架フレーム部分のはり要素の荷重，モーメントを用いて，表 4-8 の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また，応力計算式に使用する記号を表 4-9 に示す。

表 4-8 応力計算式

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
せん断応力 τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y}, \frac{F_z}{A_z}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}, \frac{M_z}{Z_z}$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 \cdot f_t^*}, \frac{\sigma_b - \sigma_t}{1.5 \cdot f_b^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5 \cdot f_c^*} + \frac{\sigma_b}{1.5 \cdot f_b^*}, \frac{\sigma_b - \sigma_c}{1.5 \cdot f_t^*}$

表 4-9 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	はりに作用する引張力	N
	はりに作用する圧縮力	N
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³

4.6.2 基礎ボルトの応力評価

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表4-10の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、応力計算式に使用する記号を表4-11に示す。

表4-10 応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{T}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{Q}{A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{T}{A}$

ここで、

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力} \quad T = F_x$$

$$\text{基礎ボルトに作用するせん断応力} \quad Q = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

表4-11 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A	基礎ボルトの断面積	mm ²

4.7 応力評価条件

(1) 耐震架フレーム

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304

(2) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(3) 設計用加速度

項目	設計用加速度* ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	1.34
鉛直	1.01

注記 * : 固有値解析結果より、固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、設計用加速度には設計用最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

5. 機能維持評価

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）内器具は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においてもその機能が維持されていることを示す。

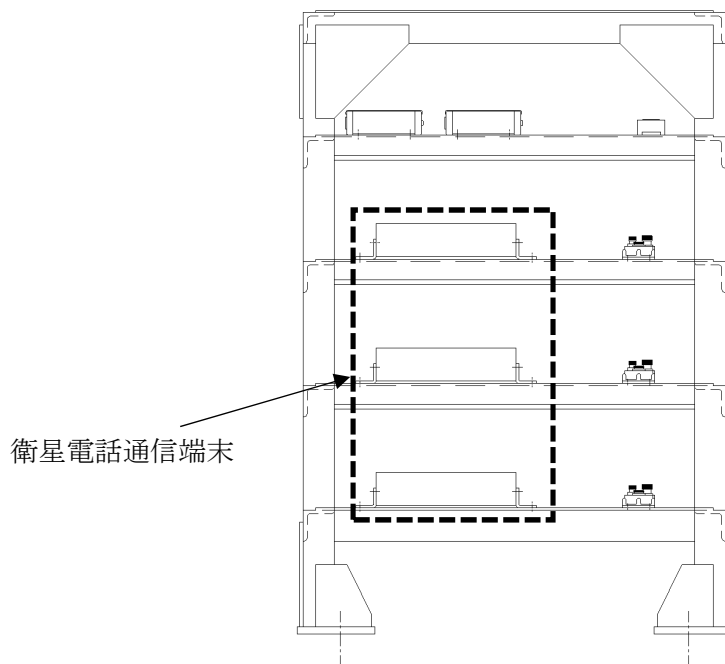
5.1 機能維持評価方法

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、固有値解析結果より、固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、評価用加速度には設計用最大床加速度を使用する。

機能確認済加速度には、器具単品において、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の設置床における基準地震動（ $S_s - D1 \sim S_s - 31$ ）に対する設計用最大床加速度を上回る加速度にて水平 2 方向と鉛直方向の 3 方向同時に加振し、通信試験により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。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。また、評価対象である器具の取付図を図 5-1 に示す。

表 5-1 表 電氣的機能確認済加速度

器具名称	電氣的機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水平	鉛直
衛星電話通信端末	1.84	1.67



衛星電話通信端末

[- - -]: 評価対象 (取付ボルト含む)

図 5-1 器具の取付図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）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。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を表 6-1 に示す。また、電氣的機能維持確認結果を表 6-2 に示す。

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力の種類	加速度の 方向*1	算出応力	許容応力	
					(MPa)	(MPa)	
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備用通信機器収納ラック (中央制御室)	耐震架 フレーム	引張応力	前後+鉛直	3	205
					左右+鉛直	4	
				せん断応力	前後+鉛直	2	118
					左右+鉛直	2	
				圧縮応力	前後+鉛直	2	162
					左右+鉛直	3	162
			曲げ応力	前後+鉛直	26	205	
				左右+鉛直	21		
			組合せ応力	引張応力+曲げ応力	前後+鉛直	0.13*2	1*2
					左右+鉛直	0.11*2	
				圧縮応力+曲げ応力	前後+鉛直	0.13*2	
					左右+鉛直	0.11*2	

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (2/2)

評価対象設備		評価部位	応力の種類	加速度の 方向*1	算出応力	許容応力
					(MPa)	(MPa)
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備 用通信機器収 納ラック (中 央制御室)	引張応力	前後+鉛直	14	122
				左右+鉛直	20	
			せん断応力	前後+鉛直	5	94
				左右+鉛直	5	
			組合せ応力	前後+鉛直	14	122*3
				左右+鉛直	20	

注記 *1: 衛星電話設備用通信機器収納ラック (中央制御室) の正面に直行する方向を前後方向, 正面と平行な方向を左右方向とする。

*2: 単位なし

3: 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容応力は, $\text{Min} (1.4 \times 1.5 \cdot f_t^ - 1.6 \cdot \tau_{bs}, 1.5 \cdot f_t^*)$ とする。

表 6-2 電氣的機能維持評価結果

評価対象設備				電氣的機能確認済加速度との比較			
				水平加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
				評価用 加速度	電氣的 機能確認済 加速度	評価用 加速度	電氣的 機能確認済 加速度
計測 統施設 制御系	その他	衛星電話設備 用通信機器収 納ラック (中 央制御室)	衛星電話通信端末	1.11	1.84	0.84	1.67

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。

V-2-6-7-2-4 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）
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	2
2.2 適用基準	2
3. 評価部位	2
4. 機能維持評価	3
4.1 電氣的機能維持評価方法	3
4.2 加振試験	4
5. 評価結果	5
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	5

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、重大事故等対処施設において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及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）をマジックテープ及びバンドにて机の上に固縛する。</p> <p>机は専用治具を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	<p>衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）</p>	

2.2 評価方針

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「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. 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「5. 評価結果」に示す。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

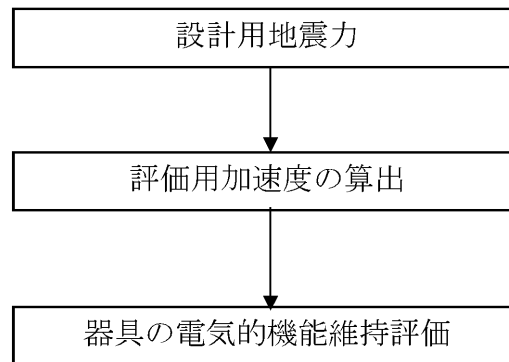


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、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, 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）に準拠して評価する。

3. 評価部位

評価部位は衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）本体である。本計算書では、加振試験結果を用いた衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）設置床の加速度により実施する。衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）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. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は緊急時対策所建屋内に設置されることから、評価用加速度は、緊急時対策所建屋の地震応答解析で評価した衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）を設置する床に生じる加速度とし、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、器具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加振台の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

器具名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備 (固定型) (緊急時対策所)	水平	1.80
	鉛直	1.65

4.2 加振試験

4.2.1 基本事項

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）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。

4.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波：対象機器設置床における基準地震動 S_s に対する設計用床応答曲線を上回るように設定
- ・加振方向：水平2方向と鉛直方向の3方向同時

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

対象機器設置箇所	加振方向	最大床加速度(G)
		$S_s - D1 \sim$ $S_s - 31$ の包絡
緊急時対策所 EL. 30.30 m	水平*	1.28
	鉛直	1.14

注記 *：水平方向はX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の重大事故等の状態を考慮した場合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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）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 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
衛星電話設備 (固定型) (緊急時対策所)	水平方向	1.28	1.80
	鉛直方向	1.14	1.65

○ 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。

V-2-6-7-2-5 屋外アンテナ（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造の説明	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用規格	2
3. 耐震評価箇所	3
4. 地震応答解析及び応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 設計用地震力	7
4.4 解析モデル及び諸元	8
4.5 固有値解析	10
4.6 応力評価方法	11
4.7 応力評価条件	12
5. 機能維持評価	12
5.1 機能維持評価方法	12
6. 評価結果	14
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14

1. 概要

本資料は、資料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、屋外アンテナ（緊急時対策所）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。その耐震評価は、屋外アンテナ（緊急時対策所）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

屋外アンテナ（緊急時対策所）は、重大事故等対処設備において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、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

屋外アンテナ（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 屋外アンテナ（緊急時対策所）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
屋外アンテナ (緊急時対策所)	アンテナ	屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 また、アンテナ取付架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	<p>屋外アンテナ 取付金具 アンテナ取付架台 壁 基礎ボルト アンカー取付部 フレーム</p>

2.2 評価方針

屋外アンテナ（緊急時対策所）の応力評価は、資料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 構造の説明」にて示す屋外アンテナ（緊急時対策所）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、屋外アンテナ（緊急時対策所）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」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「5. 電氣的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

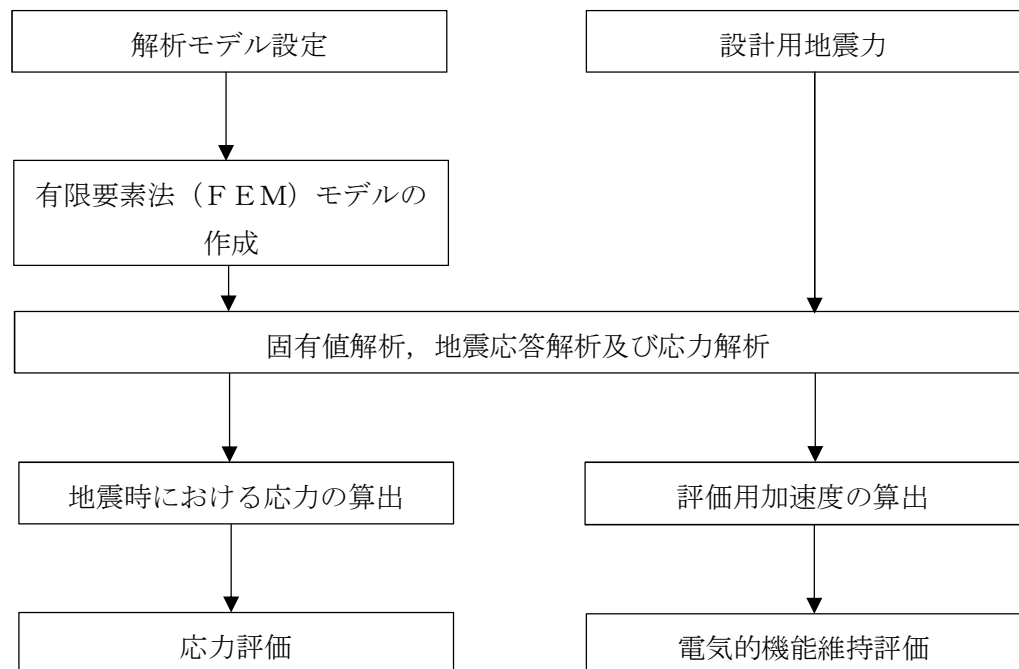


図 2-1 屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC 1-2005/2007」(社) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」(社) 日本電気協会
- ・「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-1984」(社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」(社) 日本電気協会

3. 耐震評価箇所

屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価箇所については、表 2-1 の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

屋外アンテナ（緊急時対策所）の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、アンテナ取付架台をはり要素と質量要素により有限要素法（FEM）の解析モデルを作成し、FEMモデルによる解析を行い固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認した上で、設計用最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を実施する。20 Hz 未満である場合は、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「NX NASTRAN Ver. 9.1」を使用する。
 なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN Ver. 9.1」の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要 ・ NASTRAN」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルトで固定された第 4-1 図の△の節点について水平方向変位、上下方向変位を拘束した。いずれも回転は拘束していない。ただし、アンカー取付部フレームの軸方向の回転は、フレームを壁面に取り付けるため固定する。
- (4) 屋外アンテナ及び取付金具の質量は、耐震評価上厳しくなる最上端の節点位置に質量要素として設定した。アンテナ取付架台の質量は、はり要素の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。
- (5) 許容応力について J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

屋外アンテナ（緊急時対策所）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。また、本設備の構造や形状から、風荷重及び積雪荷重の影響が無視できない可能性があることから、風荷重及び積雪荷重を組合せて評価を行う。

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（緊急時対策所）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

屋外アンテナ（緊急時対策所）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 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

風荷重は、風速 30 m/s を使用し、屋外アンテナ（緊急時対策所）の架台形状、風向きを踏まえ、各部位に作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 4-4 に示す。

4.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、単位荷重 20 N/cm/m^2 を使用し、屋外アンテナ（緊急時対策所）の架台形状を踏まえ、各部位に作用する積雪荷重を算出する。算出した積雪荷重を表 4-5 に示す。

表 4-1 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	その他	屋外アンテナ（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_{AS}
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	資料 V_{AS} (資料 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状態を適用する。

*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 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
資料V _A S (資料V _A Sとして、IV _A Sの許容限界を用いる。)		

注：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。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

基礎ボルト

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)
SUS304	<input type="text"/> (雰囲気温度)	198	504	205	205

表 4-4 基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m ²)
アンテナ取付架台	1533.6

表 4-5 積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3 設計用地震力

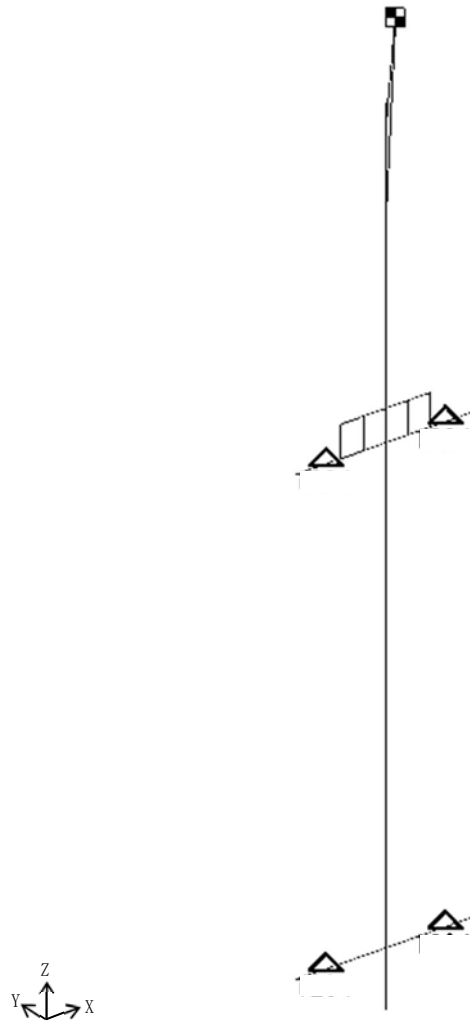
耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表4-6に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-6 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S _s	緊急時 対策所 EL. 51.00	緊急時 対策所 EL. 51.00	水平	水平方向, 鉛直方向ともに S _s 8 波を包絡した値を用 いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは、アンテナ取付架台をはり要素と質量要素にてモデル化したFEMモデルである。解析モデルを図4-1に、解析モデルの諸元を表4-7に示す。



注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

図 4-1 解析モデル図

表 4-7 解析モデルの諸元

項目	単位	入力値
材料 (アンテナ取付架台)	—	SUS304
温度条件 (雰囲気温度)	℃	<input type="text"/>
縦弾性係数 (アンテナ取付架台)	MPa	193000
ポアソン比 (アンテナ取付架台)	—	0.25
寸法	—	図 4-2
要素数	個	40
節点数	個	35
質量 (アンテナ+取付金具)	kg	1.5

NT2 補② V-2-6-7-2-5 R1

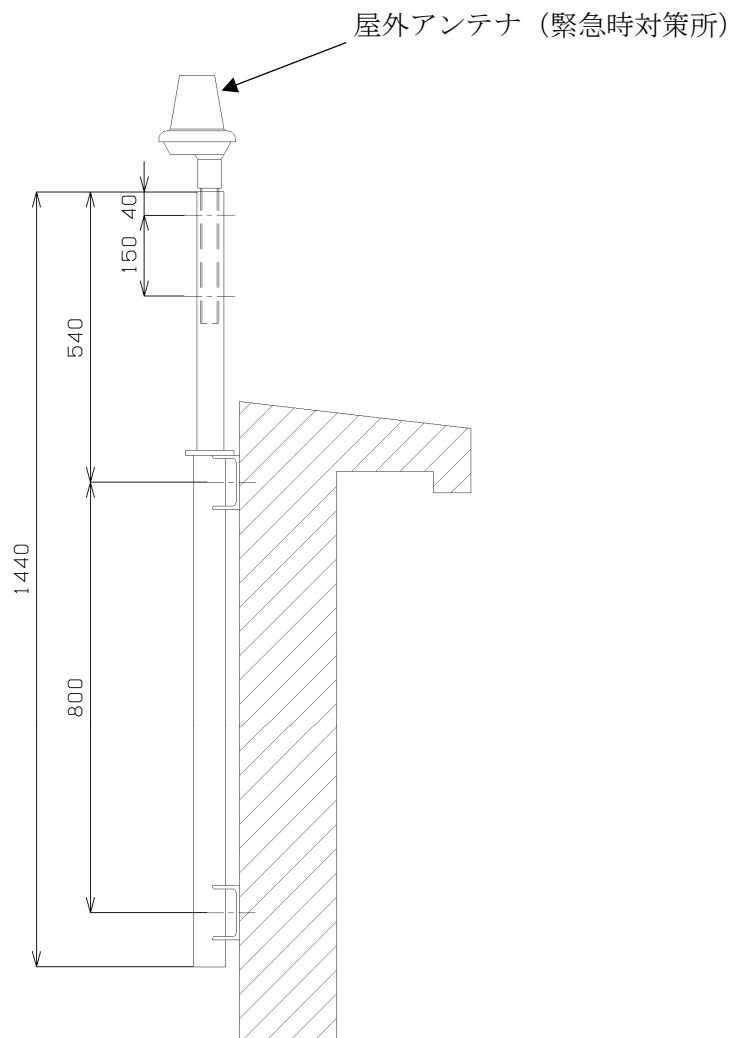


図 4-2 屋外アンテナ (緊急時対策所) 外形図

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を表 4-8 に、振動モード図を図 4-3 に示す。

表 4-8 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右 (X) 方向	前後 (Y) 方向	鉛直 (Z) 方向	
1	68.0	0.000	-0.061	-0.006	アンテナ取付架台
2	138.5	0.020	0.000	0.000	アンテナ取付架台
3	204.5	-0.058	0.000	0.000	アンテナ取付架台
4	371.7	0.000	0.040	-0.008	アンテナ取付架台
5	448.3	0.002	0.000	0.000	アンテナ取付架台
6	492.3	-0.057	0.000	0.000	アンテナ取付架台
7	493.6	0.000	0.050	0.041	アンテナ取付架台

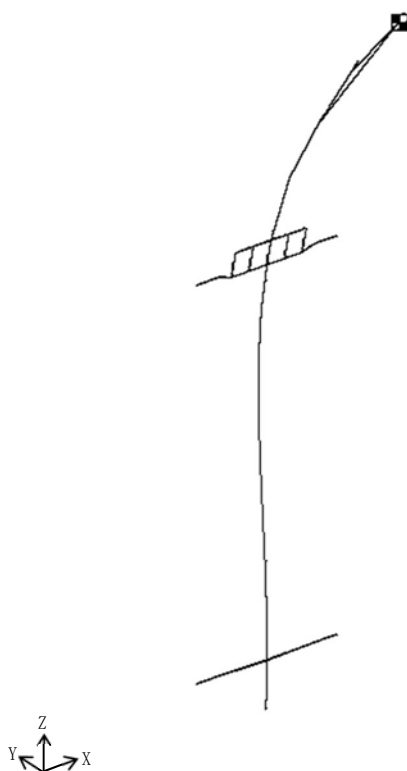


図 4-3 振動モード図 (68.0 Hz)

4.6 応力評価方法

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表4-9の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、応力計算式に使用する記号を表4-10に示す。

表4-9 応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{T}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{Q}{A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{T}{A}$

ここで、

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力} \quad T = F_x$$

$$\text{基礎ボルトに作用するせん断応力} \quad Q = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

表4-10 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A	基礎ボルトの断面積	mm ²

4.7 応力評価条件

(1) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(2) 設計用加速度

項目	設計用加速度* ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	1.93
鉛直	1.45

注記 *：固有値解析結果より，固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため，設計用加速度には設計用最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

5. 機能維持評価

屋外アンテナ（緊急時対策所）は，地震後に電氣的機能が要求されており，地震後においてもその機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

屋外アンテナ（緊急時対策所）の評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認する。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を表 5-1 に示す。

なお，地震時における屋外アンテナ（緊急時対策所）の応答加速度は，固有値解析により固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため，評価用加速度には設計用最大床加速度を使用する。

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

器具名称	電氣的機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水 平	鉛 直
屋外アンテナ (緊急時対策所)	8.24	8.16

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（緊急時対策所）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。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を表 6-1 に示す。また、電氣的機能維持確認結果を表 6-2 に示す。

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果

評価対象設備			評価部位	応力の種類	算出応力	許容応力
					(MPa)	(MPa)
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ (緊急時対策所)	基礎ボルト	引張応力	4	122
				せん断応力	5	94
				組合せ応力	4	122

注 : 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容応力は、 $\text{Min} (1.4 \times 1.5 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_{bs}, 1.5 \cdot f_t^*)$ とする。

表 6-2 電氣的機能維持評価結果

評価対象設備			電氣的機能確認済加速度との比較			
			水平加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			評価用 加速度	電氣的機能 確認済 加速度	評価用 加速度	電氣的機能 確認済 加速度
計測 制御 系統 施設	その他	屋外アンテナ (緊急時対策所)	1.61	8.24	1.21	8.16

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。

V-2-6-7-2-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造の説明	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用規格	2
3. 耐震評価箇所	3
4. 地震応答解析及び応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 設計用地震力	6
4.4 解析モデル及び諸元	7
4.5 固有値解析	9
4.6 応力評価方法	12
4.7 応力評価条件	15
5. 機能維持評価	15
5.1 機能維持評価方法	15
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本資料は、資料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、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）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。その耐震評価は、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）は、重大事故等対処設備において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、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）	垂直自立型	器具は、棚板に取付ボルトにて固定する。棚板は、溶接にて耐震架フレームに固定する。耐震架フレームは、基礎ボルトにて床に固定する。	<p>耐震架フレーム</p> <p>棚板</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>床</p> <p>器具</p> <p>(電氣的機能維持評価対象)</p>

2.2 評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の応力評価は、資料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 構造の説明」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」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「5. 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「6. 評価結果」に示す。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

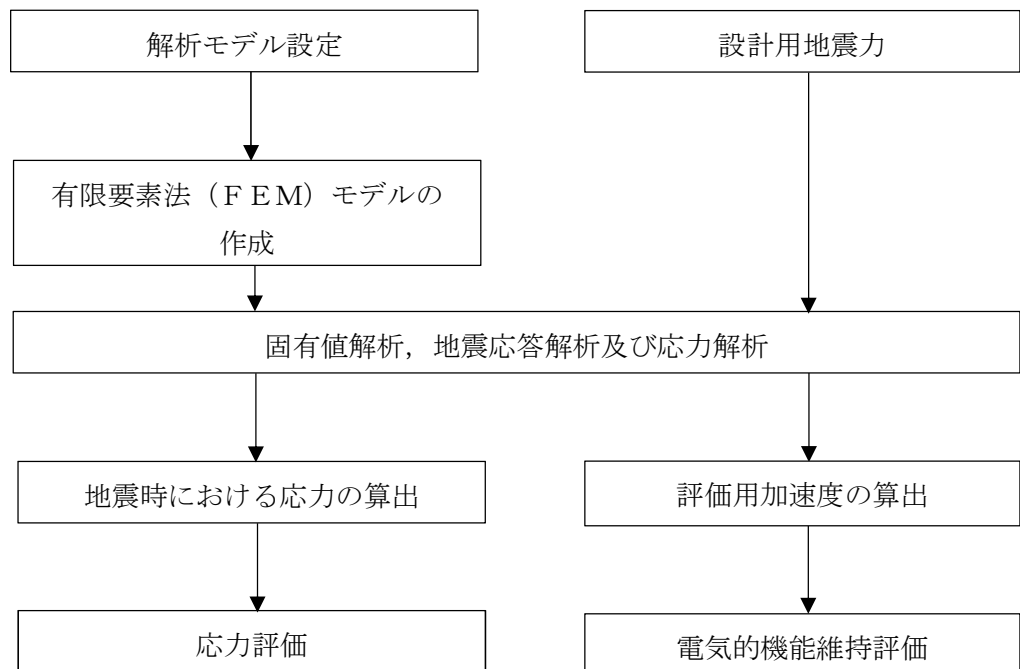


図 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC 1-2005/2007」(社) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」(社) 日本電気協会
- ・「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-1984」(社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」(社) 日本電気協会

3. 耐震評価箇所

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる耐震架フレーム及び基礎ボルトを対象に選定する。衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価箇所については、表 2-1 の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）をはり要素、シェル要素及び質量要素により有限要素法（FEM）の解析モデルを作成し、FEMモデルによる解析を行い固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認した上で、設計用最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を実施する。20 Hz 未満である場合は、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「NX NASTRAN Ver. 9.1」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN Ver. 9.1」の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要 ・NASTRAN」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト位置をピン拘束とする。
- (4) 取付器具の質量は取付位置での中心に付加する。
- (5) 許容応力について J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）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 4-3 に示す。

表 4-1 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	その他	衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	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状態を適用する。

*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 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界*1*2 (ボルト等以外)				許容限界*2 (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t * 1.5・f _s * 1.5・f _c * 1.5・f _b *	1.5・f _s * 1.5・f _s * 1.5・f _c * 1.5・f _s *	1.5・f _c * 1.5・f _c * 1.5・f _c * 1.5・f _c *	1.5・f _b * 1.5・f _b * 1.5・f _b * 1.5・f _b *	1.5・f _t * 1.5・f _t * 1.5・f _t * 1.5・f _t *	1.5・f _s * 1.5・f _s * 1.5・f _s * 1.5・f _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:「鋼構造設計基準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2: 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。

表 4-2 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

(1) 耐震架フレーム

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SUS304	□ (雰囲気温度)	205	520	205

(2) 基礎ボルト

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SUS304	□ (雰囲気温度)	205	520	205

4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表4-4にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-4 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S _s	緊急時 対策所 建屋 EL. 30. 30	緊急時 対策所 建屋 EL. 30. 30	水平	水平方向, 鉛直方向ともに S _s 8 波を包絡した値を用 いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは、耐震架フレームを構成する鋼材をはり要素、器具を質量要素としてモデル化したFEMモデルである。解析モデルを図4-1、解析モデルの諸元を表4-5、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の諸元を表4-6に示す。

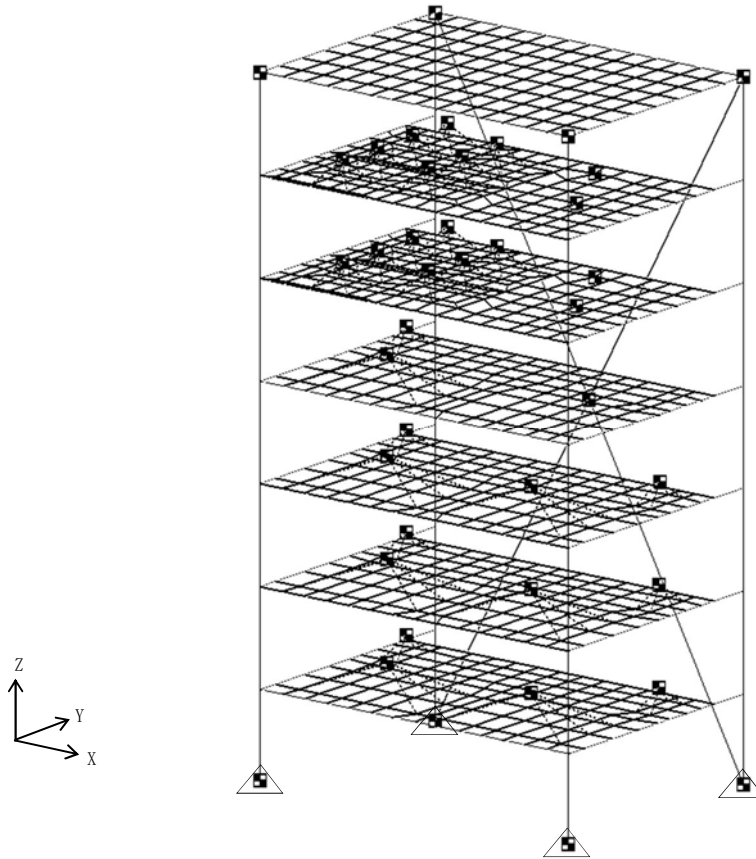


図 4-1 解析モデル図

注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

表 4-5 解析モデルの諸元

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
温度条件(雰囲気温度)	℃	□
縦弾性係数	MPa	194000
ポアソン比	—	0.25
寸法	—	図 4-2
要素数	個	1585
節点数	個	1274

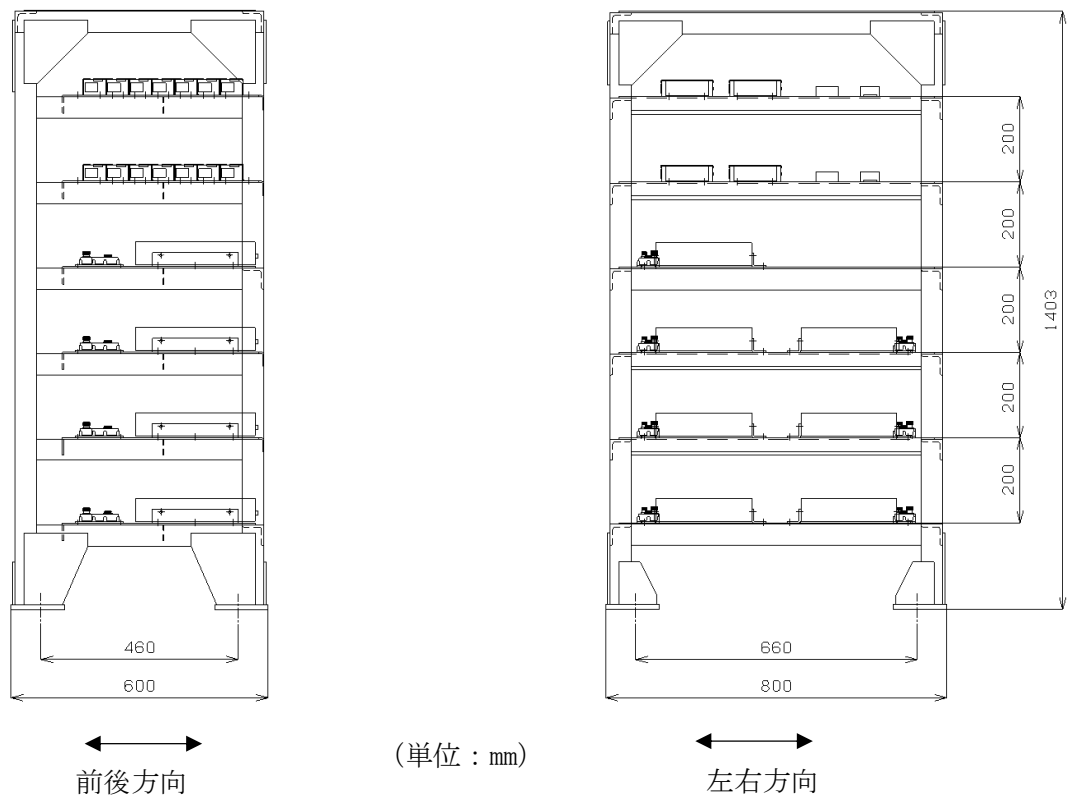


図 4-2 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）外形図

表 4-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の諸元

部品	主な構成部材	質量(kg)
耐震架フレーム	L型鋼	110.5
棚板	鋼板	62.7
器具	—	27.43

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を表 4-7 に、1 次モード図及び刺激係数が各方向について高いモードの振動モード図を図 4-3～図 4-5 に示す。

表 4-7 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右 (X) 方向	前後 (Y) 方向	鉛直 (Z) 方向	
1	22.2	-0.094	0.383	0.002	フレーム
2	23.7	0.295	0.130	0.001	フレーム
3	33.8	0.079	-0.023	0.000	フレーム
4	42.7	0.236	-0.003	0.000	フレーム
5	58.3	0.000	0.001	-0.074	棚板
6	80.7	-0.060	-0.007	0.002	フレーム
7	82.1	0.003	-0.122	-0.003	フレーム
8	99.6	-0.001	0.001	-0.164	棚板
9	100.3	-0.001	0.000	-0.010	棚板
10	101.1	0.004	0.000	0.001	棚板
11	110.8	-0.085	0.005	0.010	フレーム
12	116.6	-0.010	-0.002	0.175	棚板

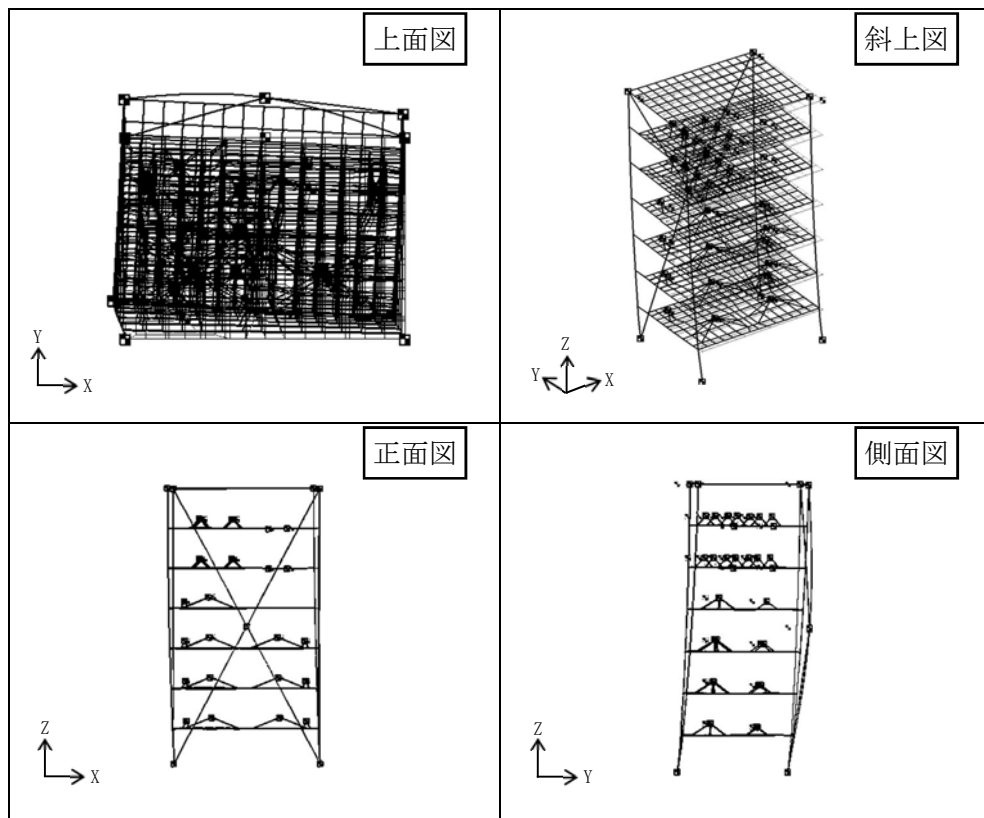


図 4-3 振動モード図 (22.2 Hz)

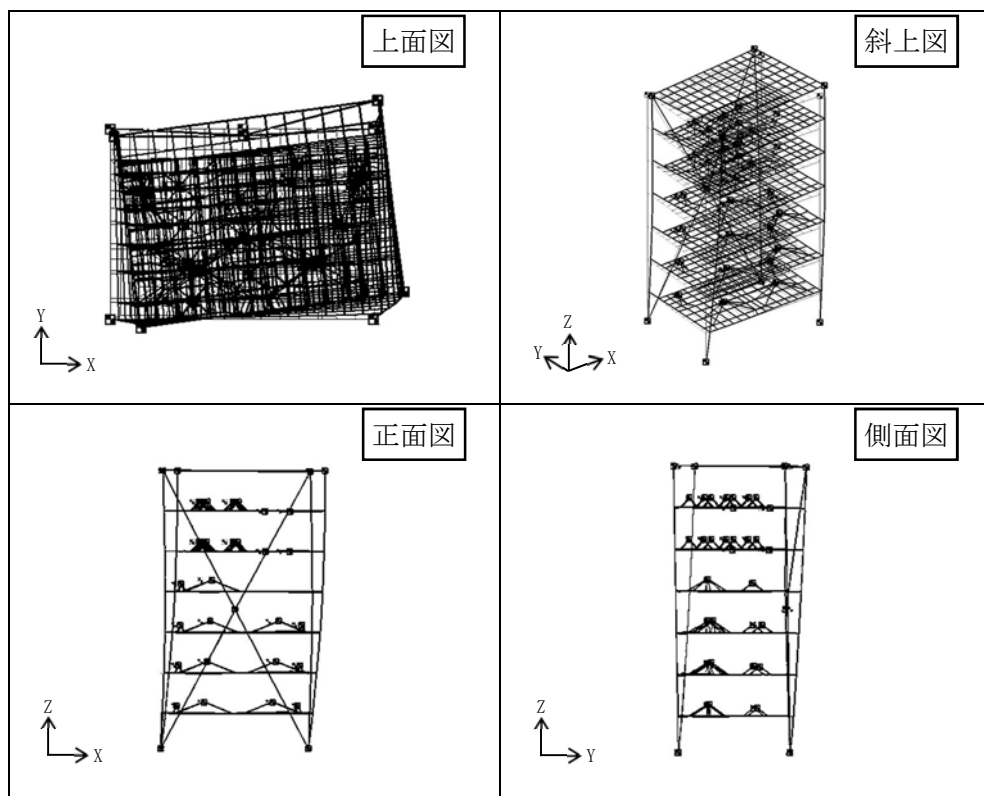


図 4-4 振動モード図 (23.7 Hz)

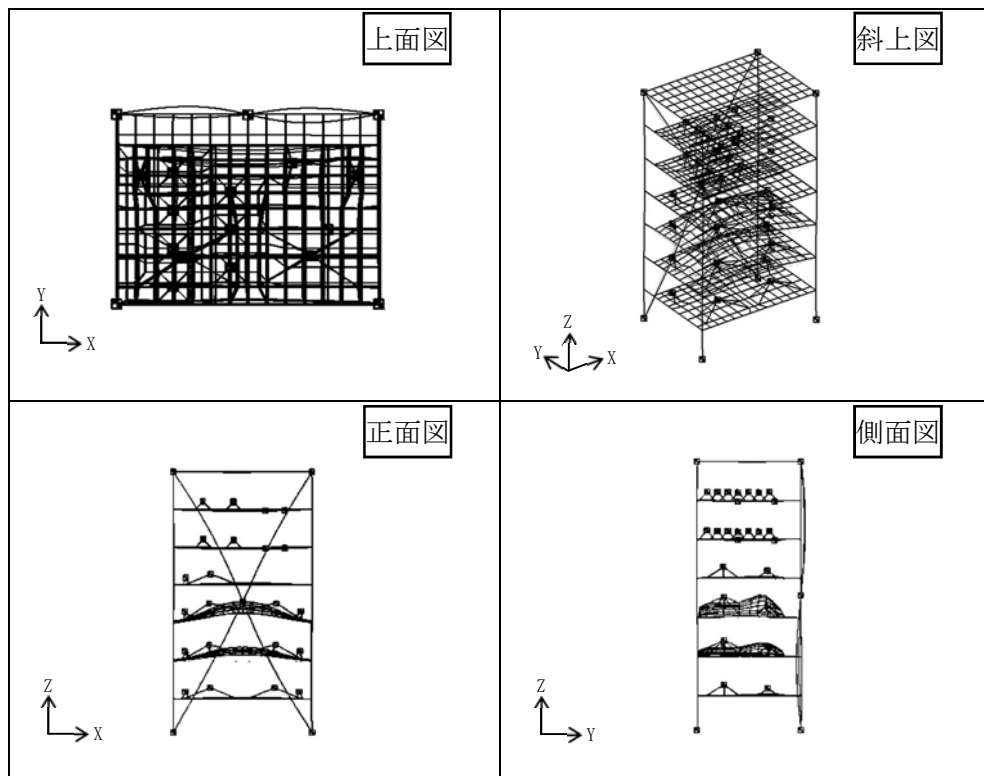


図 4-5 振動モード図 (116.6 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 耐震架フレームの応力評価

FEM解析の結果から得られる耐震架フレーム部分のはり要素の荷重，モーメントを用いて，表 4-8 の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また，応力計算式に使用する記号を表 4-9 に示す。

表 4-8 応力計算式

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
せん断応力 τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y}, \frac{F_z}{A_z}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}, \frac{M_z}{Z_z}$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 \cdot f_t^*}, \frac{\sigma_b - \sigma_t}{1.5 \cdot f_b^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5 \cdot f_c^*} + \frac{\sigma_b}{1.5 \cdot f_b^*}, \frac{\sigma_b - \sigma_c}{1.5 \cdot f_t^*}$

表 4-9 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	はりに作用する引張力	N
	はりに作用する圧縮力	N
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³

4.6.2 基礎ボルトの応力評価

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表 4-10 の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、応力計算式に使用する記号を表 4-11 に示す。

表 4-10 応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{T}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{Q}{A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{T}{A}$

ここで、

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力} \quad T = F_x$$

$$\text{基礎ボルトに作用するせん断応力} \quad Q = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

表 4-11 応力計算式に使用する記号

記号	説明	単位
F_x	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A	基礎ボルトの断面積	mm ²

4.7 応力評価条件

(1) 耐震架フレーム

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304

(2) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(3) 設計用加速度

項目	設計用加速度* ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	1.54
鉛直	1.36

注記 *：固有値解析結果より，固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため，設計用加速度には設計用最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

5. 電氣的機能維持評価

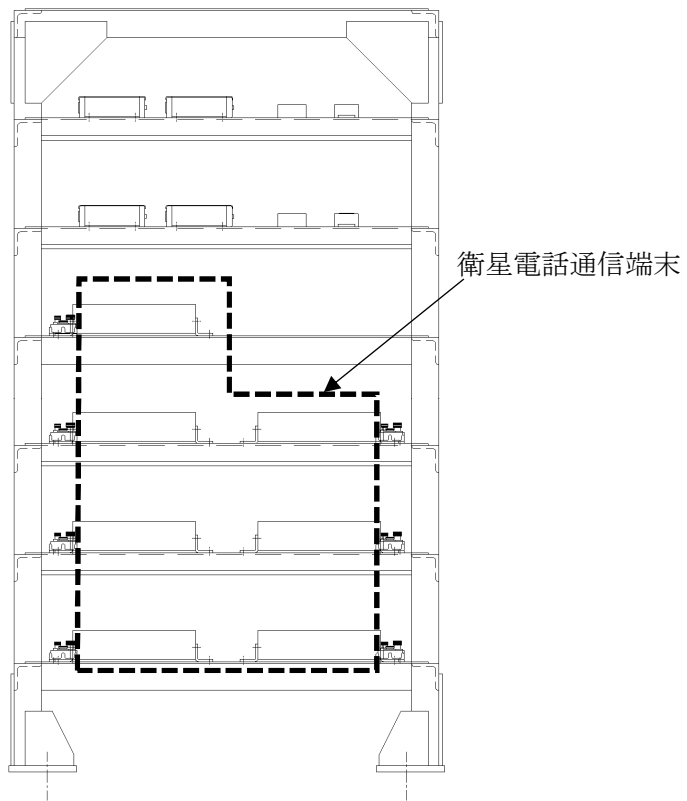
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）内器具は，地震後に電氣的機能が要求されており，地震後においてもその機能が維持されていることを示す。

5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の評価用加速度が，機能確認済加速度以下であることを確認する。なお，固有値解析結果より，固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため，評価用加速度には設計用最大床加速度を使用する。機能確認済加速度には，器具単品において，衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の設置床における基準地震動（ $S_s - D1 \sim S_s - 31$ ）に対する設計用最大床加速度を上回る加速度にて水平 2 方向と鉛直方向の 3 方向同時に加振し，通信試験により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。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。また，評価対象である器具の取付図を図 5-1 に示す。

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

器具名称	電氣的機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水平	鉛直
衛星電話通信端末	1.84	1.67




: 評価対象 (取付ボルト含む)

図 5-1 器具の取付図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）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。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を表 6-1 に示す。また、電氣的機能維持確認結果を表 6-2 に示す。

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力の種類	加速度の 方向*1	算出応力	許容応力	
					(MPa)	(MPa)	
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備 用通信機器収 納ラック (緊 急時対策所)	耐震架 フレーム	引張応力	前後+鉛直	8	205
					左右+鉛直	8	
				せん断応力	前後+鉛直	4	118
					左右+鉛直	3	
				圧縮応力	前後+鉛直	4	128
					左右+鉛直	5	128
			曲げ応力	前後+鉛直	48	205	
				左右+鉛直	43		
			組合せ 応力	引張応力+曲げ応力	前後+鉛直	0.24* ²	1* ²
					左右+鉛直	0.22* ²	
				圧縮応力+曲げ応力	前後+鉛直	0.24* ²	
					左右+鉛直	0.22* ²	

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (2/2)

評価対象設備			評価部位	応力の種類	加速度の 方向*1	算出応力	許容応力
						(MPa)	(MPa)
計測制御 系統施設	その他	衛星電話設備 用通信機器収 納ラック (緊 急時対策所)	基礎 ボルト	引張応力	前後+鉛直	30	122
					左右+鉛直	39	
				せん断応力	前後+鉛直	9	94
					左右+鉛直	8	
				組合せ応力	前後+鉛直	30	122*3
					左右+鉛直	39	

注記 *1: 衛星電話設備用通信機器収納ラック (緊急時対策所) の正面に直行する方向を前後方向, 正面と平行な方向を左右方向とする。

*2: 単位なし

3: 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容応力は, $\text{Min} (1.4 \times 1.5 \cdot f_t^ - 1.6 \cdot \tau_{bs}, 1.5 \cdot f_t^*)$ とする。

表 6-2 電氣的機能維持評価結果

評価対象設備				電氣的機能確認済加速度との比較			
				水平加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
				評価用 加速度	電氣的 機能確認済 加速度	評価用 加速度	電氣的 機能確認済 加速度
計測 統 施 設 系	その他	衛星電話設備 用通信機器収 納ラック (緊 急時対策所)	衛星電話通信端末	1.28	1.84	1.14	1.67

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。