

資料 1 0 - 1 4 - 3 - 4 緊急時対策所100V主分電盤の耐震計算書

目 次

頁

1. 概要	03-添10-14-3-4-1
2. 基本方針	03-添10-14-3-4-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-3-4-1
2.2 評価方針	03-添10-14-3-4-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-3-4-2
4. 地震応答解析	03-添10-14-3-4-3
4.1 固有値測定試験	03-添10-14-3-4-3
4.2 設計用地震力	03-添10-14-3-4-4
4.3 設計用加速度	03-添10-14-3-4-4
5. 応力評価	03-添10-14-3-4-5
5.1 基本方針	03-添10-14-3-4-5
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-3-4-5
5.3 応力評価方法	03-添10-14-3-4-9
5.4 応力評価条件	03-添10-14-3-4-14
6. 機能維持評価	03-添10-14-3-4-15
6.1 機能維持評価方法	03-添10-14-3-4-15
7. 評価結果	03-添10-14-3-4-16
7.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-3-4-16

1. 概要

本資料は、資料10-9「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、緊急時対策所100V主分電盤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、固有値測定及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所100V主分電盤は、重大事故等対処施設において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。

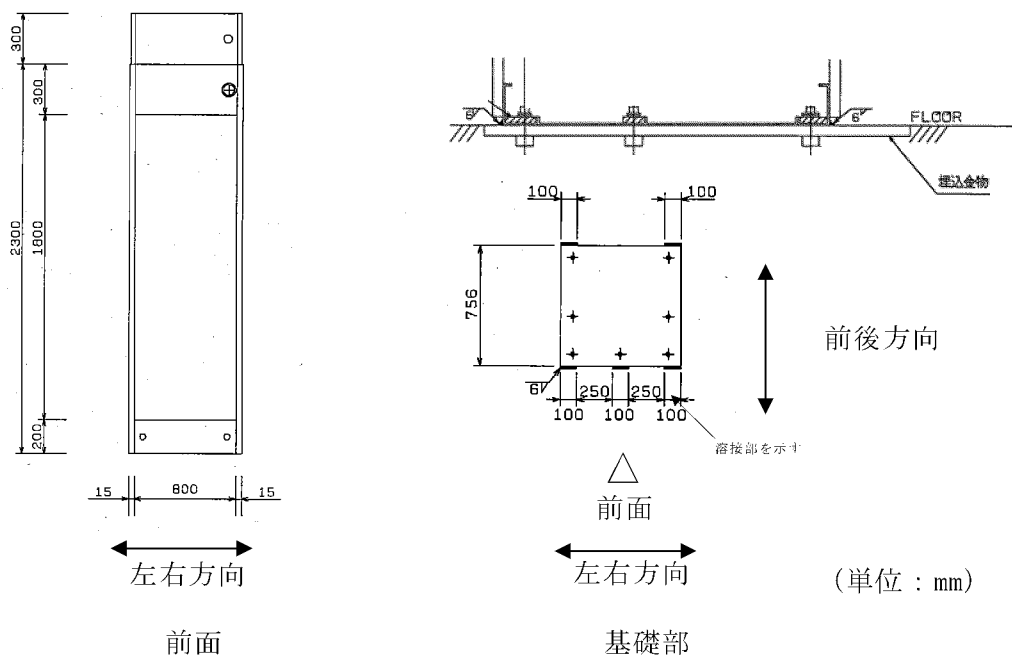
2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所100V主分電盤の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所100V主分電盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所 100V主分電盤	自立閉鎖型	建屋床面に埋め込まれた埋込金物に溶接により剛に据え付ける。	第2-1図

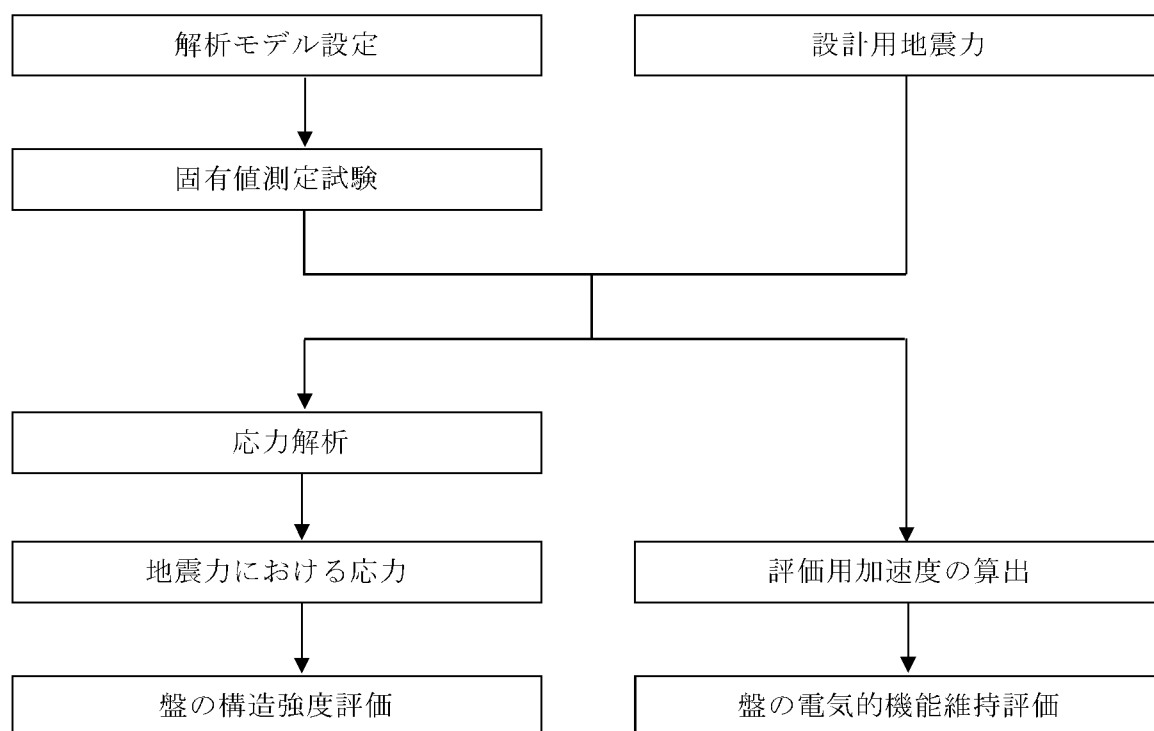


第2-1図 緊急時対策所100V主分電盤の外形図

2.2 評価方針

緊急時対策所100V主分電盤の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「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、「2.1 構造の説明」にて示す緊急時対策所100V主分電盤の部位を踏まえ「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、「5. 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、緊急時対策所100V主分電盤の機能維持評価は、資料10-9「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、「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. 評価結果」に示す。

緊急時対策所100V主分電盤の耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 緊急時対策所100V主分電盤の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所100V主分電盤の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる据付部材の溶接部を選定して実施する。

4. 地震応答解析

4.1 固有値測定試験

緊急時対策所100V主分電盤の固有振動数測定方法について以下に示す。

4.1.1 基本方針

正弦波掃引試験にて緊急時対策所100V主分電盤の固有振動数を求める。

4.1.2 固有振動数の計算方法

緊急時対策所100V主分電盤については、実機相当の模擬盤を用いて実機据付状態と同様な方法で加振台へ固定し、正弦波掃引試験により固有振動数を測定した。測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表 固有振動数測定結果

加振方向	固有振動数 (Hz)
左右方向	
前後方向	
鉛直方向	

4.2 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-2表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。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-2表 設計用地震力

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	減衰定数 (%)	
		水平	4.0	水平方向はS _s -1からS _s -19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	鉛直	1.0	

4.3 設計用加速度

第4-3表 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平加速度	C _H	1.28
鉛直加速度	C _V	0.81

(注) 正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向、左右方向、鉛直方向であるため、設計用加速度は最大床加速度の1.2倍とする。

5. 応力評価

緊急時対策所100V主分電盤の応力評価について以下に示す。

5.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 地震による転倒モーメントを溶接部のみで負担すると考え、基礎ボルトの負担は無視する。
- (3) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度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。
- (4) 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

緊急時対策所100V主分電盤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施設の評価に用いるものを第5-1表に示す。

5.2.2 許容応力

緊急時対策所100V主分電盤の許容応力を第5-2表に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所100V主分電盤の使用材料の許容応力評価条件を第5-3表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所 100V主分電盤 ^(注2)	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注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。

(注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。

(注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。

第5-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許 容 限 界 ^(注1, 2, 3, 4) (ボルト以外)
	一次応力
	せん断
IV_{AS}	1.5 f_s^*
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)	

(注1) 「鋼構造設計規準 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。

(注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。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) 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。

第5-3表 緊急時対策所100V主分電盤の許容応力評価条件
(重大事故等対処施設)

材質	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

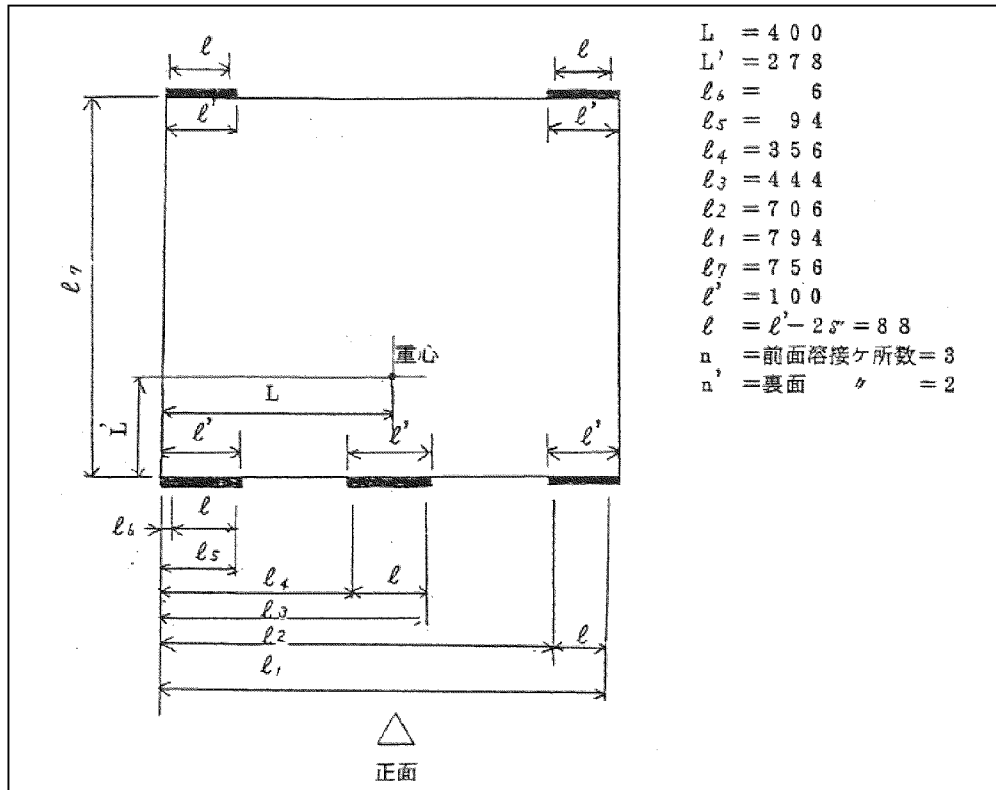
5.3 応力評価方法

5.3.1 記号の説明

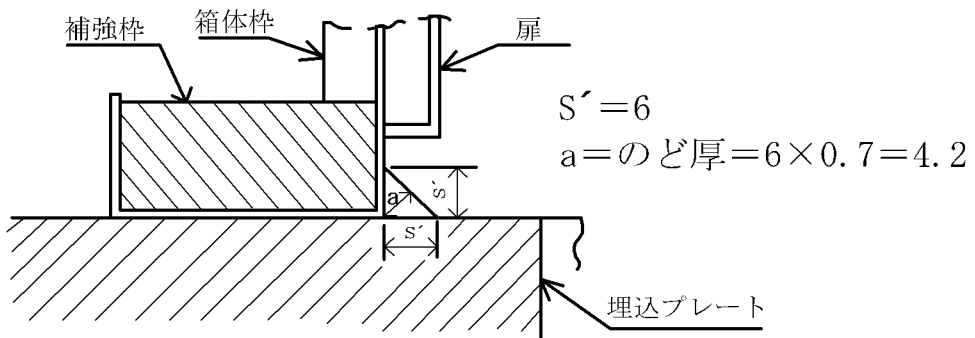
記号	記号の説明	単位
L	盤側面から機器重心までの距離	mm
L [^]	盤正面から機器重心までの距離	mm
h	重心の高さ	mm
C _H	設計用水平震度	—
C _V	設計用鉛直震度	—
W	機器質量	kg
g	重力加速度 (9.80665m/s ²)	m/s ²
S	溶接部有効断面積	mm ²
S [^]	溶接の脚長	mm
a	溶接部有効のど厚	mm
ℓ [^]	溶接の全長(有効長さ)	mm
ℓ _n	盤側面から各溶接部までの距離、ℓ ₁ ~ℓ ₆	mm
ℓ _n [^]	盤正面から溶接部までの距離、ℓ ₇	mm
ℓ	溶接の有効長さ	mm
τ _n	せん断応力	MPa
τ _{max}	最大せん断応力	MPa
n	前面溶接箇所数	—
n [^]	裏面溶接箇所数	—

5.3.2 計算モデル

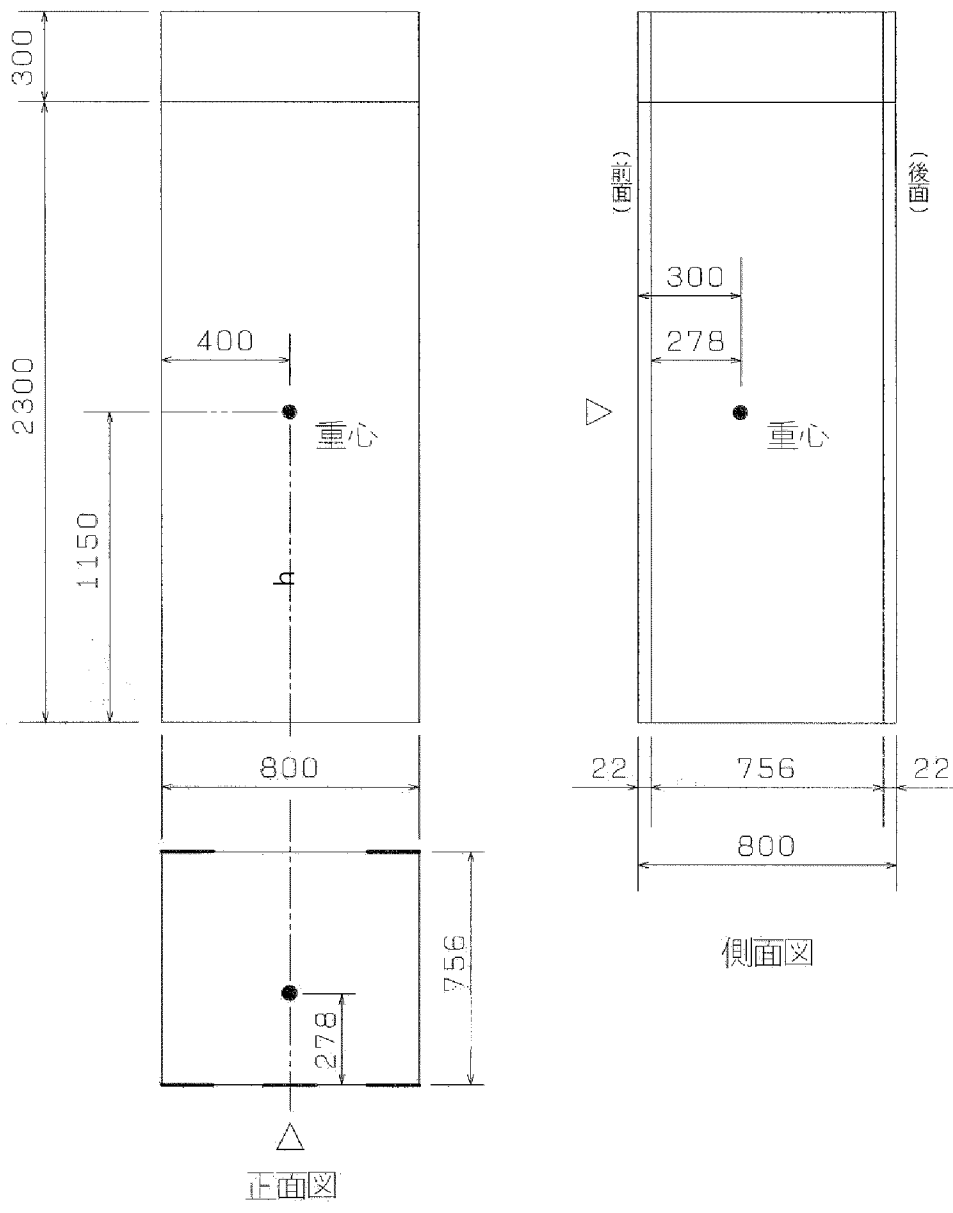
解析モデルを第5-1図～第5-3図に示す。



第5-1図 溶接長



第5-2図 溶接サイズ



(单位 : mm)

第5-3図 重心位置

5.3.3 応力計算

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

(1) 前後方向

有効断面積（溶接箇所一箇所あたり） $S = al$

盤の引張力による溶接部ののど面に加わるせん断応力は、前面を支点として、モーメントの釣合より

$$W\{C_H h - (1 - C_V)L'\}g = \tau_1 n' S l_7$$
$$\therefore \tau_1 = \frac{Wg}{n'S \cdot l_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\tau_2 (n + n')S = W \cdot C_H \cdot g$$
$$\therefore \tau_2 = \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S}$$

前後方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるため、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{Wg}{n'S l_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\} \right]^2 + \left\{ \frac{W C_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

(2) 左右方向

盤への引張力により溶接部ののど面に加わるせん断応力は、左側面を支点として、モーメントの釣合より、

$$\begin{aligned} \frac{\tau_1}{\ell_1} &= \frac{\tau(x)}{x} \\ W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g &= 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} \tau(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} \tau(x) \cdot x \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} \tau(x) \cdot x \cdot dx \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{\ell_1} \left\{ 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} x^2 \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} x^2 \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} x^2 \cdot dx \right\} \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{3\ell_1} \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\} \\ \therefore \tau_1 &= \frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \end{aligned}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\begin{aligned} \tau_2(n + n')S &= W \cdot C_H \cdot g \\ \therefore \tau_2 &= \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S} \end{aligned}$$

左右方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるから、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \right]^2 + \left\{ \frac{W C_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

5.4 応力評価条件

5.4.1 応力計算条件

(1) 盤関係

項目		記号	単位	数値
盤質量(1面)		W	kg	700
重力加速度		g	m/s ²	9.80665
盤側面から機器重心までの距離		L	mm	400
盤正面から機器重心までの距離		L'	mm	278
重心の高さ		h	mm	1,150
溶接部有効断面積(1ヶ所あたり)		S	mm ²	369.6
溶接部有効のど厚		a	mm	4.2
溶接全長		ℓ'	mm	100
溶接の有効長さ		ℓ	mm	88
前面溶接箇所数		n	—	3
裏面溶接箇所数		n'	—	2
左右方向	盤側面から各溶接部間の距離	ℓ ₁	mm	794
		ℓ ₂	mm	706
		ℓ ₃	mm	444
		ℓ ₄	mm	356
		ℓ ₅	mm	94
		ℓ ₆	mm	6
前後方向	盤正面から溶接部間の距離	ℓ ₇	mm	756

6. 機能維持評価

緊急時対策所100V主分電盤は、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

緊急時対策所100V主分電盤の固有振動数から応答加速度を求め、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、供試体の正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）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。機能確認済加速度を第6-1表に示す。

なお、正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向 \square 、左右方向 \square 、鉛直方向 \square であるため、評価用加速度は最大床加速度とする。

第6-1表 機能確認済加速度

項目	加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	8.00
鉛直	12.00

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所100V主分電盤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。発生値は評容値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動Ss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Ssに対する応力評価結果を第7-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第7-2表に示す。

第7-1表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$)

評価対象設備		評価部位	応力分類 ^(注)	方向	発生値	許容値	
非常用電源設備	その他	緊急時対策所 100V主分電盤	溶接部	せん断応力 (単位 MPa)	前後	19	160
					左右	17	

(注) 発生値は組合せ応力であるが、評価基準値にせん断応力の値を用いるため、応力分類はせん断応力として示す。

第7-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較					詳細評価
				加速度確認 部位	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	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
非常用電源設備	その他	緊急時対策所 100V主分電盤	MCCB	盤頂部	1.06	8.00	0.67	12.00	—

資料 10-14-4 浸水防護施設の耐震計算書

浸水防護施設の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料 10-14-4-1 浸水防護施設の耐震計算結果

資料 10-14-4-2 津波監視カメラの耐震計算書

資料 10-14-4-1 浸水防護施設の耐震計算結果

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-4-1-1
2. 耐震評価条件整理	03-添10-14-4-1-1

1. 概要

本資料は、浸水防護施設の設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

浸水防護施設の設備に対して、設計基準対象施設の耐震クラス、重大事故等対処施設の設備分類を整理した。結果を第2-1表に示す。

浸水防護施設の設備の耐震計算は第2-1表に示す計算書に記載することとする。また、第2-1表に示す設備のうち、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異がない施設の耐震計算は、工事計画の認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

第2-1表 耐震評価条件整理一覧表

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
		耐震クラス	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	津波監視カメラ	S (新規登録)	—	資料10-14-4-2	—	—	—

資料 10-14-4-2 津波監視カメラの耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-4-2-1
2. 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）	03-添10-14-4-2-2
2.1 基本方針	03-添10-14-4-2-2
2.1.1 構造の説明	03-添10-14-4-2-2
2.1.2 評価方針	03-添10-14-4-2-5
2.2 耐震評価箇所	03-添10-14-4-2-6
2.3 地震応答解析	03-添10-14-4-2-7
2.4 応力評価	03-添10-14-4-2-13
2.5 機能維持評価	03-添10-14-4-2-22
2.6 評価結果	03-添10-14-4-2-22

1. 概要

本資料は、資料10-9「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、津波監視カメラ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。その耐震評価は津波監視カメラの地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

津波監視カメラは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。耐震評価に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法及び同施行令
- ・ 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-（（社）日本建築学会、2005年9月改訂）
- ・ 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 JEAG4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版（（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 JEAG4601・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・ 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- ・ 建築基準法施工令（昭和25年11月16日政令第388号）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会、2010改定）

2. 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）

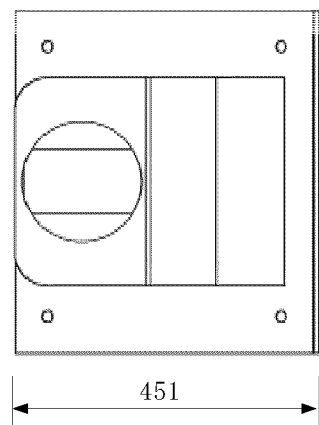
2.1 基本方針

2.1.1 構造の説明

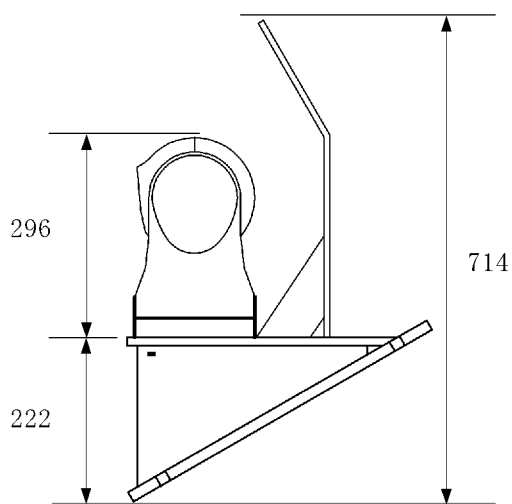
津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）は、3号機の原子炉格納施設にカメラ設置用の架台を設置し、その上に取り付ける。津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の配置図を第2-1図に、構造概要図を第2-2図に示す。



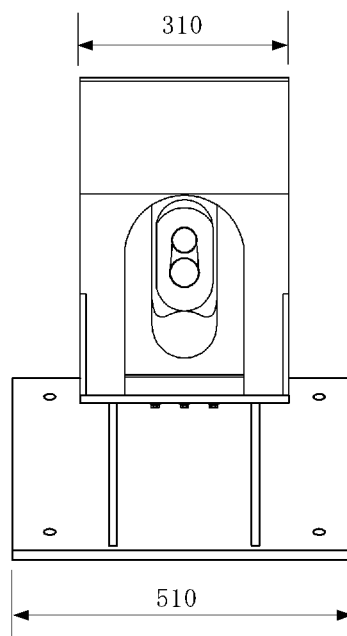
第2-1図 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）配置図



(上面図)



(側面図)



(正面図)

(単位：mm)

第2-2図 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の構造概要図

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した機器の支持方針に基づき設計した津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の構造計画を第2-1表に示す。津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）は、赤外線カメラ及び低照度カメラからなる監視カメラ本体を取り付ける架台からなり、架台は据付ボルトにより原子炉格納施設に据え付けられる。

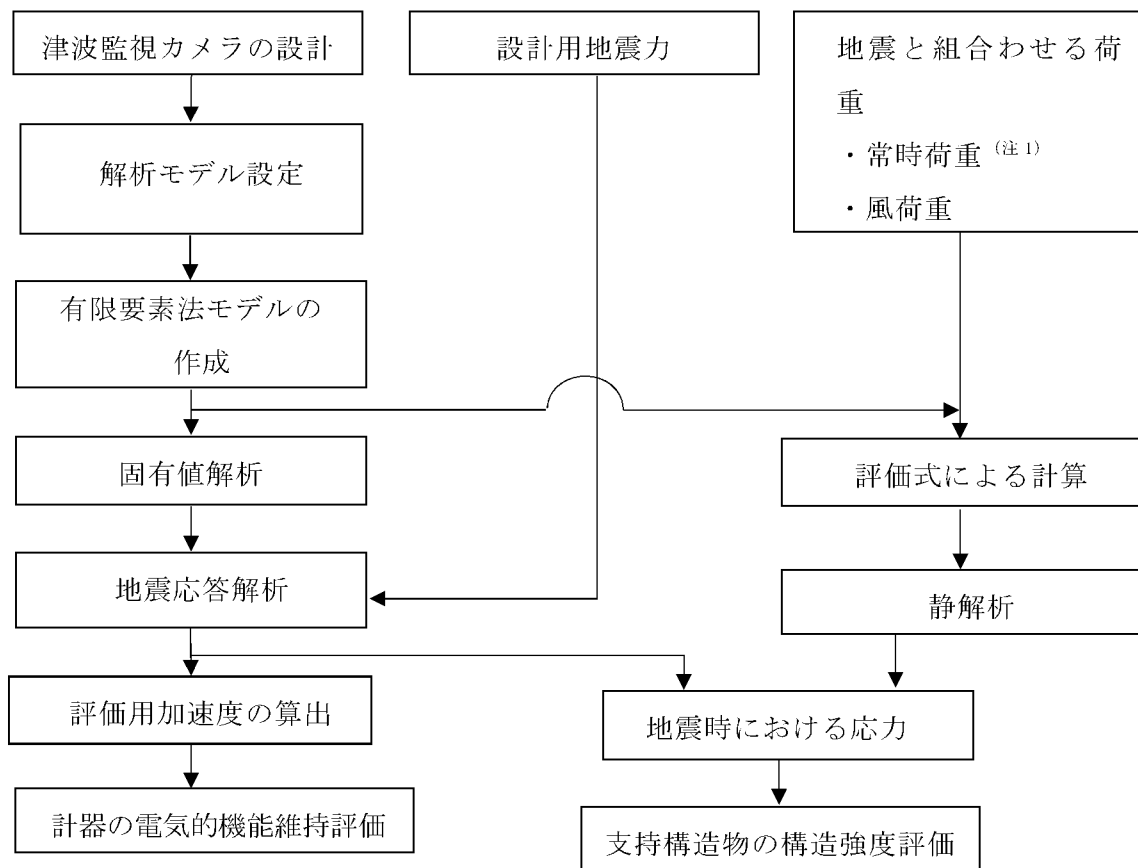
第2-1表 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
津波監視カメラ （3号機原子炉格納施設）	カメラ本体	カメラ本体は架台に機器取付ボルトで固定する。 架台は原子炉格納施設に据付ボルトで固定する。	

2.1.2 評価方針

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「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、「2.1.1 構造の説明」にて示す津波監視カメラの部位を踏まえ「2.2 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「2.3 地震応答解析」で算出した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「2.4 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、津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の機能維持評価は、資料10-9「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、「2.5 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「2.6 評価結果」に示す。

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価フローを第2-3図に示す。



(注1) 常時荷重は、自重及び積雪重量を考慮し解析モデルに含むものとする。

第2-3図 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価フロー

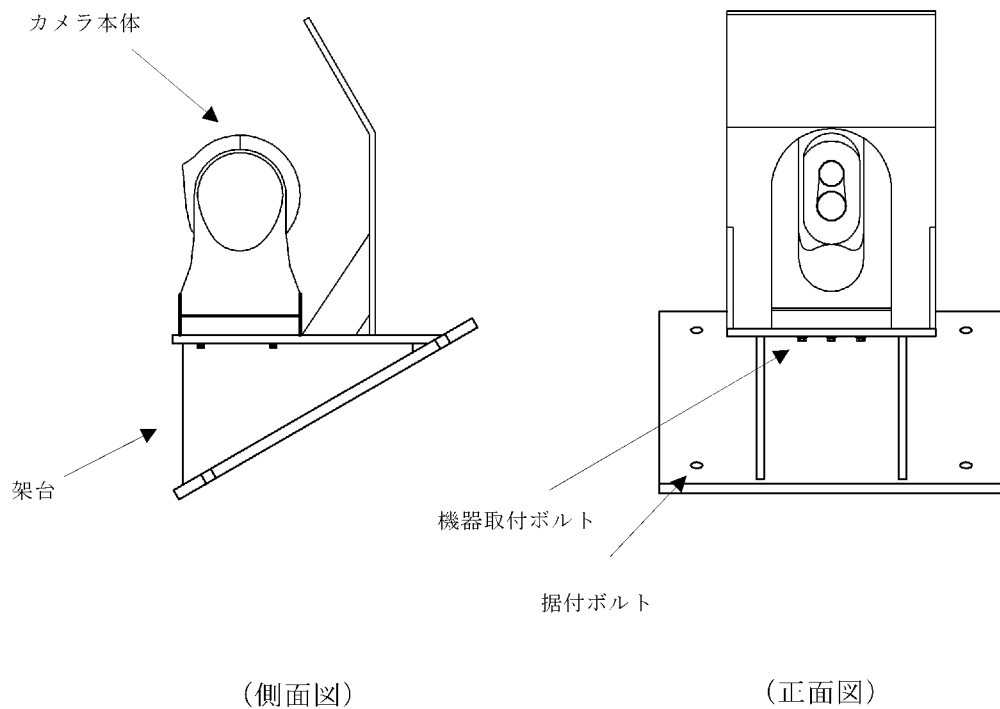
2.2 耐震評価箇所

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる架台、機器取付ボルト及び据付ボルトを選定して実施する。

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価箇所について、第2-4図に示す。

- ・ 架台
- ・ 機器取付ボルト
- ・ 据付ボルト
- ・ カメラ本体

（架台、機器取付ボルト、据付ボルトは応力評価箇所を、カメラ本体は機能維持評価箇所を示す。）



第2-4図 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価箇所

2.3 地震応答解析

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の固有振動数、応力評価のうち架台及びカメラ本体の機能維持評価に用いる応答加速度を算定するための地震応答解析について以下に示す。

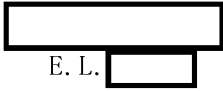

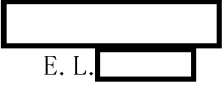

2.3.1 基本方針

- (1) 架台を他プラントにて実績のあるはり要素及びシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz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「MSC NASTRAN Ver2008.0.0」を使用する。
また、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver2008.0.0」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）概要」に示す。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) カメラ本体は、取付位置に質量要素として付加する。

2.3.2 設計用地震力

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震計算に用いる入力地震力には、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第2-2表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。また、減衰定数は平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-6「地震応答解析の基本方針」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第2-2表 設計用地震力

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	減衰定数 (%)	
 E. L. 	 E. L. 	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19、X方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

2.3.3 解析モデル及び諸元

(1) モデル化の基本方針

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の架台は、カメラを取付ける架台を支持構造物と考え、その強度部材の耐震健全性確認を主たる目的としてモデル化を行う。解析モデルは、架台設置位置からカメラ本体までの支持構造物の強度部材をモデル化する。

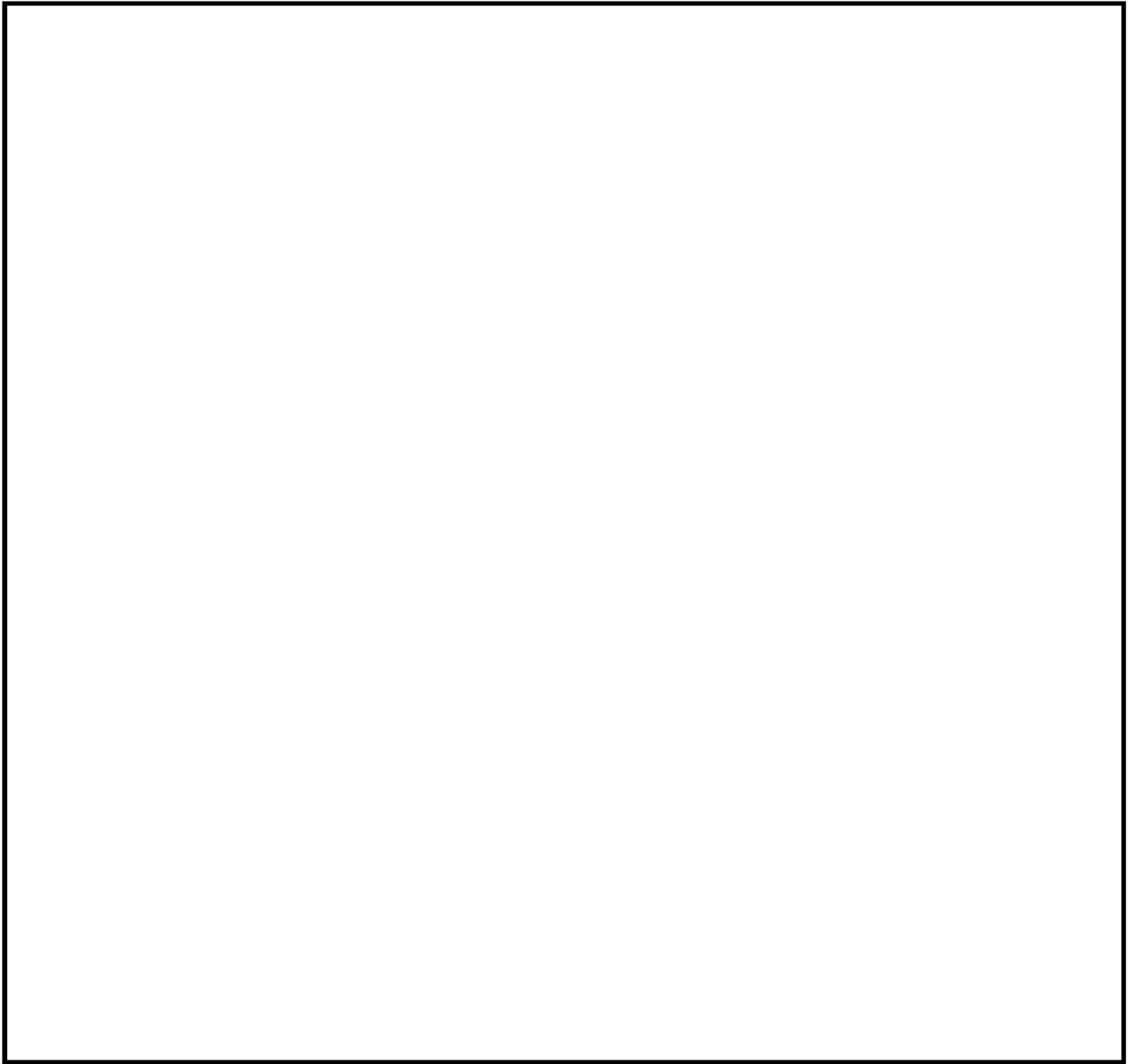
(2) 解析モデル化方法

津波監視カメラ架台の解析モデル図を第2-5図に示す。解析モデルは、架台をはり要素及びシェル要素でモデル化した3次元FEMモデルとする。また、カメラ本体は集中質量要素でモデル化し、取付架台に剛体要素で接続する。

拘束条件は、機器取付ボルトで3方向支持、据付ボルト締結部で3方向支持として設定した。

設備諸元を第2-3表、使用要素及び拘束・境界条件を第2-4表に示す。なお、解析モデルの要素数、節点数は以下のとおりである。





第2-5図 解析モデル図

第2-3表 設備諸元

材質	架台		
	機器取付ボルト		
	据付ボルト		
縦弾性係数			
ポアソン比			
バネ定数 (機器取付ボルト)			
バネ定数 (据付ボルト)			
寸法	架台	第2-2図	
重量			85kg

第2-4表 使用要素及び拘束・境界条件

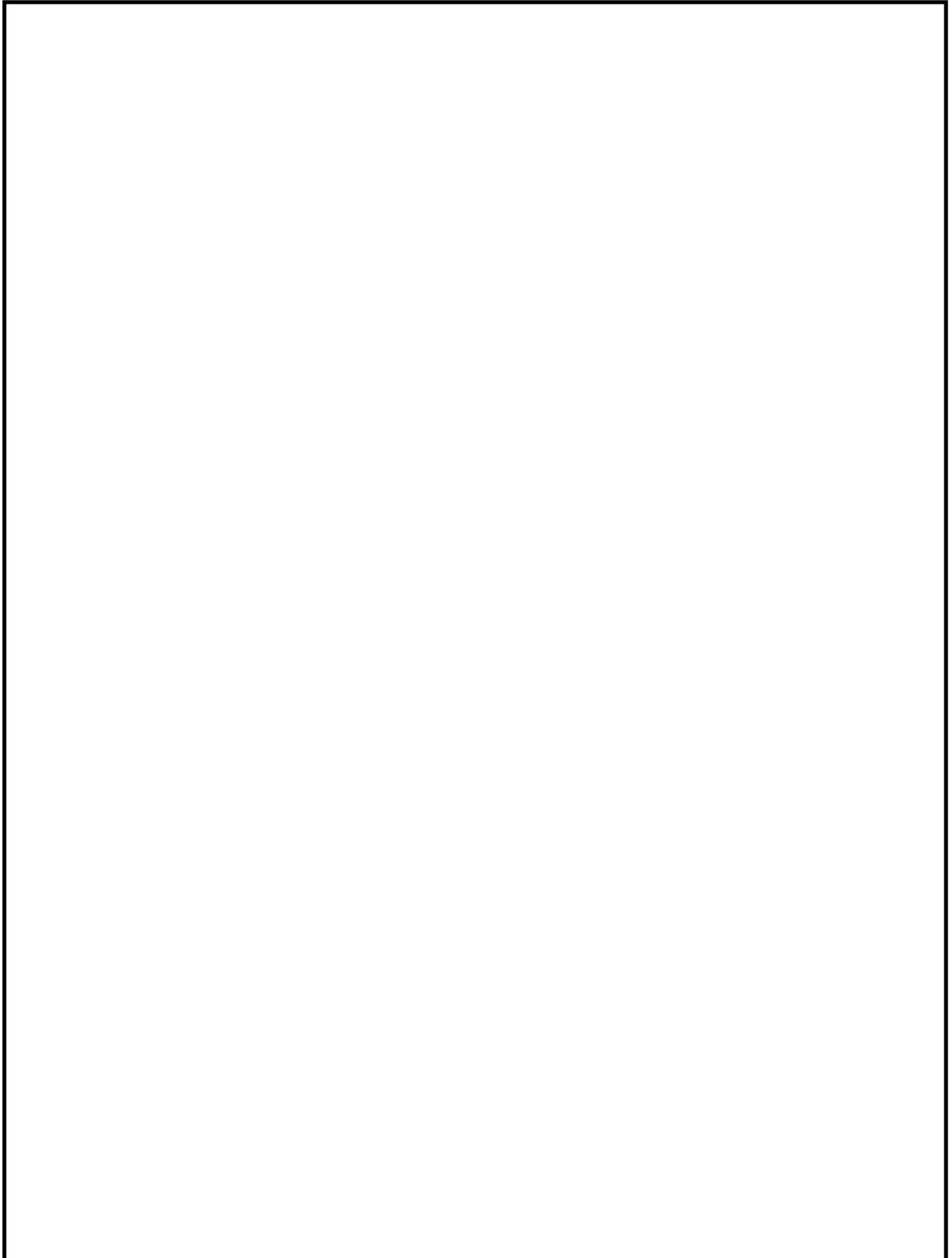
部位名	要素	拘束・境界条件
架台	シェル要素	据付ボルトの位置でピン拘束

2.3.4 固有値

固有振動数の計算結果を第2-5表に、振動モード図を第2-6図に示す。

第2-5表 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		X方向	Y方向	Z方向	
1	42.2	0.000	0.086	0.020	架台全体



第2-6図 振動モード図 (1次モード 42.2Hz)

2.4 応力評価

2.4.1 基本方針

- (1) 各部材の発生応力と許容応力を比較し、発生応力に対して、許容応力の裕度が1以上であることを確認する。
- (2) 応力解析については、「2.3 地震応答解析」とあわせて、架台をはり要素及びシェル要素でモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (3) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007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温度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。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の荷重の組合せ及び許容応力状態を第2-6表に示す。また、津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）は風荷重の影響を受けやすい構造であると考えられるため、風荷重の組合せを考慮する。

第2-6表 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^(注1)	許容応力状態
浸水防護施設	津波監視設備	津波監視カメラ (3号機原子炉格納施設)	S	$D + S_s + P_s + M_D + P_K$	III _A S ^(注2)

(注1) 組合せ応力に対しても評価を行う。

(注2) 基準地震動 S_s により定まる地震力が作用した後においても、カメラ本体による津波監視機能を維持する設計とすることから許容応力状態をIII_ASとする。

2.4.2.2 許容応力

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の評価に用いる許容応力を第2-7表に示す。

第2-7表 許容応力（その他支持構造物（設計基準対象施設））

許容応力 状態	許容限界 ^(注2) (ボルト以外)				許容限界 ^(注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
Ⅲ _A S ^(注1)	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _t	1.5f _s

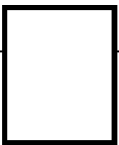
(注1) 基準地震動Ssにより定まる地震力が作用した後においても、カメラ本体による津波監視機能を維持する設計とすることから許容応力状態をⅢ_ASとする。

(注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。

2.4.2.3 使用材料の許容応力

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の評価に用いる各評価部位の使用材料の許容応力評価条件を第2-8表に示す。

第2-8表 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	温度条件 (°C)	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
架台	40 (雰囲気温度)		245	400	245
機器取付ボルト			205	520	205
据付ボルト					

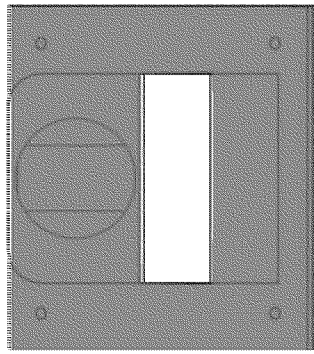
2.4.2.4 自重及び荷重

(1) 死荷重(D)

死荷重Dとして自重を考慮する。死荷重については、資料10-9の「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に従い、津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の構成部材である取付架台及びボルト類の重量に付属品の重量並びに津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の重量を加算したものをを用いる。

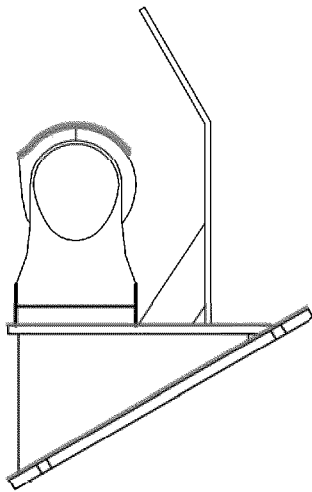
(2) 積雪荷重(P_s)

地震荷重と組み合わせる積雪荷重 P_s については資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち資料2-1-1「耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」に準じて、100cmの積雪量を想定し、積雪箇所としては、第2-7図に示すとおり津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）他に作用する箇所を想定する。なお、算出した積雪荷重については、自重に加算して評価を実施する。積雪荷重の算出については次式を用いる。第2-9表に積雪荷重の算出条件を、第2-10表に自重等と算出した積雪重量を示す。

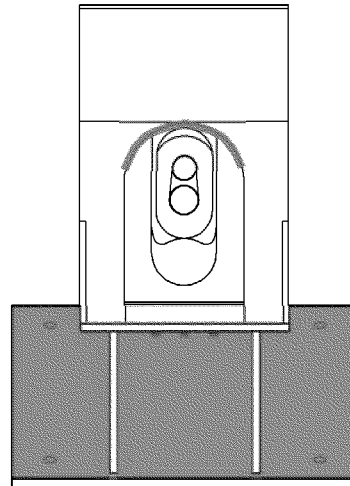


(上面図)

■ : 積雪箇所



(側面図)



(正面図)

第2-7図 積雪箇所

$$P_S = \frac{0.35 \cdot W_S \cdot A_V \cdot d}{g}$$

P_S : 積雪荷重 (kg)

W_S : 1cmあたりの積雪荷重 (N/m²)

A_V : 積雪面積 (m²)

d : 積雪高さ (cm)

g : 重力加速度 (m/s²)

第2-9表 積雪荷重の算出条件

積雪箇所	1cmあたりの積雪荷重 W_s (N/m ²)	積雪面積 A_V (m ²)	積雪高さ d (cm)	重力加速度 g (m/s ²)
カメラ本体	30	0.03161	100	9.80665
架台		0.3493		

第2-10表 自重等と算出した積雪重量

項目	重量 (kg)	合計 (kg)
カメラ本体及び架台	85	126
カメラ本体及び架台への積雪	41	

(3) 風荷重 (P_K)

地震荷重と組み合わせる風荷重 P_K については、資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち資料2-1-1「耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」に準じて、風速□m/sを使用し、架台の形状を踏まえ架台に作用する風圧力を算出する。第2-11表に速度圧及び風圧力の算出結果、第2-12表に風荷重の算出条件、第2-8図に解析モデル図を示す。

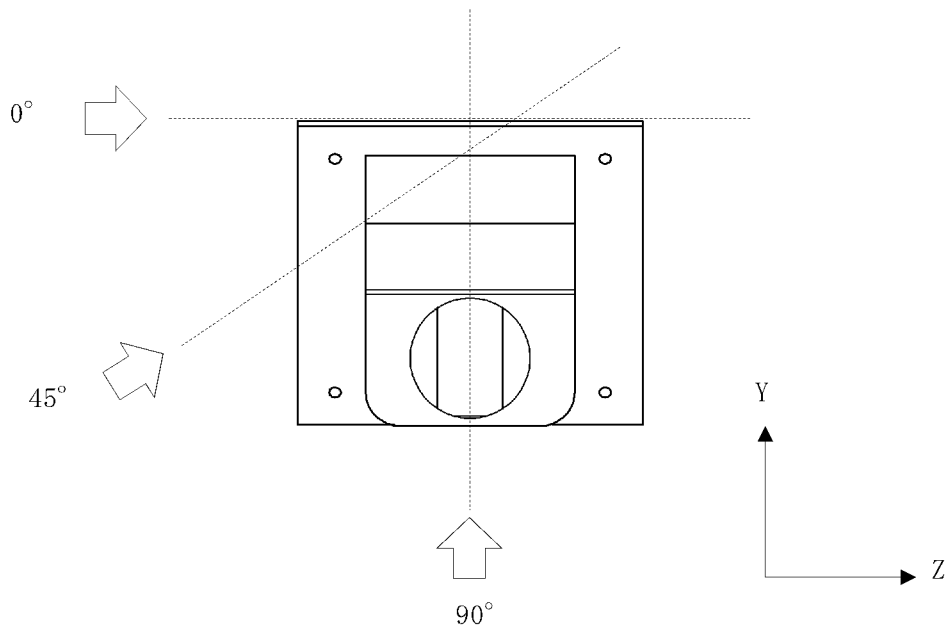
第2-11表 速度圧及び風圧力

作用する部位	速度圧 (N/m^2)	風圧力 (N/m^2)
カメラ本体	1,144	1,380
架台		1,380

第2-12表 風荷重の算出条件

対象	基準風速 V_0 (m/s)	地表面粗区分	津波監視カメラ 高さ (m)	風力係数 C_f
津波監視カメラ (3号機原子炉格納施設)	□	Ⅱ (注1)	80.7	1.2 (注1)

(注1) 建築基準法及び同施行令



第2-8図 風荷重の解析モデル図 (津波監視カメラ (3号機原子炉格納施設))

2.4.3 応力評価方法

各部位ごとの応力評価方法を以下に示す。また、ボルトの諸元を第2-13表に示す。
なお、最大応力発生部位は第2-9図に示す。

- (1) 架台の応力評価については、地震応答解析から得られた応力算出結果と死荷重及び風荷重により静解析にて得られた応力を絶対値和して評価する。地震力については、水平及び鉛直の二乗和平方根（S R S S）法を用いる。

| 死荷重（積雪荷重含む）＋風圧力に伴う応力又は荷重 |

$$+ \sqrt{|\text{水平地震力}|^2 + |\text{鉛直地震力}|^2} \quad (\text{注1})$$

（注1） JEAG4601-1987

- (2) 機器取付ボルト及び据付ボルトについては、F E M解析結果から得られるボルト1本当たりに作用する最大荷重より以下の式を用いて応力を算出する。

a. 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_t}{A}$$

F_t : ボルトに作用する引張力

A : ボルト断面積

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_s}{A}$$

F_s : ボルトに作用するせん断力

A : ボルト断面積

応力評価においては、引張応力の最大値 σ_b を求め、引張応力の許容値で評価する。また、せん断応力の最大値 τ_b を求め、せん断応力の許容値で評価する。

さらに、引張応力の最大値 σ_b については、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 f_{ts} に対する評価を行うものとする。

ここで、

$$f_{ts} = 1.4 (1.5 f_t) - 1.6 \tau_b$$

$$f_{ts} \leq 1.5 f_t$$

第2-13表 ボルト諸元

部位	断面積A (mm ²)
機器取付ボルト	
据付ボルト	

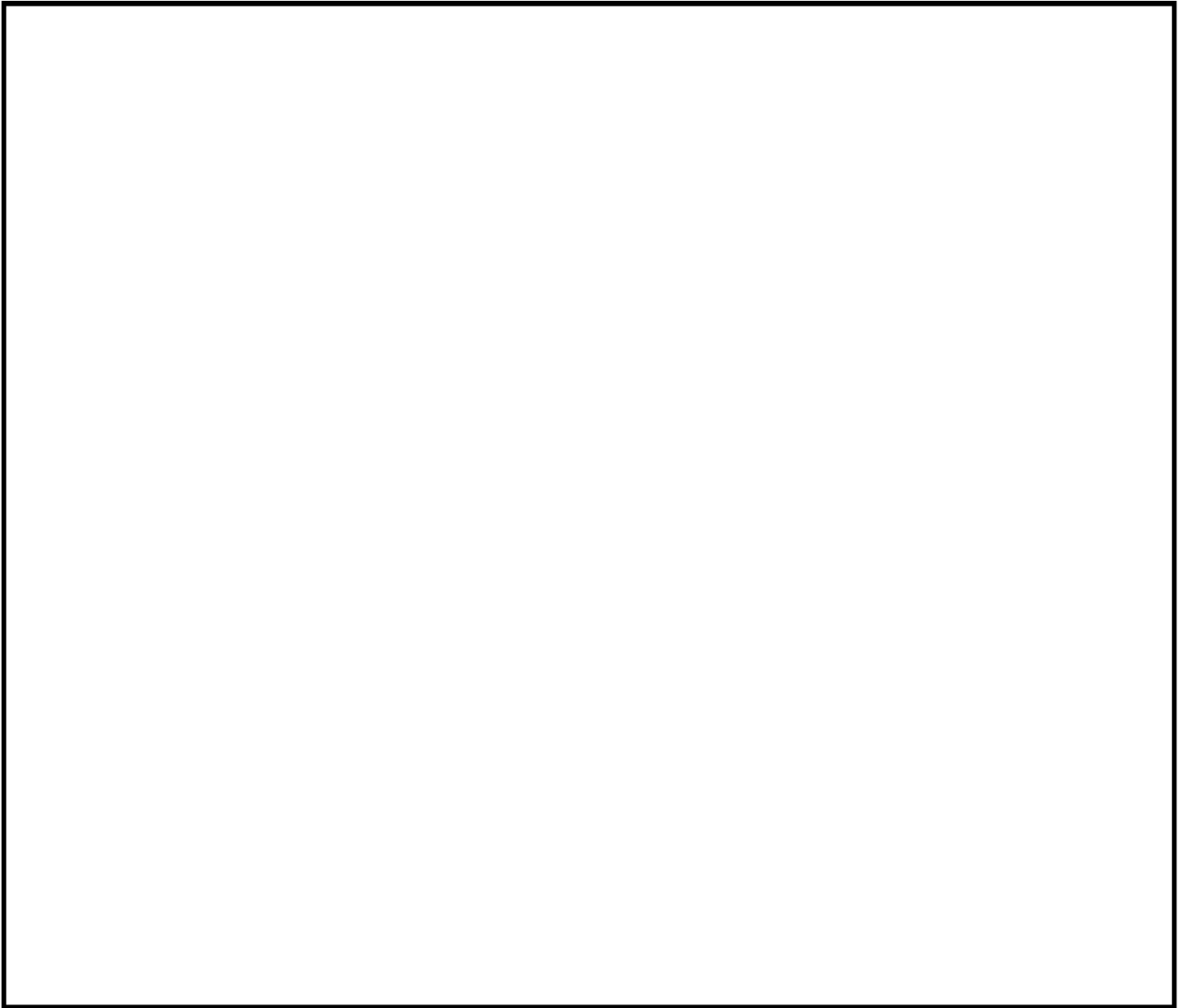
2.4.4 応力評価条件

2.4.4.1 設計用加速度

第2-14表 設計用加速度

項目	設計用加速度 ^(注1) (G)
水平震度	5.37
鉛直震度	3.78

(注1) 剛構造であることから、設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。



第2-9図 最大応力発生部位（津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設））

2.5 機能維持評価

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）は、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

2.5.1 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の機能維持評価方法

カメラ本体の取付位置の応答加速度が、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、津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）本体の正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）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。

機能確認済加速度を第2-15表に示す。

第2-15表 機能確認済加速度

評価部位	項目	機能確認済加速度 (G)
カメラ本体	水平	7.86
	鉛直	6.94

2.6 評価結果

津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、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) 基準地震動Ssに対する評価

基準地震動Ssに対する応力評価結果を第2-16表に示す。

(2) 機能維持確認結果

電氣的機能維持評価結果を第2-17表に示す。

第2-16表 基準地震動S_sによる評価結果 (D+S_s+P_s+M_b+P_k)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値
浸水防護 施設	津波監視 設備	津波監視カメラ (3号機原子炉格納施設)	架台	ミーゼス (単位 MPa)	51	110
			機器取付ボルト	引張 (単位 MPa)	48	153
				せん断 (単位 MPa)	11	118
				組合せ (単位 MPa)	48	153 ^(注1)
			据付ボルト	引張 (単位 MPa)	12	153
				せん断 (単位 MPa)	11	118
				組合せ (単位 MPa)	12	153 ^(注1)

番号は、津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の耐震評価箇所の評価箇所番号を示す。

(注1) 引張応力 (σ_t) とせん断応力 (τ) との組合せ応力の許容値は $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5 f_t^* - 1.6\tau, 1.5 f_t^*)$ とする。

第 2-17 表 津波監視カメラ（3号機原子炉格納施設）の電氣的機能維持評価結果

評価対象設備			機能確認済加速度との比較				詳細評価	
			加速度確認 部位	水平加速度(G)		鉛直加速度(G)		
				評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
浸水防護 施設	津波監視 設備	津波監視カメラ (3号機原子炉格納施設)	カメラ取付 位置	4.47	7.86	3.15	6.94	—

資料 10-15 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-15-1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動 ...	03-添10-15-1
3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果 .	03-添10-15-1
3.1 建物・構築物	03-添10-15-1
3.2 機器・配管系	03-添10-15-19
3.3 津波監視設備	03-添10-15-23
4. まとめ	03-添10-15-24

1. 概要

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」及び資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力により、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、大飯発電所の基準地震動 S_s-1 ～ S_s-19 を用いる。基準地震動 S_s については、資料10-2「基準地震動 S_s の概要」による。

3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果

3.1 建物・構築物

3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、緊急時対策所建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第3-1-1表に示す。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第3-1-2表及び第3-1-3表に示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第3-1-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第3-1-2表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3-1-4表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」として、緊急時対策所建屋の基礎を抽出した。

一方、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」は抽出されなかった。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第3-1-1表に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について第3-1-3表に示す3次元的な応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第3-1-5表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい可能性がある部位」及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する可能性がある部位」は抽出されなかった。

第3-1-1表 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

耐震評価部位		緊急時対策所建屋
		RC造
柱	一般部	○
	隅部	—
	地下部	—
梁	一般部	○
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	○
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	○
基礎	矩形	○
	円形	—

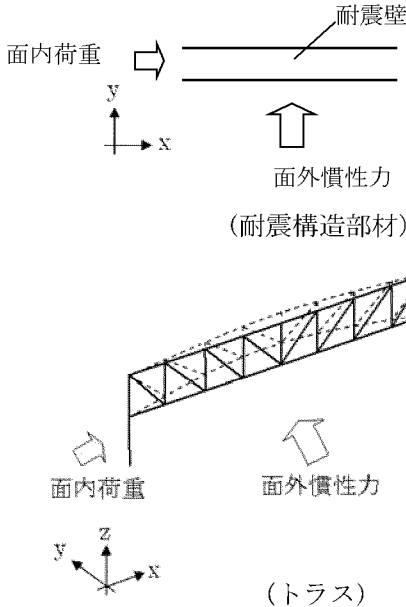
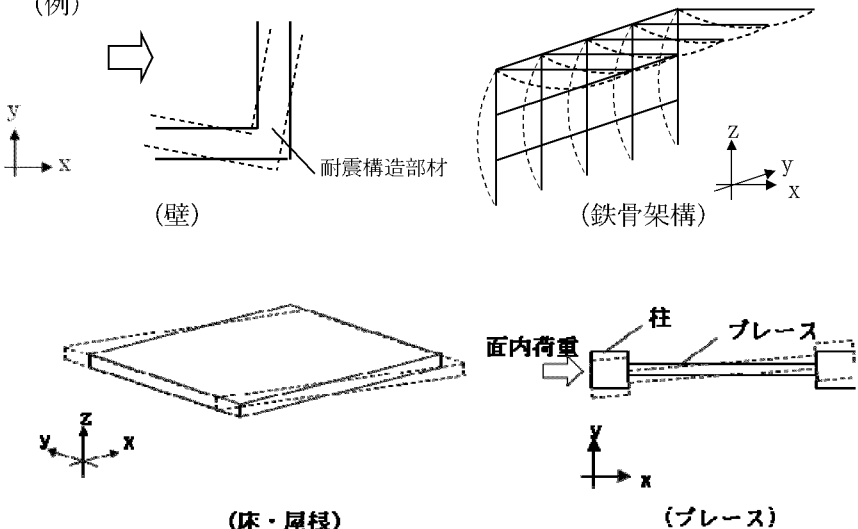
凡例 ○：対象の構造部材あり

—：対象の構造部材なし

第3-1-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平2 方向の荷重が、 応力として集 中	<p>応力の集中する隅柱等 (例)</p> <p>The diagrams illustrate stress concentration in various structural components under orthogonal horizontal and vertical loads. 1. Corner column: A cross-section of a column with horizontal and vertical loads. A shaded area at the corner indicates stress concentration. 2. Circular pipe wall: A cross-section of a pipe with horizontal and vertical loads. A dashed circle at the top indicates stress concentration. 3. Rectangular base plate: A top-down view of a rectangular plate with horizontal and vertical loads. A dashed circle at one corner indicates stress concentration. 4. Underground wall: A side view of a wall with horizontal loads from both sides and vertical loads from soil/water pressure. A dashed circle at the top corner indicates stress concentration.</p>
①-2	面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向の 荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット等 (例)</p> <p>The diagram shows an underground wall with in-plane horizontal loads and out-of-plane vertical loads (soil/water pressure). A dashed circle at the top corner indicates stress concentration.</p>

第3-1-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性
(3次元的な応答特性)

3次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパンや吹き抜け部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>面内荷重</p> <p>面外慣性力</p> <p>(トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物などを含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>耐震構造部材</p> <p>(壁)</p> <p>(鉄骨架構)</p> <p>面内荷重</p> <p>柱</p> <p>ブレース</p> <p>(床・屋根)</p> <p>(ブレース)</p>

第3-1-4表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位の抽出
(荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング)

耐震評価部位		緊急時対策所建屋
		RC造
柱	一般部	該当無し
	隅部	—
	地下部	—
梁	一般部	該当無し
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	該当無し
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	該当無し
基礎	矩形	①-1要
	円形	—

凡例 要：評価必要

①-1：応答特性「直交する2方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

第3-1-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位の抽出
(3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震評価部位		緊急時対策所建屋
		RC造
柱	一般部	不要
	隅部	—
	地下部	—
梁	一般部	不要
	地下部	—
	鉄骨トラス	—
壁	一般部	不要
	斜め部	—
	地下部	—
	鉄骨ブレース	—
	水密扉	—
床・屋根	一般部	不要
基礎	矩形	要
	円形	—

凡例 要：荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み
不要：評価不要

②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価部位の抽出結果

(1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるとして抽出した部位を第3-1-6表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」のうち、緊急時対策所建屋の基礎について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第3-1-6表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物
①-1	基礎	矩形	緊急時対策所建屋

凡例 ①-1:応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を評価した。評価は、従来の設計手法の各部位の解析モデル及び水平1方向及び鉛直方向地震力の評価結果を用いた。また、影響評価は、基準地震動 S_s の各方向の地震動により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいた評価により実施した。

(注) REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

緊急時対策所建屋の基礎について、基準地震動 S_s による地震力を水平2方向及び鉛直方向に作用させ、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を行った。3次元FEM解析による断面の評価は、資料10-13-2「緊急時対策所建屋の耐震計算書」に基づいて行った。

緊急時対策所建屋の基礎の評価については、 S_s 地震時を対象とし、直交する水平2方向の荷重が隅部に応力集中する可能性がある矩形の周辺部基礎に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を評価した。

緊急時対策所建屋の概略平面図及び概略断面図を第3-1-1図及び第3-1-2図に示す。

地震荷重は、資料10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」のうち、 S_s 地震時のNS方向およびEW方向それぞれの地震力を各レベルで包絡させた結果を用いる。

地震荷重以外の荷重については資料10-13-2「緊急時対策所建屋の耐震計算書」に基づいて評価を実施する。

荷重の組合せは、資料10-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重の組合せに基づき、風荷重の影響は地震荷重と比較して極めて小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、地震荷重及び積雪荷重の組合せは、地震荷重及び積載荷重の組合せに含まれるものとする。

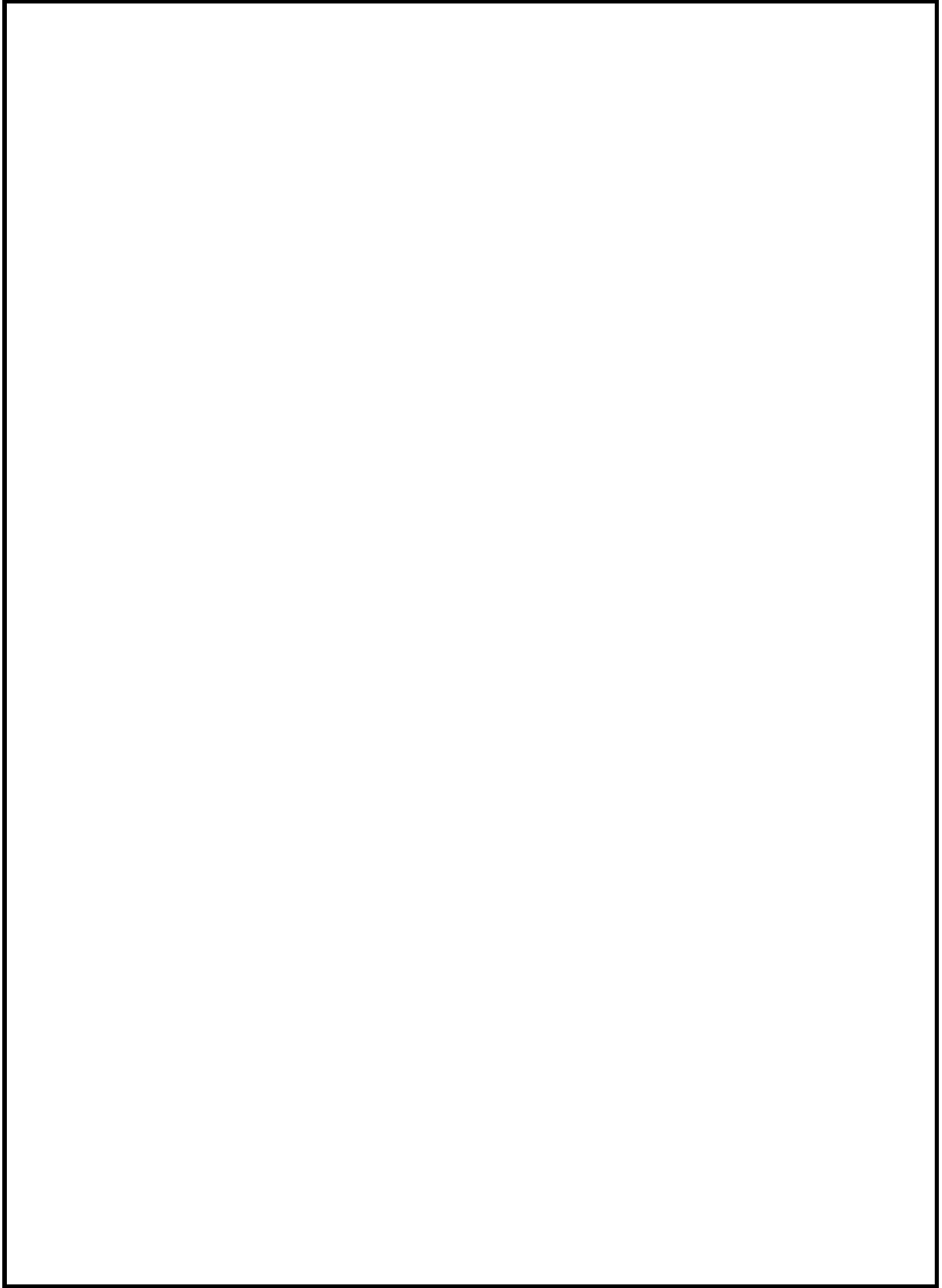
緊急時対策所建屋の基礎の応力解析モデルは、基礎を含む建屋全体をモデル化する。

解析モデルを第3-1-3図に示す。材料の物性値を第3-1-7表及び第3-1-8表に示す。

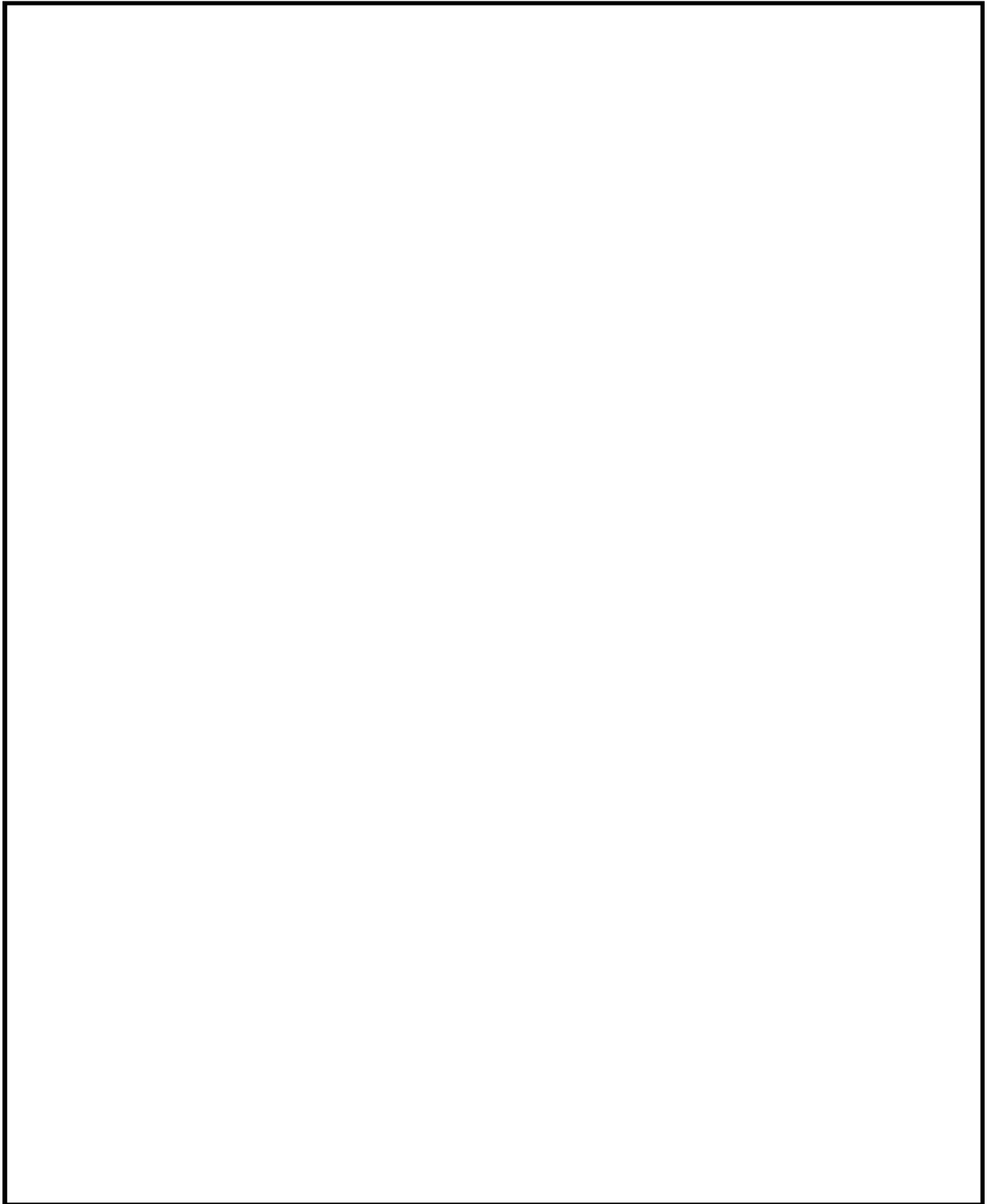
解析結果を記載する要素の位置（許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素）を第3-1-4図、評価結果を第3-1-9表に示す。

評価の結果、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する許容値に対する解析結果の割合は、水平2方向の地震力の影響により割合が最大となる要素位置が一部で変わり、解析結果の値は増加傾向であるものの、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が実鉄筋量を超えないこと、並びに面外せん断力が許容値を超えないことを確認した。

以上のことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊急時対策所建屋の基礎が有する耐震性への影響はないことを確認した。



第3-1-1図 緊急時対策所建屋の概略平面図



第3-1-2図 緊急時対策所建屋の概略断面図



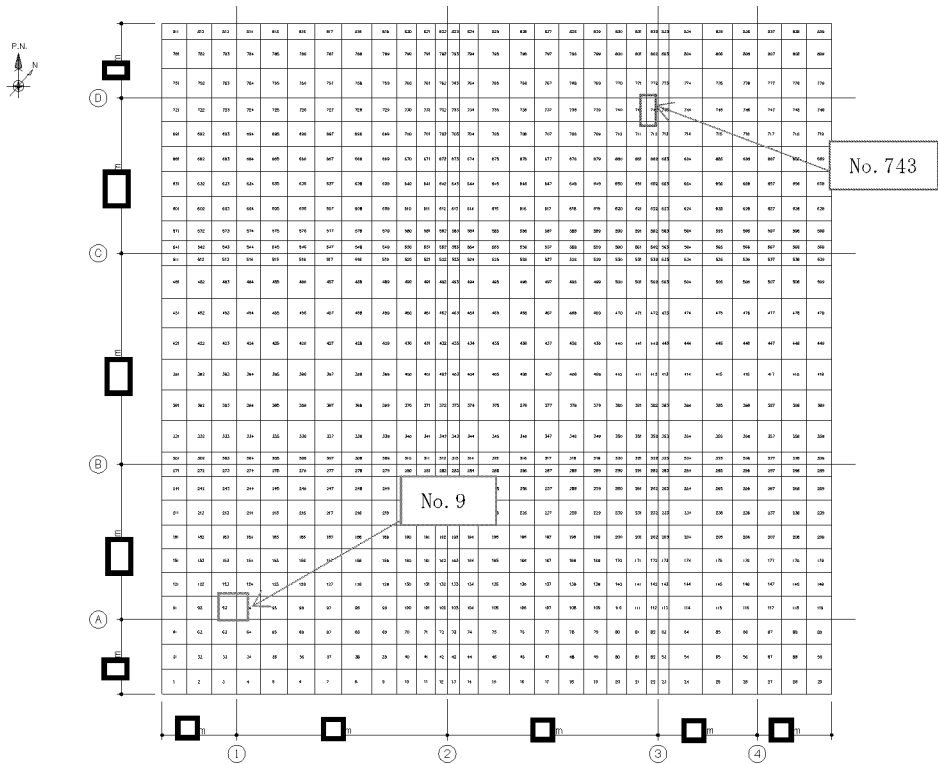
第3-1-3図 解析モデル

第3-1-7表 コンクリートの物性値

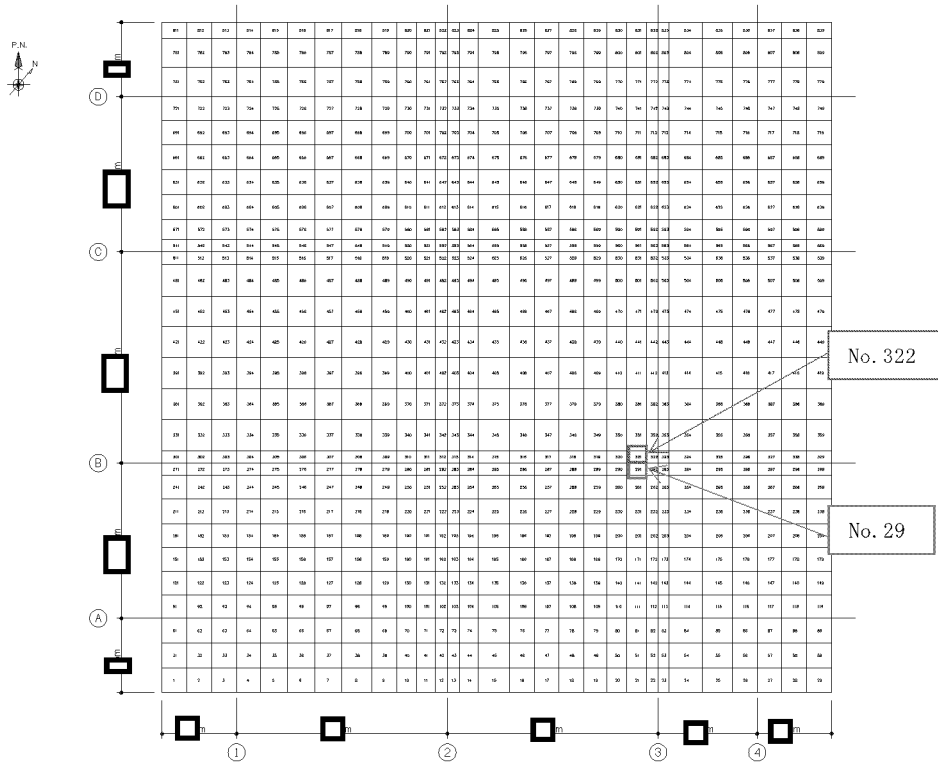
諸元		物性値
設計基準強度	Fc	30.0 N/mm ²
ヤング係数	Ec	24.4×10 ³ N/mm ²
ポアソン比	ν	0.2

第3-1-8表 鉄筋の物性値

諸元		物性値
鋼材種		SD390
ヤング係数 (Es)		2.05×10 ⁵ N/mm ²



(a) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(NS方向)



(b) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(EW方向)

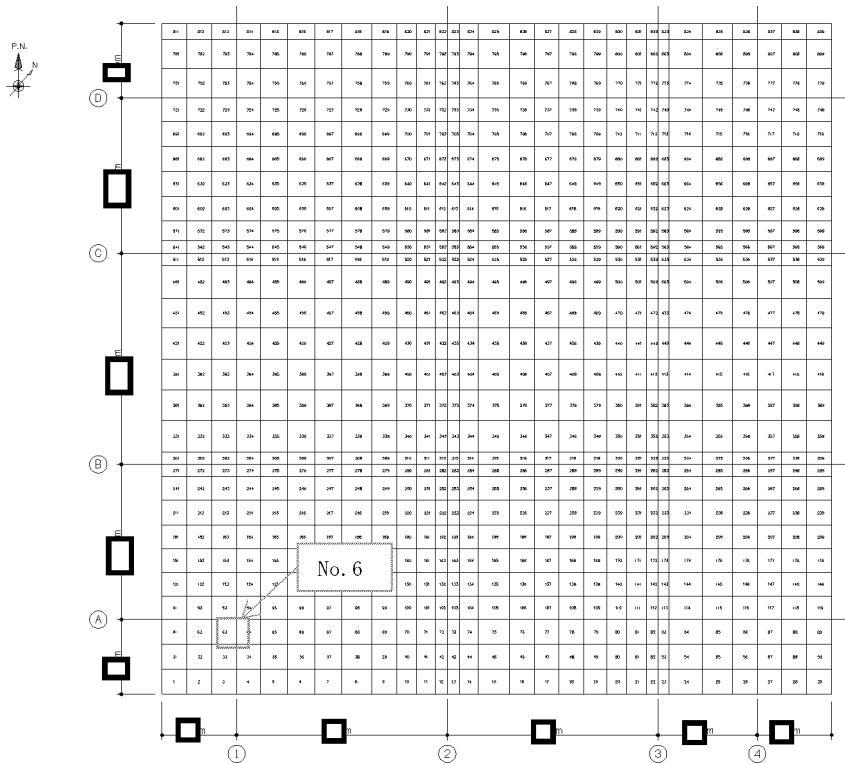


: 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の断面算定要素

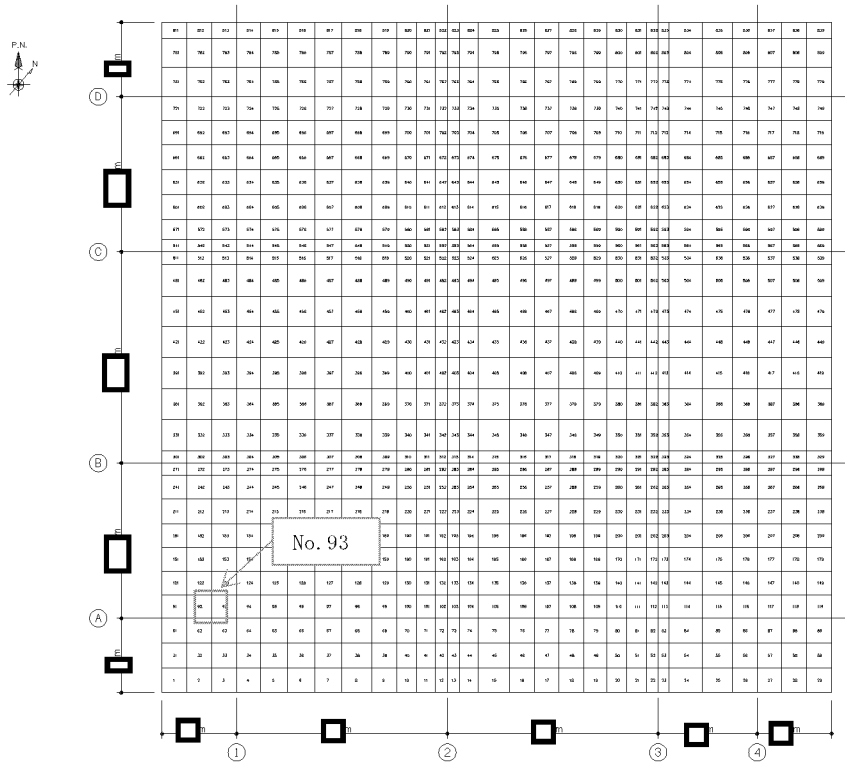


: 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の断面算定要素

第3-1-4図 解析結果を記載する要素の位置(1/2)



(c) 面外せん断力(NS方向)



(d) 面外せん断力(EW方向)

□ : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ時並びに

水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の断面算定要素

第3-1-4図 解析結果を記載する要素の位置 (2/2)

第3-1-9表 評価結果

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

		検討項目	要素番号	解析結果	許容値
軸力 ^{※1} + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量／実鉄筋量	94	0.340	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量／実鉄筋量	292	0.400	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	64	0.654	2.36
	EW 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	93	0.682	2.36

※1：軸力+曲げモーメント+面内せん断力の解析結果及び許容値は、検定比を記載している。

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

		検討項目	要素番号	解析結果	許容値
軸力 ^{※1} + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量／実鉄筋量	743	0.308	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量／実鉄筋量	322	0.295	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	64	0.465	2.36
	EW 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	93	0.506	2.36

※1：軸力+曲げモーメント+面内せん断力の解析結果及び許容値は、検定比を記載している。

3.1.5 まとめ

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある耐震評価部位を抽出し、その部位における従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等は、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、同等及び増加する傾向があるが、水平2方向及び鉛直方向地震力による応力等が許容値を満足する結果となった。この要因としては、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来評価において、壁・床等をバランスよく配置する構造計画による円滑な応力伝達及び応力集中の回避や保守的な部材設計などが考えられる。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力については、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

また、機器・配管系への影響の可能性のある部位については、抽出されなかった。

3.2 機器・配管系

3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種毎に分類した結果を、第3-2-1表に示す。機種毎に分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目より検討し、影響の可能性がある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響有無を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力により影響が軽微な設備であると整理した。

- a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

今回申請設備の各部位については、水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合、構造により水平2方向の地震力を負担する箇所もあるため、影響を受ける。

- b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

今回申請設備の各部位については、水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合、構造により最大応力の発生箇所が同じ箇所もあるため、影響を受ける。

- c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等といえるもの

配管本体については、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」と同様に、水平2方向の地震力を組み合わせた場合、水平1方向の地震による応力と同等のものとした。

- d. 従来評価で保守性を考慮しており、水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても影響が軽微であるもの

今回申請設備の各部位については、従来評価にて水平2方向及び鉛直方向の地震力による保守性を考慮していないため、影響を受ける。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点
今回申請設備の各部位については、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじれ振動等は発生しない。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

上記(1)(2)において影響の可能性がある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

上記(1)(2)にて抽出された以外の設備は、応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きが明確であり、水平各方向を包絡した床応答曲線を用いて評価を実施しているため、水平2方向及び鉛直方向地震力の増分による耐震性への影響の懸念はないと整理した。

3.2.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1項における建物・構築物の影響評価において、機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.1項で抽出した結果を第3-2-2表に示す。

3.2.4 まとめ

機器・配管系において、水平2方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

第 3-2-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設備	部位
電気盤	基礎ボルト、据付ボルト、取付ボルト、溶接部
	フレーム
配管本体（定ピッチスパン法）	直管配管（水平、鉛直）
	曲り部、分岐部
通信連絡設備（アンテナ類）	据付ボルト
津波監視カメラ	据付ボルト

第3-2-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり
 △：影響軽微
 -：該当なし

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3. 2. 1 項(1)及び(2)の観点	3. 2. 1 項(3)の観点	検討結果
電気盤	○（基礎ボルト、据付ボルト、取付ボルトせん断、溶接部、フレーム）	△	明確な応答軸を有している
通信連絡設備（アンテナ類）	○（据付ボルトせん断）	△	明確な応答軸を有している
津波監視カメラ	○（据付ボルトせん断）	△	明確な応答軸を有している

3.3 津波監視設備

3.3.1 施設、設備の区分

津波監視設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は、資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す通り、「機器・配管系」の方針に基づき実施した。第3-3-1表に施設、設備の区分を示し、影響評価結果は、「3.2機器・配管系」に示す。

第3-3-1表 津波監視設備の分類

施設、設備分類	施設、設備名称	区分
津波監視設備	津波監視カメラ	機器・配管系

4. まとめ

各施設について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力の評価結果と同等、もしくは一部について上回る箇所はあるが、施設が有する耐震性への影響はないことを確認した。

火災防護設備の耐震性に関する説明書

目 次

別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針

別添 1-2 火災感知設備の耐震計算書

別添 1-2-1 火災感知器の耐震計算書

別添 1-2-2 火災受信機盤の耐震計算書

別添 1-3 消火設備の耐震計算書

別添 1-3-1 全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備の耐震計算書

別添 1-3-2 全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁の耐震計算書

別添 1-3-3 全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤の耐震計算書

別添 1-3-4 消火設備配管の耐震計算書

別添 1-4 火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

火災防護設備の耐震計算の方針

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-1-1
2. 耐震評価の基本方針	03-別添1-1-2
2.1 評価対象設備	03-別添1-1-3
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	03-別添1-1-10
3.1 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-1-10
3.2 許容限界	03-別添1-1-11
4. 耐震評価方法	03-別添1-1-17
4.1 地震応答解析	03-別添1-1-17
4.2 応力評価	03-別添1-1-21
4.3 機能維持評価	03-別添1-1-22
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	03-別添1-1-23
5. 適用規格	03-別添1-1-24

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第11条及び第52条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」が適合することを要求している「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合する設計とするため、資料5「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「資料5」という。）に示す、緊急時対策所を構成する設備の安全性が脅かされることのないよう設置する耐震Cクラス機器の火災感知設備及び消火設備が、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震設計方針について説明するものである。火災感知設備及び消火設備への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則第5条及び第50条の対象ではない。

耐震計算は、資料5に示す適用規格を用いて実施する。

火災防護設備の具体的な耐震計算の方法及び結果は、別添1-2-1「火災感知器の耐震計算書」、別添1-2-2「火災受信機盤の耐震計算書」、別添1-3-1「全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備の耐震計算書」、別添1-3-2「全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁の耐震計算書」、別添1-3-3「全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤の耐震計算書」、別添1-3-4「消火設備配管の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果を、別添1-4「火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

火災防護設備の耐震評価は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」、資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」、資料10-9「機能維持の基本方針」及び資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に基づいて実施する。

耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す設備を対象として、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す基準地震動 S_s による地震力と組みあわすべき他の荷重による応力等が許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格」に示す適用規格を用いて確認する。

火災感知設備及び消火設備は、基準地震動 S_s による地震力に対して、その機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組みあわせて実施する。影響評価方法は、「4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、資料5の「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災感知器及び火災受信機盤、並びに資料5の「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうち全域ハロン消火設備（共用分配型）を構成するポンベ設備、選択弁及び制御盤並びに消火設備配管を対象とする。

資料5の「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備の構造計画を第2-1表、第2-2表に、資料5の「5.2 消火設備について」に示す消火設備の構造計画を第2-3表から第2-6表に示す。

第2-1表 火災感知設備のうち火災感知器の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流の環境条件及び予想される火災の性質（急激な温度変化、煙の濃度の上昇）を考慮して選定された種類の火災感知器を、各火災区域及び火災区画に設置する。</p>			
<p>煙感知器 (アナログ)</p> <p>熱感知器 (アナログ)</p>	<p>煙感知器 (天井支持型)</p> <p>熱感知器 (天井支持型)</p>	<p>各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋天井等のコンクリート躯体に据え付ける。</p>	

第2-2表 火災感知設備のうち火災受信機盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>火災受信機盤は、火災感知器からの作動信号を常時監視できるように、緊急時対策所内に設置する。</p>			
火災受信機盤	火災受信機盤 (壁掛け型)	火災受信機盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

第2-3表 消火設備のうち全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備は、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。</p>			
<p>全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備</p>	<p>ハロンガスボンベ及び容器弁（遠隔操作型）</p>	<p>容器弁はハロンガスボンベにねじ込み固定する。ハロンガスボンベはラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。</p>	<p>A-A平面図（ボンベ押え）</p> <p>図1 ハロン消火設備 ボンベ設備外観図</p> <p>図2 容器弁 外形図</p>

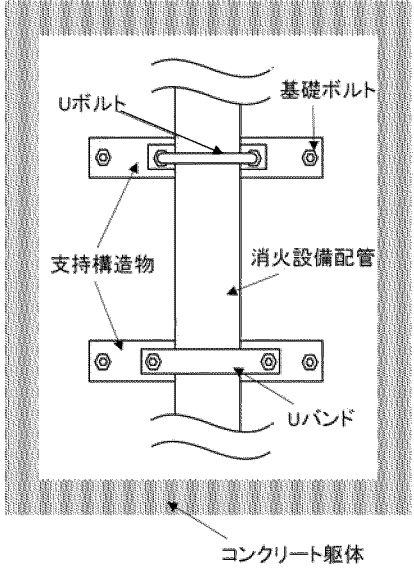
第2-4表 消火設備のうち全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁は、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。</p>			
<p>全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁</p>	<p>選択弁 （遠隔操作型）</p>	<p>選択弁は、ハロンガス供給配管に対し、取付ボルトにてフランジに固定し、選択弁至近のハロンガス供給配管の両端をUボルト又はUバンドにて支持構造物に据え付ける。</p>	

第2-5表 消火設備のうち全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤は、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。</p>			
全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤	全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤（壁掛け型）	全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤を基礎ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	

第2-6表 消火設備のうち消火設備配管の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】 消火設備配管は、消火対象である火災区域又は火災区画に設置する。</p>			
消火設備配管	消火設備配管	消火設備配管は、Uボルト又はUバンドにて支持構造物に取り付け、基礎ボルトにより支持構造物をコンクリート躯体に据え付ける。	

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

火災感知設備及び消火設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の種類

荷重は、以下の荷重を用いる。

a. 死荷重(D)

死荷重は、持続的な装置の運転による荷重や振動による荷重等が生じない設備は、自重とする。

b. 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssに伴う地震力による荷重とする。

c. 内圧荷重(P_D)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している、機器、配管系の荷重の組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重及び荷重の組合せを第3-1表に示す。

3.2 許容限界

許容限界は、資料5の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標及び評価方針に従い、火災感知設備及び消火設備の構造及び支持構造から地震時荷重の伝達を考慮し、応力あるいは荷重が集中する評価対象部位ごとに設定する。

評価対象部位ごとの許容限界を第3-1表に示す。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに許容限界を定める。

3.2.1 火災感知設備

(1) 火災感知器

a. 基礎ボルト

火災感知器は、構造強度上の性能目標として、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災感知器を固定する基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

(2) 火災受信機盤

a. 基礎ボルト

火災受信機盤は、構造強度上の性能目標として、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 S_s による地震力に対し、基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

3.2.2 消火設備

(1) 全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備

a. 基礎ボルト

全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備は、構造強度上の性能目標として、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 S_s による地震力に対し、全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備の構成品である基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を、第3-2表に示す。

(2) 全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤

a. 基礎ボルト

全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤は、構造強度上の性能目標として、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 S_s による地震力に対し、基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

(3) 消火設備配管

消火設備配管のうち全域ハロン消火設備ガス供給配管については、構造強度上の性能目標として、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 S_s による地震力に対し、消火設備配管が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

消火設備配管のうち全域ハロン消火設備ガス供給配管の具体的な許容限界を第3-3表に示す。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ※	評価対象部位	機能損傷モード	許容限界
			応力等の状態	
火災感知器	D+Ss	基礎ボルト	引張、せん断	「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」(社)(日本電気協会)(以下「JEAG4601・補-1984」という。)に準じて、許容応力状態Ⅳ _A Sの許容応力以下とする。
火災受信機盤	D+Ss	基礎ボルト	引張、せん断	
全域ハロン消火設備(共用分配型)ボンベ設備	D+Ss	基礎ボルト	引張、せん断	
全域ハロン消火設備(共用分配型)制御盤	D+Ss	基礎ボルト	引張、せん断	
消火設備配管	D+P _D +Ss	配管	一次応力(曲げ応力含む)、 一次+二次応力、 一次+二次+ピーク応力	

※ D: 死荷重、Ss: 地震荷重、P_D: 内圧荷重

第3-2表 ボルトの許容限界

設備名称	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1, 2, 4)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
基礎ボルト	C	D+Ss	IV _A S	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^*, f_s^* : 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会(以下「JSME S NC1」という。) SSB-3121.1(1)a 本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 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。

第3-3表 配管の許容限界

設備名称	耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^(注1)		
				一次応力 (曲げ応力 含む)	一次+ 二次応力	一次+ 二次+ ピーク応力
消火設備配管	C	D+P _b +Ss	IV _A S	0.9S _u	Ss地震動のみによる疲労解析 ^(注2) を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) 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。

(注2) $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1 PPB-3536(同(3), (6)及び(7)を除く。また、 S_m は $2/3S_y$ に読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

4. 耐震評価方法

火災感知設備及び消火設備の耐震評価は、以下の「4.1 地震応答解析」、「4.2 応力評価」及び「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の「4.1.1 入力地震動」に示す入力地震動及び「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従い、「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

ただし、火災感知設備及び消火設備のうち解析により固有値等の評価を実施しない火災感知設備及び消火設備は、設備の設置状況を模擬した固有値測定試験により、固定金具等の支持構造物も含めた設備の固有振動数を測定する。

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フローを第4-1図に示す。

4.1.1 入力地震動

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析における入力地震動は、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」に設定している、当該設備設置床の基準地震動 S_s における設計用床応答曲線(S_s)とする。

4.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準や実験等の結果に基づき設定する。

消火設備の地震応答解析は、以下の方法に従い実施する。

(1) スペクトルモーダル法による解析

消火設備のうち消火設備配管は、熱的条件及び口径を踏まえ低温配管に分類し、その仕様に応じて適切なモデルに置換し、入力地震動において発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。

解析の概要を以下に示す。

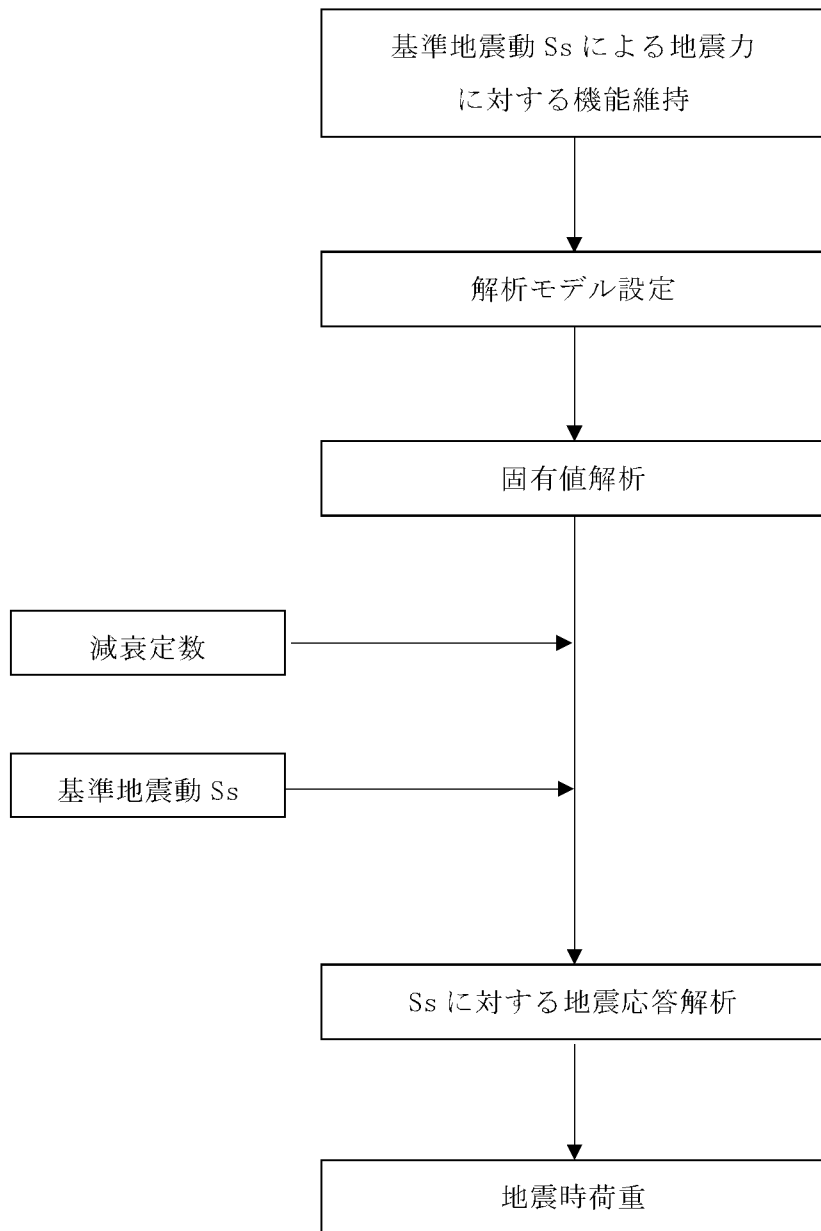
- a. スペクトルモーダル解析法における最大値は、2乗和平方根(SRSS)により求める。
- b. 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただ

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。

c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」に設定している、JEAG4601に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性が確認された値を用いる。具体的な減衰定数を第4-1表に示す。



第 4-1 図 火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フロー

第4-1表 設計用減衰定数

設備名称	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 (注1)
配管系	0.5	0.5 (注1)(注2)

(注1) 既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値

(注2) 既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が確認されている値

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究 (H12～H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7～H10)」

4.2 応力評価

火災感知設備及び消火設備の応力評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示す地震応答解析により求める荷重から算出する発生応力、又は評価対象設備の応答加速度から算出する発生応力が、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力以下となることを確認する。

固有振動数が30Hz以上の剛構造である場合は、その機器の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度から発生応力を算出する。

火災感知設備及び消火設備の応力評価は、以下に示す評価手法により実施する。

(1) 1質点系モデルによる応力評価

「4.1 地震応答解析」にて設定している固有値測定試験により固有振動数の測定を行う設備は、固有値測定試験で得られた固有振動数に応じて応答加速度を算出し、設備の重心位置に質量を集中させた1質点系モデルに対して、応力評価を実施する。なお、使用する設計用床応答曲線は、安全側に谷埋め（ある周期の床応答加速度に対し、その周期より柔側において加速度が小さい場合、即ち「谷」がある場合、剛側の加速度にし「谷」を埋める）及びピーク保持（床応答加速度が最大となる周期より柔側においても最大の加速度を保持する）を行う。

(2) 標準支持間隔法

消火設備配管は、標準支持間隔法により応力評価を実施する。

火災感知器、火災受信機盤、全域ハロン消火設備（共用分配型）ポンベ設備、全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤は、1質点系モデルにて応力評価を実施する。

消火設備配管は、資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に設定している、耐震Sクラス配管に適用する標準支持間隔法により設計する。

4.3 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、基準地震動 S_s に対し、火災を早期に感知、消火する動的機能及び電氣的機能を保持することを性能目標としているため、火災感知設備及び消火設備の構造強度による機能維持、動的機能維持評価及び電氣的機能維持評価の方針は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」及び「4. 機能維持」を用いる。

4.3.1 動的機能維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、資料5の「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標及び評価方針を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の最大床加速度が、以下に示す機能確認済加速度以下であることを確認する。

(1) 消火設備

a. 全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備

ボンベ設備は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震応答解析により求めたボンベ設備を設置する床の基準地震動 S_s による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にてボンベ設備単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

b. 全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁

選択弁は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震応答解析により求めた選択弁を設置する床の基準地震動 S_s による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて選択弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

(参考文献)

- ・（社）日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」
- ・電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H10～H13)」

4.3.2 電氣的機能維持

地震時及び地震後に電氣的機能が要求される機器は、資料5の「5.1 火災感知設備について」及び資料5の「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標及び評価方針を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の最大床加速度が、以下に示す機能確認済加速度以下であることを確認する。

(1)火災感知設備

a. 火災感知器

火災感知器は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災感知器を設置する床の基準地震動 S_s による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災感知器単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

b. 火災受信機盤

火災受信機盤は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災受信機盤を設置する床の基準地震動 S_s による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災受信機盤単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

(2)消火設備

a. 全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤

制御盤は、基準地震動 S_s による地震力に対し、地震応答解析により求めた制御盤を設置する床の基準地震動 S_s による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて制御盤単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

基準地震動 S_s による地震力による耐震性評価を実施する火災感知設備及び消火設備に関する、水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影響評価については、資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添1-4「火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 適用規格

資料5に記載している以下の指針等を適用する。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991追補版) 日本電気協会

火災感知設備の耐震計算書

火災感知設備の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

別添 1 - 2 - 1 火災感知器の耐震計算書

別添 1 - 2 - 2 火災受信機盤の耐震計算書

火災感知器の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-2-1-1
2. 基本方針	03-別添1-2-1-2
2.1 位置	03-別添1-2-1-2
2.2 構造概要	03-別添1-2-1-2
2.3 評価方針	03-別添1-2-1-5
2.4 適用規格	03-別添1-2-1-5
3. 耐震評価箇所	03-別添1-2-1-7
3.1 応力評価における評価対象部位	03-別添1-2-1-7
3.2 機能維持評価における評価対象部位	03-別添1-2-1-7
4. 地震応答解析	03-別添1-2-1-8
4.1 基本方針	03-別添1-2-1-8
4.2 固有値測定試験	03-別添1-2-1-8
4.3 固有値測定結果	03-別添1-2-1-8
4.4 設計用地震力	03-別添1-2-1-8
4.5 設計用加速度	03-別添1-2-1-10
4.6 評価用加速度	03-別添1-2-1-11
5. 応力評価	03-別添1-2-1-12
5.1 基本方針	03-別添1-2-1-12
5.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-2-1-12
5.3 許容限界	03-別添1-2-1-13
5.4 評価方法	03-別添1-2-1-15
5.5 応力評価条件	03-別添1-2-1-19
6. 機能維持評価	03-別添1-2-1-21
6.1 基本方針	03-別添1-2-1-21
6.2 許容限界	03-別添1-2-1-21
6.3 評価方法	03-別添1-2-1-21

7. 評価結果 03-別添1-2-1-22

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、火災感知器が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するために、十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認するものである。その耐震評価は、地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」にて設定している火災感知器の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

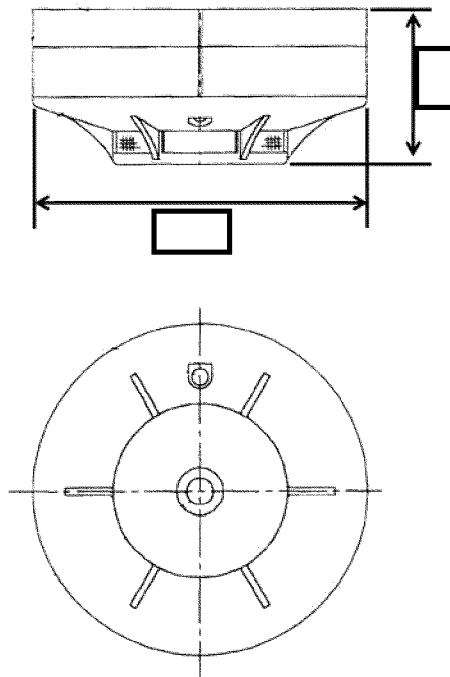
火災感知器は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流の環境条件及び予想される火災の性質（急激な温度変化、煙の濃度の上昇）を考慮して選定された種類の火災感知器を、緊急時対策所全体にわたって広範囲に設置する。

2.2 構造概要

火災感知器の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、火災感知器の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図及び第 2-2 図に示す。

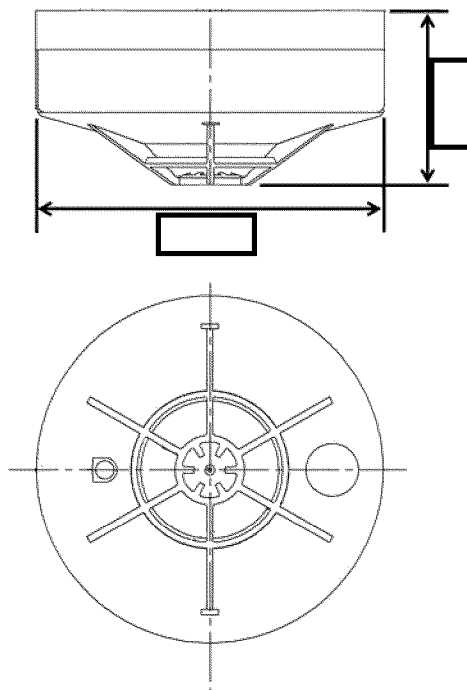
第 2-1 表 火災感知器の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	煙 感知器 (天井支 持型) 熱 感知器 (天井支 持型)	各火災感知器 は、取付ボルト にて固定金具 に取り付け、固定金具 を基礎ボルト により、建屋 天井等のコン クリート躯体 に据え付け る。	



第 2-1 図 煙感知器（アナログ） 外観図

（単位：mm）



第 2-2 図 熱感知器（アナログ） 外観図

（単位：mm）

2.3 評価方針

火災感知器は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定している応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

火災感知器の応力評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、「4.5 設計用加速度」に示す設計用加速度を用い、「5. 応力評価」に示す方法により応力評価を実施し、「7. 評価結果」において基礎ボルトに発生する応力が許容限界内に収まることを確認する。

火災感知器本体は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

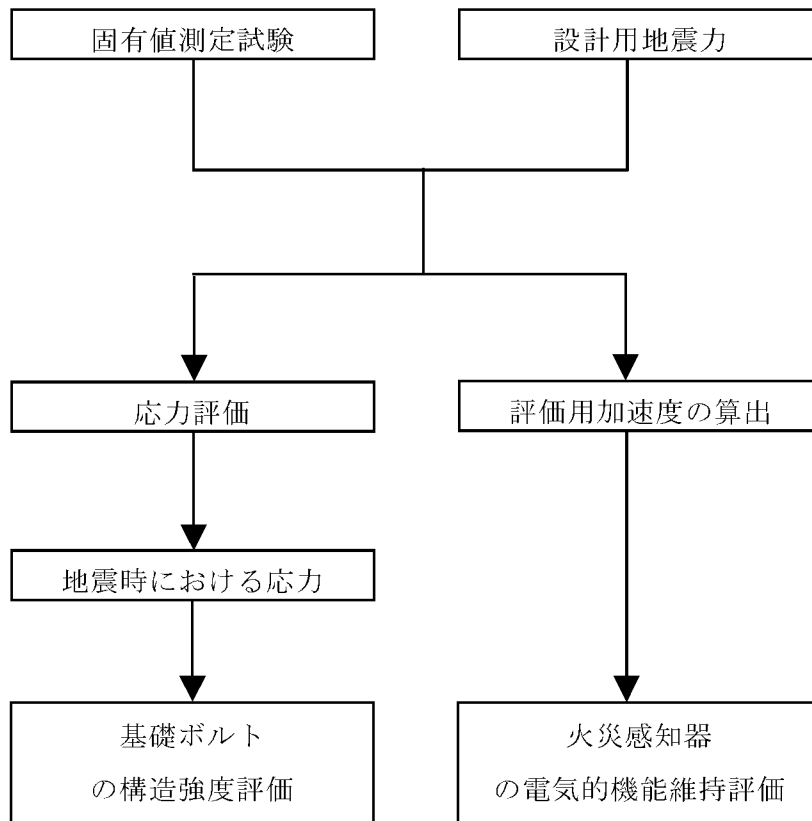
火災感知器の電氣的機能維持評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す火災感知器本体について、「4.6 評価用加速度」に示す評価用加速度を用い、「6. 機能維持評価」に示す方法により機能維持評価を実施し、「7. 評価結果」において火災感知器本体の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

火災感知器の評価フローを第 2-3 図に示す。

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」
(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-3 図 火災感知器の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

火災感知器の耐震評価は、以下のとおり選定して実施する。

3.1 応力評価における評価対象部位

火災感知器の評価対象部位は、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

3.2 機能維持評価における評価対象部位

火災感知器の評価対象部位は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な火災感知器本体とする。

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

火災感知器は、別添1-1の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

火災感知器本体の地震応答解析は、「4.2 固有値測定試験」に示す方法により、「4.3 固有値測定結果」において火災感知器本体の固有振動数を評価する。

また、「4.4 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線から算出される設計用加速度及び評価用加速度を「4.5 設計用加速度」及び「4.6 評価用加速度」に示す。

4.2 固有値測定試験

火災感知器本体は、固定金具等の支持構造物も含めた火災感知器の設置状態を模擬し、振動試験装置にて1～50Hzで掃引し、火災感知器の応答を測定する。

4.3 固有値測定結果

火災感知器の固有値測定結果を第4-1表に示す。第4-1表より火災感知器は剛構造である。

第4-1表 火災感知器の固有振動数

設備名称		固有振動数 (Hz)
火災感知器	煙感知器 (アナログ)	□
	熱感知器 (アナログ)	

4.4 設計用地震力

火災感知器の設計用地震力は、第4-2表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。火災感知器の設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の各場所における最大床加速度(Ss)のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

第4-2表 設計用地震力

設備名称	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 ^(注1) 及び高さ (m)	方向	減衰定数 ^(注2) (%)	
煙感知器(アナログ) 熱感知器(アナログ)	[] E. L. [] ほか	[] E. L. []	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19並びに各々のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
		[] E. L. []	鉛直	1.0	

(注1) 火災感知器を建屋天井等に固定しているため、設置フロア上階の設計用床応答曲線を使用する。

(注2) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

4.5 設計用加速度

火災感知器は、「4.3 固有値測定結果」により、固有振動数が であることを確認した。従って、応力評価に使用する設計用加速度は、最大床加速度の1.2倍を使用する。

火災感知器の設計用加速度を第4-3表に示す。

第4-3表 火災感知器の設計用加速度

設備名称	項目	記号	設計用加速度 (G)
煙感知器 (アナログ)	水平加速度	α_H	1.800
熱感知器 (アナログ)	鉛直加速度	α_V	0.804

4.6 評価用加速度

機能維持評価に使用する評価用加速度は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」に示すとおり、基準地震動 S_s による当該設備設置床の最大床加速度とする。

火災感知器の評価用加速度を第4-4表に示す。

第4-4表 火災感知器の評価用加速度

設備名称	項目	評価用加速度 (G)
煙感知器(アナログ)	水平	1.50
熱感知器(アナログ)	鉛直	0.67

5. 応力評価

5.1 基本方針

火災感知器は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している評価方針に従い、応力評価を実施する。

火災感知器の応力評価は、「3.1 応力評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「5.3 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

5.2.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、固定金具等を含めた火災感知器の自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

5.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、火災感知器の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 荷重の組合せ

設備名称		評価対象部位	荷重の組合せ
火災感知器	煙感知器 (アナログ)	基礎ボルト	D + Ss
	熱感知器 (アナログ)	基礎ボルト	D + Ss

5.3 許容限界

火災感知器の許容限界は、「3.1 応力評価における評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力とする。各評価対象部位の許容限界を第 5-2 表に示す。

第 5-2 表 火災感知器 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^{(注1)(注2)(注4)}	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
基礎ボルト	C	D + Ss	IV_{AS}	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a 本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値 (JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3.1 許容応力評価条件

第 5-3 表に火災感知器の許容応力評価条件を示す。

第 5-3 表 火災感知器の許容応力評価条件

設備名称	評価対象 部位	材料	評価用温度 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
記号の定義						
S _y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値						
S _u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値						
F* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値						

5.4 評価方法

火災感知器の応力評価は、支持構造に応じて、二点固定型に分類でき、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している各々の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは1質点系モデルとし、火災感知器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度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、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.4.1 記号の定義

二点固定型（天井支持型）における基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義を第 5-4 表に示す。

第 5-4 表 二点固定型（天井支持型）における基礎ボルトの
応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
d	mm	基礎ボルト呼び径
g	m/s ²	重力加速度
l_1	mm	基礎ボルトから固定金具端部までの距離（短辺方向）
l_2	mm	基礎ボルトから固定金具端部までの距離（長辺方向）
H	mm	基礎ボルト支点から重心位置までの距離（鉛直方向）
N	本	基礎ボルト総数
σ_1	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
σ_2		
τ	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
S	mm ²	基礎ボルト断面積
m	kg	機器質量
α_H	G	水平加速度
α_V	G	鉛直加速度

5.4.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1質点系モデルであり、火災感知器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

(1) 二点固定型（天井支持型）の構造強度評価

「4.5 設計用加速度」及び「5.5 応力評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式より煙感知器（アナログ）、熱感知器（アナログ）における基礎ボルトの発生応力を算出する。二点固定型（天井支持型）の応力評価モデルを第5-1図に示す。

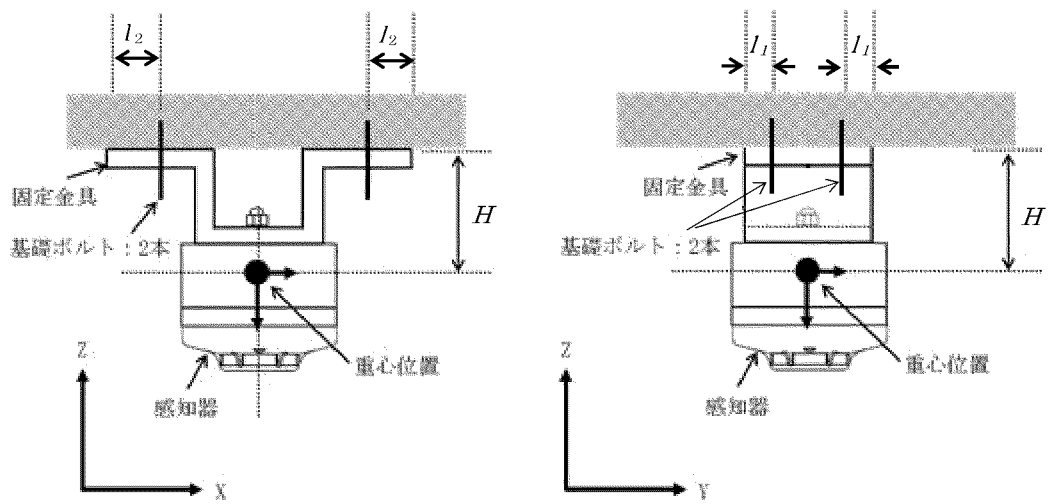
a. 基礎ボルトに発生する最大引張応力

基礎ボルトに発生する引張応力は、水平方向の荷重については部材端部を支点とし、この支点から最も近い位置にあるボルトについて計算する。

基礎ボルトに作用する荷重は水平方向の荷重の向きにより以下のいずれかの式による。

$$\sigma_1 = \frac{mg\alpha_H H}{l_1 \cdot S} + \frac{mg(1 + \alpha_V)}{N \cdot S}$$

$$\sigma_2 = \frac{mg\alpha_H H}{l_2 \cdot S} + \frac{mg(1 + \alpha_V)}{N \cdot S}$$



第 5-1 図 二点固定型（天井支持型）の応力評価モデル

5.5 応力評価条件

火災感知器の応力評価モデルの諸元を第 5-5 表及び第 5-6 表に示す。

第 5-5 表 煙感知器（アナログ）の応力評価モデルの諸元

記号の定義	記号	単位	入力値
基礎ボルト呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
基礎ボルトから固定金具端部までの距離（短辺方向）	l_1	mm	
基礎ボルトから固定金具端部までの距離（長辺方向）	l_2	mm	
基礎ボルト支点から重心位置までの距離（鉛直方向）	H	mm	
基礎ボルト総数	N	本	
基礎ボルト断面積	S	mm ²	
機器質量	m	kg	

第 5-6 表 熱感知器（アナログ）の応力評価モデルの諸元

記号の定義	記号	単位	入力値
基礎ボルト呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
基礎ボルトから固定金具端部までの距離（短辺方向）	l_1	mm	
基礎ボルトから固定金具端部までの距離（長辺方向）	l_2	mm	
基礎ボルト支点から重心位置までの距離（鉛直方向）	H	mm	
基礎ボルト総数	N	本	
基礎ボルト断面積	S	mm ²	
機器質量	m	kg	

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

火災感知器は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

火災感知器の機能維持評価は、「3.2 機能維持評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「6.2 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「6.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 許容限界

火災感知器の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度とする。

火災感知器の機能確認済加速度を第 6-1 表に示す。

第 6-1 表 火災感知器の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 (G)	
			水平方向	鉛直方向
火災感知器	煙感知器(アナログ)	加振台への取付位置		
	熱感知器(アナログ)	加振台への取付位置		

6.3 評価方法

火災感知器の機能維持評価は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、火災感知器の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

7. 評価結果

火災感知器の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。基礎ボルトの発生値は許容値以下であり、火災感知器の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。従って、火災感知器は、地震時及び地震後においても、基準地震動Ssによる地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

第 7-1 表 火災感知器の応力評価結果

設備名称		評価部位	応力分類	方向	発生値	許容値
火 災 感 知 器	煙感知器 (アナログ)	基礎ボルト	引張応力 (単位 MPa)	XZ	2	210
				YZ	2	210
			せん断応力 (単位 MPa)	XZ	1	161
				YZ	1	161
			組合せ応力 (単位 MPa)	XZ	2	210
				YZ	2	210
	熱感知器 (アナログ)	基礎ボルト	引張応力 (単位 MPa)	XZ	2	210
				YZ	2	210
			せん断応力 (単位 MPa)	XZ	1	161
				YZ	1	161
組合せ応力 (単位 MPa)	XZ	2	210			
	YZ	2	210			

第 7-2 表 火災感知器の電氣的機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認 部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
煙感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	1.50		0.67		-
熱感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	1.50		0.67		-

火災受信機盤の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-2-2-1
2. 基本方針	03-別添1-2-2-2
2.1 位置	03-別添1-2-2-2
2.2 構造概要	03-別添1-2-2-2
2.3 評価方針	03-別添1-2-2-5
2.4 適用規格	03-別添1-2-2-5
3. 耐震評価箇所	03-別添1-2-2-7
3.1 応力評価における評価対象部位	03-別添1-2-2-7
3.2 機能維持評価における評価対象部位	03-別添1-2-2-7
4. 地震応答解析	03-別添1-2-2-8
4.1 基本方針	03-別添1-2-2-8
4.2 固有値測定試験	03-別添1-2-2-8
4.3 固有値測定結果	03-別添1-2-2-8
4.4 設計用地震力	03-別添1-2-2-8
4.5 設計用加速度	03-別添1-2-2-10
4.6 評価用加速度	03-別添1-2-2-10
5. 応力評価	03-別添1-2-2-11
5.1 基本方針	03-別添1-2-2-11
5.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-2-2-11
5.3 許容限界	03-別添1-2-2-11
5.4 評価方法	03-別添1-2-2-13
5.5 応力評価条件	03-別添1-2-2-20
6. 機能維持評価	03-別添1-2-2-21
6.1 基本方針	03-別添1-2-2-21
6.2 許容限界	03-別添1-2-2-21
6.3 評価方法	03-別添1-2-2-21

7. 評価結果 03-別添1-2-2-22

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、火災受信機盤が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するために、十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認するものである。その耐震評価は、地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」にて設定している火災受信機盤の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

火災受信機盤は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災感知器からの作動信号を常時監視できるよう、緊急時対策所内に設置する。

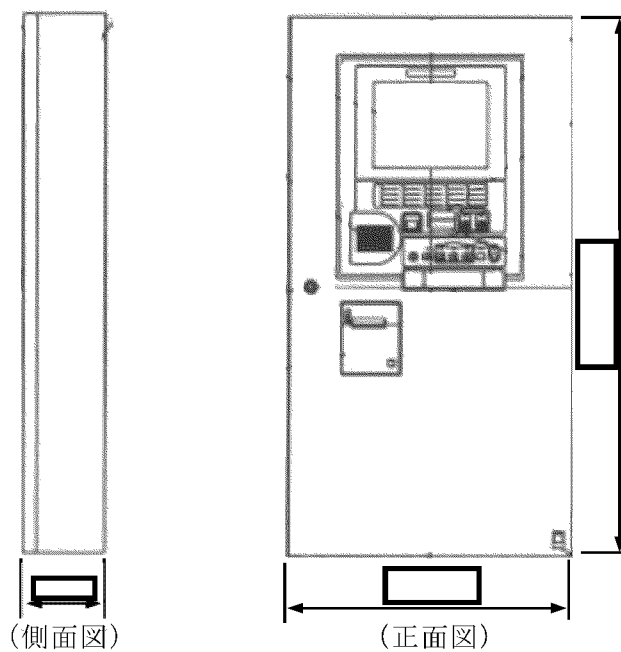
2.2 構造概要

火災受信機盤の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、火災受信機盤の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に示す。

第 2-1 表 火災受信機盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
火災受信機盤	火災受信機盤 (壁掛け型)	火災受信機盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

(单位：mm)



第 2-1 图 火灾受信機盤 外觀图

2.3 評価方針

火災受信機盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

火災受信機盤の応力評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、「4.5 設計用加速度」に示す設計用加速度を用い、「5. 応力評価」に示す方法により応力評価を実施し、「7. 評価結果」において基礎ボルトに発生する応力が許容限界内に収まることを確認する。

火災受信機盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

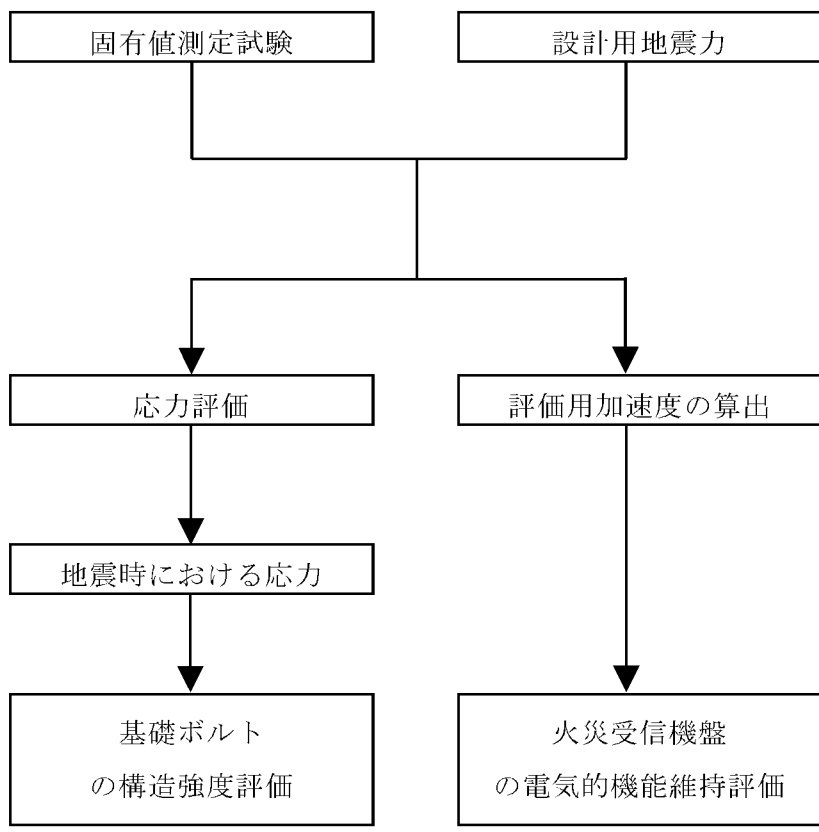
火災受信機盤の電氣的機能維持評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す火災受信機盤について、「4.6 評価用加速度」に示す評価用加速度を用い、「6. 機能維持評価」に示す方法により機能維持評価を実施し、「7. 評価結果」において火災受信機盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

火災受信機盤の耐震評価フローを第2-2図に示す。

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-2 図 火災受信機盤の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

火災受信機盤の耐震評価は、以下のとおり選定して実施する。

3.1 応力評価における評価対象部位

火災受信機盤の評価対象部位は、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

3.2 機能維持評価における評価対象部位

火災受信機盤の評価対象部位は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な火災受信機盤本体とする。

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

火災受信機盤は、別添1-1の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

火災受信機盤の地震応答解析は、「4.2 固有値測定試験」に示す方法により、「4.3 固有値測定結果」において火災受信機盤の固有振動数を評価する。

また、「4.4 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線から算出される設計用加速度及び評価用加速度を「4.5 設計用加速度」及び「4.6 評価用加速度」に示す。


4.2 固有値測定試験

火災受信機盤は、固定金具等の支持構造物も含めた火災受信機盤の設置状態を模擬し、振動試験装置にて火災受信機盤は5～50Hzにて掃引し、火災受信機盤の応答を測定する。

4.3 固有値測定結果

火災受信機盤の固有値測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表 火災受信機盤の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
火災受信機盤	上下	
	前後	
	左右	

4.4 設計用地震力

火災受信機盤の設計用地震力は、第4-2表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。設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の最大床加速度(Ss)のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

第4-2表 設計用地震力

設備名称	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	減衰定数 ^(注1) (%)	
火災 受信機盤	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19並びに各々のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

(注1) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

4.5 設計用加速度

火災受信機盤は、「4.3 固有値測定結果」により、固有振動数が、上下方向 \square 、前後方向 \square 、左右方向 \square であることを確認した。従って、応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向の設計用加速度は固有振動数が最小である \square における応答加速度を、鉛直方向の設計用加速度は最大床加速度の1.2倍を使用する。

火災受信機盤の設計用加速度を第4-3表に示す。

第4-3表 火災受信機盤の設計用加速度

設備名称	項目	記号	設計用加速度 (G)
火災受信機盤	水平加速度	α_H	15.630
	鉛直加速度	α_V	0.804

4.6 評価用加速度

火災受信機盤は、 \square Hz未満の固有振動数 \square を含めて正弦波加振試験を実施していることから、火災受信機盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は「4.4 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

火災受信機盤の評価用加速度を第4-4表に示す。

第4-4表 火災受信機盤に使用する評価用加速度

設備名称	項目	評価用加速度 (G)
火災受信機盤	水平	1.50
	鉛直	0.67

5. 応力評価

5.1 基本方針

火災受信機盤は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している評価方針に従い、応力評価を実施する。

火災受信機盤の応力評価は、「3.1 応力評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が「5.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「5.3 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

5.2.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、火災受信機盤の自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動Ss による地震力とする。

5.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、火災受信機盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 荷重の組合せ

設備名	評価対象部位	荷重の組合せ
火災受信機盤	基礎ボルト	D+Ss

5.3 許容限界

火災受信機盤の許容限界は、「3.1 応力評価における評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態IV_AS の許容応力とする。各評価対象部位の許容限界を第 5-2 表に示す。

第 5-2 表 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^(注1) ^(注2) ^(注4)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
基礎ボルト	C	D+Ss	IV _A S	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a 本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値 (JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3.1 許容応力評価条件

第 5-3 表に火災受信機盤の許容応力評価条件を示す。

第 5-3 表 火災受信機盤の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	評価用温度 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
記号の定義 S_y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値 S_u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値 F^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値					

5.4 評価方法

火災受信機盤の応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している壁掛け型の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度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。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.4.1 記号の定義

火災受信機盤基礎ボルトの応力評価に使用する記号を第 5-4 表に示す。

第 5-4 表 火災受信機盤基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義 (1 / 2)

記号	単位	記号の定義
d	mm	ボルト呼び径
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	ボルトより機器重心までの鉛直距離
h'	mm	鉛直方向のボルト間距離
l	mm	壁面より機器重心までの水平距離
l'	mm	水平方向のボルト間距離
l_{a1}	mm	支点よりのボルト間距離 (鉛直方向)
l_{a2}	mm	
l_{b1}	mm	支点よりのボルト間距離 (左右方向)
l_{b2}		
l_{b3}		
l_{b4}		
l_{b5}		
n_{a1}	本	各列のボルト本数
n_{a2}		
N	本	ボルト総数
S	mm^2	ボルト断面積
m	kg	機器質量
α_H	G	水平加速度
α_V	G	鉛直加速度
σ_{a1}	MPa	各ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
σ_{a2}		
σ_{a3}		
σ_{b1}	MPa	各ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
σ_{b2}		
σ_{b3}		
σ_{b4}		
σ_{b5}		

第 5-4 表 火災受信機盤基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義 (2 / 2)

記号	単位	記号の定義
σ_{amax}	MPa	最大引張応力 (前後方向)
σ_{bmax}	MPa	最大引張応力 (左右方向)
τ_a	MPa	各ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
τ_b	MPa	各ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

5.4.2 応力評価モデル及び評価式

火災受信機盤の応力評価モデルは、1 質点系モデルであり、火災受信機盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

火災受信機盤は、「2.2 構造概要」の第 2-1 表に示すとおり、基礎ボルトにより据え付けるため、基礎ボルトの応力評価モデル及び評価式にて評価する。

ここで、各機器正面に直交する方向を前後方向、各機器正面と平行な方向を左右方向とする。

(1) 火災受信機盤の基礎ボルトの構造強度評価

以下の式より火災受信機盤における基礎ボルト発生応力を算出する。火災受信機盤の応力評価モデル（前後方向）を第5-1図に、火災受信機盤の応力評価モデル（左右方向）を第5-2図に示す。

a. 前後方向

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力

基礎ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、片側のボルトを支点とし、この支点から最も離れた位置にあるボルト（評価本数 n_{a1} ）で受けるものとして計算する。

鉛直荷重による応力は、支点からの距離に比例することから以下の式による。

$$\frac{\sigma_{a1}}{l_{a1}} = \frac{\sigma_{a2}}{l_{a2}}$$

$$\sigma_{a1}n_{a1}l_{a1}S + \sigma_{a2}n_{a2}l_{a2}S = mgl(\alpha_V + 1)$$

水平荷重による応力は力の釣合式より、

$$\sigma_{a3}NS = mg\alpha_H$$

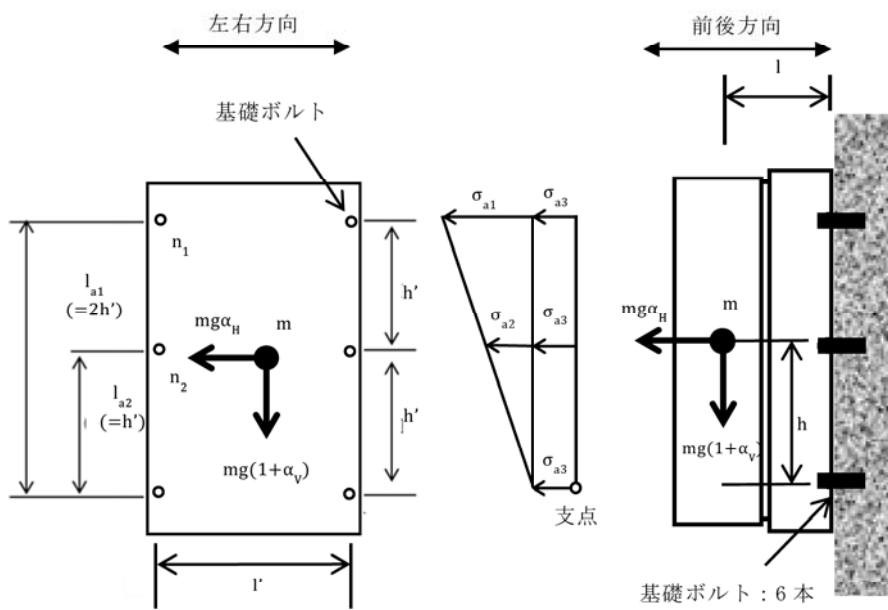
以上の式より

$$\sigma_{amax} = \frac{mg\alpha_H}{NS} + \frac{mgl(1 + \alpha_V)l_{a1}}{S(l_{a1}^2n_{a1} + l_{a2}^2n_{a2})}$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力

基礎ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数 (N) で受けるものとして計算する。

$$\tau_a = \frac{mg(1 + \alpha_v)}{NS}$$



第5-1図 火災受信機盤の応力評価モデル (前後方向)

b. 左右方向

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力

基礎ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S\sigma_{b1} + l_{b2}S\sigma_{b2} + l_{b3}S\sigma_{b3} + l_{b4}S\sigma_{b4} + l_{b5}S\sigma_{b5} = m \lg \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{b1} = \frac{m \lg \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、 $l_{b1} = l' \cos \theta + l_{a1} \sin \theta$

$$l_{b2} = l' \cos \theta + l_{a2} \sin \theta$$

$$l_{b3} = l' \cos \theta$$

$$l_{b4} = l_{a1} \sin \theta$$

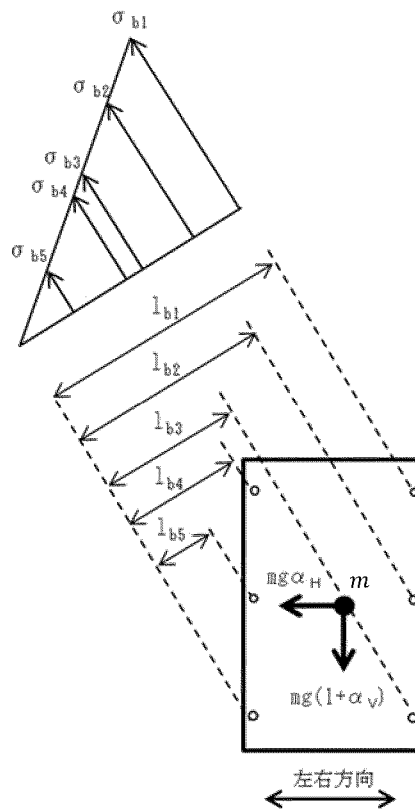
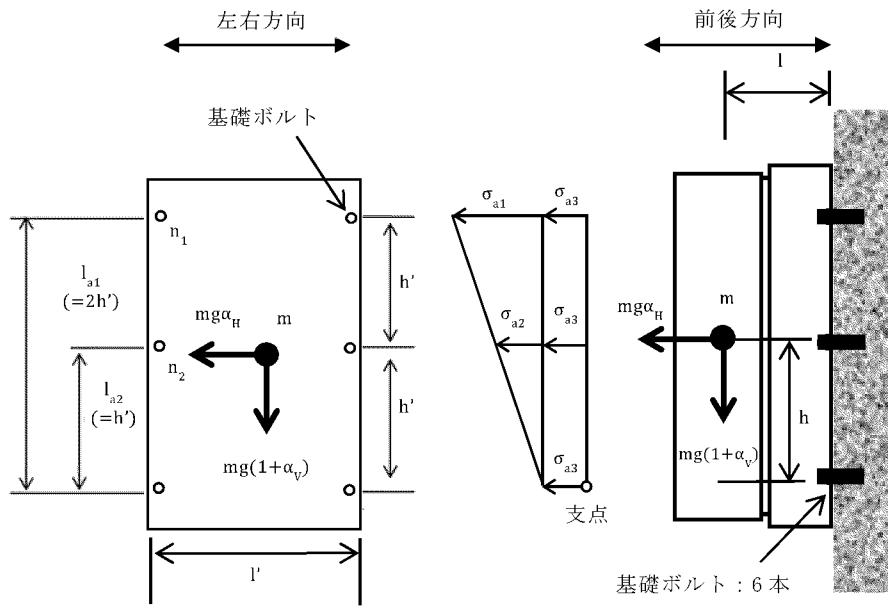
$$l_{b5} = l_{a2} \sin \theta$$

$$\text{但し、 } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H} \right)$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力

基礎ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数（ N ）で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{NS}$$



第5-2図 火災受信機盤基礎ボルトの応力評価モデル（左右方向）

5.5 応力評価条件

火災受信機盤の応力評価モデルの諸元を第 5-6 表に示す。

第 5-6 表 火災受信機盤基礎ボルトの応力評価に用いる記号の諸元

記号の定義	記号	単位	入力値
ボルト呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
ボルトより機器重心までの鉛直距離	h	mm	
鉛直方向のボルト間距離	h'	mm	
支点よりのボルト間距離（鉛直方向）	l_{a1}	mm	
	l_{a2}	mm	
壁面より機器重心までの水平距離	l	mm	
水平方向のボルト間距離	l'	mm	
各列のボルト本数	n_1	本	
	n_2	本	
ボルト総数	N	本	
ボルト断面積	S	mm ²	
機器質量	m	kg	

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

火災受信機盤は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

火災受信機盤の機能維持評価は、「3.2 機能維持評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が「6.2 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「6.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 許容限界

火災受信機盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度とする。

火災受信機盤の機能確認済加速度を第6-1表に示す。

第 6-1 表 火災受信機盤の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認 部位	機能確認済加速度 (G)	
		水平方向	鉛直方向
火災受信機盤	加振台への 取付位置		

6.3 評価方法

火災受信機盤の機能維持評価は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、火災受信機盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

7. 評価結果

火災受信機盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。火災受信機盤の基礎ボルトの発生値は許容値以下であり、評価用加速度は機能確認済加速度以下である。従って、火災受信機盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 火災受信機盤の応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生値	許容値
火災受信機盤	基礎ボルト	引張応力 (単位 MPa)	前後	15	210
			左右	16	210
		せん断応力 (単位 MPa)	前後	2	161
			左右	14	161
		組合せ応力 (単位 MPa)	前後	15	210
			左右	16	210

第7-2表 火災受信機盤の電氣的機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
火災受信機盤	加振台への 取付位置	1.50		0.67		-

消火設備の耐震計算書

消火設備の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

- 別添 1 - 3 - 1 全域ハロン消火設備（共用分配型）ポンベ設備の耐震計算書
- 別添 1 - 3 - 2 全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁の耐震計算書
- 別添 1 - 3 - 3 全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤の耐震計算書
- 別添 1 - 3 - 4 消火設備配管の耐震計算書

全域ハロン消火設備（共用分配型）ポンベ設備の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-3-1-1
2. 基本方針	03-別添1-3-1-2
2.1 位置	03-別添1-3-1-2
2.2 構造概要	03-別添1-3-1-2
2.3 評価方針	03-別添1-3-1-4
2.4 適用規格	03-別添1-3-1-5
3. 耐震評価箇所	03-別添1-3-1-6
3.1 応力評価における評価対象部位	03-別添1-3-1-6
3.2 機能維持評価における評価対象部位	03-別添1-3-1-6
4. 地震応答解析	03-別添1-3-1-7
4.1 基本方針	03-別添1-3-1-7
4.2 固有値測定試験	03-別添1-3-1-7
4.3 固有値測定結果	03-別添1-3-1-7
4.4 設計用地震力	03-別添1-3-1-9
4.5 設計用加速度	03-別添1-3-1-10
4.6 評価用加速度	03-別添1-3-1-10
5. 応力評価	03-別添1-3-1-11
5.1 基本方針	03-別添1-3-1-11
5.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-3-1-11
5.3 許容限界	03-別添1-3-1-12
5.4 評価方法	03-別添1-3-1-13
5.5 応力評価条件	03-別添1-3-1-19
6. 機能維持評価	03-別添1-3-1-20
6.1 基本方針	03-別添1-3-1-20
6.2 許容限界	03-別添1-3-1-20
6.3 評価方法	03-別添1-3-1-20

7. 評価結果 03-別添1-3-1-21

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、全域ハロン消火設備（共用分配型）ボンベ設備（以下「ボンベ設備」という。）が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、十分な構造強度及び動的機能を有することを確認するものである。その耐震評価は、地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

2. 基本方針

別添1-1の「2.1 評価対象設備」にて設定しているボンベ設備の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

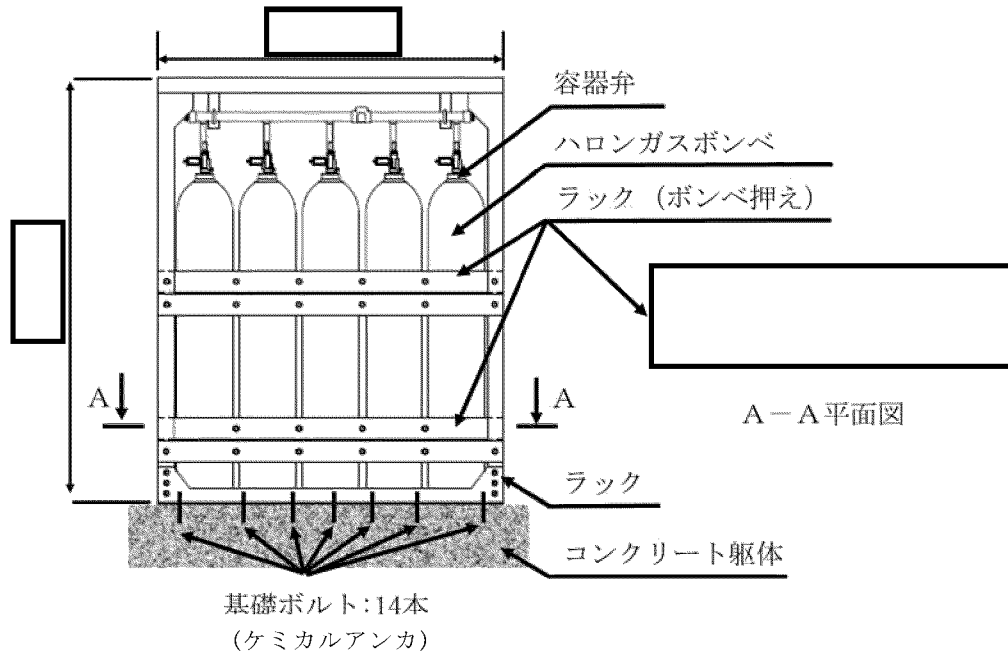
ボンベ設備は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。

2.2 構造概要

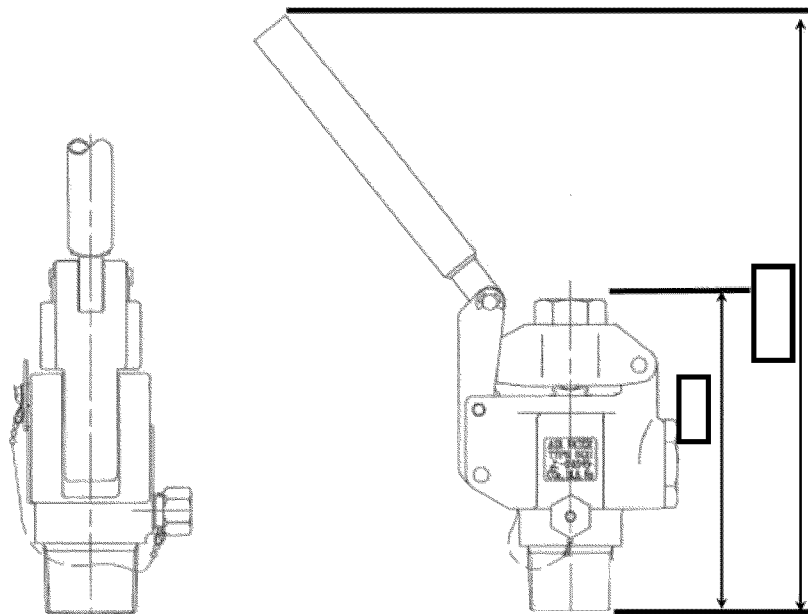
ボンベ設備の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ボンベ設備の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に、容器弁の外観図を第 2-2 図に示す。

第2-1表 ボンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ボンベ設備	ハロンガスボンベ及び容器弁（遠隔操作型）	容器弁はハロンガスボンベにねじ込み固定する。 ハロンガスボンベはラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。	第2-1図 第2-2図



第2-1図 ポンベ設備 外観図



第2-2図 容器弁 外観図

2.3 評価方針

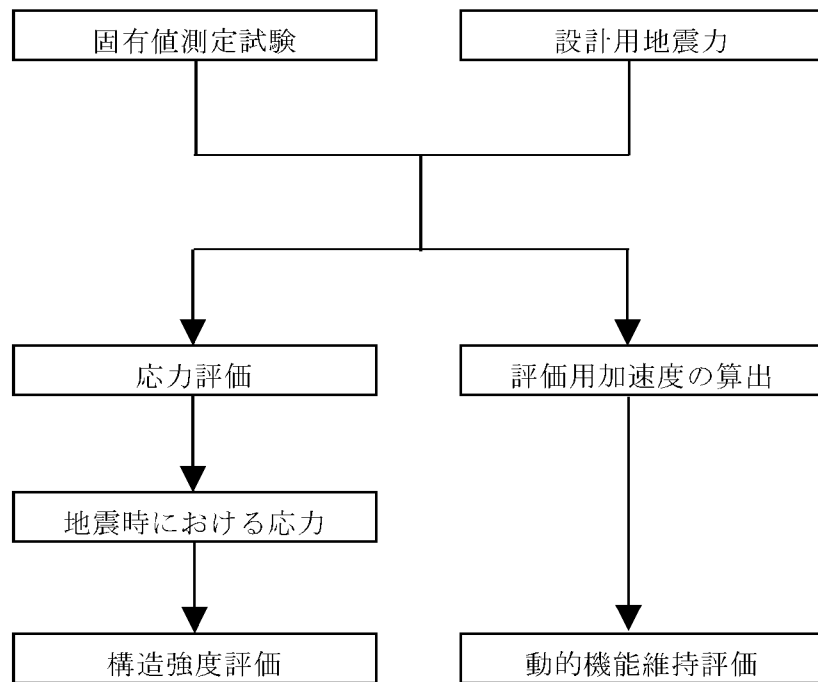
ポンベ設備は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ポンベ設備の応力評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、「4.5 設計用加速度」に示す設計用加速度を用い、「5. 応力評価」に示す方法により応力評価を実施し、「7. 評価結果」において基礎ボルトに発生する応力が許容限界内に収まることを確認する。

ポンベ設備は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

ポンベ設備の動的機能維持評価は、「3. 耐震評価箇所」に示すポンベ設備本体について、「6. 機能維持評価」に示す方法により機能維持評価を実施し、「7. 評価結果」においてポンベ設備本体の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ポンベ設備の耐震評価（機能維持評価）フローを第2-3図に示す。



第2-3図 ポンベ設備の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会

3. 耐震評価箇所

ポンベ設備の耐震評価は、以下のとおり選定して実施する。

3.1 応力評価における評価対象部位

ポンベ設備の評価対象部位は、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

3.2 機能維持評価における評価対象部位

ポンベ設備の評価対象部位は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要なポンベ設備本体とする。

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

ポンベ設備は、別添1-1の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ポンベ設備の地震応答解析は、「4.2 固有値測定試験」に示す方法により、「4.3 固有値測定結果」においてポンベ設備の固有振動数を評価する。

また、「4.4 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線から算出される設計用加速度及び評価用加速度を「4.5 設計用加速度」及び「4.6 評価用加速度」に示す。

4.2 固有値測定試験

ポンベ設備は、固定金具等の支持構造物も含めたポンベ設備の設置状態を模擬し、固有値測定試験を実施する。振動試験装置にて1～50Hzで掃引し、ポンベ設備の応答を測定する。

4.3 固有値測定結果

「4.2 固有値測定試験」に示す固有値測定試験にて測定したポンベ設備の固有値測定結果を「4.3.1 ポンベ設備」に、ポンベ設備の容器弁の固有値測定結果を「4.3.2 容器弁」に示す。

4.3.1 ポンベ設備

「4.2 固有値測定試験」に示す固有値測定試験にて測定したポンベ設備の固有値測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表より、ポンベ設備の固有振動数は、上下方向30Hz以上、前後方向20.2Hz、左右方向18.6Hzであることを確認した。

4.3.2 容器弁

「4.2 固有値測定試験」に示す固有値測定試験にて測定した容器弁の固有値測定結果を第4-2表に示す。

第4-2表より、容器弁の固有振動数は、上下方向30Hz以上、前後方向20.2Hz、左右方向18.6Hzであることを確認した。

第4-1表 ポンベ設備の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)	
ポンベ設備	上 下	30 以上
	前 後	20.2
	左 右	18.6

第4-2表 容器弁の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)	
容器弁	上 下	30 以上
	前 後	20.2
	左 右	18.6

4.4 設計用地震力

ポンベ設備の設計用地震力は、第4-3表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。設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の最大床加速度(Ss)を選定する。

第4-3表 設計用地震力

設備名称	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	減衰定数 ^(注1) (%)	
ポンベ設備	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19並びに各々のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

(注1) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

4.5 設計用加速度

ポンベ設備は、固有振動数が、上下方向30Hz以上、前後方向20.2Hz、左右方向18.6Hzであることを確認した。従って、応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向の設計用加速度は固有振動数が最小である18.6Hzにおける応答加速度を、鉛直方向の設計用加速度は最大床加速度の1.2倍を使用する。

ポンベ設備の設計用加速度を第4-4表に示す。

第4-4表 ポンベ設備の設計用加速度

設備名称	項目	記号	設計用加速度 (G)
ポンベ設備	水平加速度	α_H	3.660
	鉛直加速度	α_V	0.804

4.6 評価用加速度

ポンベ設備は、30Hz未満の固有振動数（18.6Hz、20.2Hz）を含めて正弦波加振試験を実施していることから、ポンベ設備の機能維持評価に用いる評価用加速度は「4.4 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

ポンベ設備の評価用加速度を第4-5表に示す。

第4-5表 ポンベ設備に使用する評価用加速度

設備名称	項目	評価用加速度 (G)
ポンベ設備	水平	1.06
	鉛直	0.67

5. 応力評価

5.1 基本方針

ポンベ設備は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している評価方針に従い、応力評価を実施する。

ポンベ設備の応力評価は、「3.1 応力評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「5.3 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添1-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

5.2.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重 (D)

死荷重は、ポンベ設備の自重とする。

(2) 地震荷重 (Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

5.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、ポンベ設備の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第5-1表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
ポンベ設備	基礎ボルト	D+Ss

5.3 許容限界

ポンベ設備の許容限界は、「3.1 応力評価における評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態IV_ASの許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第5-2表に示す。

第5-2表 ポンベ設備 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^{(注1)(注2)(注4)}	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
基礎ボルト	C	D+Ss	IV _A S	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

(注1) f_t^{*}、f_s^{*}：JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。

その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5f_t^{*}) - 1.6τ_b, 1.5f_t^{*})とする。

(注4) 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3.1 許容応力評価条件

第5-3表にポンベ設備の許容応力評価条件を示す。

第5-3表 ポンベ設備の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	評価用温度 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
記号の定義 S_y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値 S_u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値 F^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値					

5.4 評価方法

ポンベ設備の応力評価は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している垂直自立型の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは1質点系モデルとし、設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度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。

- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.4.1 記号の定義

基礎ボルトの応力評価に使用する記号を第 5-4 表に示す。

第5-4表 基礎ボルトの応力評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	記号の定義
d	mm	ボルト呼び径
F_{AXY}	N	水平加速度により、基礎ボルトにかかる反力
F_{AZ}	N	鉛直加速度及び自重により、基礎ボルトに作用する反力
g	m/s ²	重力加速度
l_a	mm	基礎ボルト支点より機器重心までの水平距離（前後方向）
l_b	mm	基礎ボルト支点より機器重心までの水平距離（左右方向）
l_{a1}	mm	基礎ボルト支点よりのボルト間距離（前後方向）
l_{b1}	mm	基礎ボルト支点よりのボルト間距離（左右方向）
l_{b2}		
l_{b3}		
l_{b4}		
l_{b5}		
l_{b6}		
L	mm	床面より機器重心までの鉛直距離
M_{AXY}	N・mm	水平加速度により、基礎ボルトに作用するモーメント
n_{a1}	本	基礎ボルト各列のボルト本数（前後方向）
n_{b1}	本	基礎ボルト各列のボルト本数（左右方向）
n_{b2}		
n_{b3}		
n_{b4}		
n_{b5}		
n_{b6}		
N	本	基礎ボルト総数
S	mm ²	基礎ボルト断面積
m	kg	機器質量
α_H	G	水平加速度
α_V	G	鉛直加速度

第5-4表 基礎ボルトの応力評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	記号の定義
σ_{a1}	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生する引張応力（前後方向）
σ_{b1}	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生する引張応力（左右方向）
σ_{b2}		
σ_{b3}		
σ_{b4}		
σ_{b5}		
σ_{b6}		
σ_{amax}	N/mm ²	基礎ボルトに発生する最大引張応力（前後方向）
σ_{bmax}	N/mm ²	基礎ボルトに発生する最大引張応力（左右方向）
τ_a	N/mm ²	基礎ボルト各ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
τ_b	N/mm ²	基礎ボルト各ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

5.4.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1質点系モデルであり、ポンベ設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

ポンベ設備は、「2.2 構造概要」の第2-1表に示すとおり、基礎ボルトにより据え付けるため、基礎ボルトを応力評価モデル及び評価式にて評価する。

ここで、ポンベ設備の長辺方向に直交する方向を前後方向、ポンベ設備の長辺方向と平行な方向を左右方向とする。

(1) 基礎ボルトの構造強度評価

ポンベ設備の基礎ボルトの評価式を以下に、反力評価モデルを第5-1図に、応力評価モデルを第5-2図に示す。

a. 水平加速度による荷重

ポンベ設備は垂直自立型であるため、水平加速度による基礎ボルトに作用する反力及びモーメントを、以下の1質点系モデルにより算出する。

(a) 水平加速度により基礎ボルトに作用する反力

$$F_{AXY} = mg\alpha_H$$

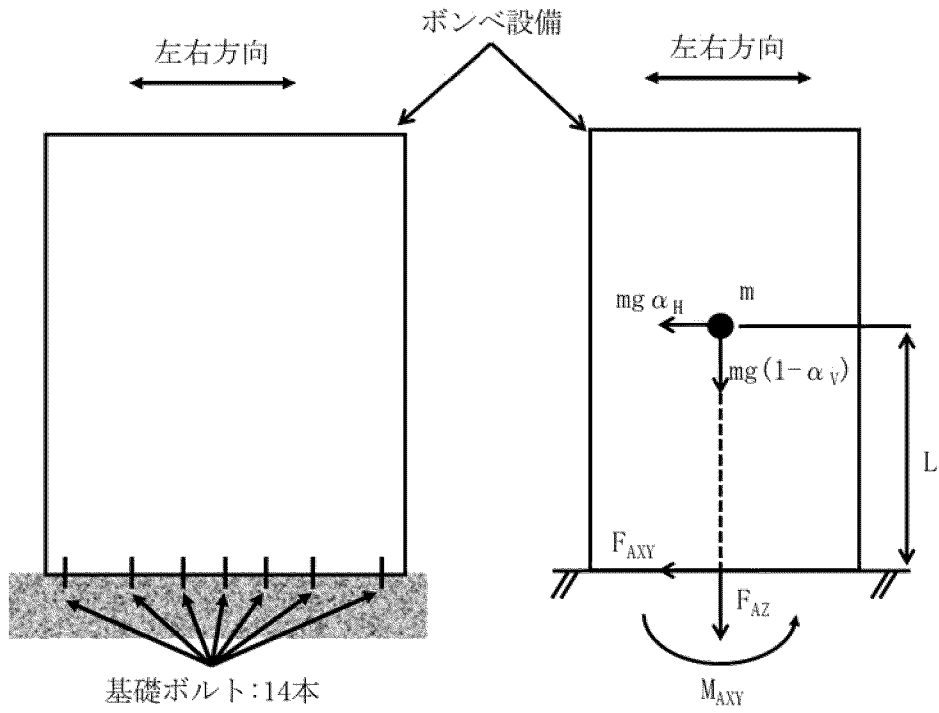
(b) 水平加速度により基礎ボルトに作用するモーメント

$$M_{AXY} = mg\alpha_H L$$

b. 鉛直加速度及び自重による荷重

鉛直加速度及び自重による基礎ボルトに作用する反力は、以下の式より算出する。

$$F_{AZ} = mg(1 - \alpha_V)$$



第5-1図 ポンベ設備 基礎ボルトの反力評価モデル

c. 前後方向の応力評価

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力（前後方向）

基礎ボルトに発生する引張応力（前後方向）は、最も厳しい条件として、片側のボルトを支点とし、この支点から最も離れた位置にあるボルト（評価本数 n_{a1} ）で受けるものとして計算する。

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S = M_{AXY} - F_{AZ} l_a$$

以上の式より、

$$\sigma_{a1} = \frac{M_{AXY} - F_{AZ} l_a}{S n_{a1} l_{a1}} = \sigma_{amax}$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力（前後方向）

基礎ボルトに発生するせん断応力（前後方向）は、基礎ボルト全本数(N)で受けるものとして計算する。

$$\tau_a = \frac{F_{AXY}}{NS}$$

d. 左右方向の応力評価

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力（左右方向）

基礎ボルトに発生する引張応力（左右方向）は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}} = \frac{\sigma_{b6}}{l_{b6}}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{b1} l_{b1} n_{b1} S + \sigma_{b2} l_{b2} n_{b2} S + \sigma_{b3} l_{b3} n_{b3} S + \sigma_{b4} l_{b4} n_{b4} S + \sigma_{b5} l_{b5} n_{b5} S + \sigma_{b6} l_{b6} n_{b6} S = M_{AXY} - F_{AZ} l_b$$

以上の式より、

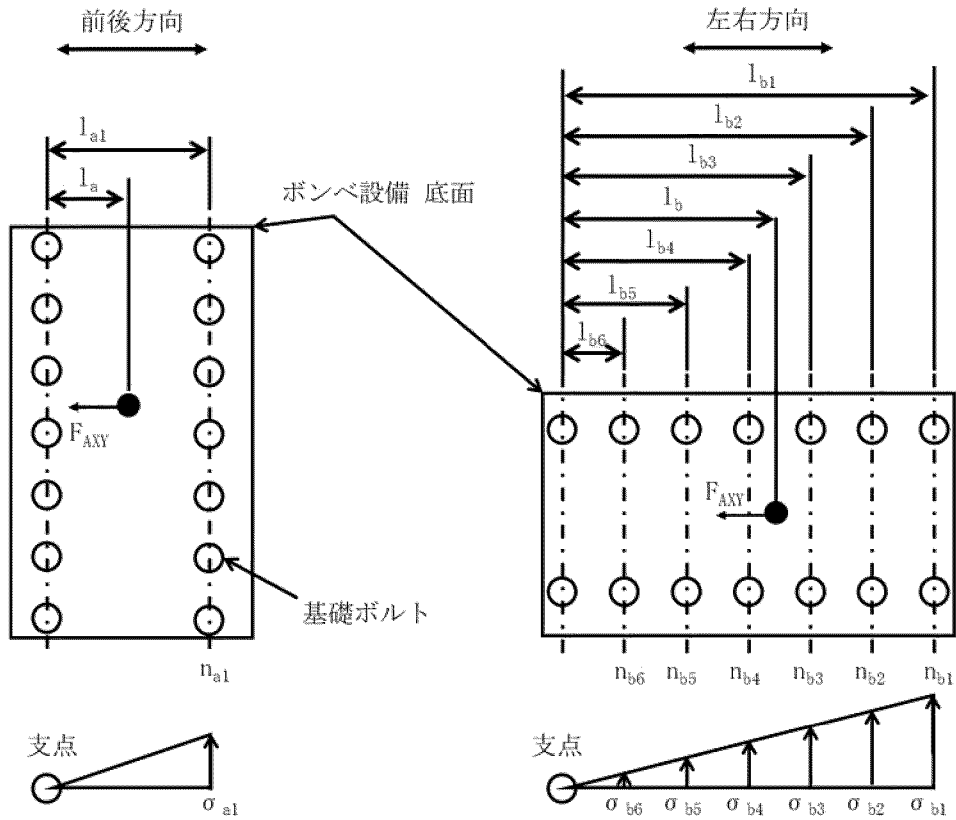
$$\sigma_{b1} = \frac{l_{b1} (M_{AXY} - F_{AZ} l_b)}{S (n_{b1} l_{b1}^2 + n_{b2} l_{b2}^2 + n_{b3} l_{b3}^2 + n_{b4} l_{b4}^2 + n_{b5} l_{b5}^2 + n_{b6} l_{b6}^2)}$$

$$= \sigma_{bmax}$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

基礎ボルトに発生するせん断応力（左右方向）は、基礎ボルト全本数(N)で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{F_{AXY}}{NS}$$



第5-2図 ポンペ設備 基礎ボルトの応力評価モデル

5.5 応力評価条件

ポンベ設備の応力評価モデルの諸元を第5-5表に示す。

第5-5表 基礎ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
基礎ボルト呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
基礎ボルト支点より機器重心までの 水平距離（前後方向）	l_a	mm	
基礎ボルト支点より機器重心までの 水平距離（左右方向）	l_b	mm	
基礎ボルト支点よりのボルト間距離 （前後方向）	l_{a1}	mm	
基礎ボルト支点よりのボルト間距離 （左右方向）	l_{b1}	mm	
	l_{b2}	mm	
	l_{b3}	mm	
	l_{b4}	mm	
	l_{b5}	mm	
	l_{b6}	mm	
床面より機器重心までの鉛直距離	L	mm	
基礎ボルト各列のボルト本数 （前後方向）	n_{a1}	本	
基礎ボルト各列のボルト本数 （左右方向）	n_{b1}	本	
	n_{b2}	本	
	n_{b3}	本	
	n_{b4}	本	
	n_{b5}	本	
	n_{b6}	本	
基礎ボルト総数	N	本	
基礎ボルト断面積	S	mm ²	
機器質量	m	kg	

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

ポンベ設備は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ポンベ設備の機能維持評価は、「3.2 機能維持評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「6.2 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「6.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 許容限界

ポンベ設備の許容限界は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度とする。

ポンベ設備の機能確認済加速度を第 6-1 表に示す。

第6-1表 ポンベ設備の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認 部位	機能確認済加速度 (G)	
		水平方向	鉛直方向
ポンベ設備	加振台への 取付位置		

6.3 評価方法

ポンベ設備の機能維持評価は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、ポンベ設備の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

7. 評価結果

ポンベ設備の応力評価結果及び動的機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。基礎ボルトの発生値は許容値以下であり、ポンベ設備の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。従って、ポンベ設備は、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 ポンベ設備の応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生応力	許容応力
				MPa	MPa
ポンベ設備	基礎ボルト	引張応力	前後	56	210
			左右	43	210
		せん断応力	前後	25	161
			左右	25	161
		組合せ応力	前後	56	210
			左右	43	210

第7-2表 ポンベ設備の動的機能維持評価結果

評価対象設備		機能確認済加速度との比較				詳細評価	
		加速度 確認 部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
			評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
ポンベ 設備	ハロンポンベラック 及び 容器弁	加振台 への 取付 位置	1.06		0.67		-

全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-3-2-1
2. 基本方針	03-別添1-3-2-2
2.1 位置	03-別添1-3-2-2
2.2 構造概要	03-別添1-3-2-2
2.3 評価方針	03-別添1-3-2-4
2.4 適用規格	03-別添1-3-2-4
3. 耐震評価箇所	03-別添1-3-2-5
3.1 機能維持評価における評価対象部位	03-別添1-3-2-5
4. 機能維持評価	03-別添1-3-2-6
4.1 基本方針	03-別添1-3-2-6
4.2 許容限界	03-別添1-3-2-6
4.3 応答加速度	03-別添1-3-2-6
4.4 評価方法	03-別添1-3-2-8
5. 評価結果	03-別添1-3-2-9

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、全域ハロン消火設備（共用分配型）選択弁（以下「選択弁」という。）が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、十分な構造強度及び動的機能を有することを確認するものである。その耐震評価は、地震応答解析及び機能維持評価により行う。

2. 基本方針

別添1-1の「2.1 評価対象設備」にて設定している選択弁の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

選択弁は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災の火災、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。

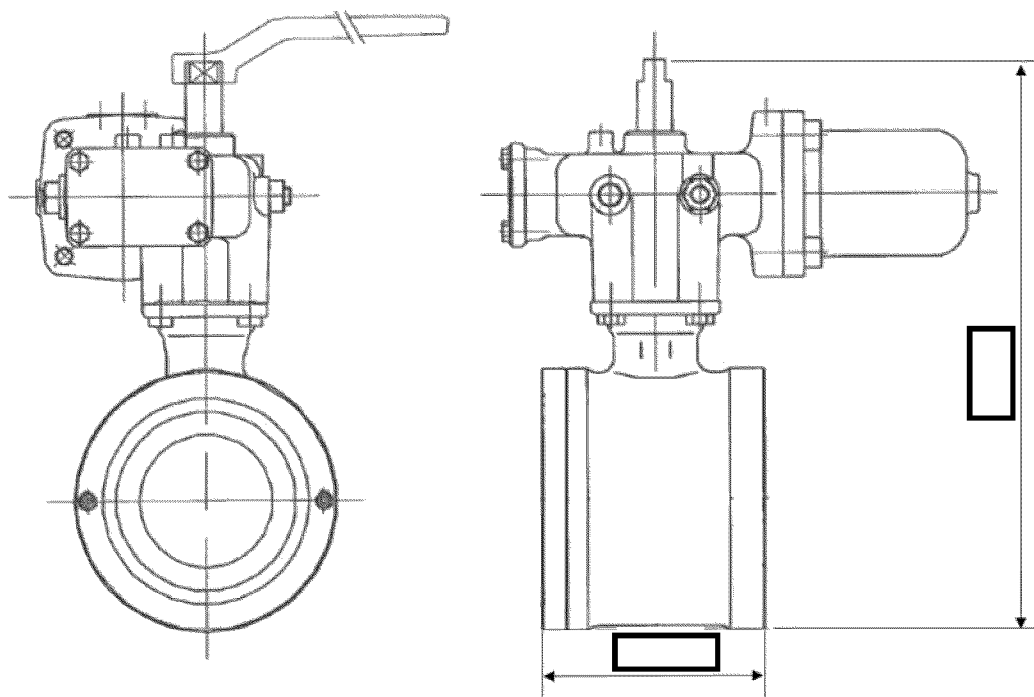
2.2 構造概要

選択弁の構造は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、選択弁の構造計画を第2-1表に、外観図を第2-1図に示す。

第 2-1 表 選択弁の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
選択弁	選択弁 (遠隔操作型)	選択弁は、ハロンガス供給配管に対し、取付ボルトにてフランジに固定し、選択弁至近のハロンガス供給配管の両端をUボルト又はUバンドにて支持構造物に据え付ける。	<p>The diagram illustrates the structural plan of the selection valve. It shows a vertical assembly where the valve is mounted to a horizontal gas supply pipe. The valve is secured to the pipe using mounting bolts (取付ボルト). The pipe is supported by a support structure (支持構造物) using U-bolts (Uボルト) and U-bands (Uバンド). The diagram also indicates the vertical direction (鉛直方向) and horizontal direction (水平方向).</p>

(单位：mm)



第 2-1 图 選択弁 外觀図

2.3 評価方針

選択弁は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

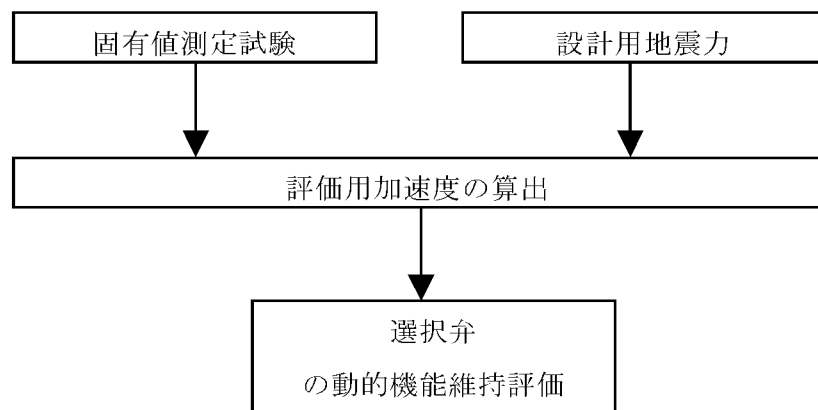
選択弁の動的機能維持評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す選択弁本体について、「4.3 応答加速度」に示す評価用加速度を用い、「4.4 評価方法」に示す方法により機能維持評価を実施し、「5. 評価結果」において選択弁の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

選択弁の耐震評価フローを第2-2図に示す。

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991追補版) 日本電気協会



第2-2図 選択弁の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

選択弁の耐震評価は、以下のとおり選定して実施する。

3.1 機能維持評価における評価対象部位

選択弁の評価対象部位は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な選択弁本体とする。

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

選択弁は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

選択弁の機能維持評価は、「3.1 機能維持評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.2 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 許容限界

選択弁の許容限界は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度とする。

選択弁の機能確認済加速度を第4-1表に示す。

第 4-1 表 選択弁の機能確認済加速度

評価対象部位	加速度確認 部位	機能確認済加速度 (G)	
		水平方向	鉛直方向
選択弁	加振台への 取付位置	□	

4.3 応答加速度

選択弁は、別添1-1の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

選択弁の地震応答解析は、「4.3.1 固有値測定試験」に示す方法により、「4.3.2 固有値測定結果」において選択弁の固有振動数を評価する。

4.3.1 固有値測定試験

選択弁は、支持構造物も含めた設置状態を模擬し、振動試験装置にて1～50Hzで掃引し、選択弁の応答を測定する。

4.3.2 固有値測定結果

選択弁の固有値解析結果を第4-2表に示す。第4-2表より、選択弁は剛構造である。

第 4-2 表 選択弁の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)	
	選択弁	上下
前後		
左右		

4.3.3 設計用地震力

選択弁の設計用地震力は、第4-3表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。設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の最大床加速度 (S_s) を選定する。

第4-3表 設計用地震力

設備名称	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	減衰定数 ^(注1) (%)	
選択弁	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	水平	0.5	水平方向はS _s -1からS _s -19並びに各々のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
			鉛直	0.5	

(注1) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

4.3.4 評価用加速度

選択弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は「4.3.3 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

選択弁の評価用加速度を第4-4表に示す。

第4-4表 選択弁の評価用加速度

設備名称	項目	評価用加速度 (G)
選択弁	水平	1.272
	鉛直	0.804

4.4 評価方法

選択弁の機能維持評価は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、選択弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

5. 評価結果

選択弁の動的機能維持評価結果を第 5-1 表に示す。選択弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。従って、選択弁は、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第 5-1 表 選択弁の動的機能維持評価結果

評価対象設備	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認 部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
選択弁	加振台への 取付位置	1.272		0.804		—

全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-3-3-1
2. 基本方針	03-別添1-3-3-2
2.1 位置	03-別添1-3-3-2
2.2 構造概要	03-別添1-3-3-2
2.3 評価方針	03-別添1-3-3-4
2.4 適用規格	03-別添1-3-3-4
3. 耐震評価箇所	03-別添1-3-3-6
3.1 応力評価における評価対象部位	03-別添1-3-3-6
3.2 機能維持評価における評価対象部位	03-別添1-3-3-6
4. 地震応答解析	03-別添1-3-3-7
4.1 基本方針	03-別添1-3-3-7
4.2 固有値測定試験	03-別添1-3-3-7
4.3 固有値測定結果	03-別添1-3-3-7
4.4 設計用地震力	03-別添1-3-3-8
4.5 設計用加速度	03-別添1-3-3-8
4.6 評価用加速度	03-別添1-3-3-9
5. 応力評価	03-別添1-3-3-10
5.1 基本方針	03-別添1-3-3-10
5.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-3-3-10
5.3 許容限界	03-別添1-3-3-11
5.4 評価方法	03-別添1-3-3-12
5.5 応力評価条件	03-別添1-3-3-18
6. 機能維持評価	03-別添1-3-3-19
6.1 基本方針	03-別添1-3-3-19
6.2 許容限界	03-別添1-3-3-19
6.3 評価方法	03-別添1-3-3-19

7. 評価結果 03-別添1-3-3-20

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、全域ハロン消火設備（共用分配型）制御盤（以下「ハロン消火設備制御盤」という。）が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認するものである。その耐震評価は、地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

2. 基本方針

別添1-1の「2.1 評価対象設備」にて設定しているハロン消火設備制御盤の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象空間とは別のエリアに設置する。

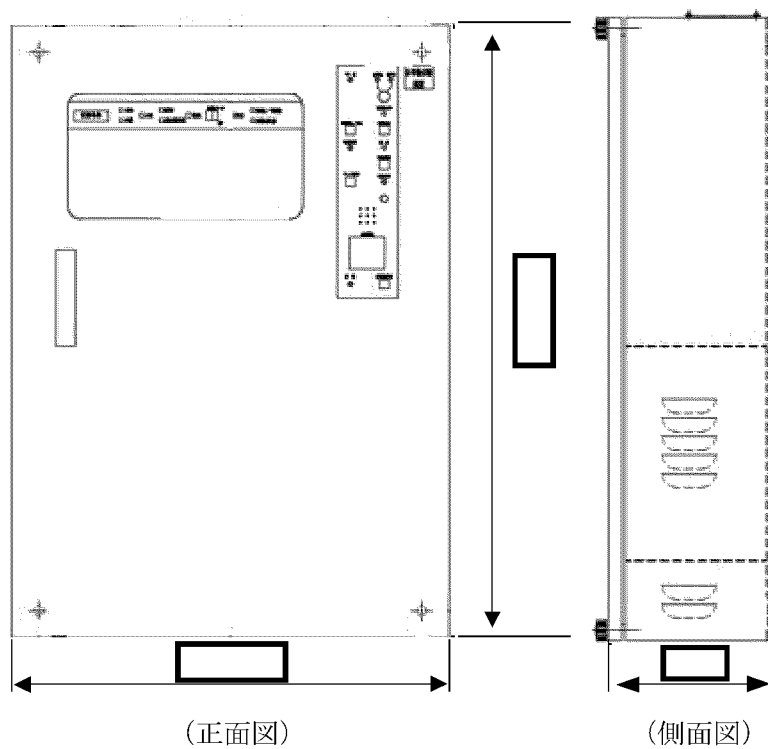
2.2 構造概要

ハロン消火設備制御盤の構造は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ハロン消火設備制御盤の構造計画を第2-1表に、外観図を第2-1図に示す。

第2-1表 ハロン消火設備制御盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロン消火設備 制御盤	ハロン消火 設備制御盤 (壁掛け型)	ハロン消火設 備制御盤を基 礎ボルトによ りコンクリー ト躯体に据え 付ける。	

(単位：mm)



第2-1図 ハロン消火設備制御盤 外観図

2.3 評価方針

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の応力評価は、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、「4.5 設計用加速度」に示す設計用加速度を用い、「5. 応力評価」に示す方法により応力評価を実施し、「7. 評価結果」において基礎ボルトに発生する応力が許容限界内に収まることを確認する。

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

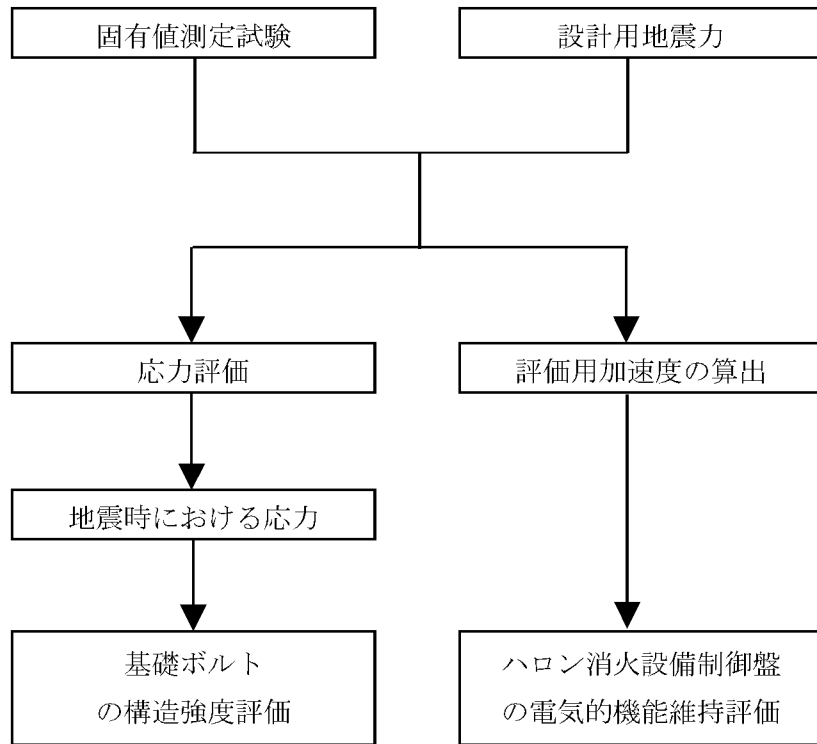
ハロン消火設備制御盤の電氣的機能維持評価は、「3. 耐震評価箇所」に示すハロン消火設備制御盤本体について、「4.6 評価用加速度」に示す評価用加速度を用い、「6. 機能維持評価」に示す方法により機能維持評価を実施し、「7. 評価結果」においてハロン消火設備制御盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ハロン消火設備制御盤の耐震評価フローを第2-2図に示す。

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991追補版) 日本電気協会



第 2-2 図 ハロン消火設備制御盤の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

ハロン消火設備制御盤の耐震評価は、以下のとおり選定して実施する。

3.1 応力評価における評価対象部位

ハロン消火設備制御盤の評価対象部位は、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

3.2 機能維持評価における評価対象部位

ハロン消火設備制御盤の評価対象部位は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要なハロン消火設備制御盤本体とする。

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ハロン消火設備制御盤の地震応答解析は、「4.2 固有値測定試験」に示す方法により、「4.3 固有値測定結果」においてハロン消火設備制御盤の固有振動数を評価する。

また、「4.4 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線から算出される設計用加速度及び評価用加速度を「4.5 設計用加速度」及び「4.6 評価用加速度」に示す。

4.2 固有値測定試験

ハロン消火設備制御盤は、固定金具等の支持構造物も含めたハロン消火設備制御盤の設置状態を模擬し、固有値測定試験を実施する。振動試験装置にて1～50Hzで掃引し、ハロン消火設備制御盤の応答を測定する。

4.3 固有値測定結果

「4.2 固有値測定試験」に示す固有値測定試験にて測定したハロン消火設備制御盤の固有値測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表より、ハロン消火設備制御盤の固有振動数は、剛構造である。

第 4-1 表 ハロン消火設備制御盤の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
ハロン消火設備制御盤	上下	<input type="text"/>
	前後	
	左右	

4.4 設計用地震力

ハロン消火設備制御盤の設計用地震力は、第4-2表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。設計用床応答曲線は別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の最大床加速度（ S_s ）を選定する。

第4-2表 設計用地震力

設備名称	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	減衰定数 ^(注1) (%)	
ハロン消火設備 制御盤	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin-left: 60px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin-left: 60px; margin-top: 5px;"></div>	水平	1.0	水平方向は S_s-1 から S_s-19 並びに各々のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は S_s-1 から S_s-19 の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

(注1) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

4.5 設計用加速度

ハロン消火設備制御盤は、「4.3 固有値測定結果」により、固有振動数が上下方向□Hz以上、前後方向□Hz以上、左右方向□Hz以上であることを確認した。従って、応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向及び鉛直方向ともに最大床加速度の1.2倍を使用する。

ハロン消火設備制御盤の設計用加速度を第4-3表に示す。

第4-3表 ハロン消火設備制御盤の設計用加速度

設備名称	項目	記号	設計用加速度 (G)
ハロン消火設備 制御盤	水平加速度	α_H	1.500
	鉛直加速度	α_V	0.816

4.6 評価用加速度

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価に使用する評価用加速度は、「4.4 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

ハロン消火設備制御盤の評価用加速度を第4-4表に示す。

第4-4表 ハロン消火設備制御盤の評価用加速度

設備名称	項目	評価用加速度 (G)
ハロン消火設備 制御盤	水平	1.25
	鉛直	0.68

5. 応力評価

5.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している評価方針に従い、応力評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の応力評価は、「3.1 応力評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「5.3 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添1-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

5.2.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重 (D)

死荷重は、ハロン消火設備制御盤の自重とする。

(2) 地震荷重 (Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

5.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、ハロン消火設備制御盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第5-1表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
ハロン消火設備制御盤	基礎ボルト	D+Ss

5.3 許容限界

ハロン消火設備制御盤の許容限界は、「3.1 応力評価における評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態IV_ASの許容応力とする。各評価対象部位の許容限界を第5-2表に示す。

第5-2表 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1) (注2) (注4)	
				一次応力	
				引張 (注3)	せん断 (注3)
基礎ボルト	C	D+Ss	IV _A S	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

(注1) f_t^{*}、f_s^{*}：JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min(1.4(1.5f_t^{*}) - 1.6(1, 1.5f_t^{*}))とする。

(注4) 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3.1 許容応力評価条件

第5-3表にハロン消火設備制御盤の許容応力評価条件を示す。

第5-3表 ハロン消火設備制御盤の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	評価用温度 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
記号の定義					
S _y ：設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表8に規定される値					
S _u ：設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表9に規定される値					
F [*] ：JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値					

5.4 評価方法

ハロン消火設備制御盤の許容限界の応力評価は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している壁掛け型の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・応力評価モデルは1質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度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。
- ・耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.4.1 記号の定義

基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義を第5-4表に示す。

第 5-4 表 基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	単位	記号の定義
d	mm	基礎ボルト呼び径
g	m/s ²	重力加速度
h	mm	基礎ボルトより機器重心までの鉛直距離
h'	mm	基礎ボルト鉛直方向のボルト間距離
l	mm	壁面より機器重心までの水平距離
l'	mm	基礎ボルト水平方向のボルト間距離
l_{a1}	mm	基礎ボルト支点よりのボルト間距離 (鉛直方向)
l_{b1}	mm	基礎ボルト支点よりのボルト間距離 (左右方向)
l_{b2}		
l_{b3}		
n_1	本	基礎ボルト各列のボルト本数
N	本	基礎ボルト総数
S	mm ²	基礎ボルト断面積
m	kg	機器質量
α_H	G	水平加速度
α_V	G	鉛直加速度
σ_{a1}	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
σ_{a2}		
σ_{b1}	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
σ_{b2}		
σ_{b3}		
σ_{amax}	MPa	基礎ボルトに発生する最大引張応力 (前後方向)
σ_{bmax}	MPa	基礎ボルトに発生する最大引張応力 (左右方向)
τ_a	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
τ_b	MPa	基礎ボルト各ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

5.4.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1質点系モデルであり、ハロン消火設備制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

ハロン消火設備制御盤は、「2.2 構造概要」の第2-1表に示すとおり、基礎ボルトにより据え付けるため、基礎ボルトを応力評価モデル及び評価式にて評価する。

ここで、盤正面に直交する方向を前後方向、盤正面と平行な方向を左右方向とする。

(1) 基礎ボルトの構造強度評価

「4.5 設計用加速度」及び「5.5 応力評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式によりハロン消火設備制御盤における基礎ボルトの発生応力を算出する。前後方向に対する応力評価モデルを第5-1図に、左右方向に対する応力評価モデルを第5-2図に示す。

a. 前後方向の応力評価

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力

基礎ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、片側のボルトを支点とし、この支点から最も離れた位置にある基礎ボルト（評価本数 n_1 ）で受けるものとして計算する。

鉛直荷重による応力は支点からの距離に比例することから以下の式による。

$$\sigma_{a1}Sl_{a1}n_1 = mgl(1 + \alpha_V)$$

また水平荷重による応力は力の釣合式より、

$$\sigma_{a2}NS = mg\alpha_H$$

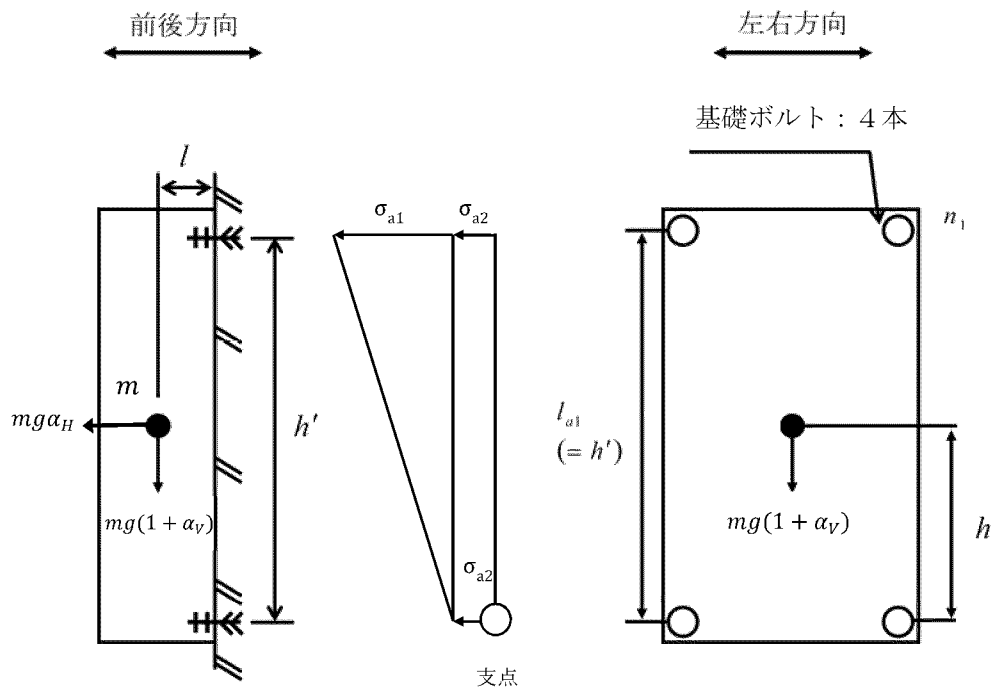
以上の式より

$$\sigma_{amax} = \frac{mg\alpha_H}{NS} + \frac{mgl(1 + \alpha_V)}{Sl_{a1}n_1}$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力

基礎ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数（ N ）で受けるものとして計算する。

$$\tau_a = \frac{mg(1 + \alpha_V)}{NS}$$



第 5-1 図 基礎ボルトの応力評価モデル (前後方向)

b. 左右方向の応力評価

(a) 基礎ボルトに発生する最大引張応力

基礎ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S\sigma_{b1} + l_{b2}S\sigma_{b2} + l_{b3}S\sigma_{b3} = mgl\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より、

$$\sigma_{b1} = \frac{mgl\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、 $l_{b1} = h' \sin \theta + l' \cos \theta$

$$l_{b2} = h' \sin \theta$$

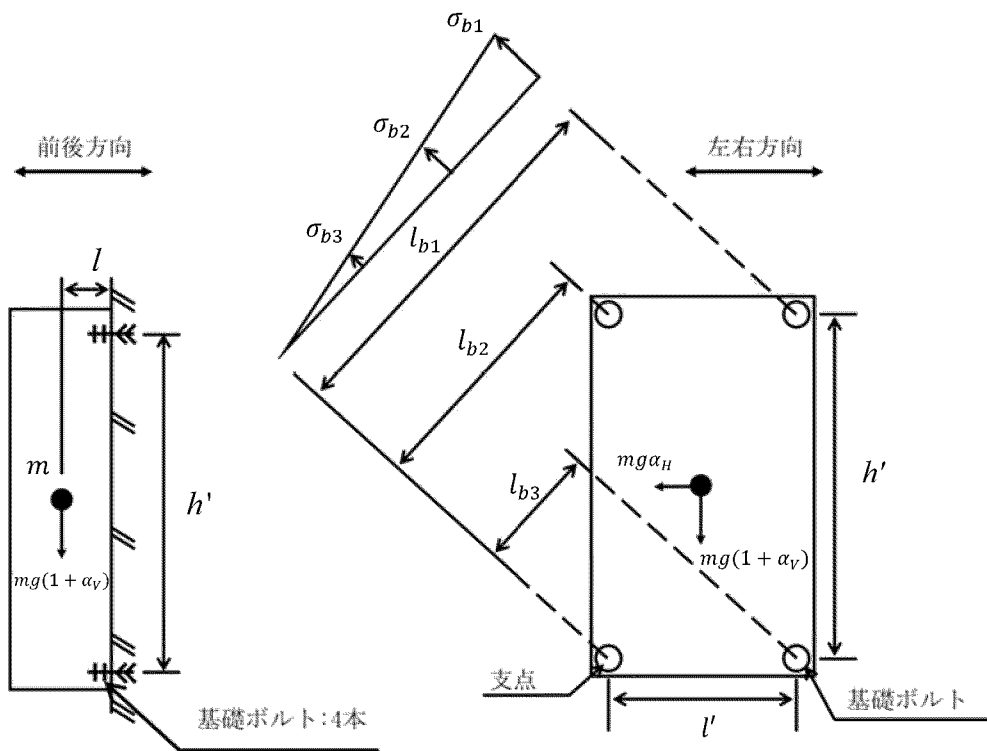
$$l_{b3} = l' \cos \theta \quad \text{とする。}$$

$$\text{ただし、} \theta = \tan^{-1} \left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H} \right)$$

(b) 基礎ボルトに発生するせん断応力

基礎ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数（ N ）で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{mg\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{NS}$$



第 5-2 図 基礎ボルトの応力評価モデル (左右方向)

5.5 応力評価条件

ハロン消火設備制御盤の応力評価モデルの諸元を第 5-5 表に示す。

第 5-5 表 基礎ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
基礎ボルト呼び径	d	mm	
基礎ボルトより機器重心までの鉛直距離	h	mm	
基礎ボルト鉛直方向のボルト間距離	h'	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
壁面より機器重心までの水平距離	l	mm	
基礎ボルト水平方向のボルト間距離	l'	mm	
基礎ボルト各列のボルト本数	n_1	本	
基礎ボルト総数	N	本	
基礎ボルト断面積	S	mm ²	
機器質量	m	kg	

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価は、「3.2 機能維持評価における評価対象部位」に示す評価対象部位が、「6.2 許容限界」に示す許容限界内に収まることを、「6.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 許容限界

ハロン消火設備制御盤の許容限界は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定している機能確認済加速度とする。

ハロン消火設備制御盤の機能確認済加速度を第 6-1 表に示す。

第 6-1 表 ハロン消火設備制御盤の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認 部位	機能確認済加速度 (G)	
		水平方向	鉛直方向
ハロン消火設備制御盤	加振台への 取付位置		

6.3 評価方法

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価は、別添1-1の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、ハロン消火設備制御盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

7. 評価結果

ハロン消火設備制御盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を第 7-1 表及び第 7-2 表に示す。基礎ボルトの発生値は許容値以下であり、ハロン消火設備制御盤の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。従って、ハロン消火設備制御盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 ハロン消火設備制御盤の応力評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	方向	発生値	許容値
ハロン消火設備 制御盤	基礎ボルト	引張応力 (単位 MPa)	前後	5	210
			左右	3	210
		せん断応力 (単位 MPa)	前後	3	161
			左右	4	161
		組合せ応力 (単位 MPa)	前後	5	210
			左右	3	210

第7-2表 ハロン消火設備制御盤の電気的機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認 部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
ハロン消火設備 制御盤	加振台への 取付位置	1.25	<input type="text"/>	0.68	<input type="text"/>	—

消火設備配管の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-3-4-1
2. 消火設備配管	03-別添1-3-4-2
2.1 基本方針	03-別添1-3-4-2
2.1.1 位置	03-別添1-3-4-2
2.1.2 構造概要	03-別添1-3-4-2
2.1.3 評価方針	03-別添1-3-4-3
2.1.4 適用規格	03-別添1-3-4-3
2.2 耐震評価	03-別添1-3-4-4
2.2.1 基本方針	03-別添1-3-4-4
2.2.2 評価対象部位	03-別添1-3-4-4
2.2.3 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-3-4-4
2.2.4 許容限界	03-別添1-3-4-5
2.2.5 評価方法	03-別添1-3-4-6
2.3 評価条件	03-別添1-3-4-7
2.3.1 設計用地震力	03-別添1-3-4-7
2.3.2 配管仕様	03-別添1-3-4-8
2.4 評価結果	03-別添1-3-4-9

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添1-1」という。）に示すとおり、消火設備配管が、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

その耐震評価は、応力評価により行う。

2. 消火設備配管

2.1 基本方針

別添1-1の「2.1 評価対象設備」にて設定している消火設備配管の構造計画を、「2.1.1 位置」及び「2.1.2 構造概要」に示す。

2.1.1 位置

消火設備配管は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、ガス消火設備の消火対象である火災区域又は火災区画に設置する。

2.1.2 構造概要

消火設備配管の構造は、別添1-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、消火設備配管の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 消火設備配管の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
消火設備配管	消火設備配管	消火設備配管のうちガス供給配管は、Uボルト又はUバンドにて支持構造物に取り付け、基礎ボルトにより支持構造物をコンクリート躯体に据え付ける。	

2.1.3 評価方針

消火設備配管は、別添1-1の「4.2 応力評価」にて設定している応力評価の方針に従い、耐震評価を実施する。

消火設備配管の耐震評価は、「2.2 耐震評価」に示す方法により、「2.3 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「2.4 評価結果」において消火設備配管の支持間隔及び消火設備配管の評価対象部位に発生する応力が許容限界内に収まることを確認する。

2.1.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」(JEAG4601・補-1984)
日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会

2.2 耐震評価

2.2.1 基本方針

消火設備配管は、別添1-1「4.2 応力評価」に設定している評価方針に従い、耐震評価を実施する。

消火設備配管の耐震評価は、「2.2.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「2.2.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「2.2.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「2.2.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

2.2.2 評価対象部位

消火設備配管は、別添1-1の「3.2 許容限界」に示す消火設備配管を評価対象部位とする。

2.2.3 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添1-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

2.2.3.1 荷重の種類

耐震評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、消火設備配管の自重とする。

(2) 地震荷重(S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s による地震力とする。

(3) 内圧荷重(P_b)

内圧荷重は、消火設備配管に設計上定める最高使用圧力による荷重とする。

2.2.3.2 荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の組合せは、消火設備配管の評価対象部位に対して設定する。荷重の組合せを第2-2表に示す。

第2-2表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
消火設備配管	ガス供給配管	$D+P_D+S_s$

2.2.4 許容限界

消火設備配管の許容限界は、「2.2.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力とする。

消火設備配管の許容限界を第2-3表に示す。

第2-3表 消火設備配管の許容限界

設備名称	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1)		
				一次応力 (曲げ応力含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
消火設備配管 (ガス供給配管)	C	$D+P_D+S_s$	IV_{AS}	0.9Su	S _s 地震動のみによる疲労解析 ^(注2) を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2S _y 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) 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。

(注2) 2S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1 PPB-3536 (同(3), (6)及び(7)を除く。また、S_mは2/3S_yに読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

2.2.5 評価方法

消火設備配管は、別添1-1の「4.2(2) 標準支持間隔法」にて設定しているとおり、資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「3. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について」に設定しているSクラス配管に適用する標準支持間隔法により設計する。

消火設備配管は、緊急時対策所に敷設する配管であり、資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示す標準支持間隔とは配管仕様及び解析条件が異なる。

従って、資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「3. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について」により、基準地震動 S_s による地震力に対し、消火設備配管の評価条件に応じた最高使用温度が 150°C 未満の低温配管に対する標準支持間隔を算出する。

算出に当たっては、消火設備配管の公称値を使用する。

消火設備配管の支持構造物は、資料10-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「4. 支持構造物の耐震計算の方針」にて設定しているとおり、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに設定されている定格荷重又は最大使用荷重以下となる支持構造物を選定する。

2.3 評価条件

2.3.1 設計用地震力

消火設備配管の設計用地震力は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す設計用床応答曲線 (Ss) とする。

評価に用いる設計用地震力を第2-4表に示す。

第2-4表 設計用地震力

設備名称	設計用床応答曲線		
	建屋	高さ E. L. (m)	減衰定数 ^(注1) (%)
消火設備配管 (ガス供給配管)	緊急時対策所		

(注1) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

2.3.2 配管仕様

標準支持間隔を算定する消火設備配管の仕様を第2-5表に示す。

第2-5表 消火設備配管の配管仕様

設備名称	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ当たりの質量 (保温材の有無) (kg/m)
消火設備配管 (ガス供給配管)						

2.4 評価結果

消火設備配管の標準支持間隔を第2-6表に示す。

第2-6表に示す評価結果に基づき、消火設備配管の支持間隔が標準支持間隔に収まる設計とする。

消火設備配管の支持構造物は、「2.2.5 評価方法」にて設定したとおり施工する。

第2-6表 消火設備配管（ガス供給配管）の標準支持間隔

支持間隔[m]
 (固有振動数[Hz])
 (自重+内圧+地震応力[MPa])

材質	建屋 呼称 床面高 [m]	支持間隔	
		E. L. <input type="text"/> m ~E. L. <input type="text"/> m	E. L. <input type="text"/> m ~E. L. <input type="text"/> m
ステンレス鋼	1/2 SCH40	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	
	3/4 SCH40		
	1 SCH40		
	1・1/4 SCH40		
	1・1/2 SCH40		
	2 SCH40		
	2・1/2 SCH40		
	3 SCH40		

火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-4-1
2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価	03-別添1-4-1
2.1 基本方針.....	03-別添1-4-1
2.2 評価条件及び評価方法.....	03-別添1-4-1
3. 評価結果	03-別添1-4-4
3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出.....	03-別添1-4-4
3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価.....	03-別添1-4-4
3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果.....	03-別添1-4-4
4. 影響評価	03-別添1-4-8

1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、火災感知設備及び消火設備について、基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性を確認しているため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価

2.1 基本方針

火災感知設備及び消火設備に関する、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の評価方針及び評価方法を踏まえて、構造上の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

資料10-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを第2-1図に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

火災感知設備及び消火設備のうち、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能が保持できることを確認する設備を評価対象とする。（第2-1図①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点にて検討を行い、水平2方向地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（第2-1図②）

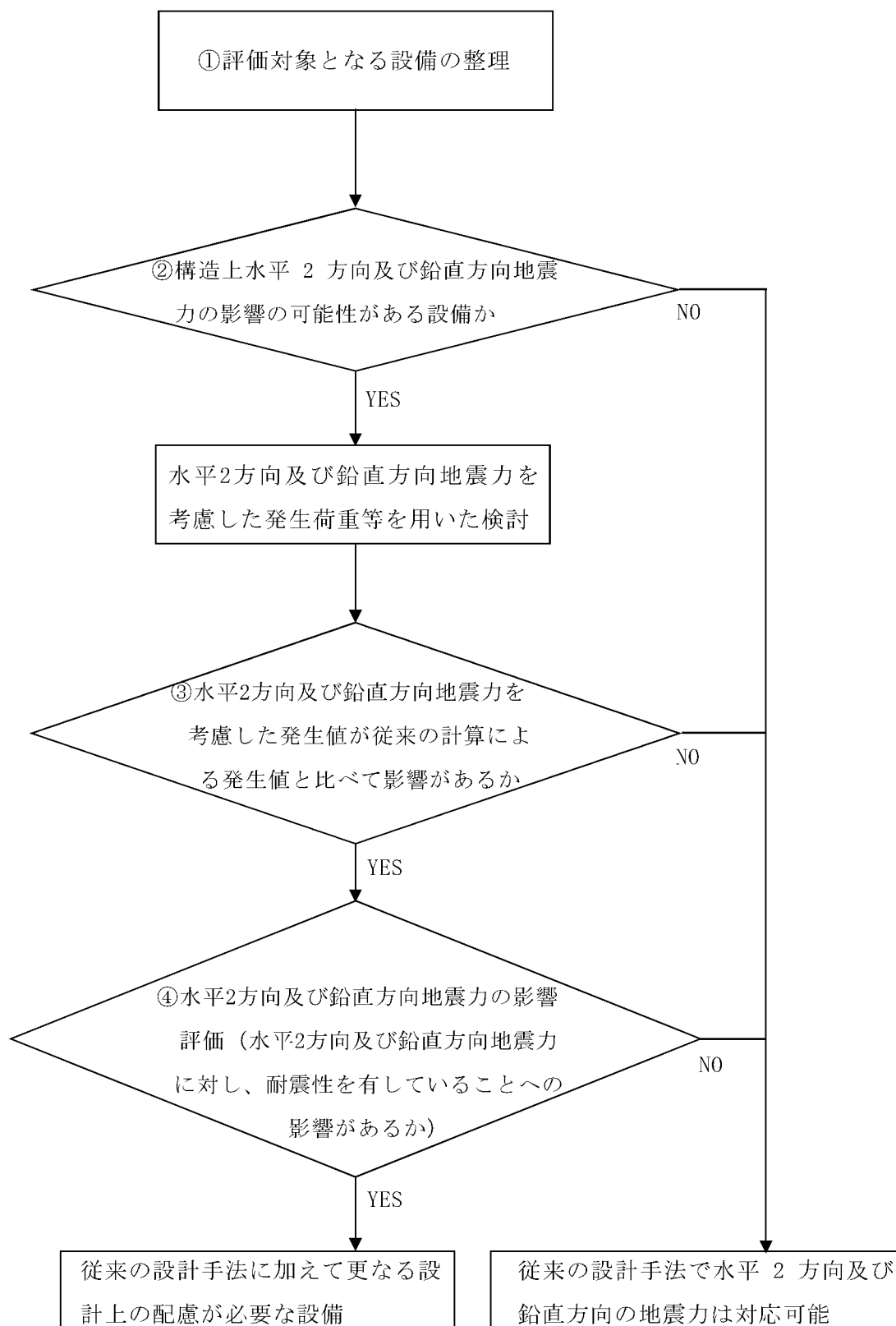
(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力等を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮

した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。(第2-1図③)

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力等を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。(第2-1図④)



第 2-1 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3. 評価結果

3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

火災防護設備のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を第3-1表に示す。評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向地震力による影響を、資料10-15「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

抽出結果を第3-2表に示す。

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力が及ぼす影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

(2) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)にて影響の可能性のある設備について、水平2方向地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

第3-2表にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、資料10-15「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の方法にて算出した。

3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」にて算出した発生値に対して設備の有する耐震性に及ぼす影響を評価した。

影響評価結果を第3-3表に示す。

第3-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備

設備		部位
火災感知設備	火災感知器	各部位
	火災受信機盤	各部位
全域ハロン消火設備（共用分配型）	ボンベラック	各部位
	容器弁及び選択弁	各部位
	制御盤	各部位

第3-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価設備の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり

△：影響軽微

(1) 機能維持評価

設備（機種）及び部位		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
		3.1項(1)の観点	3.1項(2)の観点	検討結果
火災感知設備	火災感知器	○	○	影響評価結果は第3-3表参照
	火災受信機盤	○	△	明確な応答軸を有している
全域ハロン消火設備 (共用分配型)	ボンベラック	○	△	明確な応答軸を有している
	容器弁及び 選択弁	○	○	影響評価結果は第3-3表参照
	制御盤	○	△	明確な応答軸を有している

第3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

評価対象設備		機能確認済加速度との比較				詳細評価
		加速度確認 部位	水平加速度(G)			
			従来の計算によ る応答加速度	2方向想定 応答加速度	機能確認済 加速度	
火災感知設備	煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	加振台	1.50	2.10		—
全域ハロン消火設備 (共用分配型)	容器弁	加振台	1.06	1.44		—
	選択弁	加振台	1.06	1.44		—

4. 影響評価

火災防護設備のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、従来設計の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が評価基準値を満足し、設備が有する耐震性に影響がないことを確認した。

以上のことから、火災防護設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力について、火災防護設備が有する耐震性への影響はなく、従来設計手法の妥当性を確認した。

可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書

目 次

- 別添 2-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針
- 別添 2-2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動
- 別添 2-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書
- 別添 2-4 可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震計算書
- 別添 2-5 可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震計算書
- 別添 2-6 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書
- 別添 2-7 可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-1-1
2. 耐震評価の基本方針	03-別添2-1-2
2.1 評価対象設備	03-別添2-1-2
2.2 評価方針	03-別添2-1-2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	03-別添2-1-16
3.1 荷重及び荷重の組合せ	03-別添2-1-16
3.2 許容限界	03-別添2-1-16
4. 耐震評価方法	03-別添2-1-27
4.1 車両型設備	03-別添2-1-27
4.2 ボンベ設備	03-別添2-1-33
4.3 可搬型空気浄化設備	03-別添2-1-37
4.4 その他設備	03-別添2-1-66
4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	03-別添2-1-68
5. 適用規格	03-別添2-1-68

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第54条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合する設計とするため、資料4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下「資料4」という。）の別添2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」（以下「資料4の別添2」という。）にて設定する構造強度上の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動 S_s による地震力において必要な機能を損なわないことを確認するための耐震計算方針について説明するものである。なお、可搬型重大事故等対処設備への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び50条の対象ではない。

可搬型重大事故等対処設備の地震応答解析等に使用する保管場所の入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に、車両型設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」に、ボンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-4「可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震計算書」に、可搬型空気浄化設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-5「可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震計算書」に、その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果については、別添2-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、転倒評価、構造強度評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないことを確認する。また、波及的影響の評価を実施し、他の設備のうち、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能を維持できる設計とすることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて実施する。影響評価方法は「4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、資料4の別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ボンベ設備、可搬型空気浄化設備及びそれ以外のその他設備を対象とする。

資料4の別添2にて設定している対象設備の構造計画を第2-1表に示す。

2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、資料4の別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ボンベ設備、可搬型空気浄化設備及びそれ以外のその他設備の分類ごとに定める「地震応答解析」、「加振試験」、「転倒評価」、「応力評価」、「機能維持評価」、「波及的影響評価」及び「水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価対象部位は、資料4の別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、第2-2表に示すとおり設定する。

2.2.1 車両型設備

(1) 応力評価

車両型設備の応力評価については、資料4の別添2の「6.3.1 (2) a. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、車両に積載している発電機及び内燃機関の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。その評価方法は、「4.1 車両型設備 (2) 応力評価」に示すとおり、加振試験にて得られる応答加速度を用いて、車両に積載している発電機及び内燃機関の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては、実機における車両応答の不確かさを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された車両頂部の加速度を用いる。

(2) 転倒評価

車両型設備の転倒評価については、資料4の別添2の「6.3.1 (2) b. 転倒」にて設定している評価方針に基づき、発電機等の機器を積載している車両全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。その評価方法は「4.1 車両型設備 (3) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しないことを確認する。

(3) 機能維持評価

車両型設備の支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能評価については、資料4の別添2の「6.3.1 (2) c. 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、車両部は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により車両部の支持機能及び車両としての自走又は牽引による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。また、車両に積載している発電機及び内燃機関は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により、発電機の給電機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。それらの評価方法は「4.1 車両型設備 (4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

(4) 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響の評価については、資料4の別添2の「6.4.1 車両型設備」にて設定している評価方針に基づき、車両型設備はサスペンションのようなバネ構造を有するため、設備に生じる地震荷重により、大きな傾きが生じることから、基準地震動 S_s による地震力に対し、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、設備の傾き及び横すべりによる車両頂部の変位量が、一台当たり、前後方向1,000mm及び左右方向1,000mmに設定した離隔距離の範囲内にあることにより確認する。

その評価方法は、「4.1 車両型設備 (5) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験により確認した車両の最大変位量を基に評価を行う。

2.2.2 ボンベ設備

(1) 応力評価

ボンベ設備の応力評価については、資料4の別添2の「6.3.2 (2) a. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収容するボンベ架台等並びにこれを床に固定する支持部の基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。その評価方法は、「4.2 ボンベ設備 (1) 地震応答解析及び応力評価」に示すとおり、地震応答解析により算出する固有振動数及び、地震による荷重を用いて、ボンベ架台等及び基礎ボルトの評価を行う。

(2) 転倒評価

ボンベ設備の転倒評価については、資料4の別添2の「6.3.2 (2) b. 転倒」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収容するボンベ架台並びにこれを床に固定する支持部の基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することで、転倒しないことを確認する。

(3) 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響の評価については、資料4の別添2の「6.4.2 ボンベ設備」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収容するボンベ架台並びにこれを床に固定する支持部の基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することで、隣接する他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

2.2.3 可搬型空気浄化設備

(1) 応力評価

可搬型空気浄化設備の応力評価については、資料4の別添2の「6.3.3 (2) a. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、固縛装置、送風機及び原動機の取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。その評価方法は、「4.3 可搬型空気浄化設備 (2) 応力評価」に示すとおり、地震応答解析により算出した固有振動数及び、地震による荷重を用いて、固縛装置の評価を行う。

(2) 転倒評価

可搬型空気浄化設備の転倒評価については、資料4の別添2の「6.3.3 (2) b. 転倒」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、転倒しないことを、固縛装置、送風機及び原動機の取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することにより確認する。その評価方法は、「4.3 可搬型空気浄化設備 (2) 応力評価」に示すとおり、固縛装置が健全であることにより確認する。

(3) 機能維持評価

可搬型空気浄化設備の機能維持評価については、資料4の別添2の「6.3.3 (2) c. 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、送風機及び原動機は、基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的及び電氣的機能を維持できることを、JEAG4601-1991追補版に基づき、機能維持評価を実施することにより確認する。その評価方法は、「4.3 可搬型空気浄化設備 (3) 機能維持評価」に示すとおり、解析による最大発生応力等が評価基準値以下であることにより評価を行う。

(4) 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備の波及的影響の評価については、資料4の別添2の「6.4.3 可搬型空気浄化設備」にて設定している評価方針に基づき、可搬型空気浄化設備の機器全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、可搬型空気浄化設備の固縛装置が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することで、隣接する他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その評価の方法は、「4.3 可搬型空気浄化設備 (4) 波及的影響評価」に示すとおり、固縛装置が健全であることにより確認する。

可搬型空気浄化設備に使用している固縛装置は、基準地震動 S_s による地震力に対し、各構成要素の定格荷重等を超えないように設計を行い、固縛装置の構成要素は、固縛装置が受ける荷重に対して十分な強度、支持力があるものを選定する。

2.2.4 その他設備

(1) 転倒評価

その他設備の転倒評価については、資料4の別添2の「6.3.4 (2) a. 転倒」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により転倒を防止するために設置しているスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。その評価方法は、「4.4 その他設備 (2) 転倒評価」に示すとおり、加振試験によりスリング等が健全であることにより確認する。

(2) 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、資料4の別添2の「6.3.4 (2) b. 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床の最大加速度が、地震力に伴う浮き上がりを考慮しても、加振試験により放射線量等を計測する機能、通信連絡機能等の動的及び電氣的機能、並びにスリング等の固縛装置の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。その評価方法は、「4.4 その他設備 (3) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

(3) 波及的影響評価

その他設備の波及的影響の評価については、資料4の別添2の「6.4.4 その他設備」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、床及び壁に固定する固縛装置が健全であることを加振試験により確認することで、隣接する他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その他設備に使用している固縛装置は、基準地震動 S_s による地震力に対し、対象設備の重心高さを考慮して固縛装置の設置位置を設定するとともに、保管場所における設置床の最大加速度により固縛装置が受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。固縛装置の支持機能については保管状態を模擬した加振試験により確認する。

以上を踏まえ、以降では、可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界について、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し、車両型設備、ボンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4. 耐震評価方法」に示す。

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (1/2)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】 屋内の可搬型重大事故等対処設備は、資料4の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、緊急時対策所建屋に保管する設計としている。 屋外の可搬型重大事故等対処設備は、資料4の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、</p>			
車両型設備	サスペンションを有し、地震に対する影響を軽減できる構造であるとともに、早期の重大事故等への対処を考慮し、自走にて移動できる構造とし、車両、台車、発電機等により構成する。	発電機等は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機等を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	第2-1図
ボンベ設備	ボンベ設備は、ボンベ(空気ボンベ)及びボンベ架台等により構成する。	ボンベは容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルトによりボンベ架台に固定し、ボンベ架台を基礎ボルトにより床に据え付ける。	第2-2図

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (2/2)

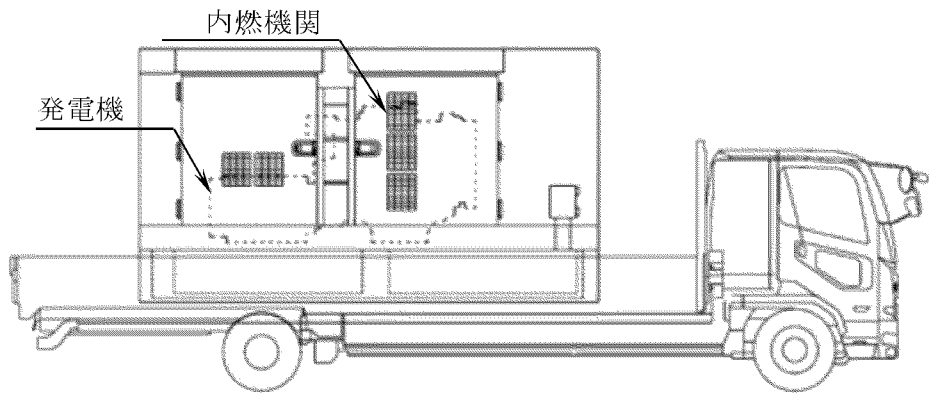
設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬型空気 浄化設備	ファン(送風機及び原動機)及びこれらを支持するターンバックル等の固縛装置等により構成する。	ファンは剛構造とし、ファン本体と基礎コンクリートの間をターンバックル等の固縛装置にて固縛する。 また、原動機は取付ボルトで共通台板に固定する。	第2-3図
	フィルタユニット、並びにこれらを支持するターンバックル等の固縛装置等により構成する。	フィルタユニットは剛構造とし、機器本体と基礎コンクリートの間をターンバックル等の固縛装置にて固縛する。	第2-4図
その他設備	可搬式モニタリングポスト等を収納する収納箱で構成する。	緩衝材を内装した収納箱に収納し、収納箱を床にスリング等で固縛する。	第2-5図
	トランシーバー等を収納する収納箱及び架台で構成する。	緩衝材を内装した収納箱に収納し、収納箱を専用架台にスリング等で固縛する。専用架台は床又は壁にボルト等で固定する。	第2-6図
	小型船舶	本体を専用架台にスリング等で固縛する。専用架台は床にボルト等で固定する。	第2-7図

第2-2表 可搬型重大事故等対処設備 応力評価対象部位 (1/2)

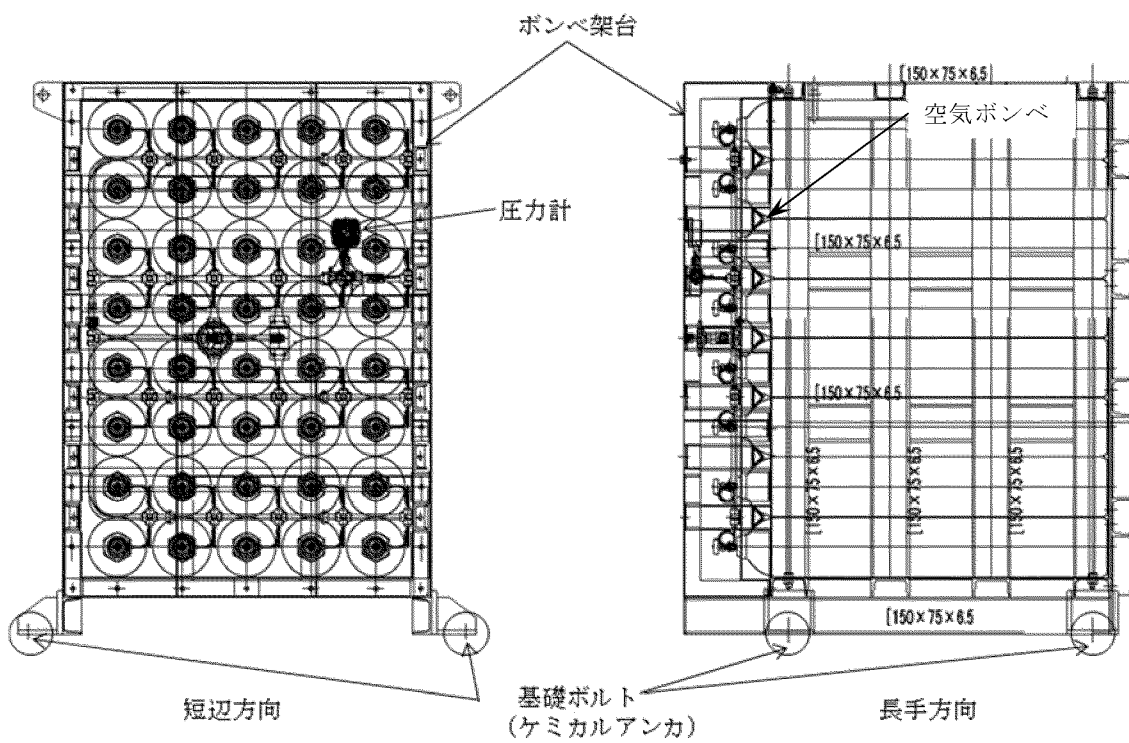
機器名称	設備	評価対象部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
電源車 (緊急時対策所用)	車両型設備	発電機 取付ボルト 内燃機関 取付ボルト	コンテナ 取付ボルト	<p>発電機、内燃機関は、非常用電源設備としてJEAG4601-1987において発電機等は剛構造であり、応力評価対象は取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨規定されている。発電機は重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備はJEAG4601-1987に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関の取付ボルトを対象とする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、パッケージ台板、コンテナの取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

第2-2表 可搬型重大事故等対処設備 応力評価対象部位 (2/2)

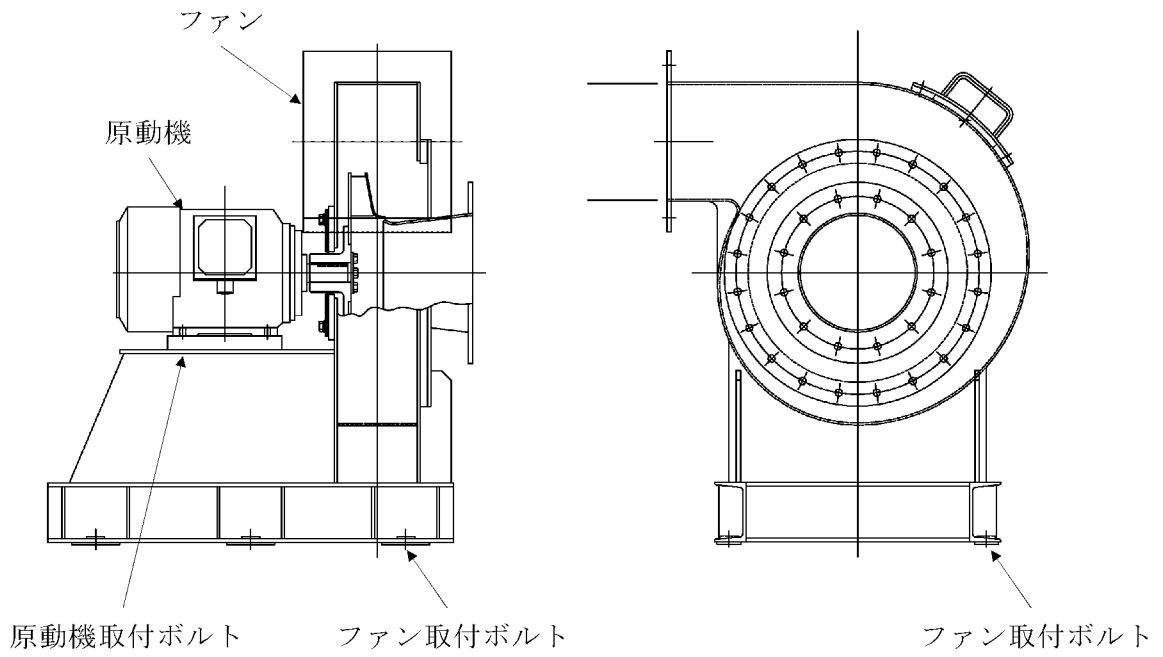
機器名称	設備	直接支持構造物	間接支持構造物	評価対象
空気供給装置	ポンベ設備	ポンベ架台 基礎ボルト	対象なし	<p>ポンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、資料11-1-3「重大事故等クラス3機器の強度評価の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として、強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ポンベを床に固定している支持構造物であるポンベ架台、基礎ボルトを評価対象とする。</p>
緊急時対策所 非常用空気浄化 ファン	可搬型 空気浄化 設備	原動機取付 ボルト	固縛装置	<p>ファン、フィルタユニットは、固有値解析により、剛構造であること及び十分な強度を有することを確認した上で、支持構造物である固縛装置、原動機取付ボルトを評価対象とする。</p>
緊急時対策所 非常用空気浄化 フィルタユニット		固縛装置	対象なし	



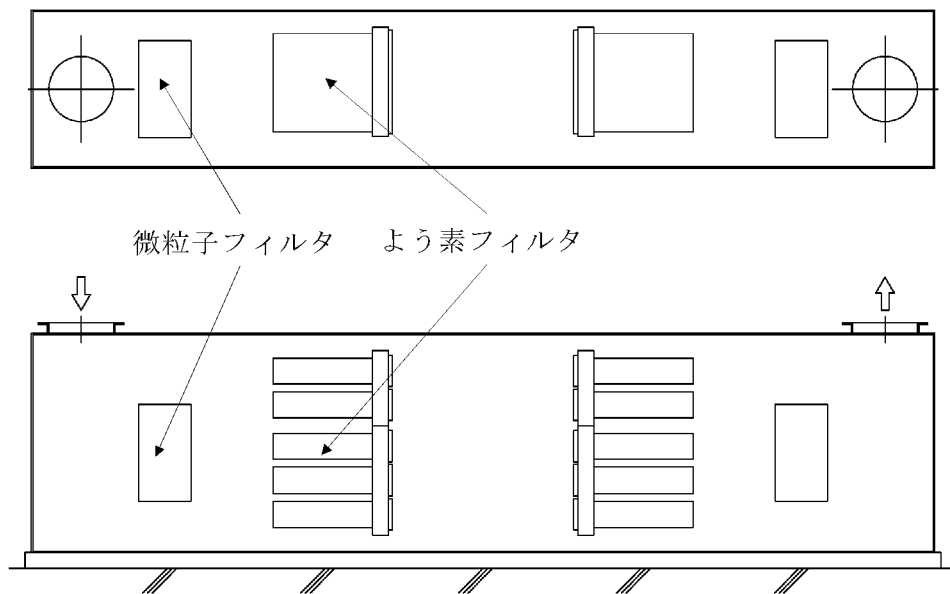
第2-1図 車両型設備



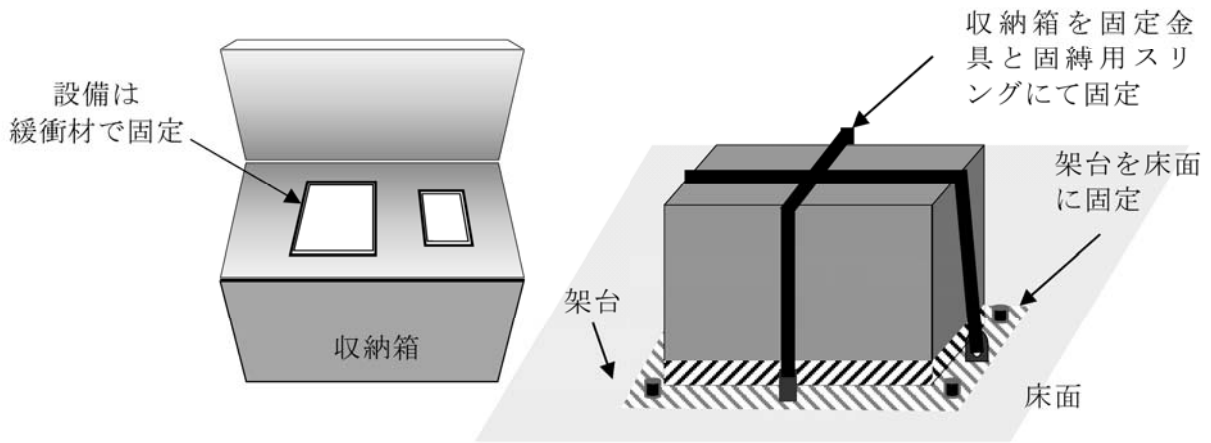
第2-2図 ポンベ設備



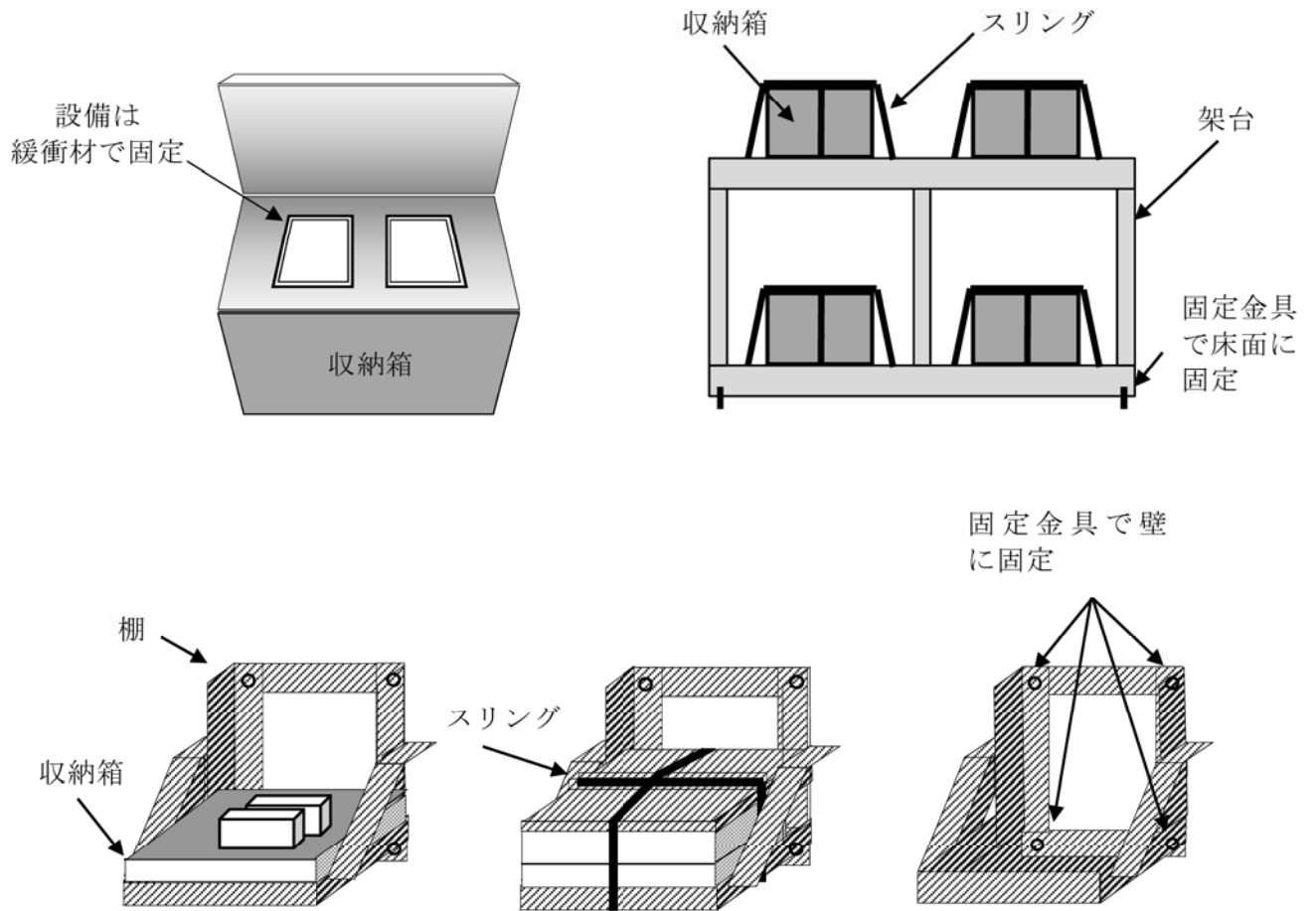
第2-3図 可搬型空気浄化設備（緊急時対策所非常用空気浄化ファン）



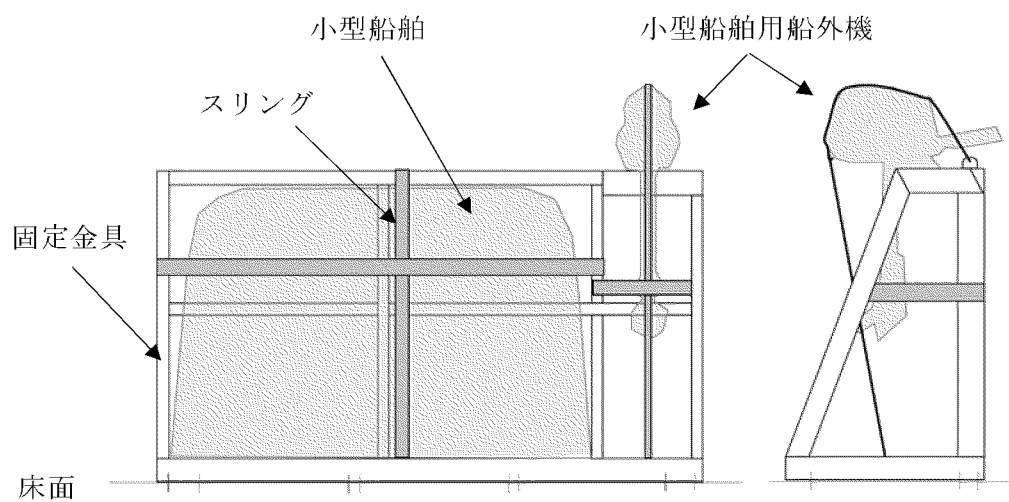
第2-4図 可搬型空気浄化設備（緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット）



第2-5図 その他設備（収納箱固縛保管設備）



第2-6図 その他設備（収納箱架台固縛保管設備）



第2-7図 その他設備（本体架台固縛保管設備）

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

可搬型重大事故等対処設備のうち、屋外に保管している設備の自然現象の考慮については、資料2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に設定する荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重及び荷重の組合せは、重大事故等起因の荷重は発生しないため、資料4の別添2の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、資料10-9「機能維持の基本方針」の第3-1図 耐震計算における積雪荷重及び風荷重の設定フローに基づき設定する。

積雪については除雪にて対応することで無視できる。風荷重について、車両型設備は、風を一面に受ける構造と違い、風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また車両型設備には内燃機関や発電機等の重量物が積載され重量が大きいこと及び車両型設備以外の可搬型重大事故等対処設備についても、建物・構築物、屋外設置の機器に比べ、風による受圧面積が相対的に小さいことから、風荷重については無視できる。

3.2 許容限界

許容限界は、資料4の別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標のとおり、評価対象部位ごとに設定する。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、設備ごとの許容限界を第3-1表から第3-6表に示す。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価対象部位の損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに許容限界を定める。

直接支持構造物の評価については、JEAG4601・補-1984に規定されているその他支持構造物の評価に従った評価を実施する。また、車両型設備の間接支持構造物としてのボルトの評価については、直接支持構造物の評価に準じた評価を行う。

3.2.1 車両型設備

(1) 応力評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電する発電機等の機器を車両に取付ボルトで固定し、主要な構造部材が発電機能、支持機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1 (1) 応力評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEG4601・補-1984を適用し、許容応力状態Ⅳ_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(2) 転倒評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電する発電機等を車両に取付ボルトで固定し、車両全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1 (2) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

(3) 機能維持評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、車両に積載している緊急時対策所の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電する発電機等の動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、車両積載設備から受ける荷重を支持する機能並びに車両としての自走による移動機能を維持できる設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1 (3) 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

(4) 波及的影響評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面等に固定せずに保管し、車両全体が安定性を有し、主要な構造部材が発電機能及び支持機能を維持可能な構造強度を有し、当該設備の傾き及び横すべりにより、他の設備のうち、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないよう隣接する他の可搬型重大事故等対処設備に対し離隔距離を確保し、保管する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1 (4) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、車両型設備の加振試験にて確認した車両の最大変位量が、他の可搬型重大事故等対処設備との接触、衝突等の相互干渉による破損等を引き起こし、機能喪失する等の波及的影響を及ぼさないよう、発電所における敷地の制限、可搬型重大事故等対処設備の作業性及び運用性を踏まえた1台当たりの離隔距離の範囲内であることを許容限界として設定する。

また、離隔距離に関しては、実際の設備配置の運用上の管理値として必要であるため、保安規定に離隔距離を基に必要な設備間隔を定め、管理を行う。

3.2.2 ボンベ設備

(1) 応力評価

ボンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベ架台に収納し、架台を地盤安定性を有する屋外の保管場所に基礎ボルトで固定して保管し、主要な構造部材が空気供給機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2 (1) 応力評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(2) 転倒評価

ボンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベ架台に収納し、架台を地盤安定性を有する屋外の保管場所に基礎ボルトで固定して保管し、主要な構造部材が空気供給機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2 (2) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(3) 波及的影響評価

ボンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベ架台に収納し、架台を地盤安定性を有する屋外の保管場所に基礎ボルトで固定して保管し、主要な構造部材が空気供給機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2 (3) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

3.2.3 可搬型空気浄化設備

(1) 応力評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、フィルタユニット及びファンを固縛装置等で床に固縛することで主要な構造部材が換気機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2.3 (1) 応力評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) 資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすること。
- (b) 計算により算出する荷重が応力評価で確認した定格荷重以下とすることを許容限界として設定する。

(2) 転倒評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所を換気する機能を有するフィルタユニット及びファンを固縛装置等で床に固縛することで、転倒しない設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2.3 (2) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) 資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすること。
- (b) 計算により算出する荷重が応力評価で確認した定格荷重以下とすることを許容限界として設定する。

(3) 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所を換気する送風機及びその駆動源となる原動機の動的機能を維持できる。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2.3 (3) 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、機能維持評価を実施し、解析による最大発生応力等が評価基準値以下であることを許容限界として設定する。

(4) 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、フィルタユニット及びファンを固縛装置等にて固縛し地盤安定性を有する屋外の保管場所に固縛し、主要な構造部材が換気機能を維持可能な構造強度を有することで、他の設備のうち、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないよう設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2.3 (4) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) 資料10-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすること。
- (b) 計算により算出する荷重が応力評価で確認した定格荷重以下とすることを許容限界として設定する。

3.2.4 その他設備

(1) 転倒評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所に保管し、壁等に据付ボルト等で固定した収納ラックに収納、壁等にスリング等の固縛装置で固縛することで機器本体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.4 (1) 転倒評価」に設定している評価方針とすることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

(2) 機能維持評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所に保管し、壁等に据付ボルト等で固定した収納ラックに収納、壁等にスリング等の固縛装置で固縛し、主要な構造部材が放射線量等を計測する機能、通信連絡機能等の支持機能、動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.4 (2) 機能維持評価」に設定している評価方針とすることを踏まえ、加振試験にて支持機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

(3) 波及的影響評価

その他設備は、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所において、壁等に据付ボルト等で固定した収納ラックに収納、壁面等にスリング等の固縛装置で拘束し、機器本体が安定性を有し、床及び壁に固定する固縛装置が健全であることで、他の設備のうち、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないよう設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.4 (3) 波及的影響評価」に設定している評価方針とすることを踏まえ、加振試験後においても床及び壁に固定する固縛装置が健全であることを、許容限界として設定する。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

評価対象設備	評価部位	荷重の組合せ	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
車両型設備	支持部の取付ボルト (第3-2表)	D+Ss	引張、 せん断組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態IV _{AS} の許容応力以下とする。
ボンベ設備	架台 (第3-3表)	D+Ss	組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態IV _{AS} の許容応力以下とする。
	支持部の基礎ボルト (第3-4表)		引張、 せん断組合せ	部材の降伏	
可搬型 空気浄化設備	固縛装置 (第3-5表)	D+Ss	引張、 せん断組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補-1984を適用し、許容応力状態IV _{AS} の許容応力以下とする。
	原動機及び送風機の 取付ボルト (第3-6表)	D+Ss	引張、 せん断組合せ	部材の降伏	
	ターンバックル 及びシャックル	D+Ss	引張、 せん断組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補-1984に準じて、許容応力状態IV _{AS} に応じた許容応力と等価な荷重とする。

第3-2表 支持部の取付ボルトの許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 4)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
取付ボルト	—	D+Ss	IV _A S	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 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。

第3-3表 架台の許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 4)
				一次応力
				組合せ ^(注3)
架台	—	D+Ss	IV _A S	$1.5f_t^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 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。

第3-4表 支持部の基礎ボルトの許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1, 2, 4)	
				一次応力	
				引張 (注3)	せん断 (注3)
基礎ボルト	—	D+Ss	IV _A S	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

(注1) f_t^{*}, f_s^{*}: JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、1.5f_t^{*}とする。

(注4) 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。

第3-5表 固縛装置の許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1, 2, 4)	
				一次応力	
				せん断 (注3)	
固縛装置	—	D+Ss	IV _A S	1.5f _s [*]	

(注1) f_t^{*}, f_s^{*}: JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5f_t^{*}) - 1.6τ_b, 1.5f_t^{*}) とする。

(注4) 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。

第3-6表 原動機及び送風機の取付ボルト許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 4)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
原動機及び送風機の 取付ボルト	—	D+Ss	IV _{AS}	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 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。

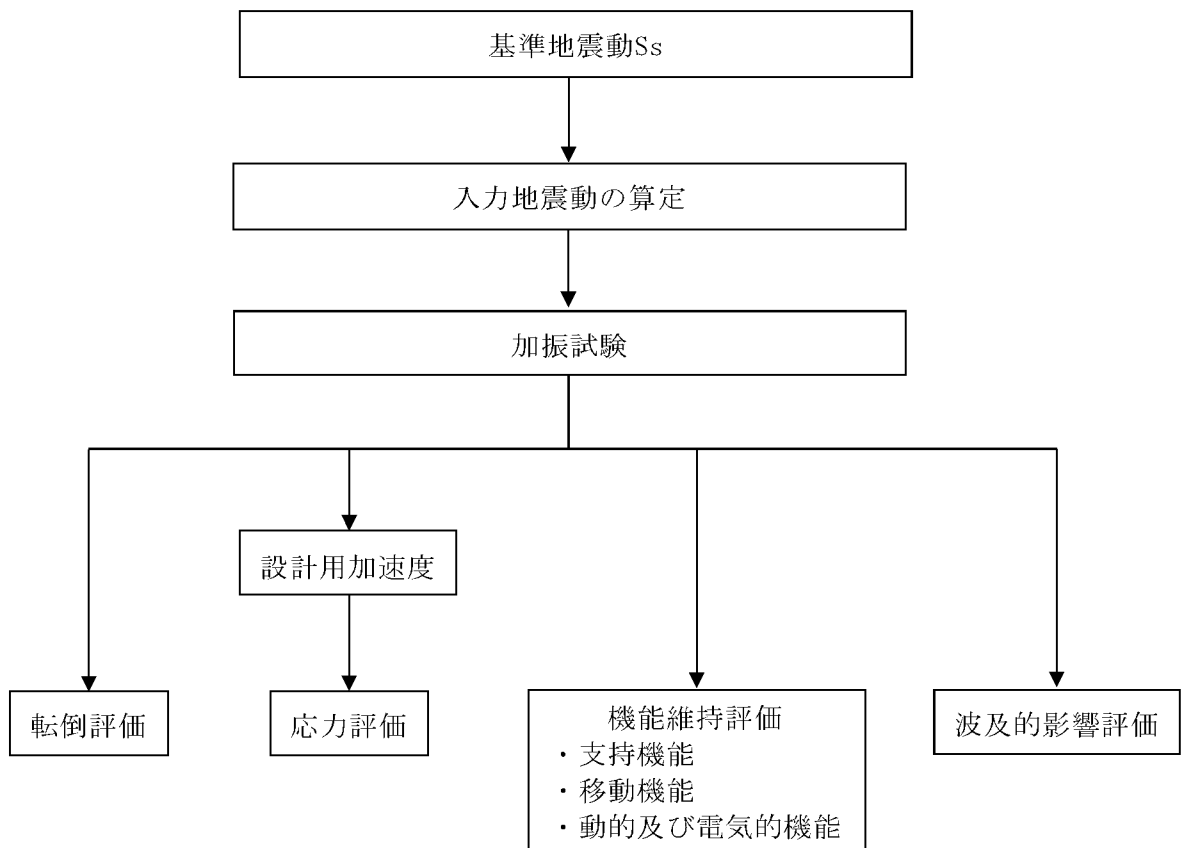
4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ポンベ設備」、「4.3 可搬型空気浄化設備」及び「4.4 その他設備」のそれぞれに示す「地震応答解析」、「加振試験」、「転倒評価」、「応力評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

4.1 車両型設備

車両型設備においては、重大事故等及び設計基準事故に対処するための機能を維持するために、応力評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

車両型設備の評価の概要フロー図を第4-1図に示す。



第4-1図 車両型設備の評価フロー

(1) 加振試験

a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できることを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(3) 転倒評価」及び「(4) 機能維持評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 応力評価

a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の応力評価は、以下に示す「(a) 車両型設備の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601・補-1984に規定されているポンプ等の取付ボルト、基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両応答の不確かさを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された車両頂部の加速度を1.2倍した上で設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、応力評価を行う。

計算モデル例を第4-2図に、応力評価に使用する記号を第4-1表に示す。

(a) 車両型設備の評価式

イ. 応力評価に使用する記号の定義

応力評価に使用する記号を第4-1表に示す。

ロ. 引張応力

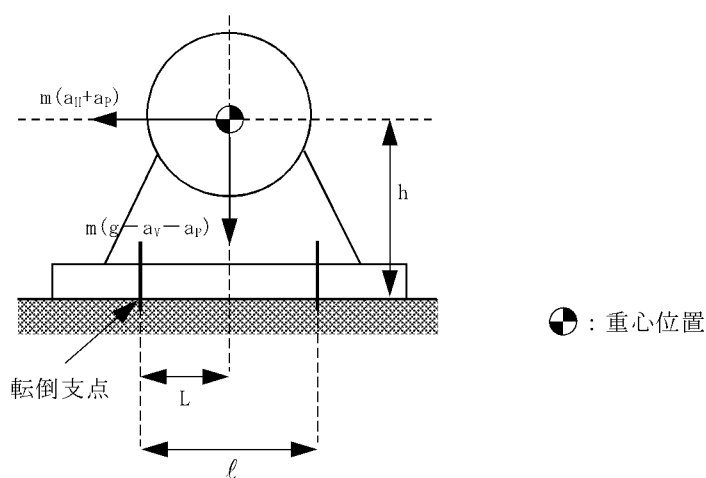
$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

ハ. せん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$

第4-1表 応力評価に使用する記号

記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの軸断面積
a_H	m/s^2	設計用水平加速度
a_P	m/s^2	回転体振動による加速度
a_V	m/s^2	設計用鉛直加速度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心と取付ボルト間の水平方向距離
ℓ	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
m	kg	機器の運転時質量
M_P	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力



第4-2図 直接支持構造物の計算モデル例

b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の応力評価は、「a. 直接支持構造物 (a) 車両型設備の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601・補-1984に規定されてい

るポンプ等の取付ボルト、基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両応答の不確かさを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された車両頂部の加速度を1.2倍した上で設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、応力評価を行う。

計算モデル例を第4-3図に示し、応力評価に使用する記号を第4-2表に示す。

第4-2表 応力評価に使用する記号

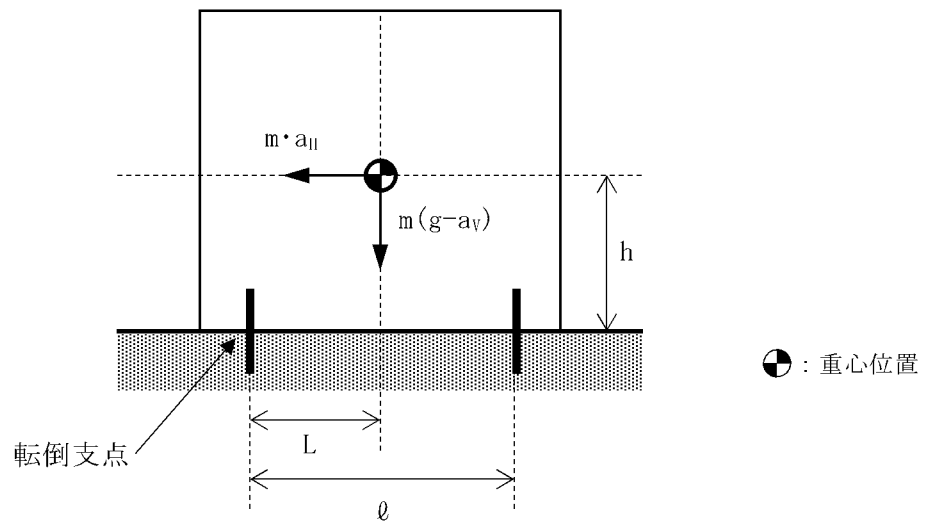
記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの軸断面積
a_H	m/s^2	設計用水平加速度
a_V	m/s^2	設計用鉛直加速度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心と取付ボルト間の水平方向距離
ℓ	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
m	kg	機器の運転時質量
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力

(a) 引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

(b) せん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$



第4-3図 間接支持構造物の計算モデル例

(3) 転倒評価

車両型設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1 (1) b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。転倒評価は、当該設備設置地表面での最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度（以下「機能確認済加速度」という。）以下であることにより確認する。

(4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1 (1) b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持されていることを確認する。加振試験については、JEAG4601-1991に基づき実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大加速度が、地震力に伴う浮き上がりを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両としての自走又は牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大加速度が、地震力に伴う浮き上がりを考慮しても、加振試験により、発電機の給電機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

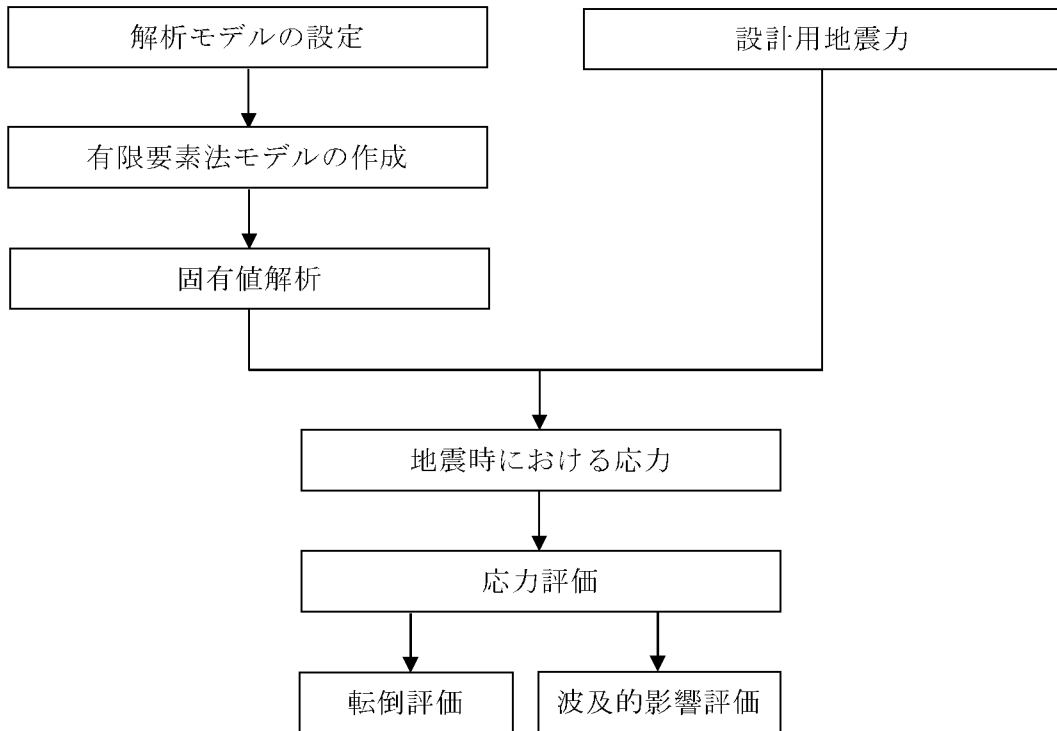
(5) 波及的影響評価

車両型設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1 (1) b. 入力地震動」に示すランダム波で加振試験を行い、加振試験にて確認した車両の最大変位量が、他の可搬型重大事故等対処設備との離隔距離の範囲内であることにより確認する。

4.2 ポンベ設備

ポンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、応力評価、転倒評価及び波及的影響評価を実施する。

ポンベ設備の評価フローを第4-4図に示す。



第4-4図 ポンベ設備の評価フロー

(1) 地震応答解析及び応力評価

a. 基本方針

ポンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、地震応答解析により算出する固有振動数及び、地震による荷重を用いて主要な構造部材が必要な構造強度を有することを応力評価にて確認することから、以下のとおり、地震応答解析を実施する。

ポンベ設備の地震応答解析は、以下の「b. 地震応答解析」に示す解析方法に従い、「c. 入力地震動」に示す入力地震動及び「d. 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用い、「e. 応力評価」に示す応力計算方法に従って実施する。

b. 地震応答解析

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準や実験等の結果に基づき設定する。

(a) 解析方法及び解析モデル

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち、解析により固有値等の評価を行う設備は、当該設備を3次元FEMにてモデル化し、固有振動数及び評価対象部位に発生する荷重を算出する。解析の概要を以下に示す。

- イ. ボンベ架台を構成する鋼材を他プラントにて実績のあるはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上の場合には最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床応答加速度の1.2倍も用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- ロ. 解析コードは、MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 0を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- ハ. 拘束条件として、ボンベ架台は、基礎ボルトによりX, Y, Zの3方向を固定として設定する。なお、基礎ボルトでは回転を拘束できないので、それを適切に評価できるように基礎ボルトと架台の設置点をピン固定とする。
- ニ. 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、付録材料図表Part5で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。
- ホ. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- ヘ. ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベ架台に収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有しかつコンパクトであることから、はるかに剛性が高いものであるため、解析上、剛構造として取り扱う。
- ト. ヘッダーマニホールド及び減圧弁等の付属構成部品は、ボンベ及びボンベ架台と一体となって振動するようボルト固定する等の設計上の配慮がなされているため、固定された拘束部位からは大きな荷重を受けることなく、有意な応力は生じない。

チ. 各ポンベからヘッダーマニホールドへの接続管は、接続を容易にするためフレキシブルチューブを使用しており、地震時にはポンベとヘッダー管の相対変位は微小であるため、地震時の変位を十分吸収できるものである。

c. 入力地震動

地震応答解析における入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

d. 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に記載されている減衰定数を用いる。

ポンベ設備の減衰定数は、溶接構造物を準用し水平及び鉛直ともに1.0%とする。

e. 応力評価

可搬型重大事故等対処設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、地震応答解析により求める荷重から算出した発生応力が、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認する。

応力評価に使用する記号を第4-3表に示す。

第4-3表 応力評価に使用する記号

記号	単位	定義
σ_a	MPa	はり要素の軸応力
σ_b	MPa	はり要素の曲げ応力
τ	MPa	はり要素のせん断応力
F_{bt}	N	基礎ボルトの引張力
F_{bs}	N	基礎ボルトのせん断力
A_b	mm ²	基礎ボルトの断面積

(a) 応力計算

FEM解析（スペクトルモーダル解析）を実施し、得られる荷重及び応力を用いて、架台（はり要素）及び基礎ボルトの応力計算を行う。

イ. 架台（はり要素）の応力計算

架台のうち、はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$$

ロ. 基礎ボルトの応力計算

ボルトの応力を以下のとおり計算する。

引張応力及び組合せ応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_{bt}}{A_b}$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{bs}}{A_b}$$

(2) 転倒評価

基準地震動Ssによる地震力に対し、転倒しないことを、「(1) 地震応答解析及び応力評価」により、評価対象部位が健全であることにより確認する。

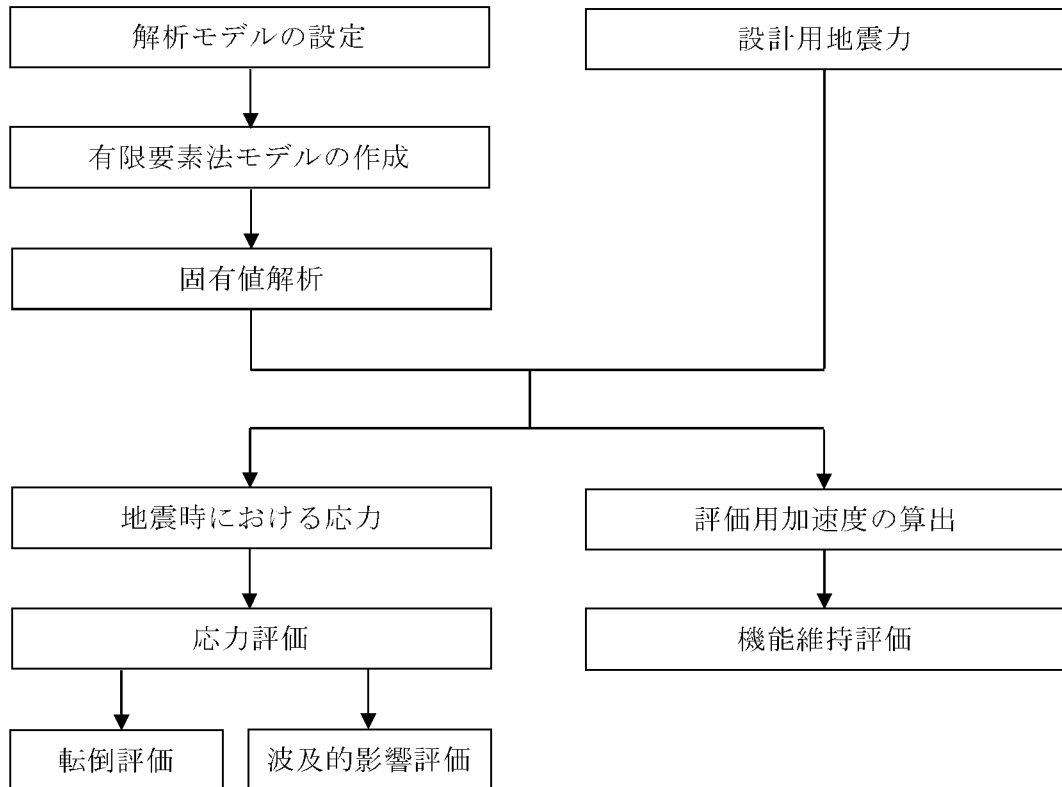
(3) 波及的影響評価

基準地震動Ssによる地震力に対し、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「(1) 地震応答解析及び応力評価」により、評価対象部位が健全であることにより確認する。

4.3 可搬型空気浄化設備

可搬型空気浄化設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、応力評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の評価フローを第4-5図に示す。



第4-5図 可搬型空気浄化設備の評価フロー

(1) 固有値解析

可搬型空気浄化設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、固有値解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて主要な構造部材が必要な構造強度を有することを応力評価にて確認することから、以下のとおり、固有値解析を実施する。

a. 解析方法及び解析モデル

- (a) 固有振動数を求めるため、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所非常用空気浄化ファンをはり要素及びシェル要素によりモデル化し、3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。

- (b) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008r1」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (c) 拘束条件として、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット、緊急時対策所非常用空気浄化ファンは床面とターンバックルを介して固縛装置で固定することにより、設置面でX、Y、Zの3方向の固定として設定する。
- (d) 総重量は、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットが約 4,000kg、緊急時対策所非常用空気浄化ファンが約 2,800kg（ファンケーシング含む）とする。
- (e) 地震応答解析に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (f) 解析モデルの地震応答解析により、固有振動数を計算する。

(2) 応力評価

可搬型空気浄化設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを、機械工学便覧を引用した以下の評価式により確認する。

転倒評価及び応力評価に用いる設計用地震力は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。その際に用いる減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に設定している、JEAG4601に記載されている減衰定数を用いることとし、具体的には、水平及び鉛直ともに1.0%とする。

なお、地震応答解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認した場合は、設計用加速度は当該設備の保管場所における床面の最大加速度の1.2倍を使用する。

a. 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの固縛装置

(a) 固縛装置固定金具（機器側）

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及びフィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-6図及び第4-7図に、記号の説明を第4-4表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ せん断応力

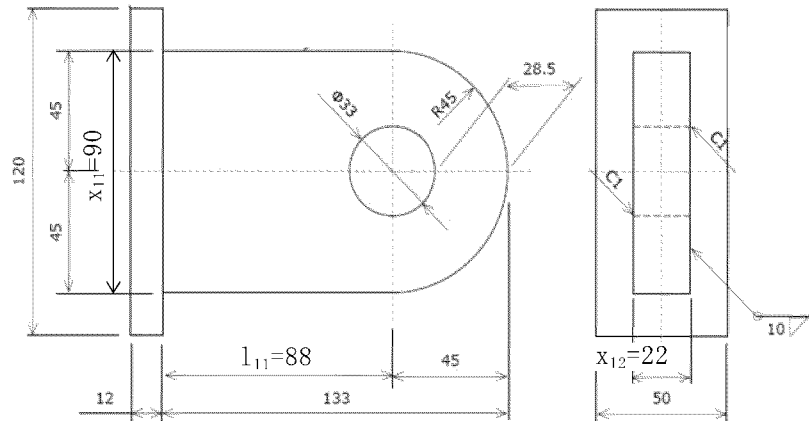
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{11} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S11} より

$$\tau_{11} = \frac{T}{A_{S11}}$$

ロ 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{11} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{11} より

$$\sigma_{11} = \frac{T}{A_{11}}$$



第4-6図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ せん断応力

フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{12} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{12} = \frac{T}{As_{12}}$$

ロ 引張応力

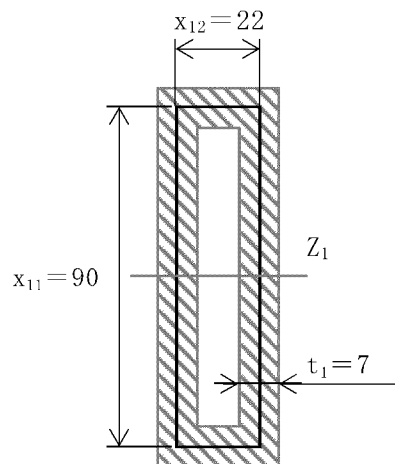
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{12} 及び曲げ応力 σ_{13} は、以下のとおり算出される。

$$\sigma_{12} = \frac{T}{A_{12}}$$

$$\sigma_{13} = \frac{T \cdot l_{11}}{Z_1}$$

フィルタユニットの固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_1 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_1 = \frac{(x_{11}+t_1)^3 \times (x_{12}+t_1) - (x_{11}-t_1)^3 \times (x_{12}-t_1)}{6 \times (x_{11}+t_1)}$$



第 4-7 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{12} + \sigma_{13})^2 + \tau_{12}^2}$$

第4-4表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_h	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{11}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
A_{S11}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積 ($A_{S11}=A_{11}$)
A_{12}	mm^2	フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
A_{S12}	mm^2	フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部の最小せん断面積 ($A_{S12}=A_{12}$)
σ_{11}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{12}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる引張応力
σ_{13}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{11}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{12}	MPa	フィルタユニットと固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{11}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
x_{12}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
l_{11}	mm	溶接面から固縛装置固定金具中心までの距離
t_1	mm	溶接部のど厚
Z_1	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(b) 固縛装置固定金具（基礎コンクリート側）

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及び埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-8図及び第4-9図に、記号の説明を第4-5表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ せん断応力

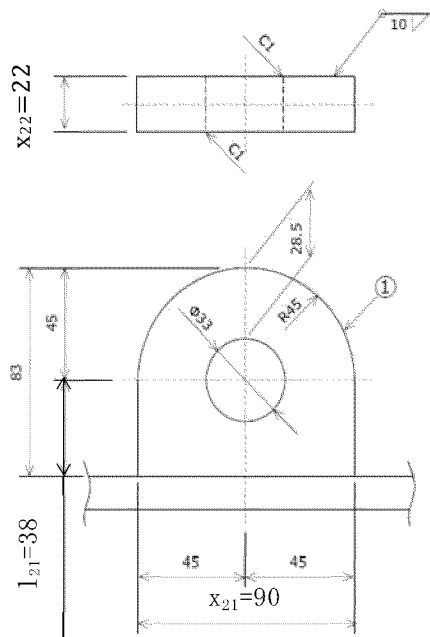
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{21} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S21} より

$$\tau_{21} = \frac{T}{A_{S21}}$$

ロ 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{21} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{21} より

$$\sigma_{21} = \frac{T}{A_{21}}$$



第4-8図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ せん断応力

埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{22} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{22} = \frac{T}{As_{22}}$$

ロ 引張応力

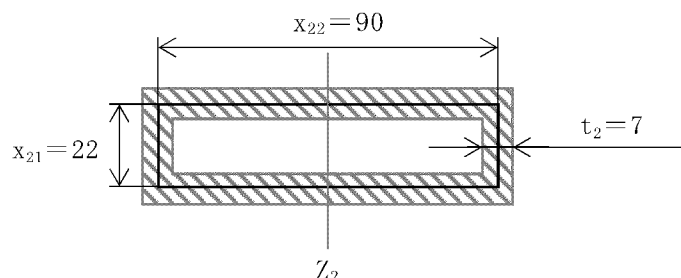
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{22} 及び曲げ応力 σ_{23} は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{22} = \frac{T}{A_{22}}$$

$$\sigma_{23} = \frac{T \cdot l_{21}}{Z_2}$$

フィルタユニットの固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_2 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_2 = \frac{((x_{22}+t_2)^3 \times (x_{21}+t_2)) - ((x_{22}-t_2)^3 \times (x_{21}-t_2))}{6 \times (x_{22}+t_2)}$$



第 4-9 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{22} + \sigma_{23})^2 + \tau_{22}^2}$$

第4-5表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s ²	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s ²	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s ²	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{21}	mm ²	固縛装置固定金具の最小断面積
A_{S21}	mm ²	固縛装置固定金具の最小せん断面積 ($A_{S21}=A_{21}$)
A_{22}	mm ²	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
A_{S22}	mm ²	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部のせん断面積 ($A_{S22}=A_{22}$)
σ_{21}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{22}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働く引張応力
σ_{23}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{21}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{22}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{21}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
x_{22}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
l_{21}	mm	溶接面から張力の作用する力点までの距離
t_2	mm	溶接部のど厚
Z_2	mm ³	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(c) ターンバックル

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く荷重を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-10図に、記号の説明を第4-6表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

イ せん断応力（接続部）

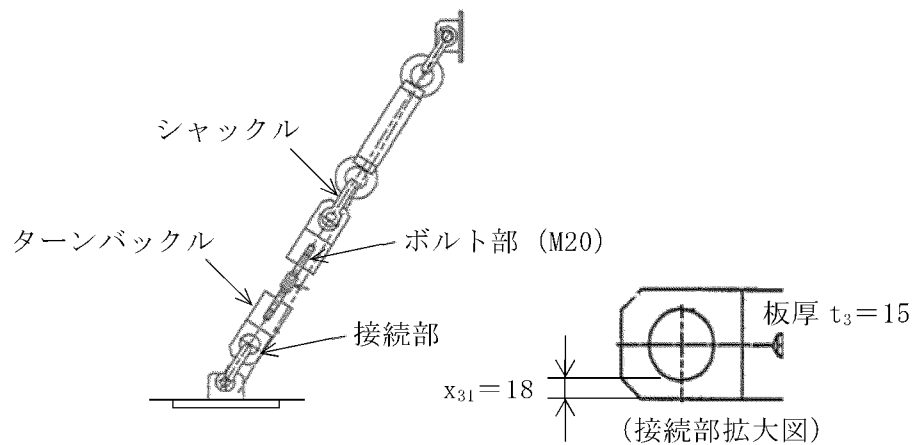
ターンバックルに働くせん断応力 τ_{31} は、ターンバックル接続部の最小せん断面積 A_{S31} より

$$\tau_{31} = \frac{T}{A_{S31}}$$

ロ 引張応力（ボルト部）

ターンバックルに働く引張応力 σ_{31} は、ターンバックルボルト部の最小断面積 A_{31} より

$$\sigma_{31} = \frac{T}{A_{31}}$$



第4-10図 ターンバックル及びシャックル図

第4-6表 構造強度評価のうちターンバックルの記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{31}	mm^2	ターンバックルの最小断面積 (ボルト部)
A_{s31}	mm^2	ターンバックルの最小せん断面積 (接続部)
σ_{31}	MPa	ターンバックルに働く引張応力 (ボルト部)
τ_{31}	MPa	ターンバックルに働くせん断応力 (接続部)
d	mm	ターンバックルボルト部の呼び径 (M20)
x_{31}	mm	ターンバックル接続部の幅 (最小値)
t_3	mm	ターンバックル接続部の厚さ

(d) シャックル

シャックル（SP-28）は荷重試験結果から破断荷重は500^{*} [kN] であり、シャックル（材質：SUS304、周囲温度：50℃）の許容荷重 A_L [N] は以下のとおり算出され、ターンバックルにかかる張力より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

$$\text{許容荷重} : A_L = \frac{0.6 \times T_L \times 0.9 \times S_{yd}}{S_{yt}}$$

※SP-28の荷重試験結果から当荷重試験機の最大可能荷重500 [kN] に達しても破断が生じなかった為、破断荷重は保守的評価として500 [kN] とする。

計算モデルを第4-10図に、記号の説明を第4-7表に示す。

第4-7表 構造強度評価のうちシャックルの説明

記号	単位	定義
T_L	N	SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重
S_{yd}	MPa	最高使用温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値
S_{yt}	MPa	試験温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値

b. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの固縛装置（ファンケーシング）

(a) 固縛装置固定金具（機器側）

地震時にファンに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及びファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-11図及び第4-12図に、記号の説明を第4-8表に示す。

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \qquad a_p = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2}\right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ せん断応力

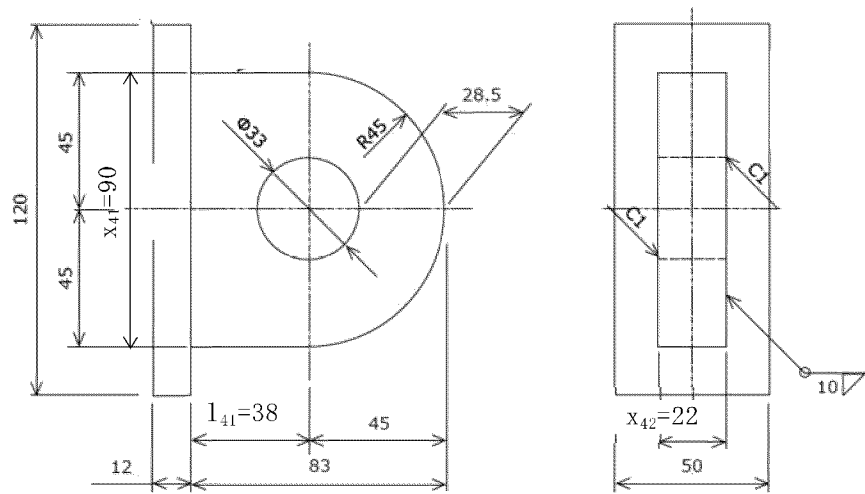
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{41} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S41} より

$$\tau_{41} = \frac{T}{A_{S41}}$$

ロ 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{41} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{41} より

$$\sigma_{41} = \frac{T}{A_{41}}$$



第4-11図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ せん断応力

ファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{42} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{42} = \frac{T}{As_{42}}$$

ロ 引張応力

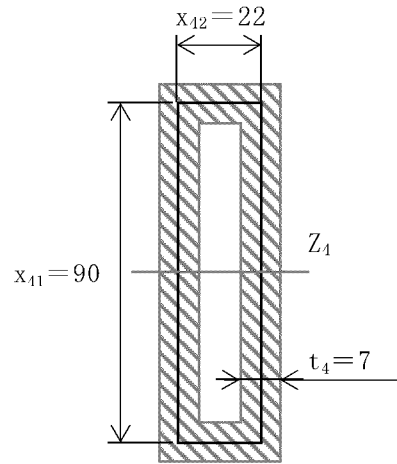
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{42} 及び曲げ応力 σ_{43} は、以下のとおり算出される。

$$\sigma_{42} = \frac{T}{A_{42}}$$

$$\sigma_{43} = \frac{T \cdot l_{41}}{Z_4}$$

ファン（ケーシング）の固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_4 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_4 = \frac{((x_{41}+t_4)^3 \times (x_{42}+t_4)) - ((x_{41}-t_4)^3 \times (x_{42}-t_4))}{6 \times (x_{41}+t_4)}$$



第 4-12 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{42} + \sigma_{43})^2 + \tau_{42}^2}$$

第4-8表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン（ケーシング）の質量
H	mm	ファン（ケーシング）単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
R	min^{-1}	ファン回転速度／原動機回転速度
v	mm/s	振動速度（許容値）
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{41}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
A_{S41}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積 ($A_{S41}=A_{41}$)
A_{42}	mm^2	ファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
A_{S42}	mm^2	ファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部の最小せん断面積 ($A_{S42}=A_{42}$)
σ_{41}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{42}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる引張応力
σ_{43}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{41}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{42}	MPa	ファン（ケーシング）と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{41}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
x_{42}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
l_{41}	mm	溶接面から固縛装置固定金具中心までの距離
t_4	mm	溶接部のど厚
Z_4	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(b) 固縛装置固定金具（基礎コンクリート側）

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及び埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-13図及び第4-14図に、記号の説明を第4-9表に示す。

地震時にファンに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \quad a_p = \left(2 \pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2}\right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V - g + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ せん断応力

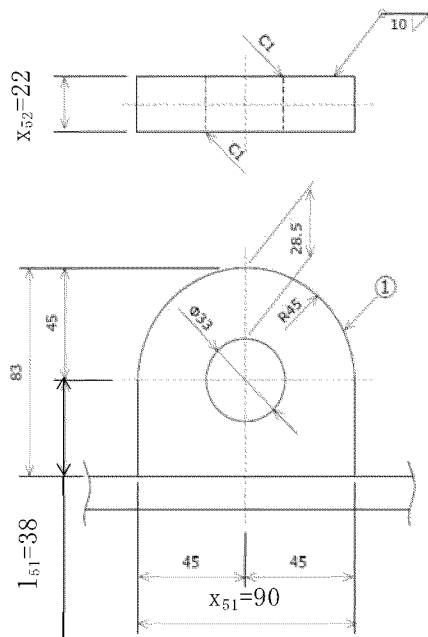
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{51} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S51} より

$$\tau_{51} = \frac{T}{A_{S51}}$$

ロ 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{51} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{51} より

$$\sigma_{51} = \frac{T}{A_{51}}$$



第4-13図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ せん断応力

埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{52} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{52} = \frac{T}{As_{52}}$$

ロ 引張応力

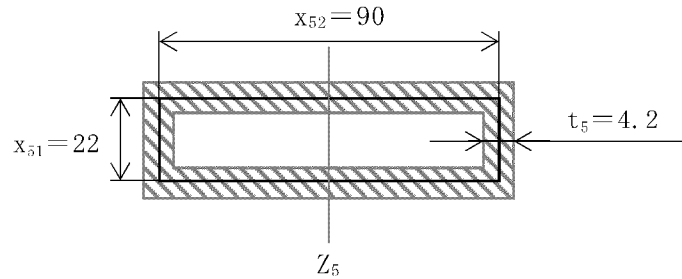
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{52} 及び曲げ応力 σ_{53} は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{52} = \frac{T}{A_{52}}$$

$$\sigma_{53} = \frac{T \cdot l_{51}}{Z_5}$$

ファン（ケーシング）の固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_5 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_5 = \frac{((x_{52}+t_5)^3 \times (x_{51}+t_5)) - ((x_{52}-t_5)^3 \times (x_{51}-t_5))}{6 \times (x_{52}+t_5)}$$



第 4-14 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{52} + \sigma_{53})^2 + \tau_{52}^2}$$

第4-9表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン（ケーシング）の質量
H	mm	ファン（ケーシング）の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{51}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
A_{S51}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積 ($A_{S51}=A_{51}$)
A_{52}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
A_{S52}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部のせん断面積 ($A_{S52}=A_{52}$)
σ_{51}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{52}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働く引張応力
σ_{53}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{51}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{52}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{51}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
x_{52}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
l_{51}	mm	溶接面から張力の作用する力点までの距離
t_5	mm	溶接部のど厚
Z_5	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(c) ターンバックル

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く荷重を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-15図に、記号の説明を第4-10表に示す。

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \qquad a_p = \left(2 \pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2}\right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V - g + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

イ せん断応力（接続部）

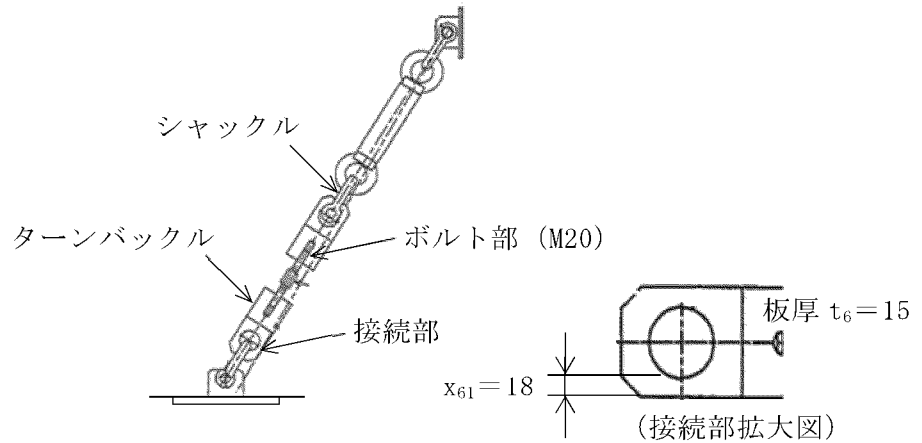
ターンバックルに働くせん断応力 τ_{61} は、ターンバックル接続部の最小せん断面積 A_{S61} より

$$\tau_{61} = \frac{T}{A_{S61}}$$

ロ 引張応力（ボルト部）

ターンバックルに働く引張応力 σ_{61} は、ターンバックルボルト部の最小断面積 A_{61} より

$$\sigma_{61} = \frac{T}{A_{61}}$$



第 4-15 図 ターンバックル及びシャックル図

第 4-10 表 構造強度評価のうちターンバックル及び接続ボルトの記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン（ケーシング）の質量
H	mm	ファン（ケーシング）の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{61}	mm^2	ターンバックルの最小断面積（ボルト部）
A_{S61}	mm^2	ターンバックルの最小せん断面積（接続部）
σ_{61}	MPa	ターンバックルに働く引張応力（ボルト部）
τ_{61}	MPa	ターンバックルに働くせん断応力（接続部）
d	mm	ターンバックルボルト部の呼び径（M20）
x_{61}	mm	ターンバックル接続部の幅（最小値）
t_6	mm	ターンバックル接続部の厚さ

(d) シャックル

シャックル（SP-28）は荷重試験結果から破断荷重は500^{*} [kN] であり、シャックル（材質：SUS304、周囲温度：50℃）の許容荷重 A_L [N] は以下のとおり算出され、ターンバックルにかかる張力より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

$$\text{許容荷重} : A_L = \frac{0.6 \times T_L \times 0.9 \times S_{yd}}{S_{yt}}$$

※SP-28の荷重試験結果から当荷重試験機の最大可能荷重500 [kN] に達しても破断が生じなかった為、破断荷重は保守的評価として500 [kN] とする。

計算モデルを第4-15図に、記号の説明を第4-11表に示す。

第4-11表 構造強度評価のうちシャックルの記号

記号	単位	定義
T_L	N	SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重
S_{yd}	MPa	最高使用温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値
S_{yt}	MPa	試験温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値

c. 緊急時対策所非常用空気浄化ファン本体

(a) 送風機取付ボルト

計算モデルを第4-16図に、記号の説明を第4-12表に示す。

イ. 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、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。

発生する引張応力は、モーメントの釣合いにより次式となる。

①軸方向

$$\sigma_{bc} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

②軸直角方向

$$\sigma_{bl} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L'}{N \cdot A_b \cdot \ell'}$$

送風機取付ボルトの引張応力 σ_{bt} の最大値は

$$\sigma_{bt} = \text{Max} (\sigma_{bc}, \sigma_{bl})$$

ロ. せん断応力

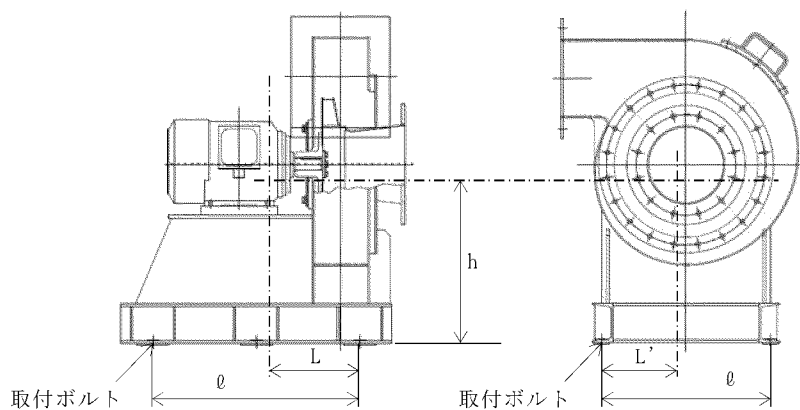
ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_h + a_p)}{n \cdot A_b}$$

ハ. 組合せ応力

取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min (1.4 \cdot 1.5ft - 1.6\tau_{bt}, 1.5ft)$$



第4-16図 ファン支持構造図

第4-12表 構造強度評価のうち送風機取付ボルトの記号

記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの断面積
a_h	m/s^2	評価用水平加速度
a_v	m/s^2	評価用鉛直加速度
a_p	m/s^2	回転体振動による加速度
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
M_p	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ファン回転によりかかるモーメント
m	kg	機器の質量
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心とボルト間の水平方向距離 (軸方向)
L'	mm	重心とボルト間の水平方向距離 (軸直角方向)
l	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離 (軸方向)
l'	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bc}	MPa	取付ボルトの最大引張応力 (軸方向)
σ_{bl}	MPa	取付ボルトの最大引張応力 (軸直角方向)
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133(1)により規定される値

(b) 原動機取付ボルト

計算モデルを第4-17図に、記号の説明を第4-13表に示す。

イ. 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、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。

発生する引張応力は、モーメントの釣合いにより次式となる。

①軸方向

$$\sigma_{bc} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

②軸直角方向

$$\sigma_{bl} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_p - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L'}{N \cdot A_b \cdot \ell'}$$

原動機取付ボルトの引張応力 σ_{bt} の最大値は

$$\sigma_{bt} = \text{Max} (\sigma_{bc}, \sigma_{bl})$$

ロ. せん断応力

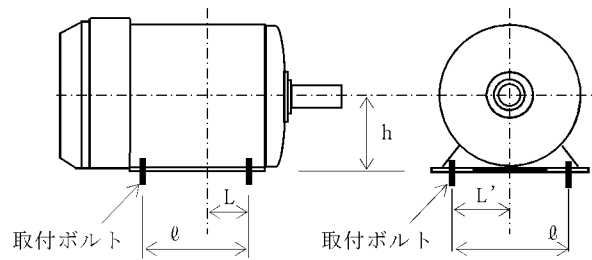
ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_h + a_p)}{n \cdot A_b}$$

ハ. 組合せ応力

取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min (1.4 \cdot 1.5ft - 1.6\tau_{bt}, 1.5ft)$$



第4-17図 原動機支持構造図

第4-13表 構造強度評価のうち原動機取付ボルトの記号

記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの断面積
a_h	m/s^2	評価用水平加速度
a_v	m/s^2	評価用鉛直加速度
a_r	m/s^2	回転体振動による加速度
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
M_p	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ファン回転によりかかるモーメント
m	kg	機器の質量
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心とボルト間の水平方向距離 (軸方向)
L'	mm	重心とボルト間の水平方向距離 (軸直角方向)
ℓ	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離 (軸方向)
ℓ'	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離 (軸直角方向)
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bc}	MPa	取付ボルトの最大引張応力 (軸方向)
σ_{bl}	MPa	取付ボルトの最大引張応力 (軸直角方向)
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133(1)により規定される値

(3) 機能維持評価

基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的機能を保持できることを、当該設備設置床面での最大加速度が、JEAG4601-1991 又は試験により確認した機能確認済加速度以下であることにより確認する。

基準地震動 S_s による地震力、当該設備設置床面での最大加速度が、地震力に伴う浮き上がりを考慮しても、加振試験により送風機能、駆動機能等の動的及び電氣的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

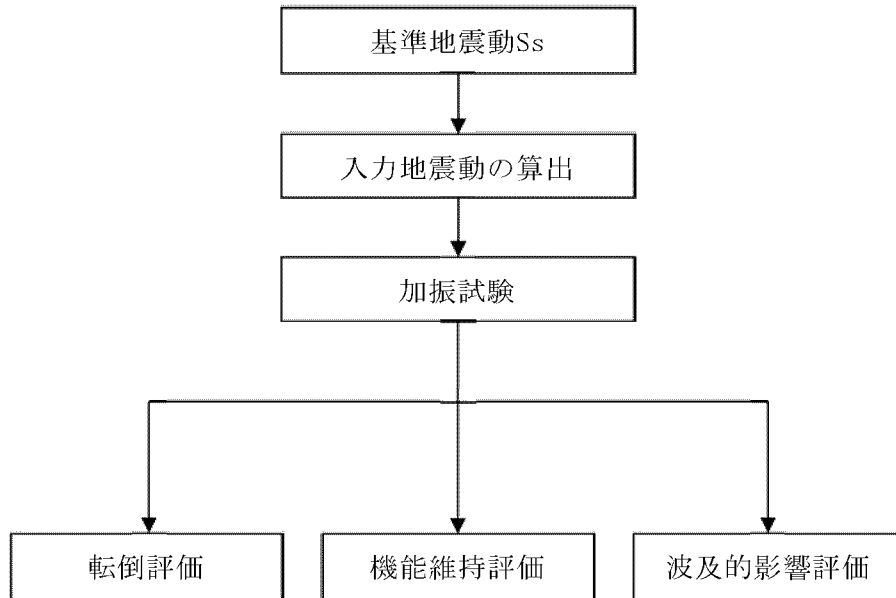
(4) 波及的影響評価

基準地震動 S_s による地震力に対し、ほかの設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「4.3 (2) 応力評価」に示す方法で、固縛装置が健全であることにより、確認する。

4.4 その他設備

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

その他設備の評価の概要フロー図を第4-18図に示す。



第4-18図 その他設備の評価フロー

(1) 加振試験

a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、支持機能、動的及び電氣的機能維持並びに他の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下のとおり、加振試験を実施する。

その他設備を実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「c. 試験方法」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

c. 試験方法

イ. ランダム波加振試験による評価

実際の設置状態を模擬した状態で試験台に設置し、「b. 入力地震動」を基に算定した時刻歴応答加速度を入力地震動として加振試験を行う。

なお、壁に固定及び拘束している機器は、模擬壁を加振台に設置し、模擬壁に固定及び拘束し、加振試験を行う。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて各対象機器のすべての保管場所における設置床の最大加速度を上回るように設定する。

- ・加振波：対象機器保管場所の設置床における地震動（Ss-1～19）を包絡する時刻歴応答加速度
- ・加振方向：水平（前後）＋鉛直、水平（左右）＋鉛直

(2) 転倒評価

その他設備の転倒評価は、保管場所における設置床の最大加速度又は評価用加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(3) 機能維持評価

その他設備の機能維持評価は、保管場所における設置床の最大加速度又は評価用加速度が、加振試験により計測、通信連絡等の機能を維持できることを確認した加振台の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(4) 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価は、保管場所における設置床の最大加速度又は評価用加速度が、加振試験により床及び壁に固定する固縛装置が健全であることを確認した加振台の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平2方向及び鉛直方向を組合せたものに対する可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添2-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））」＜第I編軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME S NC1」という。）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（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 JEAG4601・補-1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（社）日本電気協会
- ・「機械工学便覧 基礎編」（社）日本機械学会（1987）

可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-2-1
2. 可搬型重大事故等対処設備保管エリアの入力地震動	03-別添2-2-3
2.1 入力地震動の算定方針	03-別添2-2-3
2.2 保管エリアの入力地震動	03-別添2-2-4
2.2.1 入力地震動の算定	03-別添2-2-4
2.2.2 入力地震動の算定結果	03-別添2-2-7

1. 概要

本資料は、別添 2-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備保管エリア等に保管する可搬型重大事故等対処設備について、その地震応答解析等に際して必要となる入力地震動を求めるために行う、基準地震動 S_s を基にした各保管エリアの地盤等の地震応答解析について説明するものである。

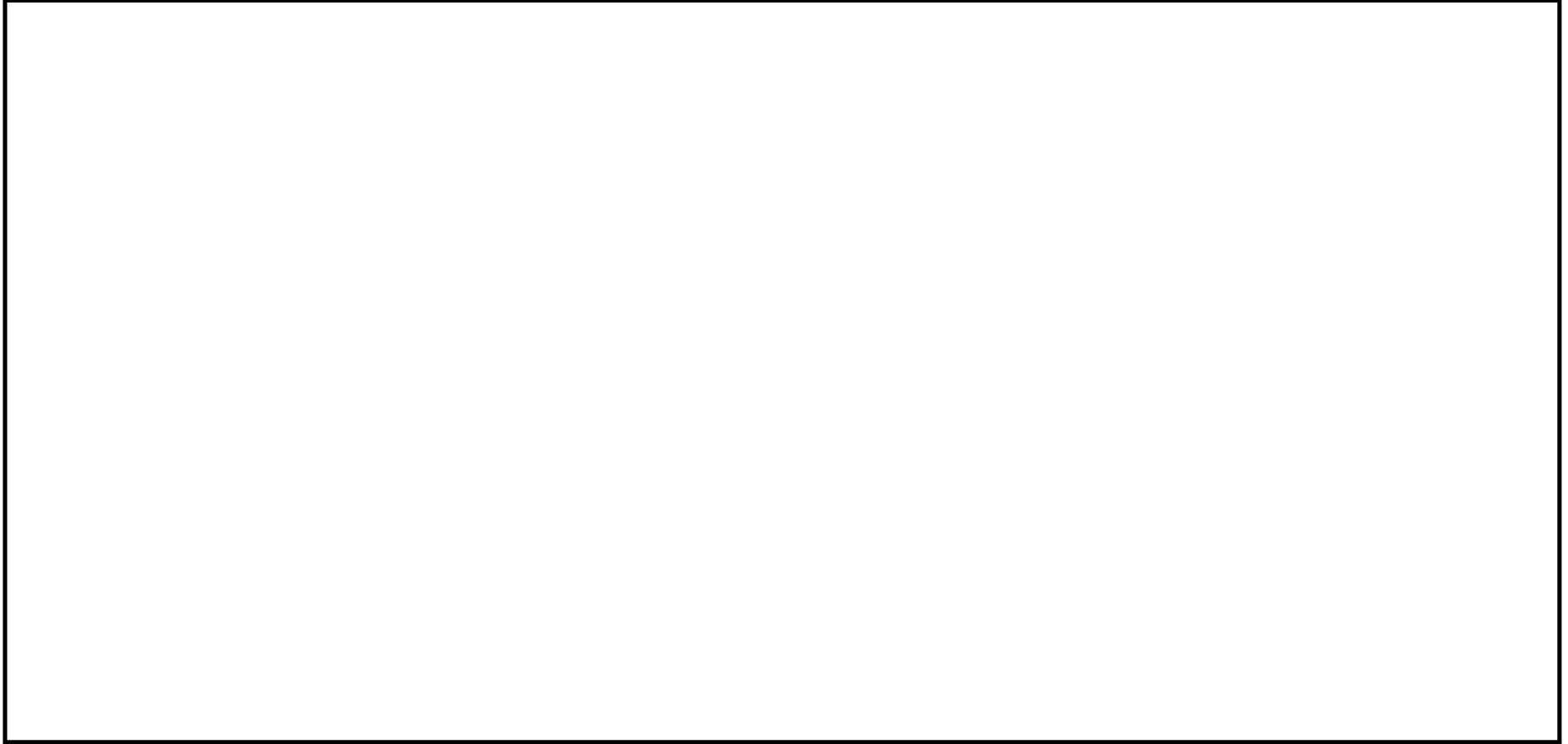
評価対象は可搬型重大事故等対処設備を保管している以下の場所とする。可搬型重大事故等対処設備保管エリアの位置図を第 1-1 図に示す。

なお、については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708254 号にて認可された工事計画の添付資料 13 別添 4-2「可搬型重大事故等対処設備等の保管エリア等における入力地震動」によるものとし、緊急時対策所建屋については、資料 10-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

本資料には、可搬型重大事故等対処設備の耐震評価に使用する加速度時刻歴及び設備への影響を検討するための入力地震動の基本的な特性を示す加速度応答スペクトルを示す。

本資料に示した各保管エリアの入力地震動を基に、別添 2-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」、別添 2-4「可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震計算書」、別添 2-5「可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震計算書」及び別添 2-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」において、各対象設備の入力地震動を設定する。





第 1-1 図 可搬型重大事故等対処設備保管エリア 位置図

2. 可搬型重大事故等対処設備保管エリアの入力地震動

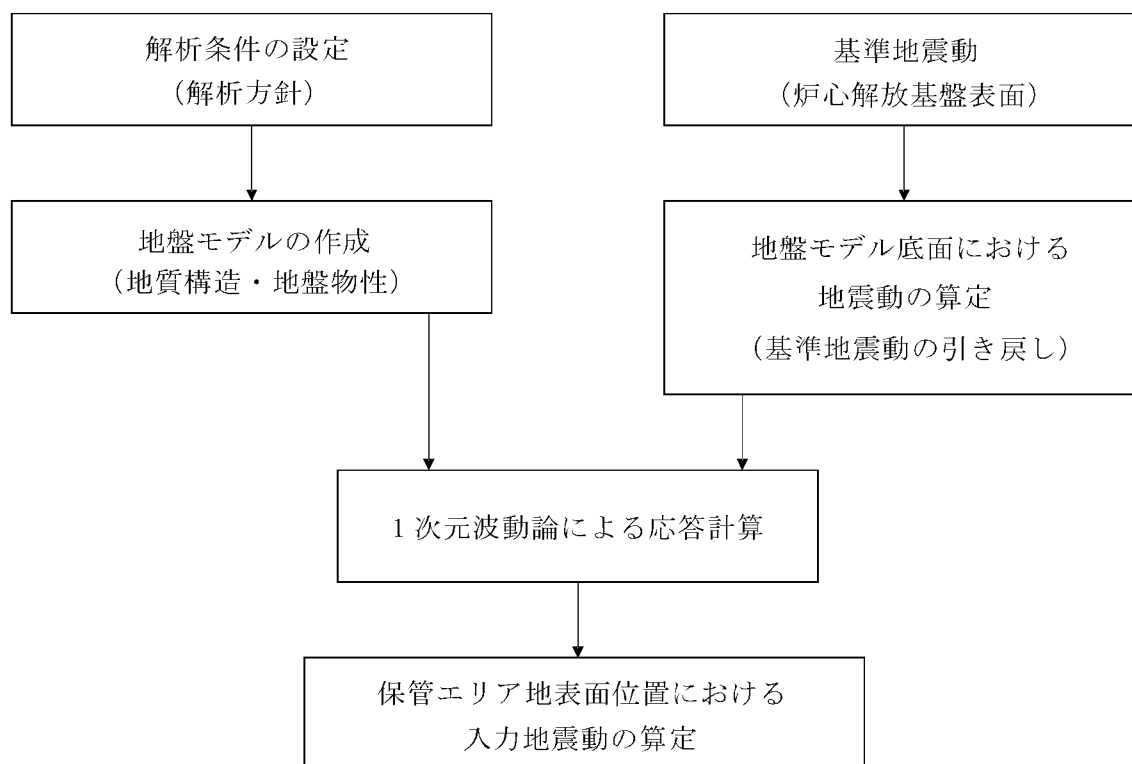
2.1 入力地震動の算定方針

入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤面で定義される基準地震動 S_s を基に、各保管エリアでの地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により評価する。

基準地震動 S_s は資料 10-2「基準地震動 S_s の概要」による。

地盤の地震応答解析は、1次元波動論により行う。解析コードは microSHAKE Ver. 2.1 又は microSHAKE/3D Ver. 2.0.1.179 を用いる。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

1次元波動論による入力地震動の評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 入力地震動の評価フロー図

2.2 保管エリアの入力地震動

2.2.1 入力地震動の算定

(1) 地盤の解析モデル

a. 解析領域

解析領域は、各保管エリアの地表面標高から原則としてE.L. -100mまでとする。

b. 境界条件

解析領域の底面には、エネルギーの逸散効果を考慮し、粘性境界を設ける。

c. 地盤のモデル化

地盤モデルの層分割は、地盤の岩盤分類及び岩級区分に基づきモデル化する。

解析用地盤モデル図を第 2-2 図に示す。

[標高]	[岩種]	[岩級]
E. L.	盛土	-
E. L.		
E. L.	閃緑岩	C _M 級
E. L.	閃緑岩	C _H 級
E. L.	閃緑岩	C _M 級
E. L.	閃緑岩	C _L 級
E. L.	閃緑岩	C _M 級
E. L.	閃緑岩	C _H 級

第 2-2 図 1次元応答解析用地盤モデル

(1/2)

[標高]	[岩種]	[岩級]
E. L.		
E. L.	MMR	-
E. L.	閃緑岩	C _M 級
	閃緑岩	C _H 級
E. L.	閃緑岩	C _M 級
E. L.	閃緑岩	C _I 級
E. L.	閃緑岩	C _M 級
	閃緑岩	C _I 級
E. L.		
E. L.	輝緑岩	C _I 級

第 2-2 図 1 次元応答解析用地盤モデル

(2/2)

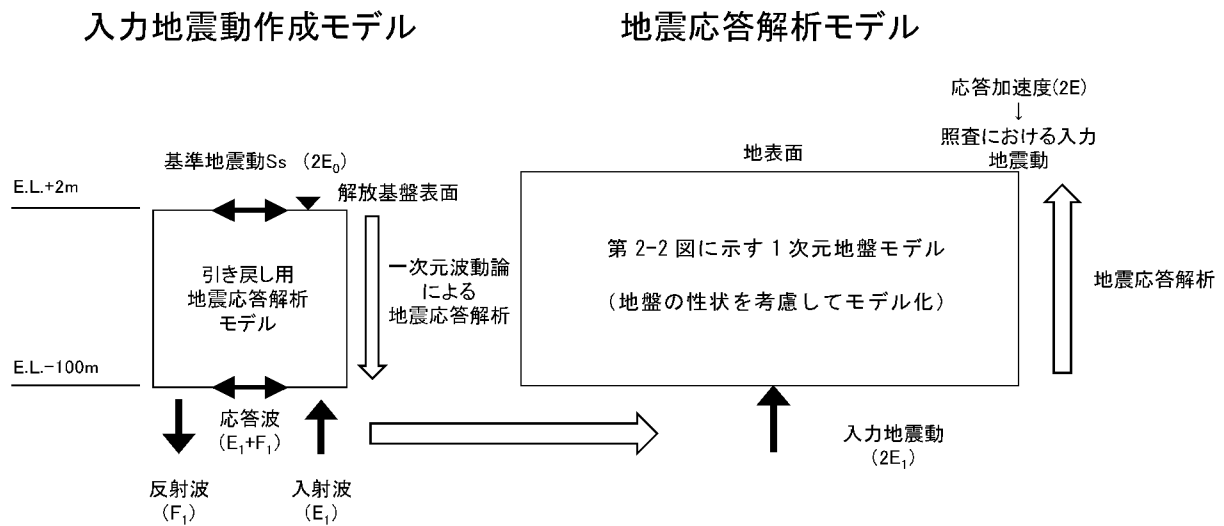
(2) 解析用物性値

地震応答解析に使用する地盤の物性値は、資料 10-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。

(3) 入力地震動の算定方法

可搬型重大事故等対処設備保管エリアにおける入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動を、1次元波動論によって基礎上面位置で評価した地震動を用いる。なお、基準地震動 S_s の引き戻しは、保管エリア直下と炉心基礎直下での地盤の性状を考慮して引き戻し標高を設定する。具体的には、対象設備基礎直下の地盤が CH 級以上の岩盤となり、概ね均質となると考えられる E.L.-100m まで地震動の引き戻しを行い、保管エリア地盤モデル底面に入力する。

入力地震動の考え方を第 2-3 図に示す。



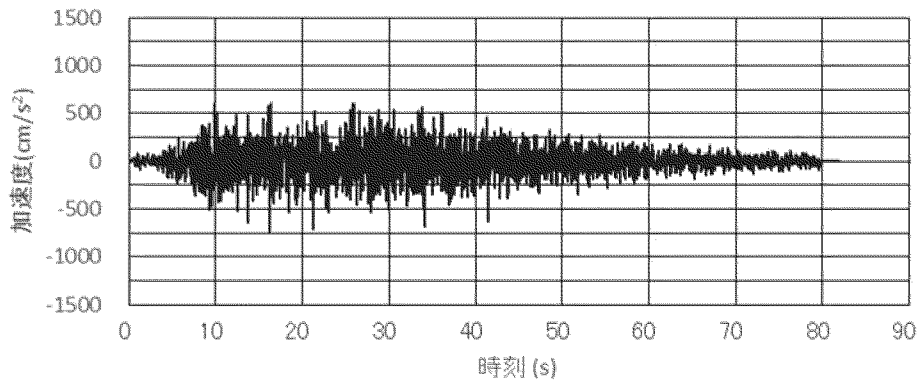
第 2-3 図 入力地震動算定の考え方

2.2.2 入力地震動の算定結果

(1)

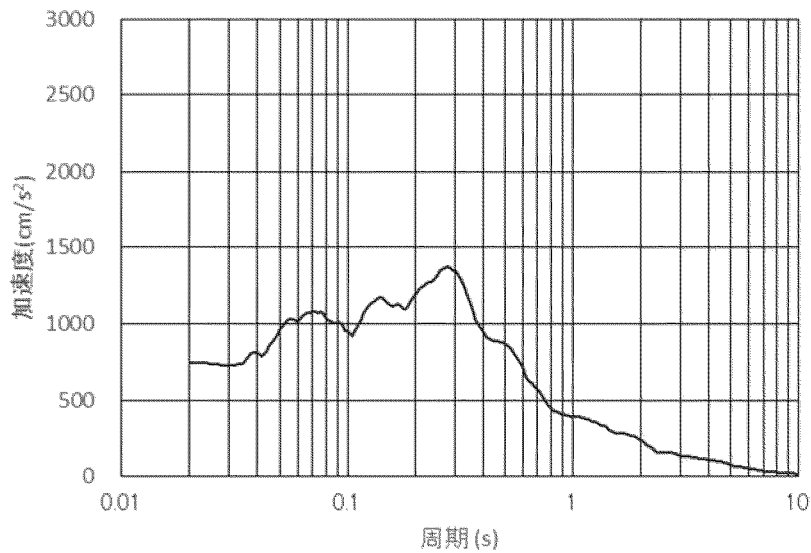
1次元波動論により算定したの地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形を第2-4図に示す。

MAX=-739.94cm/s² (16.24s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

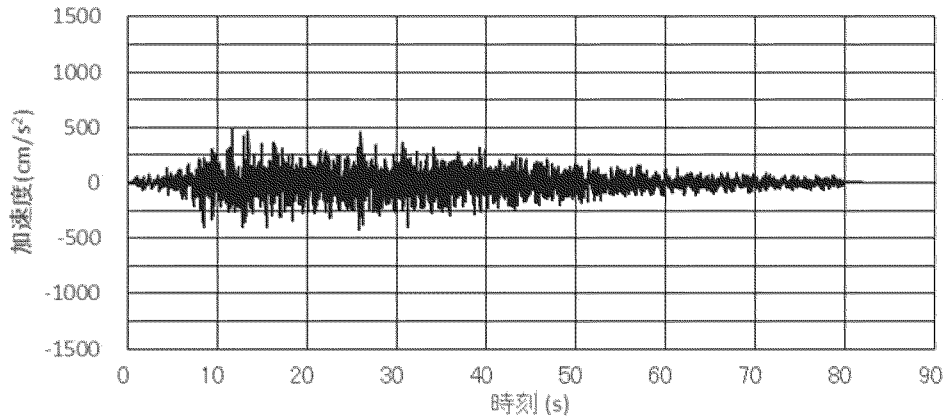


(b) 加速度応答スペクトル

第2-4図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-1_{II})

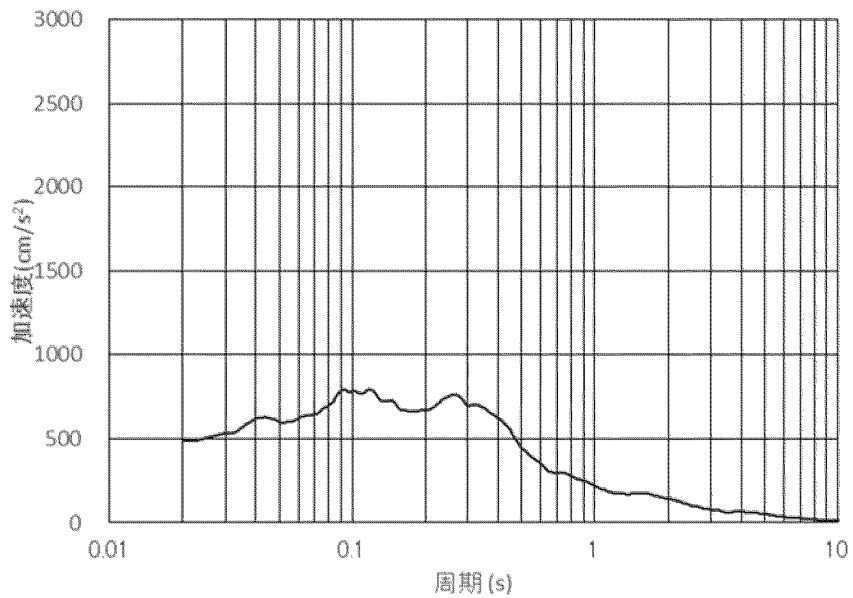
(1/55)

MAX=485.88cm/s² (11.64s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

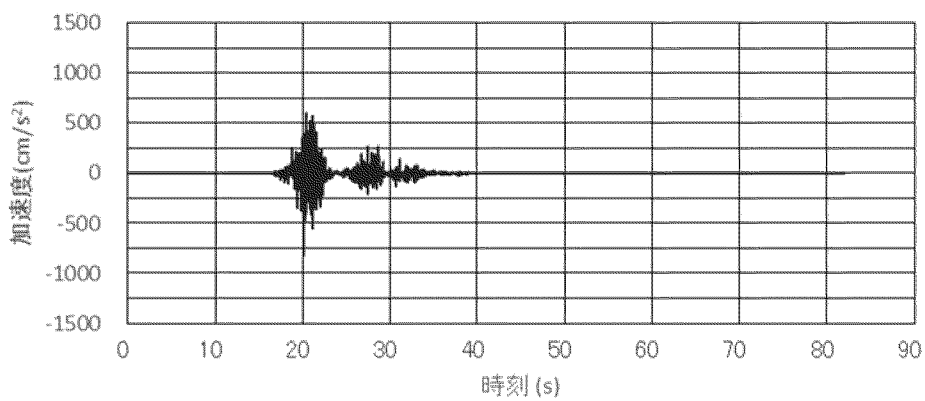


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1_v)

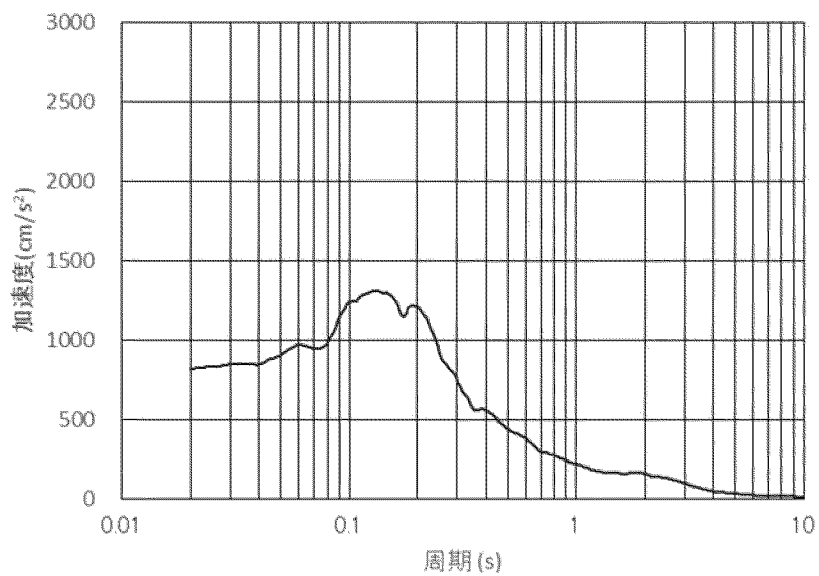
(2/55)

MAX=-819.38cm/s² (20.10s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

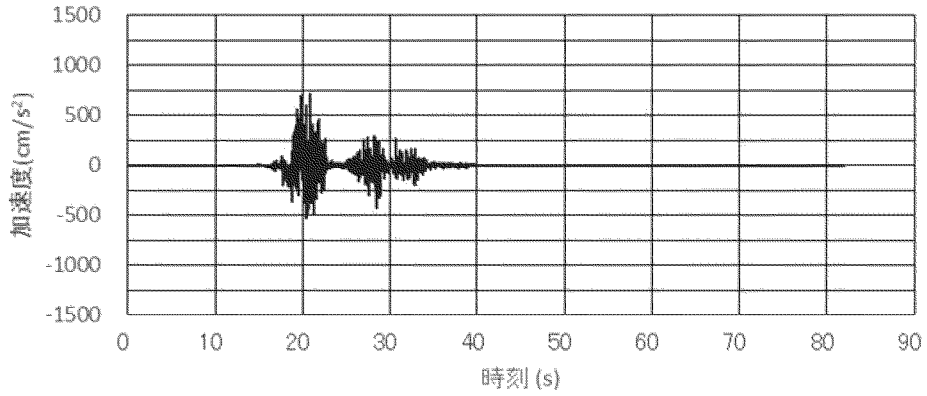


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-2_{II}(NS))

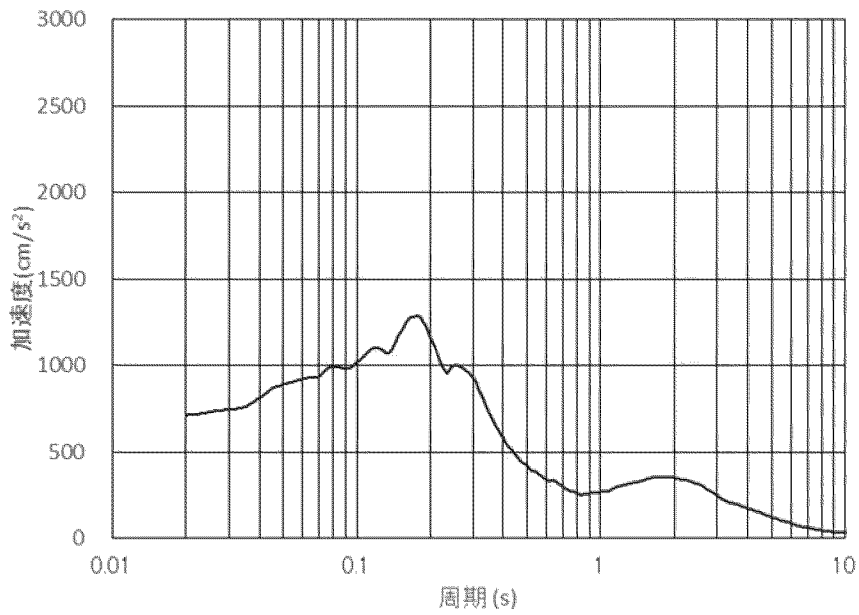
(3/55)

MAX=713.03cm/s² (20.86s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

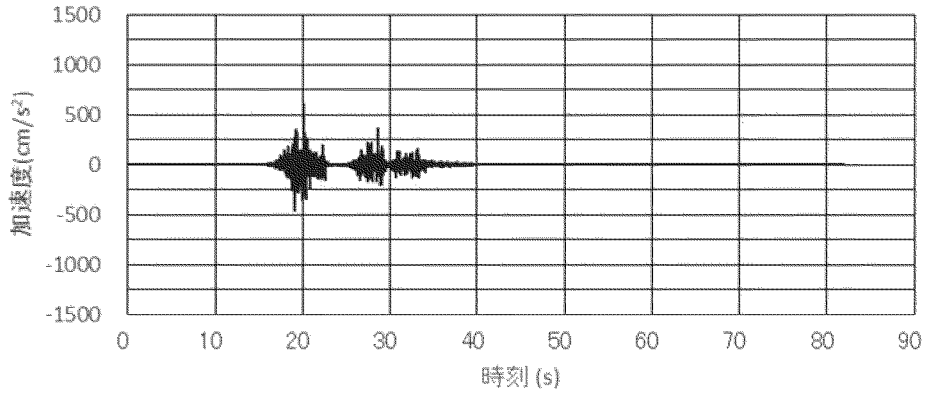


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-2_{II}(EW))

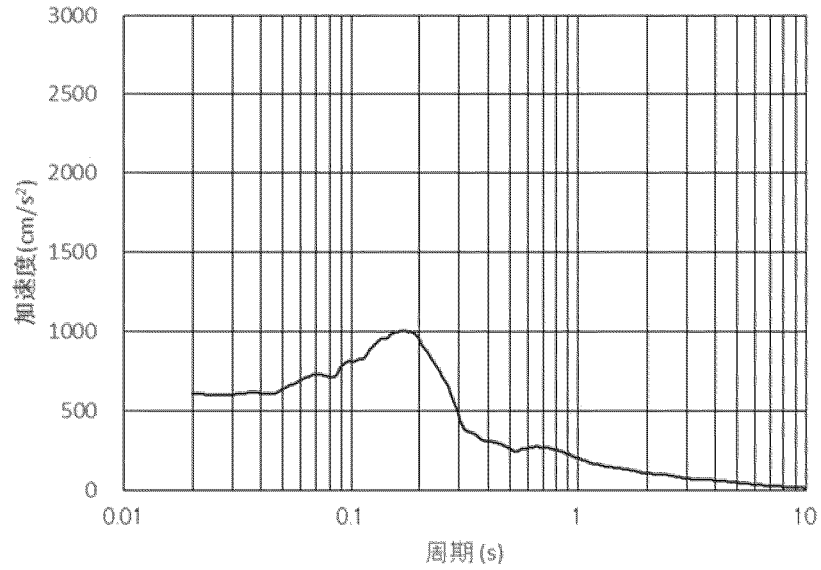
(4/55)

MAX=605.25cm/s² (20.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

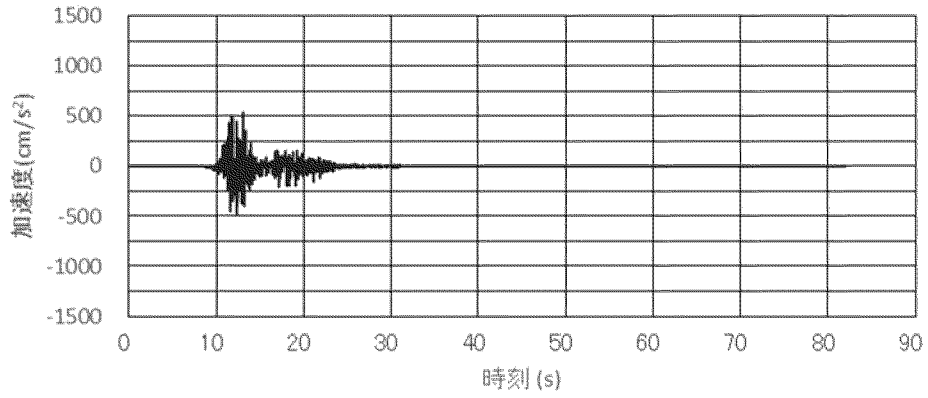


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-2_v)

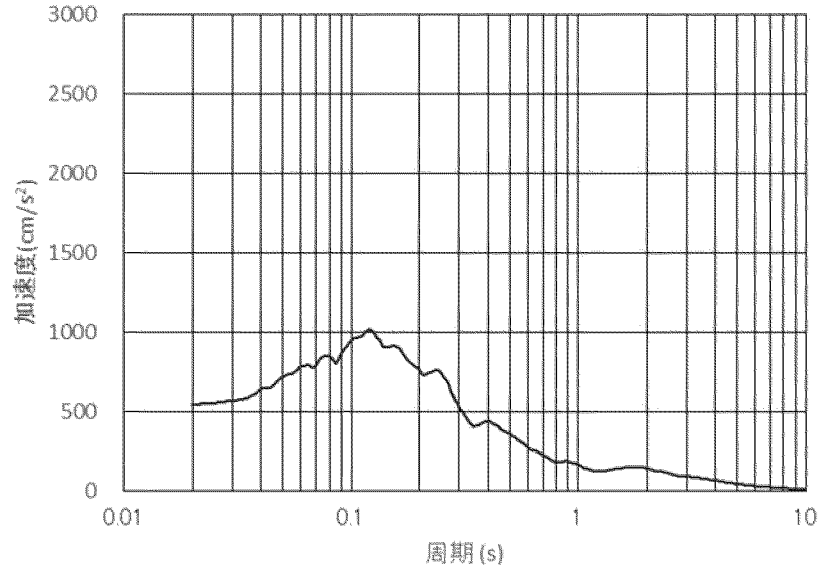
(5/55)

MAX=543.16cm/s² (13.08s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

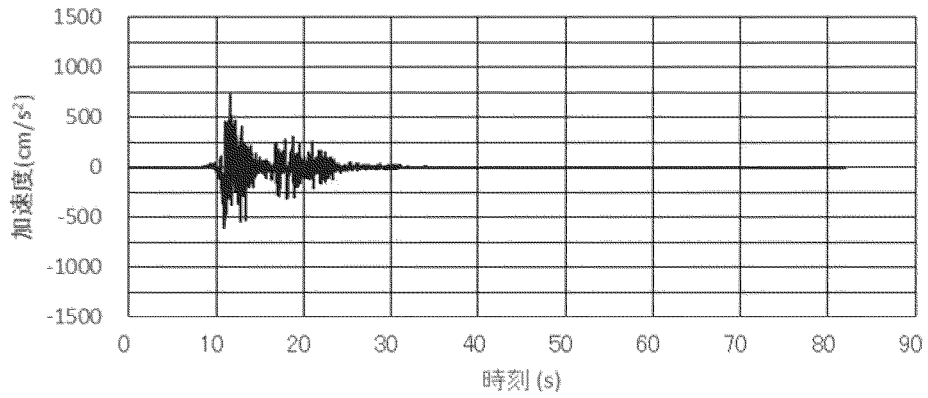


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-3_{II}(NS))

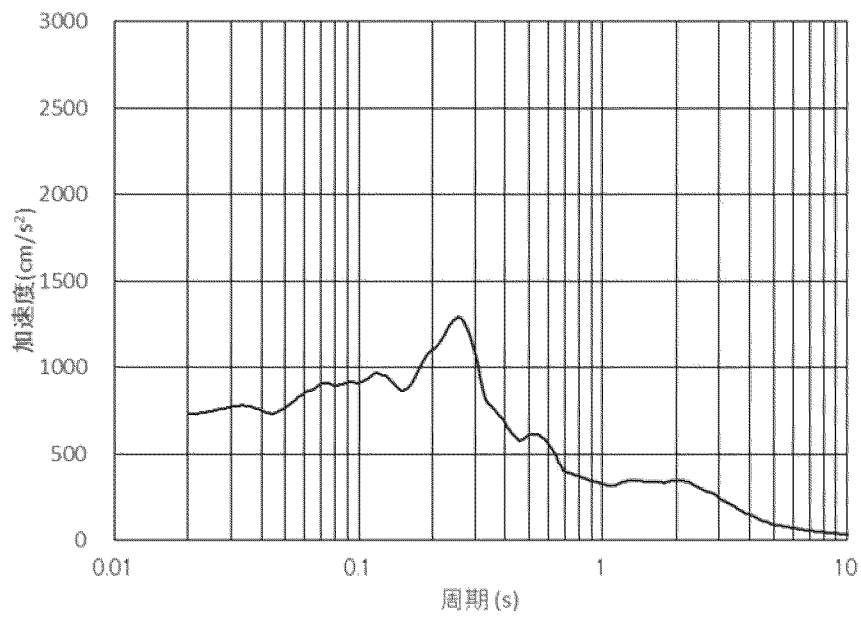
(6/55)

MAX=729.66cm/s² (11.62s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

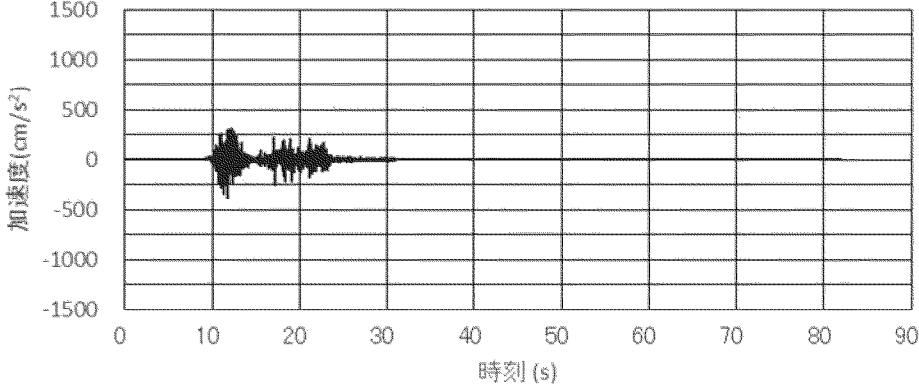


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3_{II}(EW))

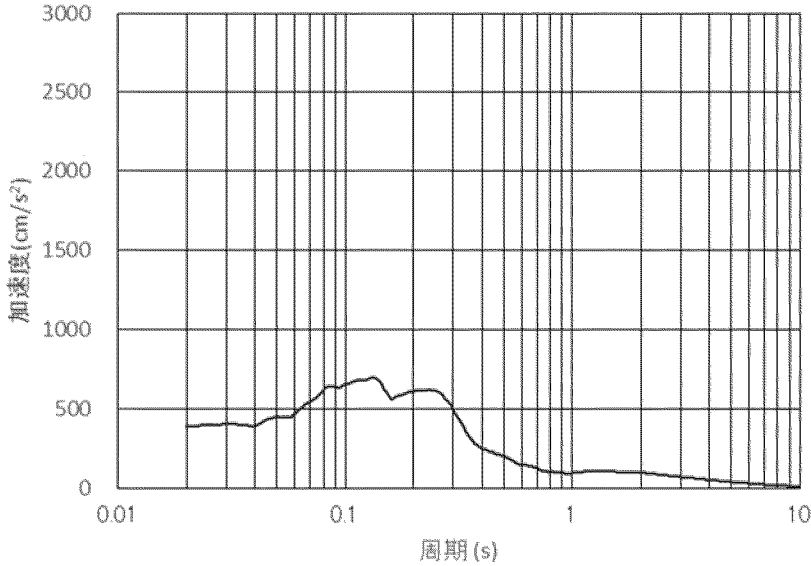
(7/55)

MAX=-390.21cm/s² (11.71s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

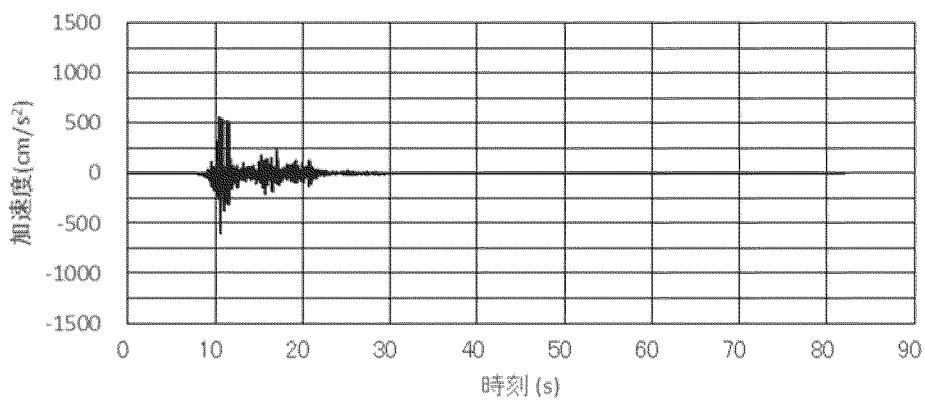


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3_v)

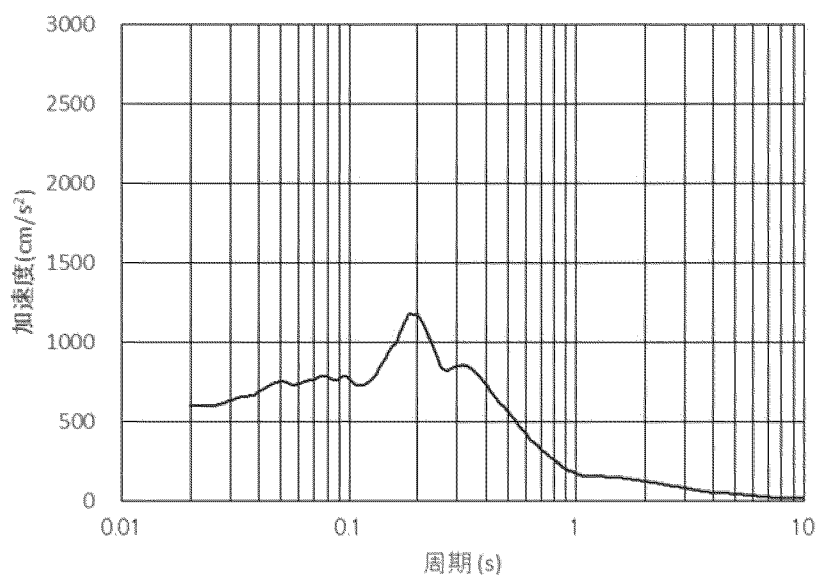
(8/55)

MAX=-602.45cm/s² (10.62s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

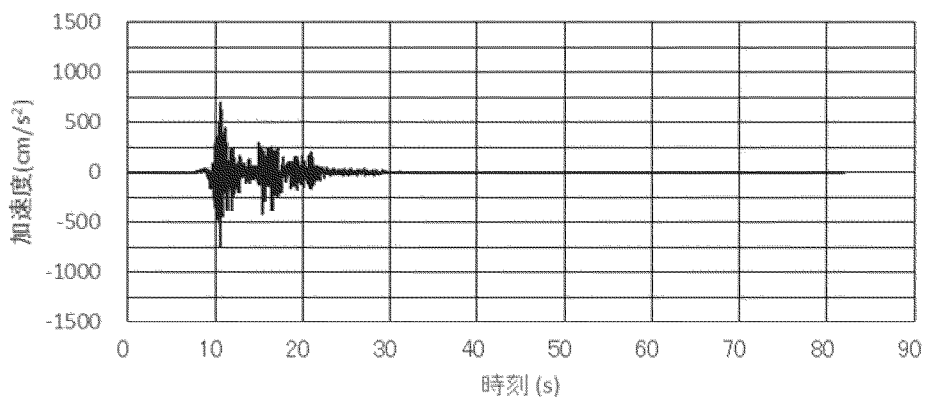


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4_{II}(NS))

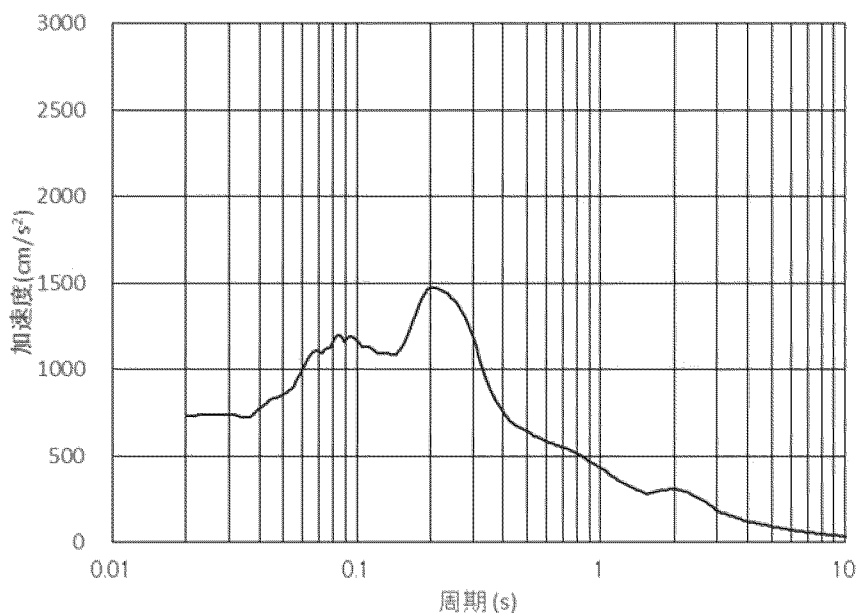
(9/55)

MAX=-728.87cm/s² (10.52s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

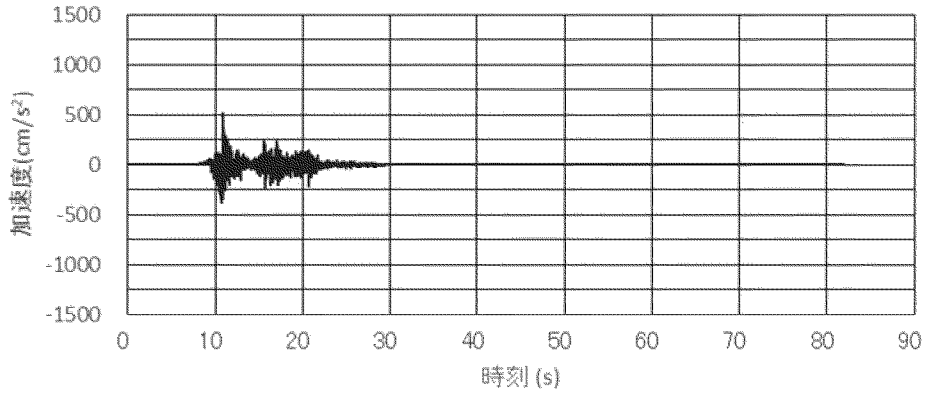


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4_{II}(EW))

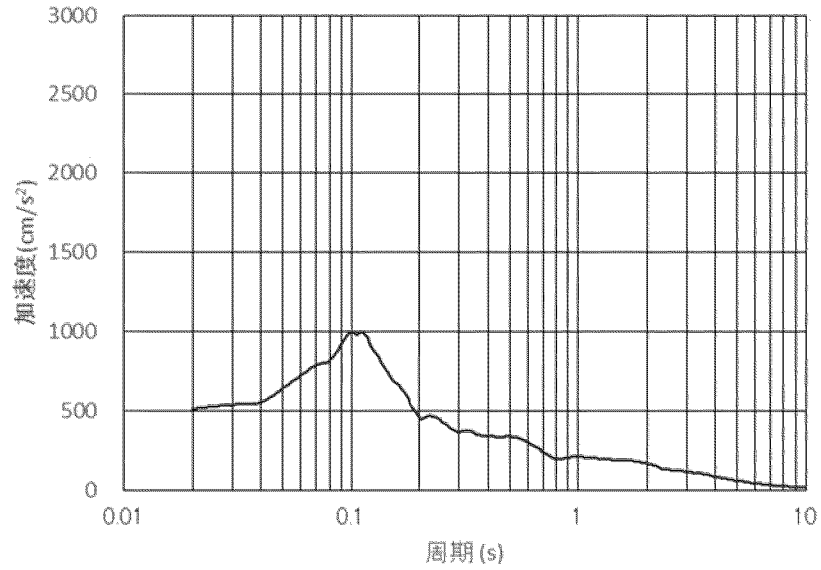
(10/55)

MAX=513.63cm/s² (10.92s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

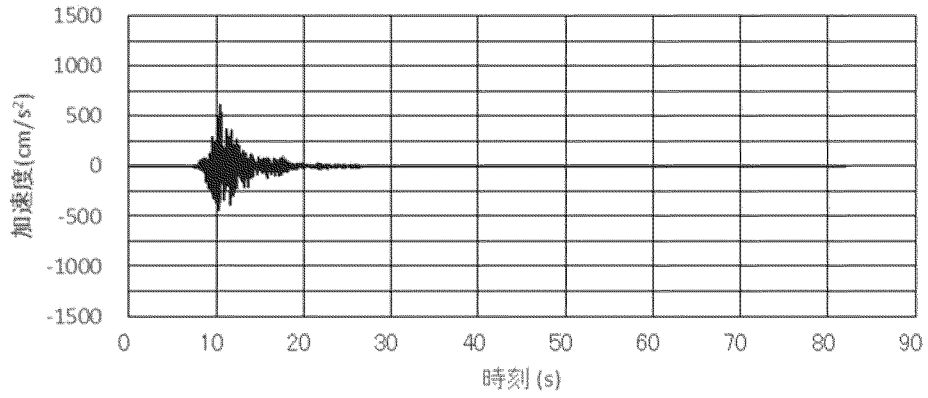


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4v)

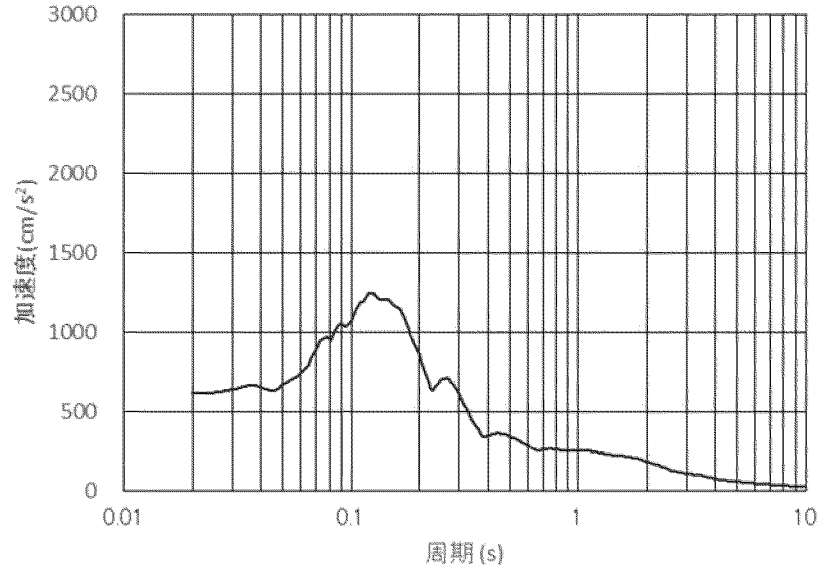
(11/55)

MAX=618.33cm/s² (10.40s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

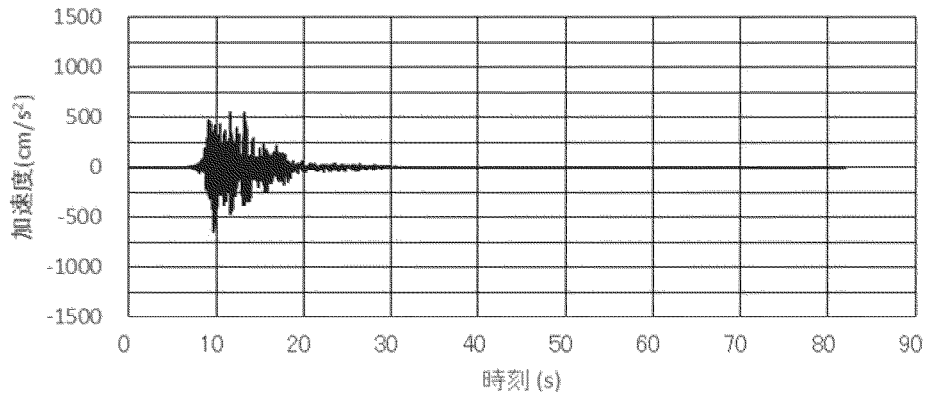


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_{II}(NS))

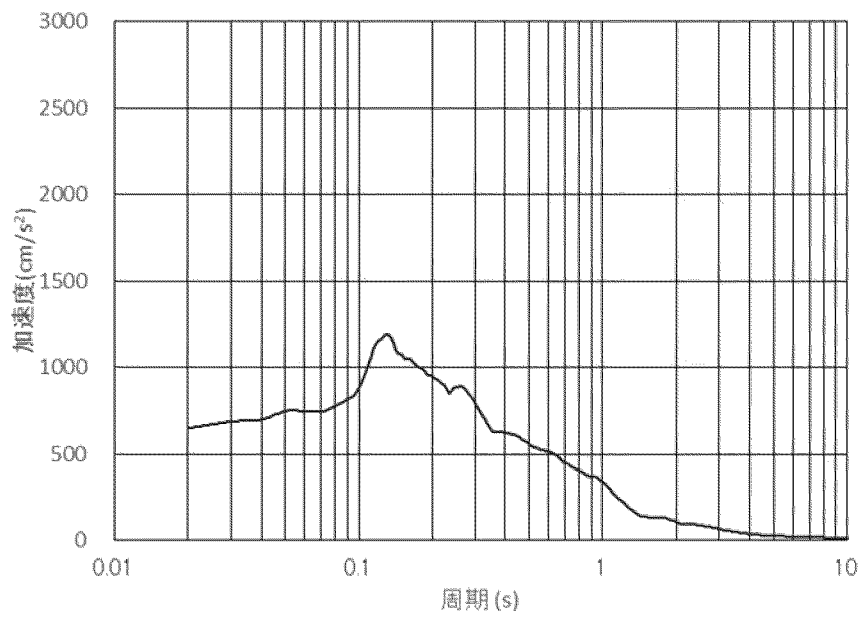
(12/55)

MAX=-648.02cm/s² (9.76s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

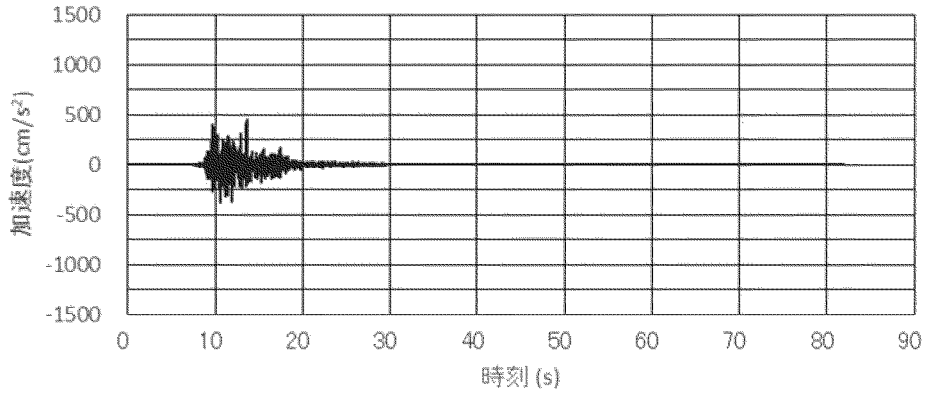


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_{II}(EW))

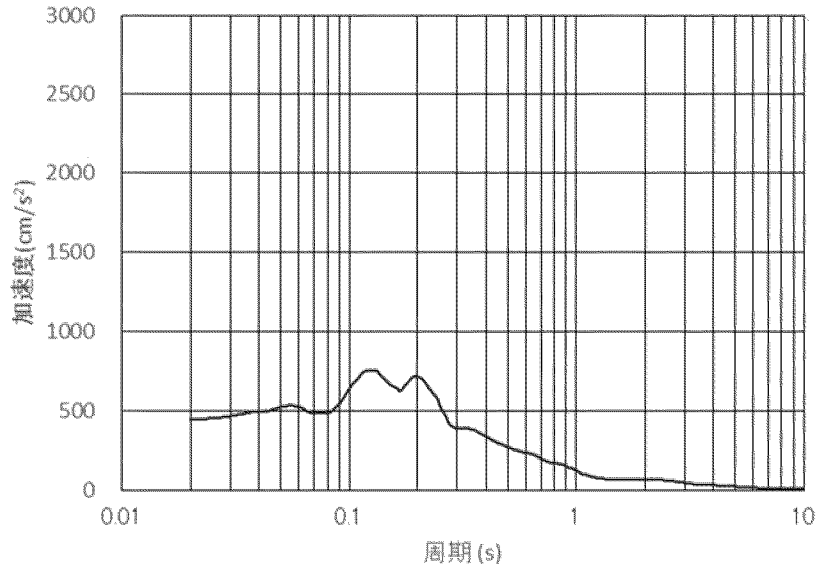
(13/55)

MAX=450.06cm/s² (13.58s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

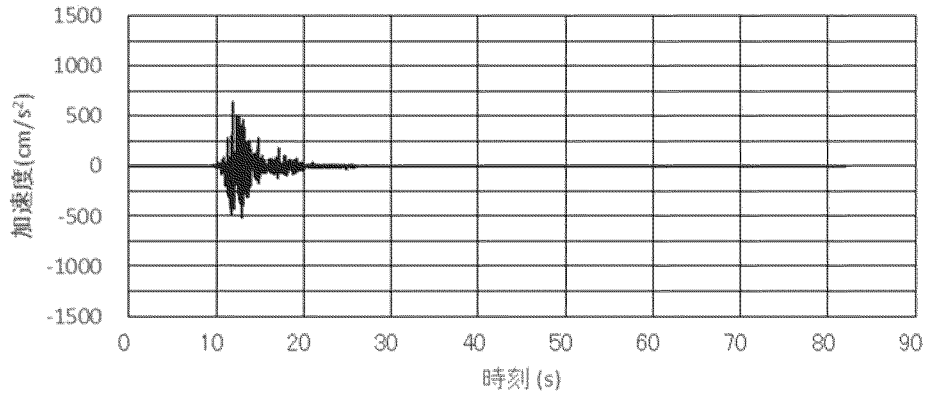


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_v)

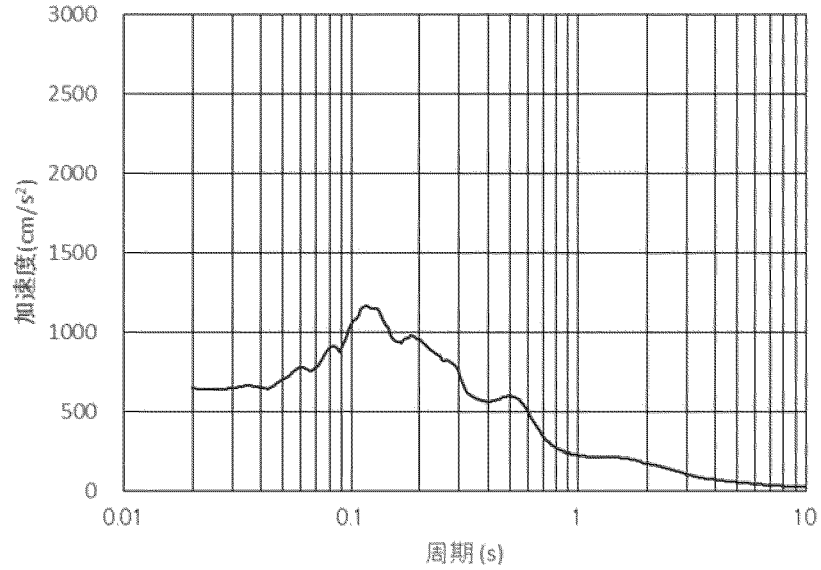
(14/55)

MAX=645.85cm/s² (11.85s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

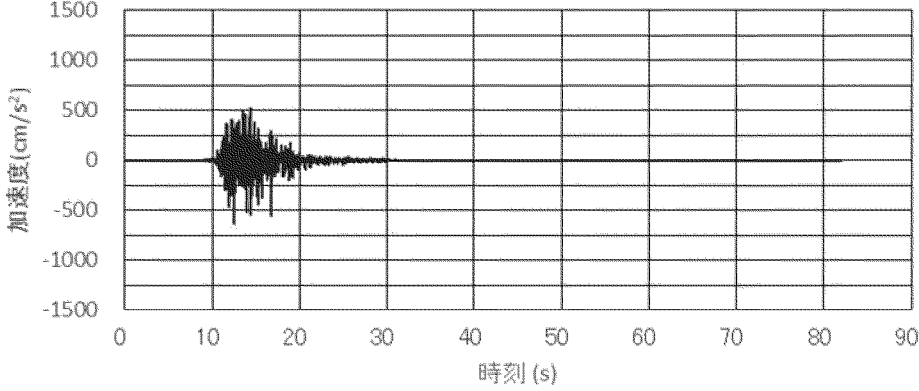


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_{II}(NS))

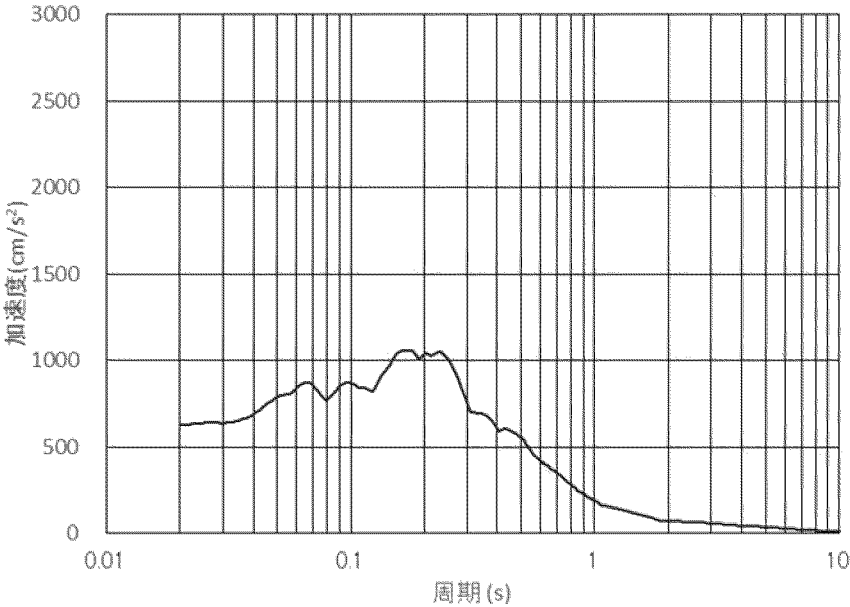
(15/55)

MAX=-625.35cm/s² (12.47s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

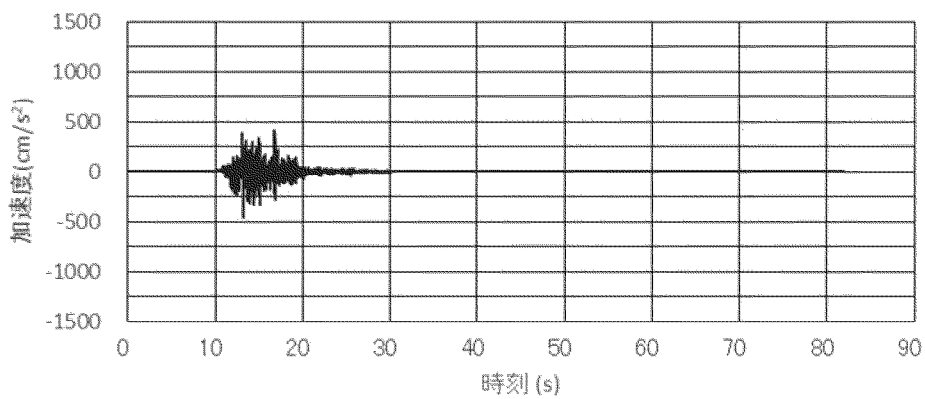


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_{II}(EW))

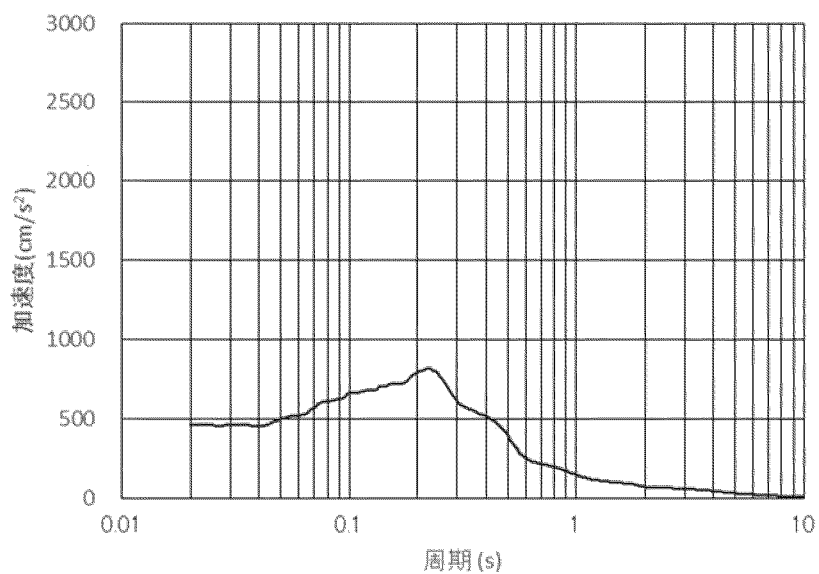
(16/55)

MAX=-460.51cm/s² (13.19s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

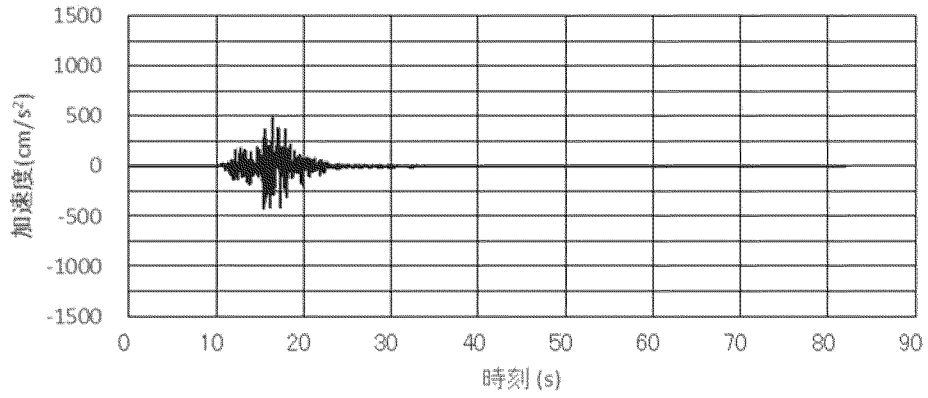


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_v)

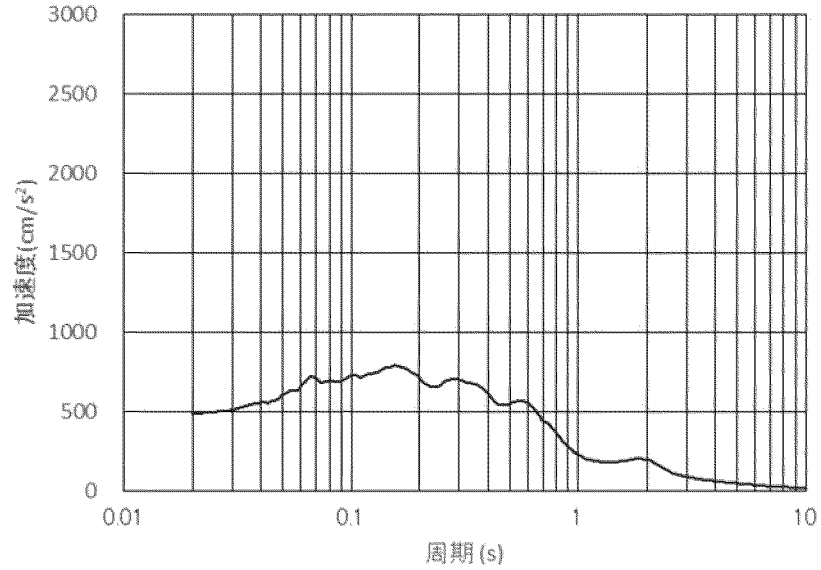
(17/55)

MAX=484.21cm/s² (16.40s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

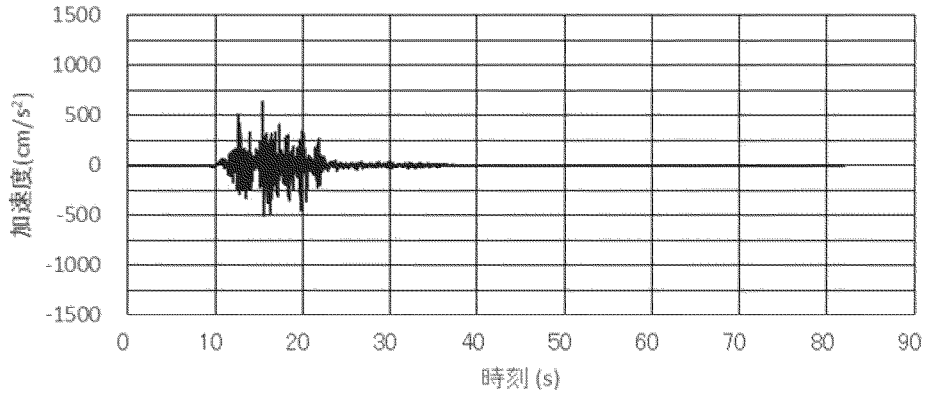


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-7_{II}(NS))

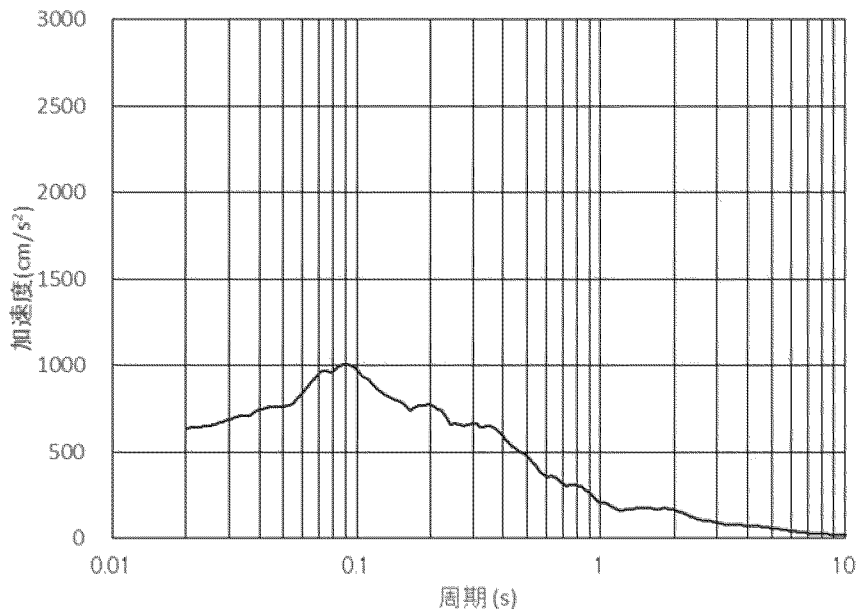
(18/55)

MAX=636.48cm/s² (15.40s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

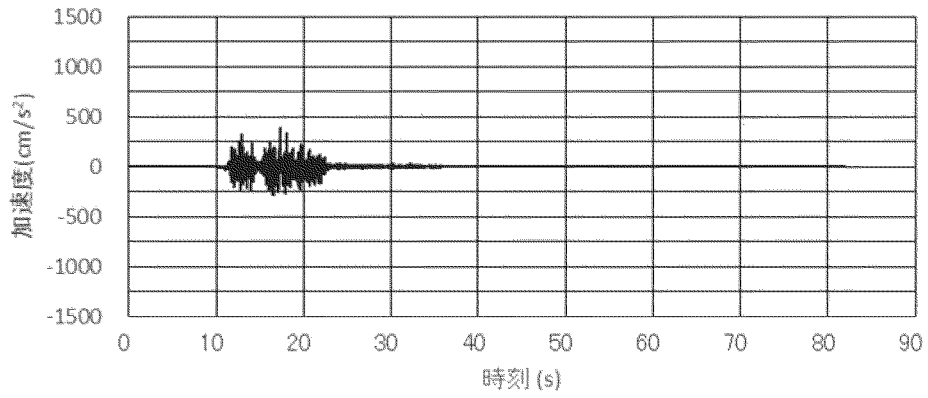


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-7_{II}(EW))

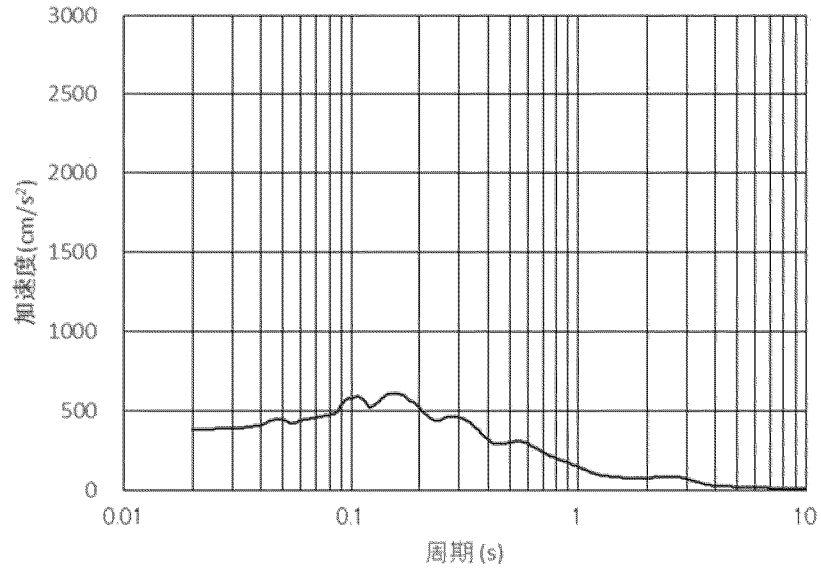
(19/55)

MAX=379.84cm/s² (17.26s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

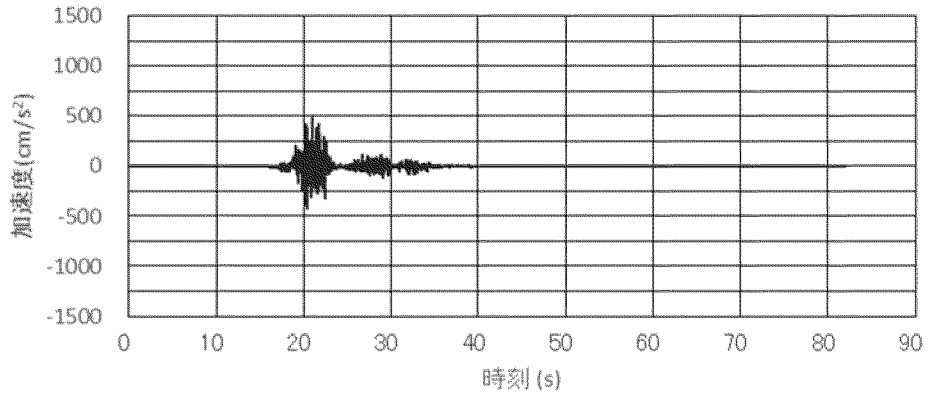


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-7_v)

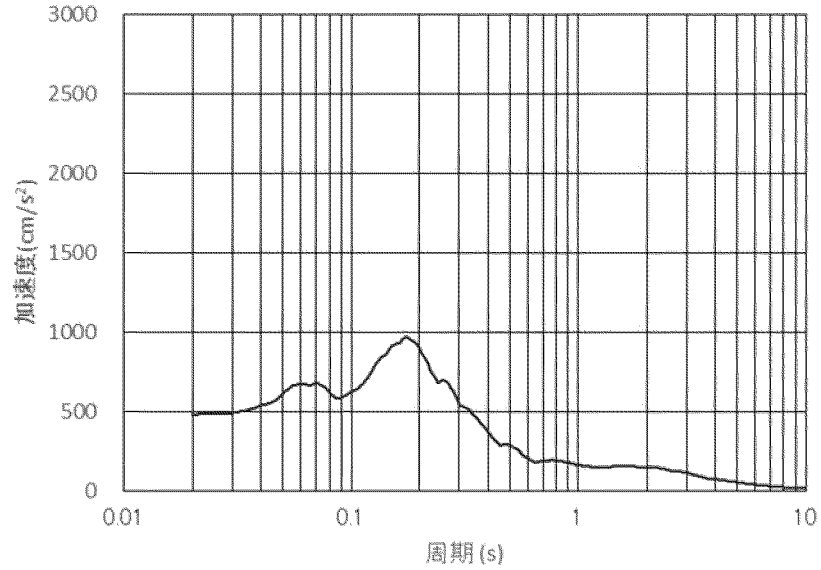
(20/55)

MAX=481.52cm/s² (20.98s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

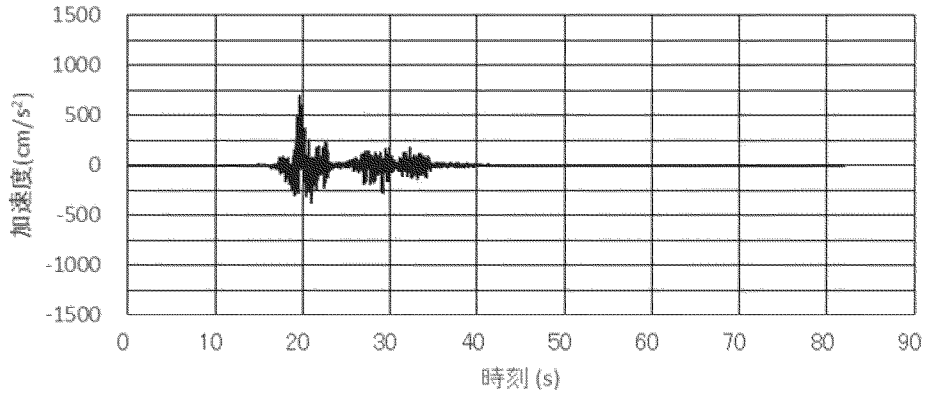


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-8_{II}(NS))

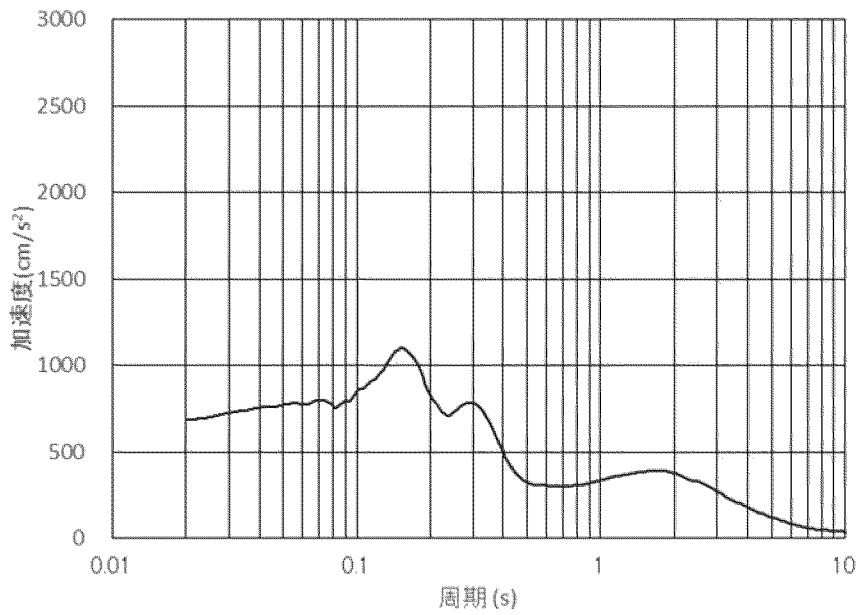
(21/55)

MAX=688.71cm/s² (19.65s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

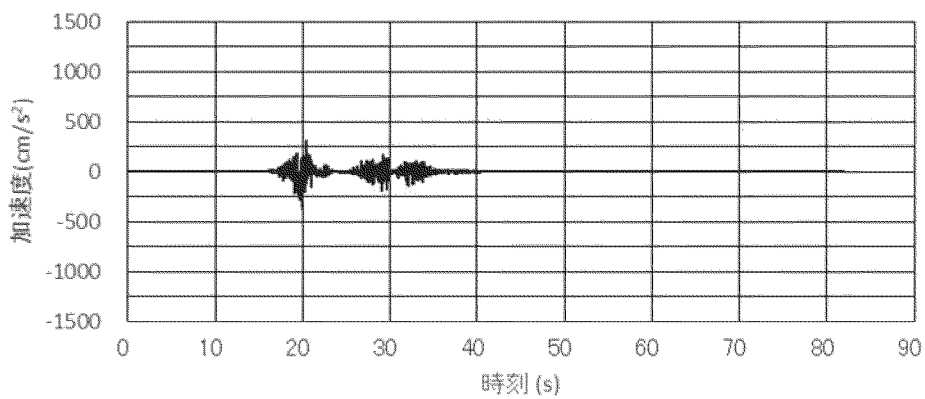


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-8_{II}(EW))

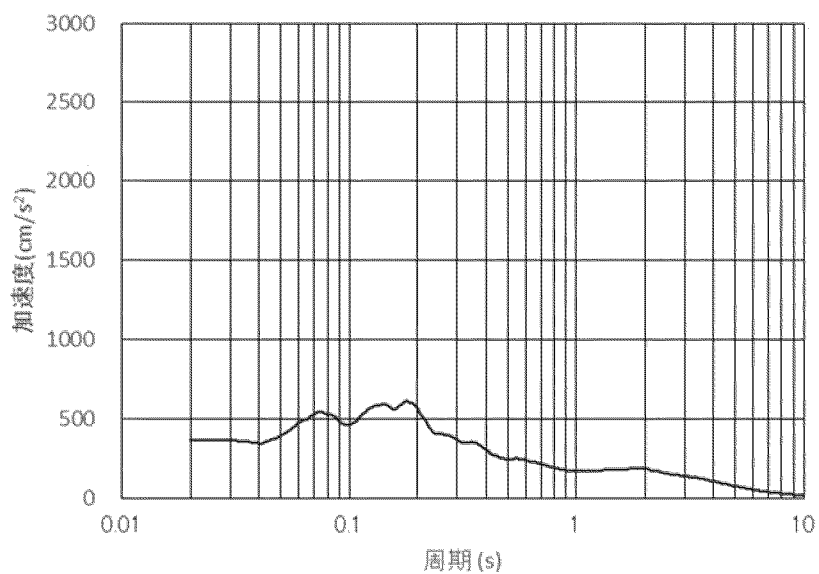
(22/55)

MAX=-364.08cm/s² (19.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

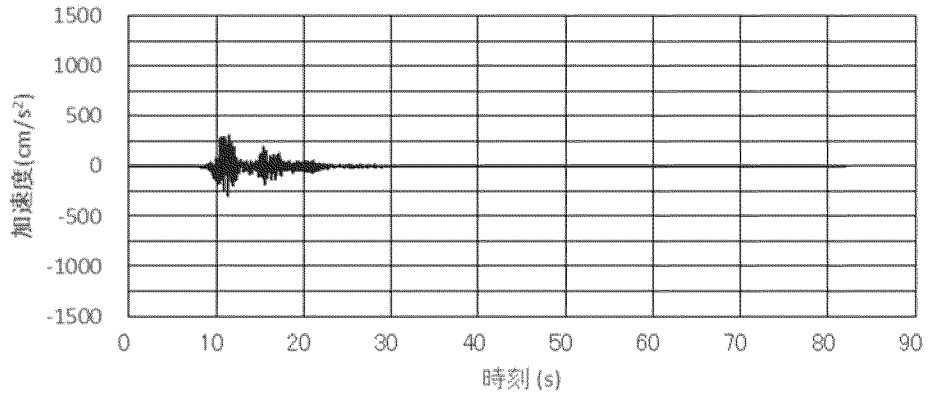


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-8_v)

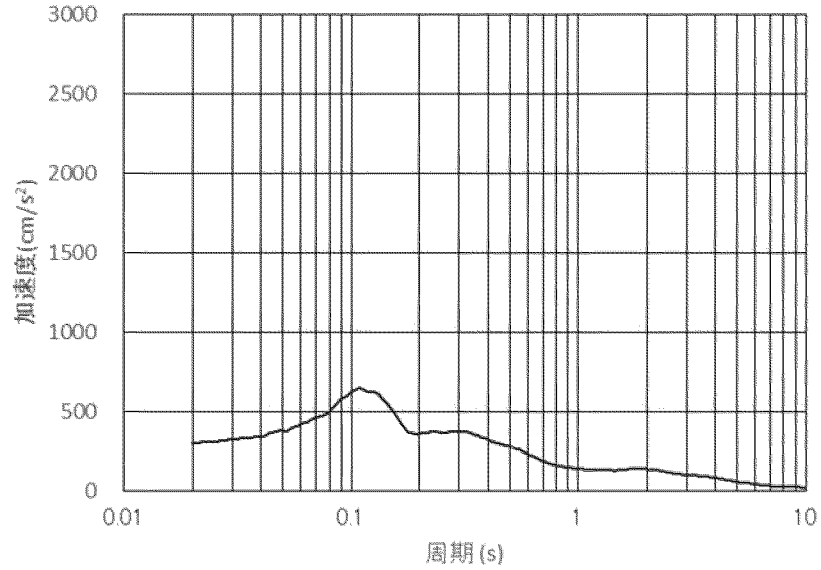
(23/55)

MAX=301.03cm/s² (11.41s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

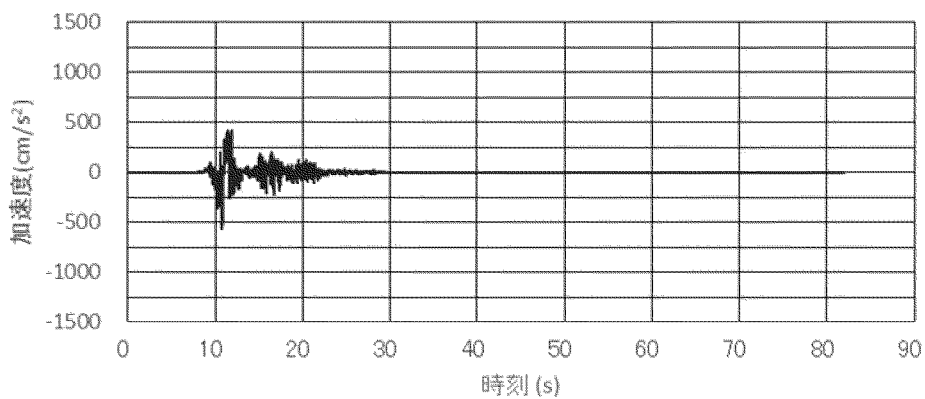


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_{II}(NS))

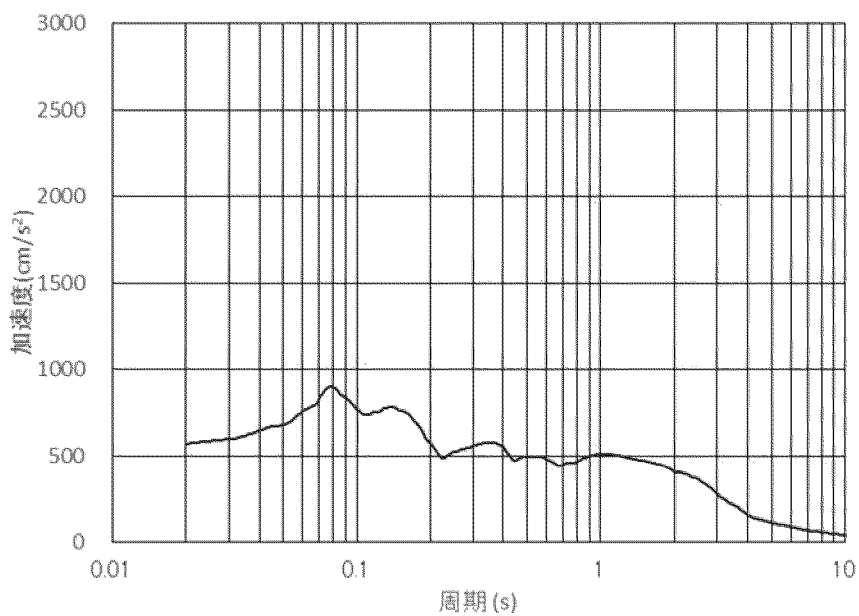
(24/55)

MAX=-567.58cm/s² (10.78s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

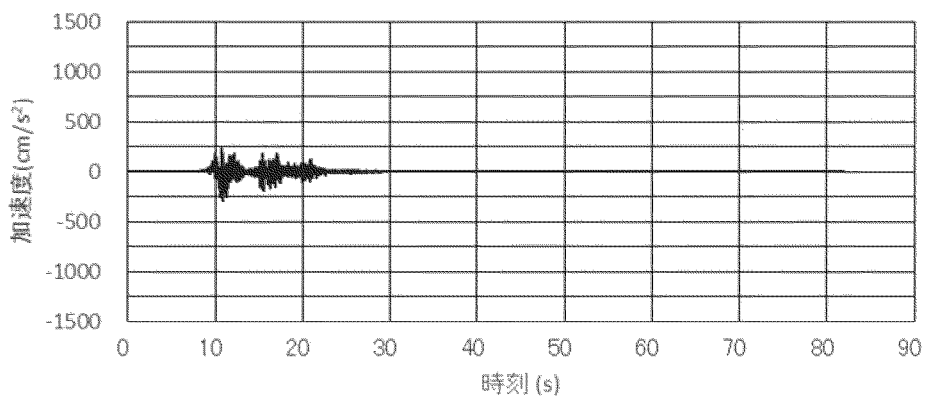


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_{II}(EW))

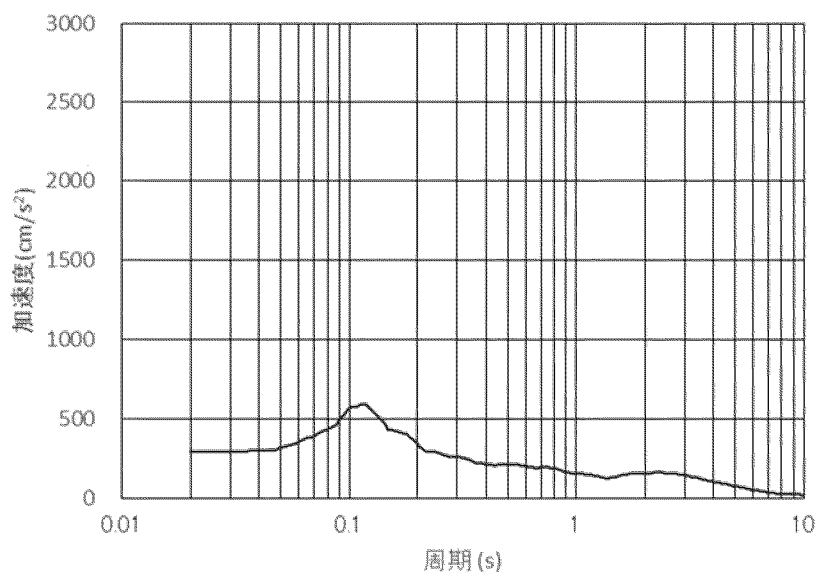
(25/55)

MAX=-294.22cm/s² (10.88s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

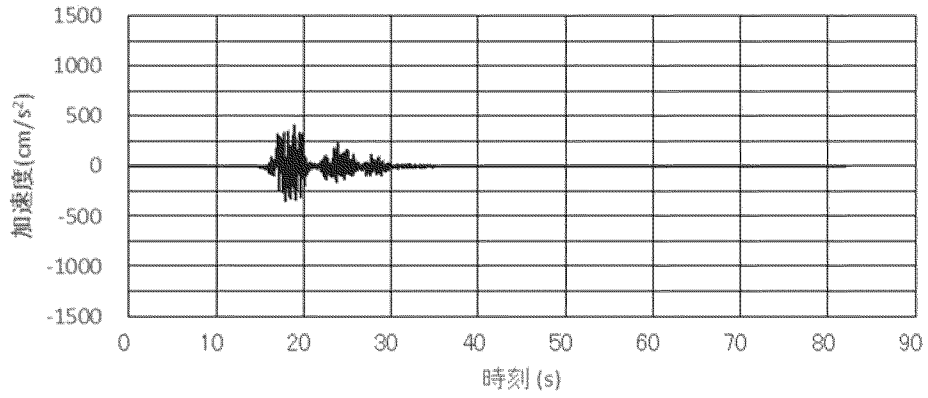


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_v)

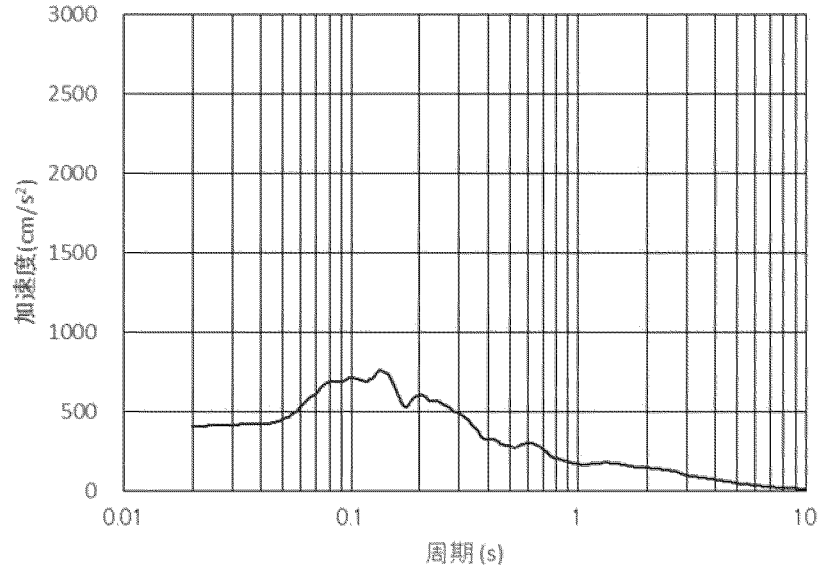
(26/55)

MAX=405.13cm/s² (18.87s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

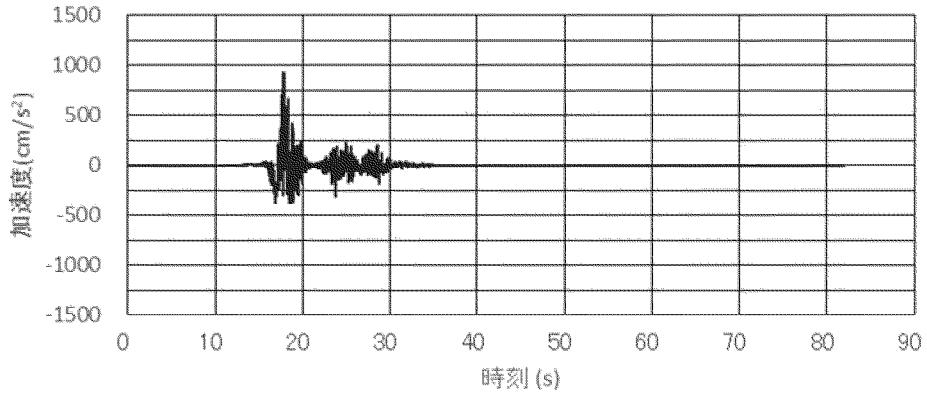


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-10_{II}(NS))

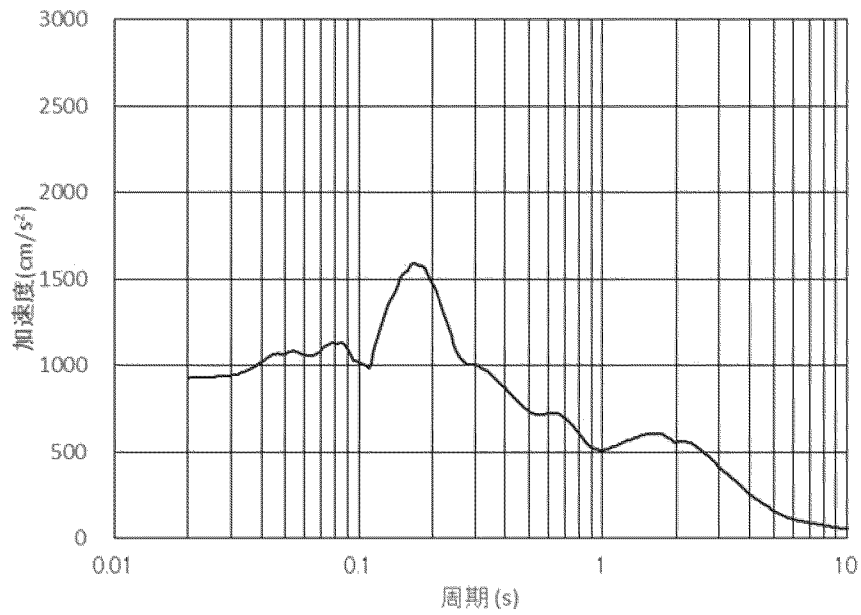
(27/55)

MAX=927.82cm/s² (17.82s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

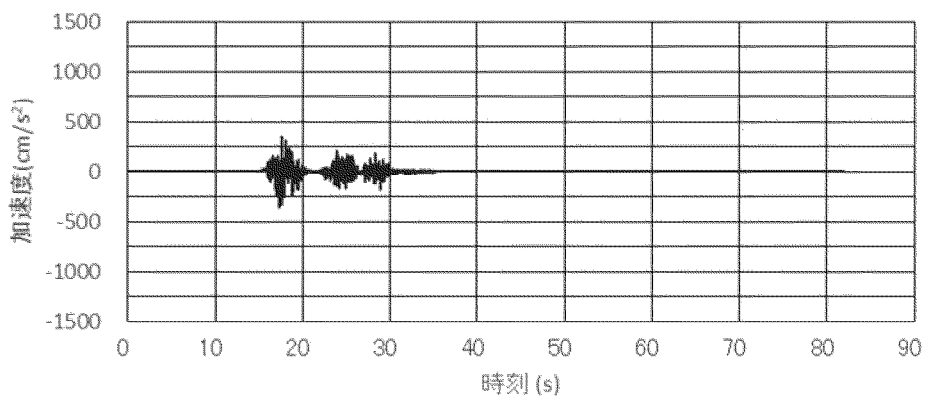


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-10_{II}(EW))

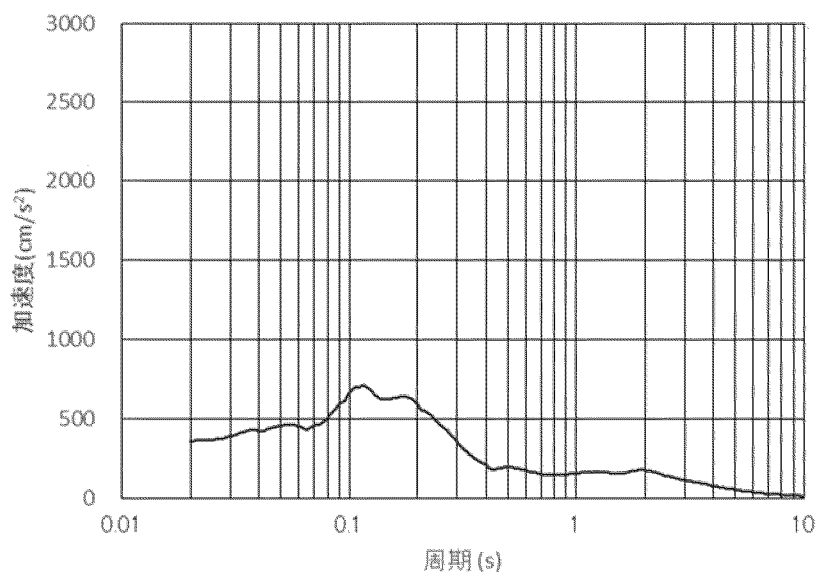
(28/55)

MAX=-361.65cm/s² (17.31s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

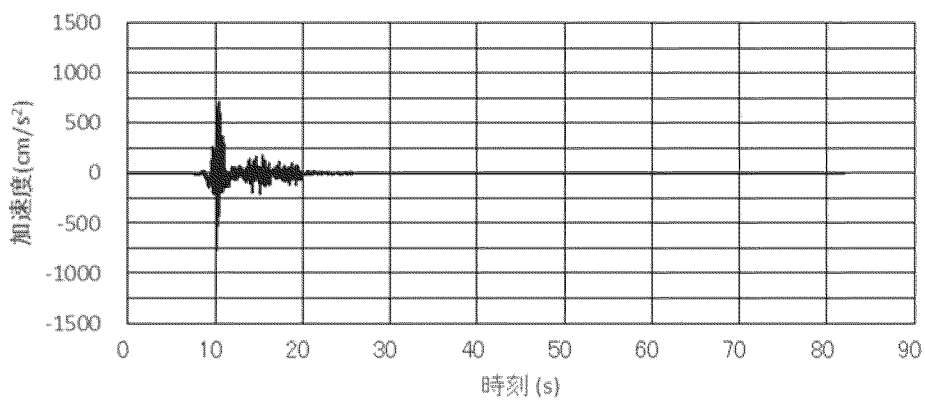


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-10_V)

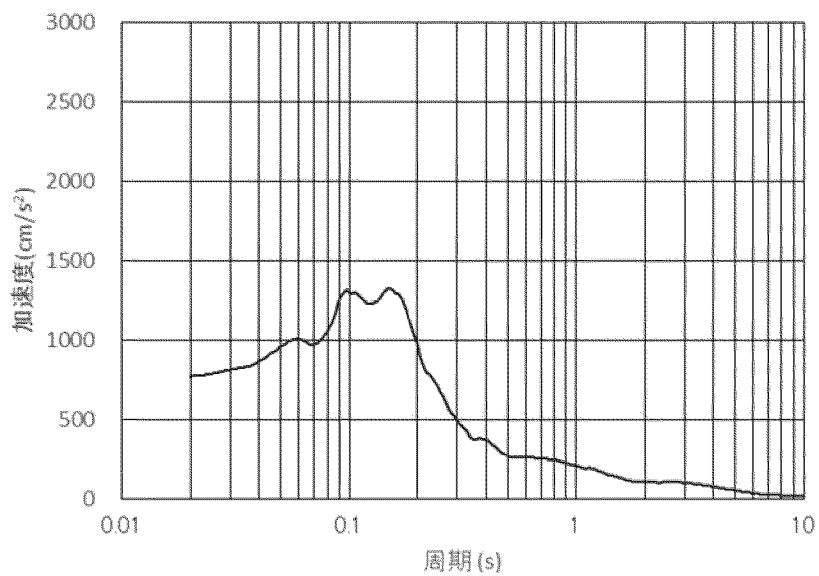
(29/55)

MAX=-772.38cm/s² (10.10s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

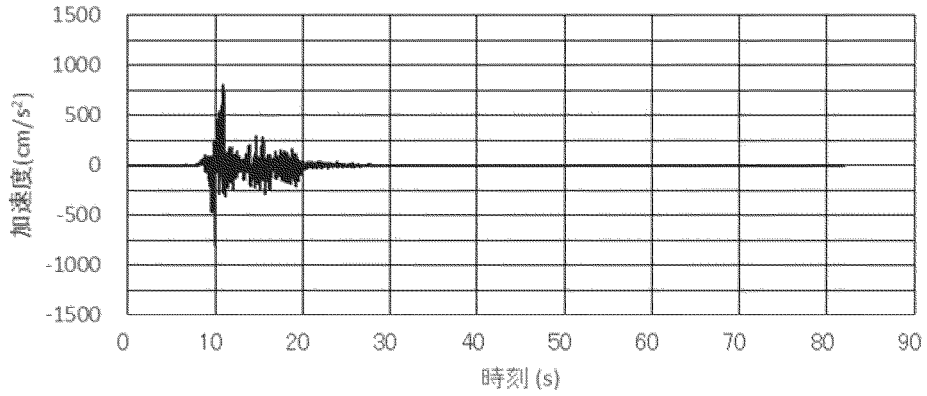


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-11_{II}(NS))

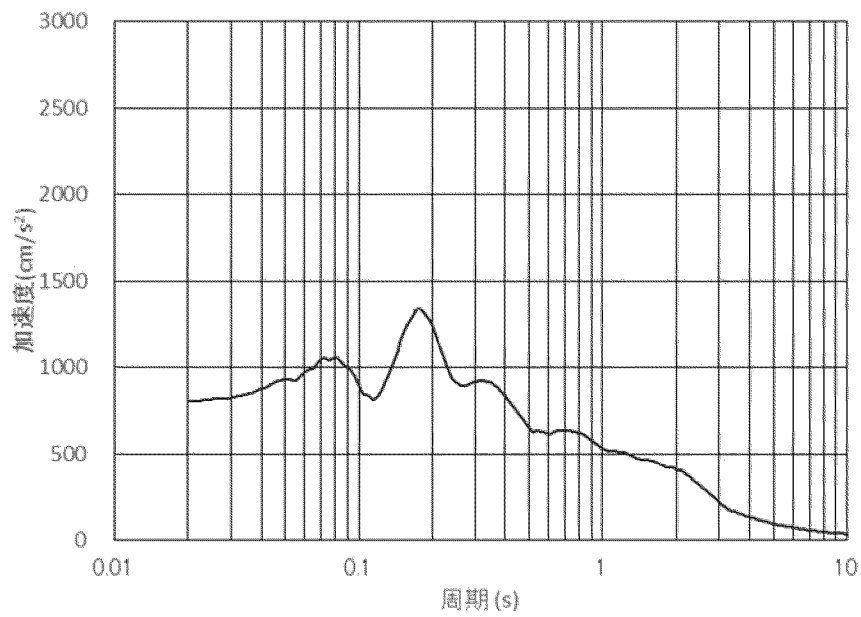
(30/55)

MAX=802.35cm/s² (10.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

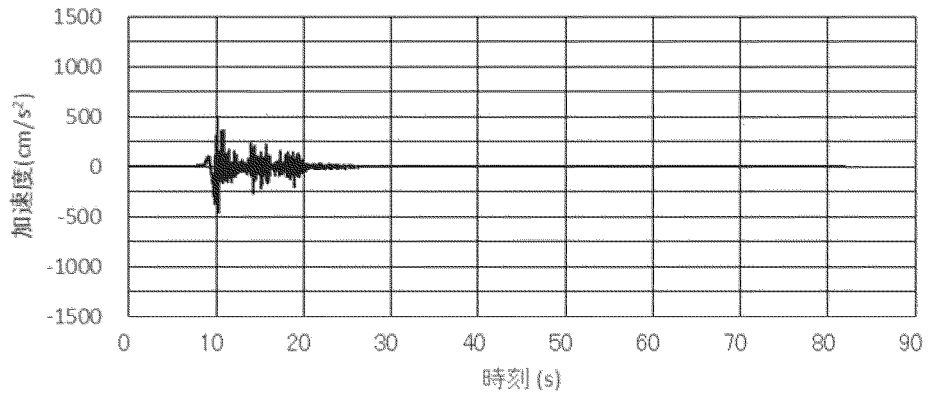


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-11_{II}(EW))

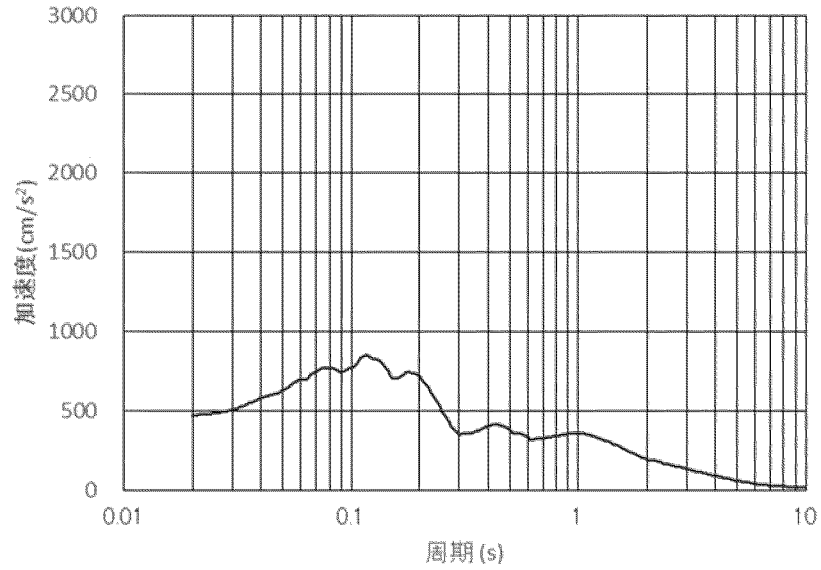
(31/55)

MAX=471.74cm/s² (10.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

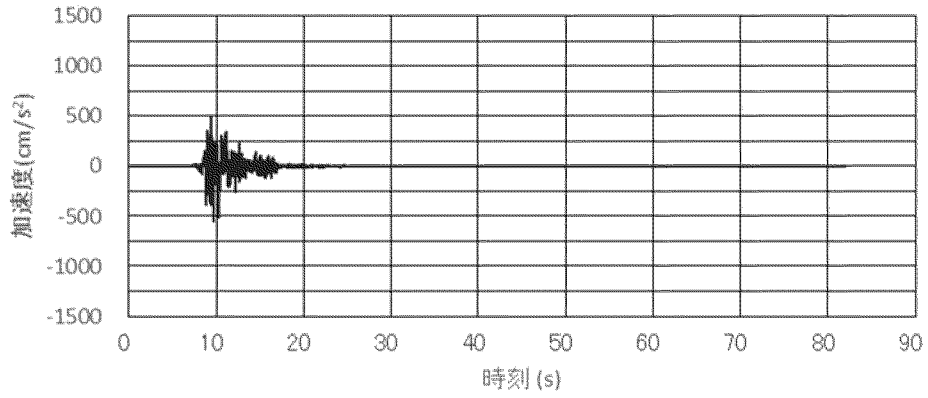


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-11_V)

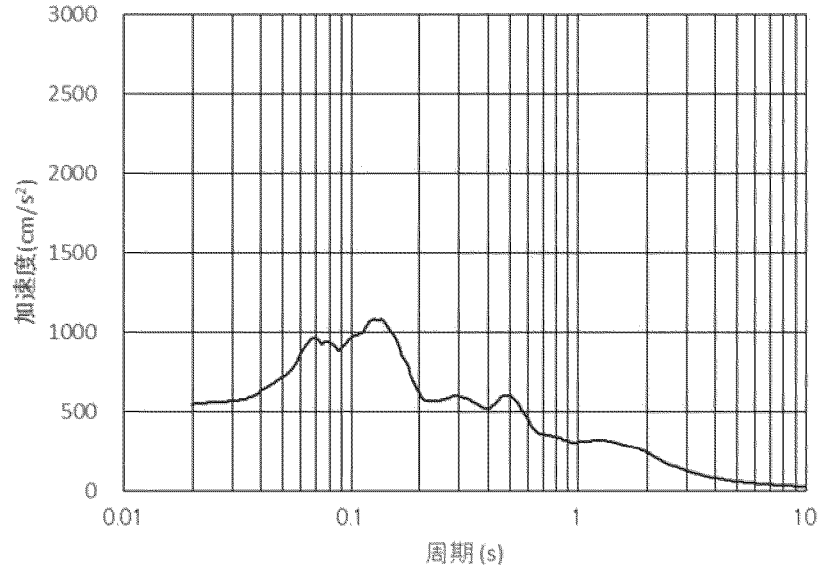
(32/55)

MAX=-545.79cm/s² (9.65s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

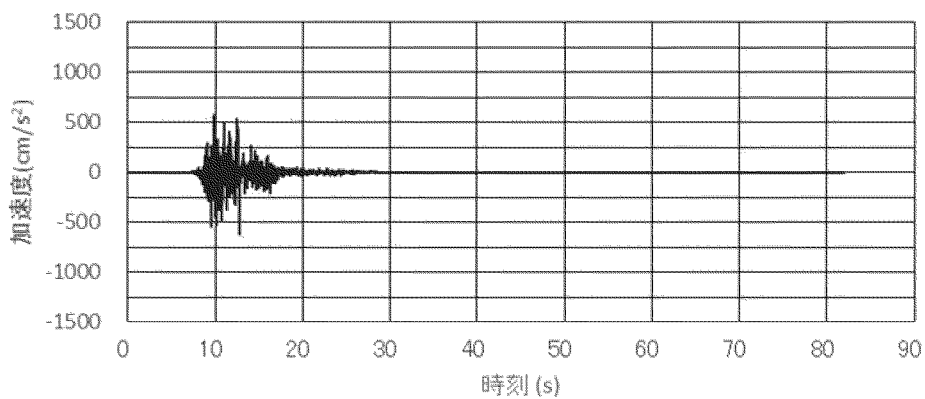


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12_{II}(NS))

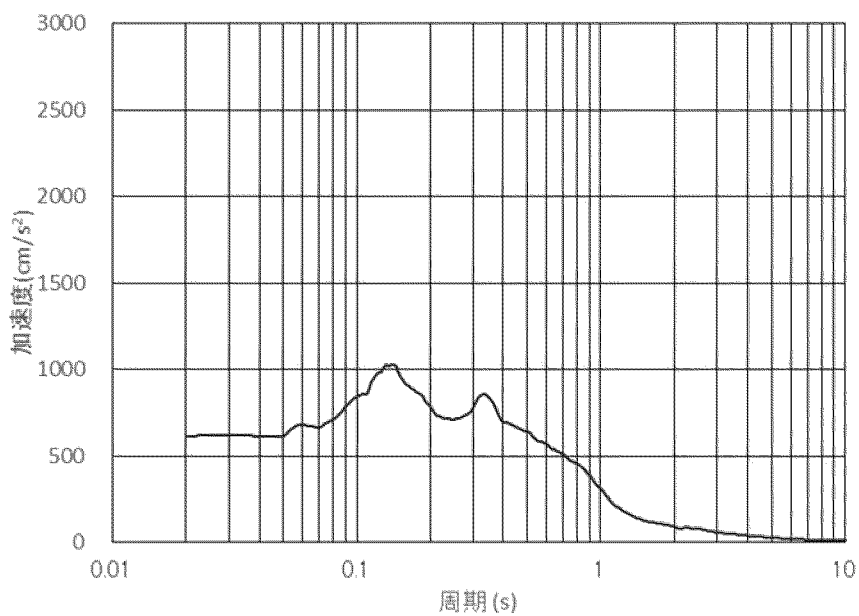
(33/55)

MAX=-614.36cm/s² (12.79s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

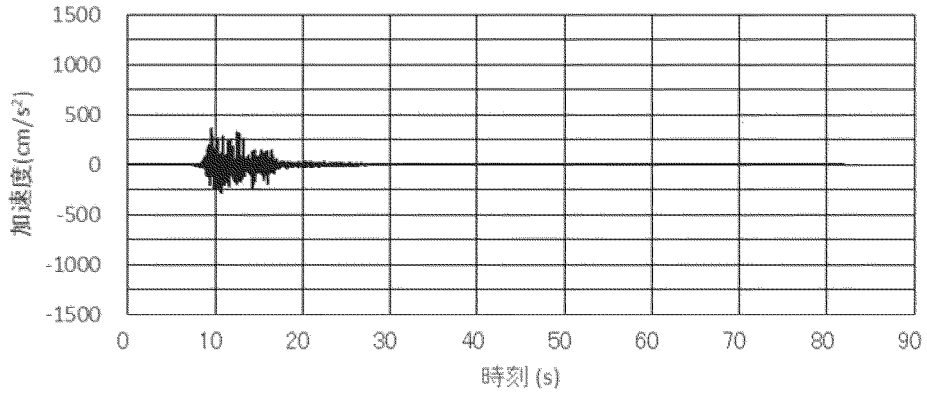


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-12_{II}(EW))

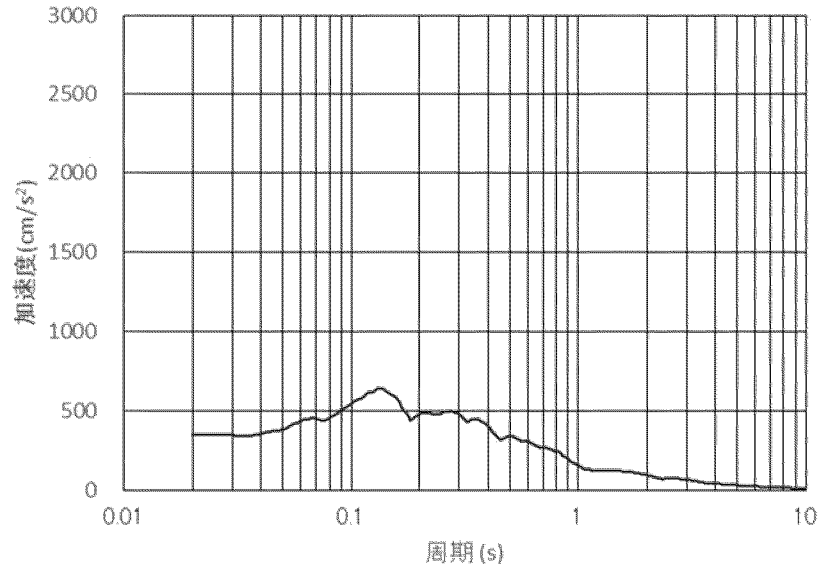
(34/55)

MAX=353.83cm/s² (9.50s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

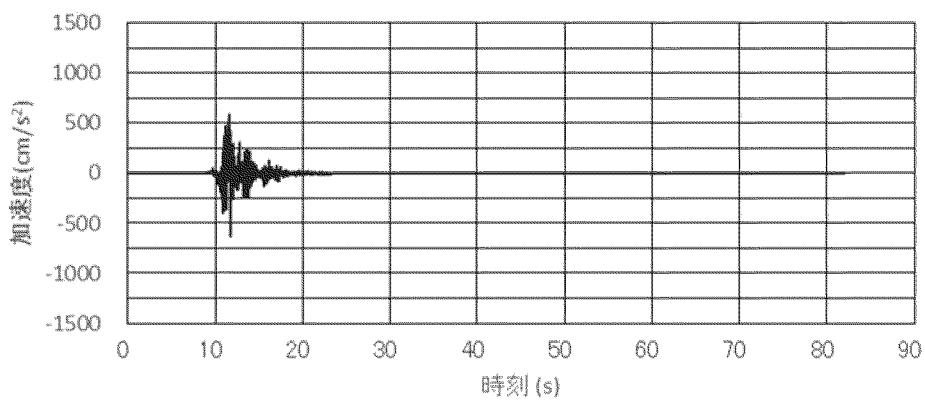


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-12_V)

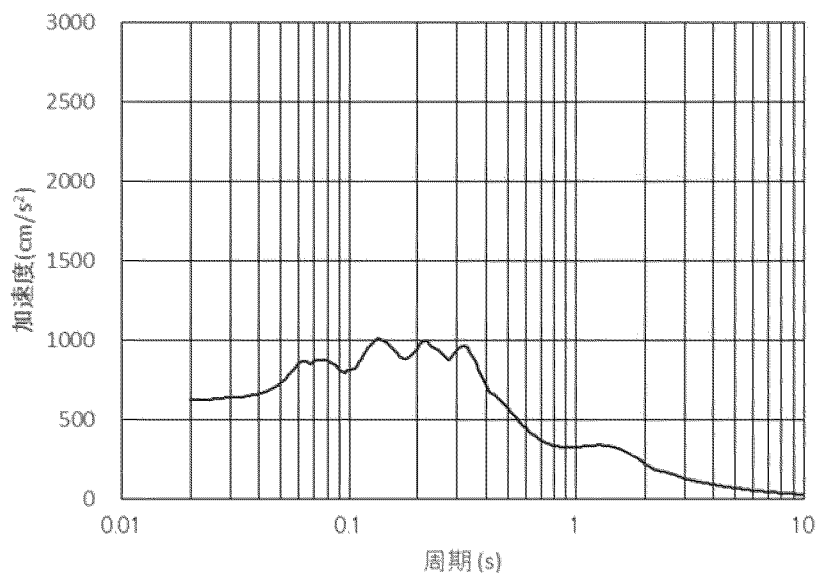
(35/55)

MAX=-625.66cm/s² (11.75s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

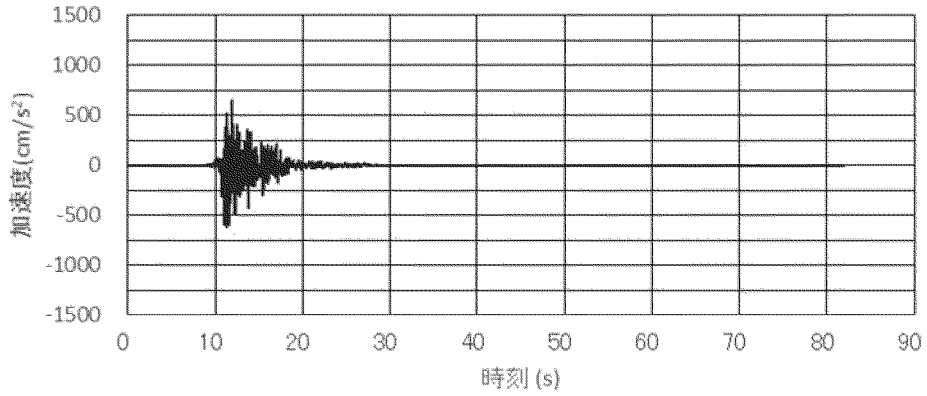


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-13_{II}(NS))

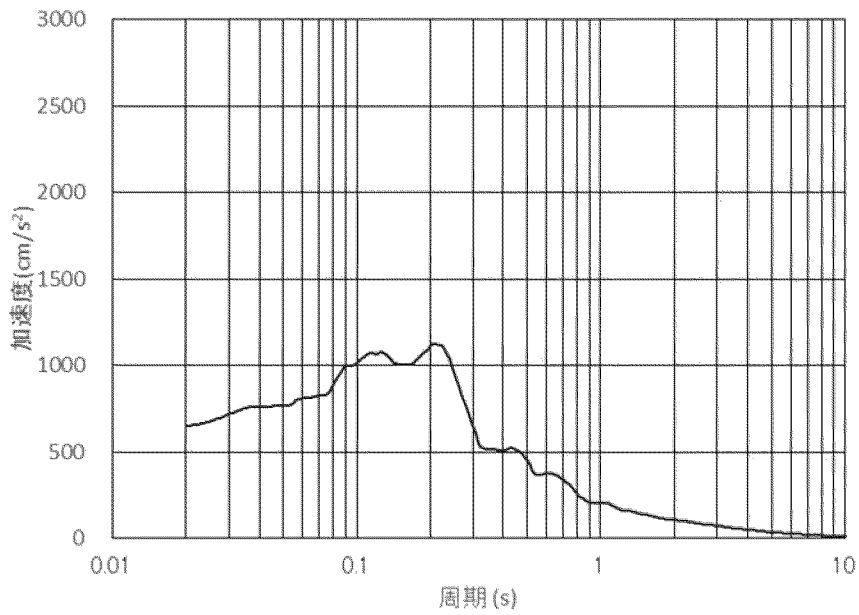
(36/55)

MAX=647.77cm/s² (11.90s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

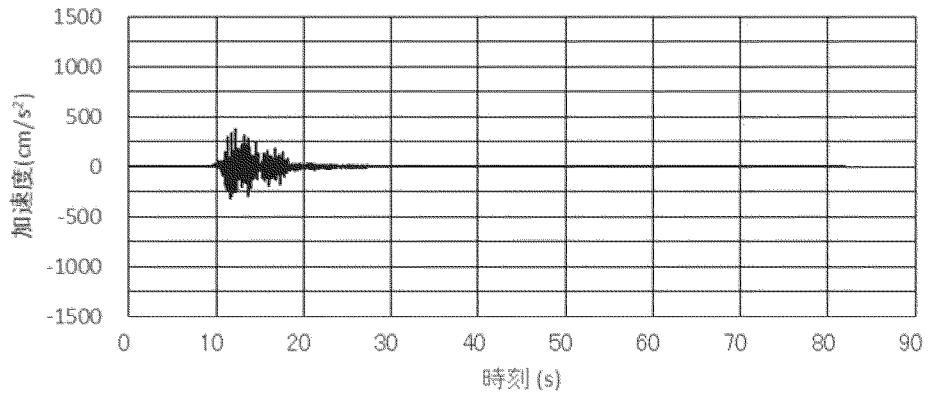


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-13_{II}(EW))

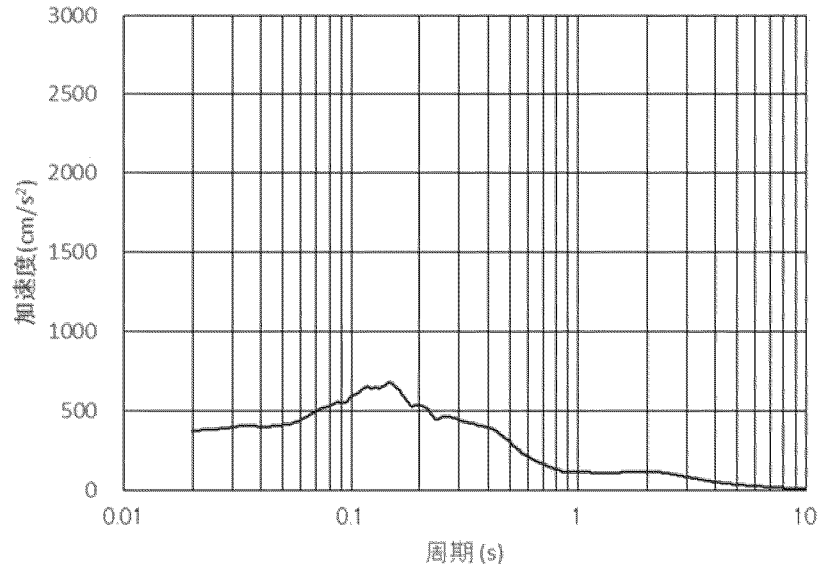
(37/55)

MAX=374.53cm/s² (12.15s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

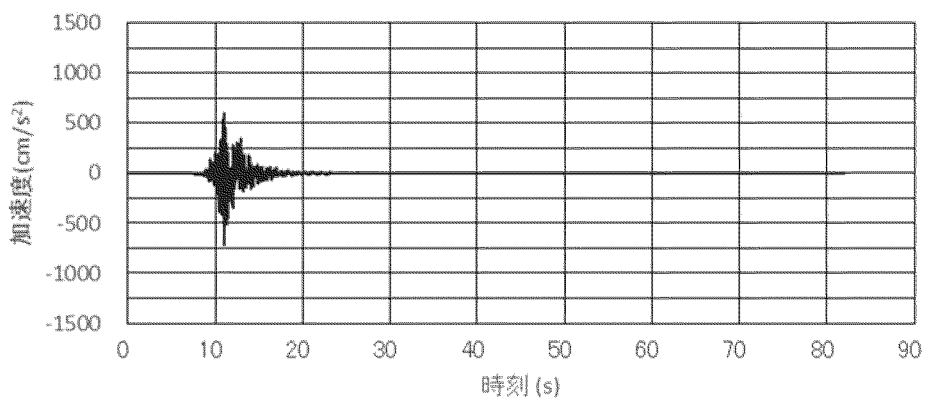


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-13_V)

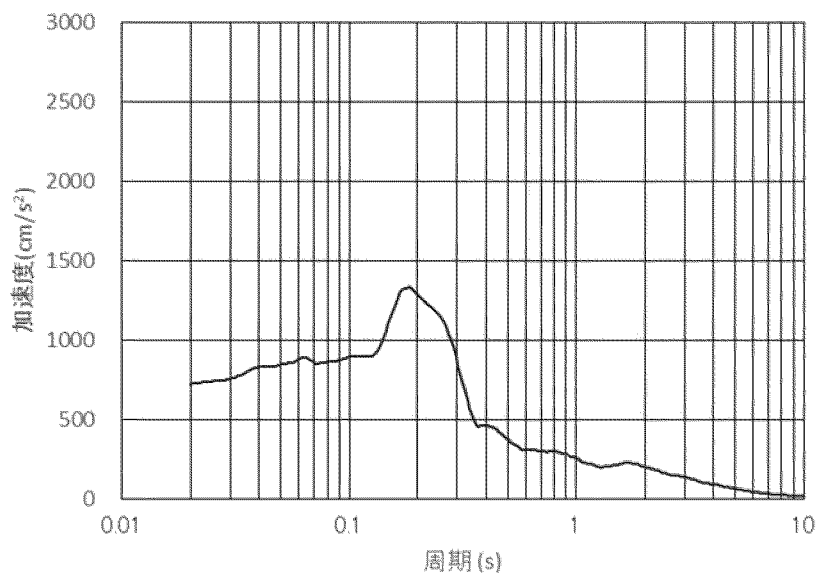
(38/55)

MAX=-721.54cm/s² (10.96s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

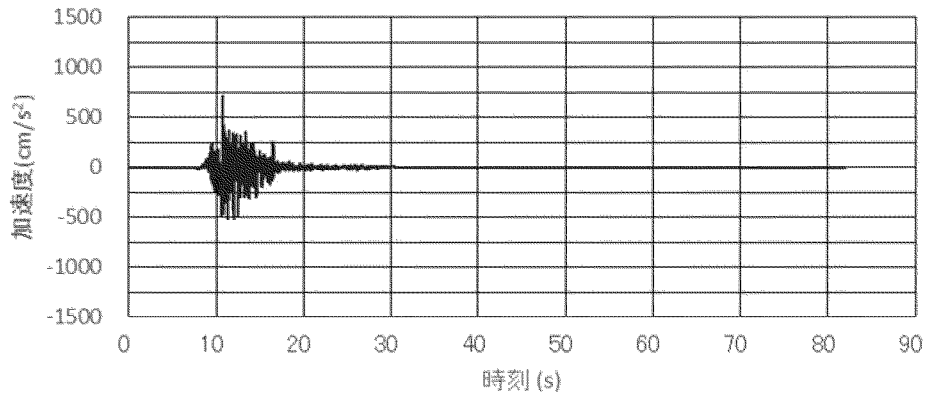


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14_{II}(NS))

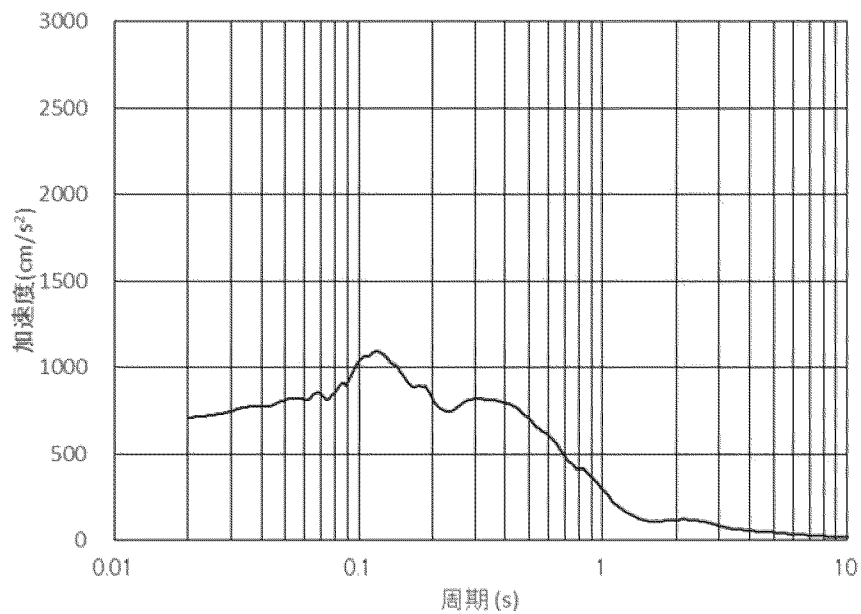
(39/55)

MAX=708.98cm/s² (10.70s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

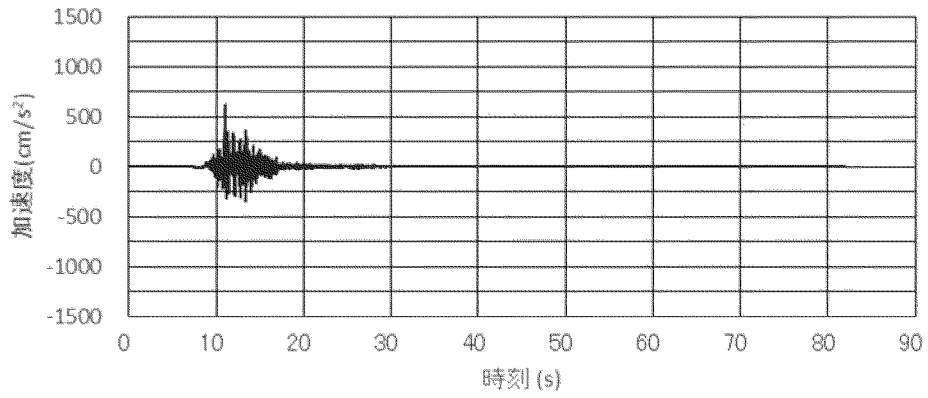


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-14_{II}(EW))

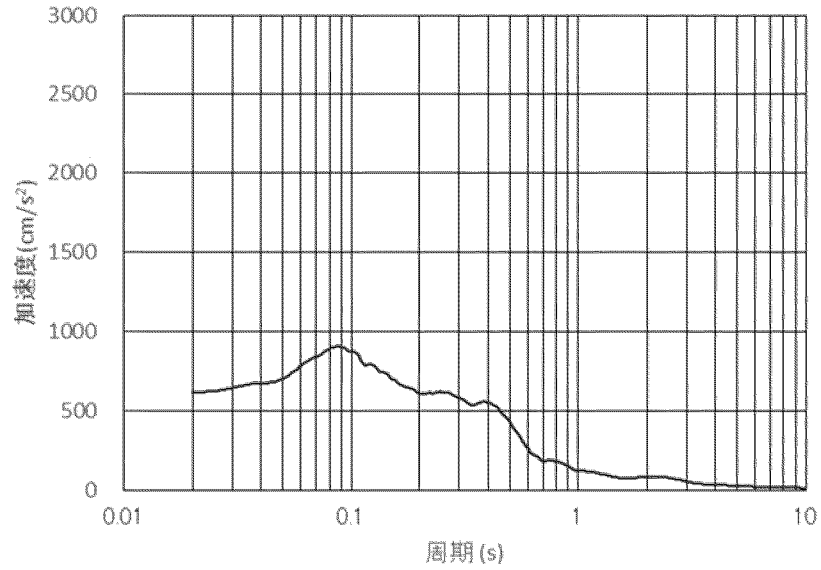
(40/55)

MAX=614.34cm/s² (10.96s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

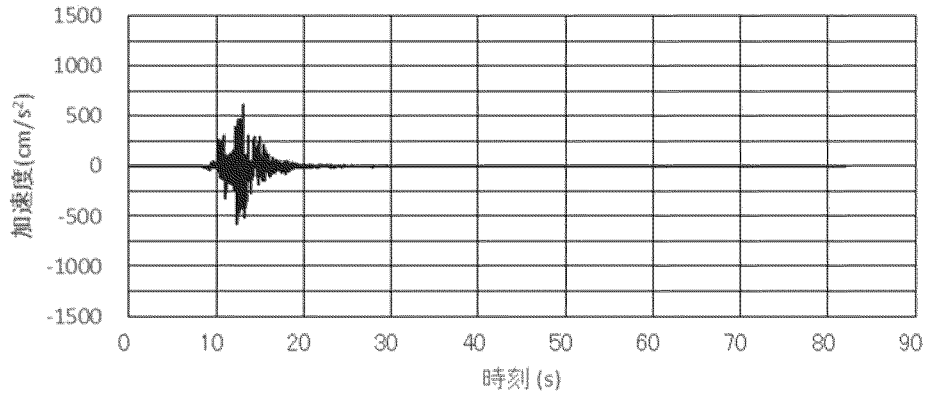


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-14_v)

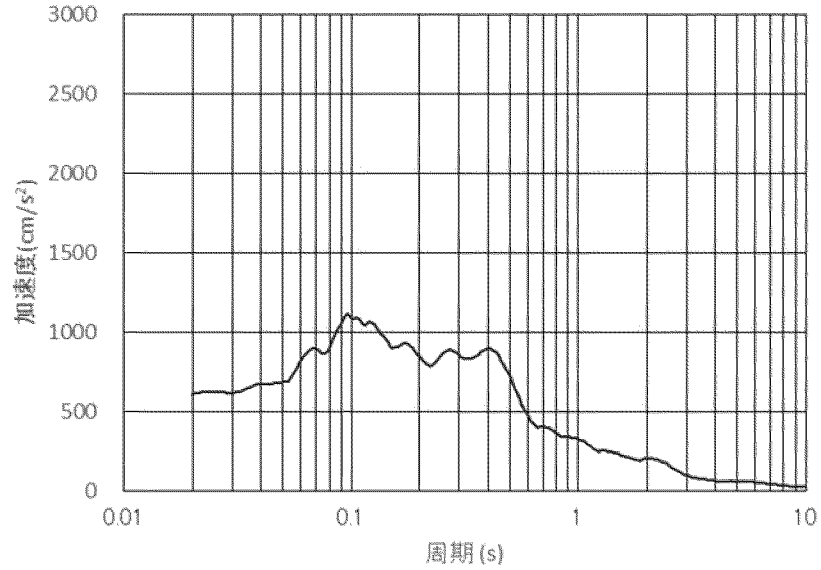
(41/55)

MAX=609.97cm/s² (13.05s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

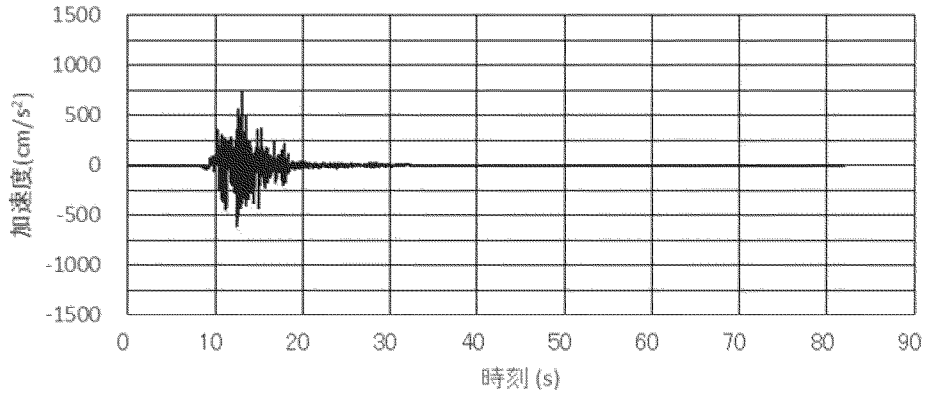


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-15_{II}(NS))

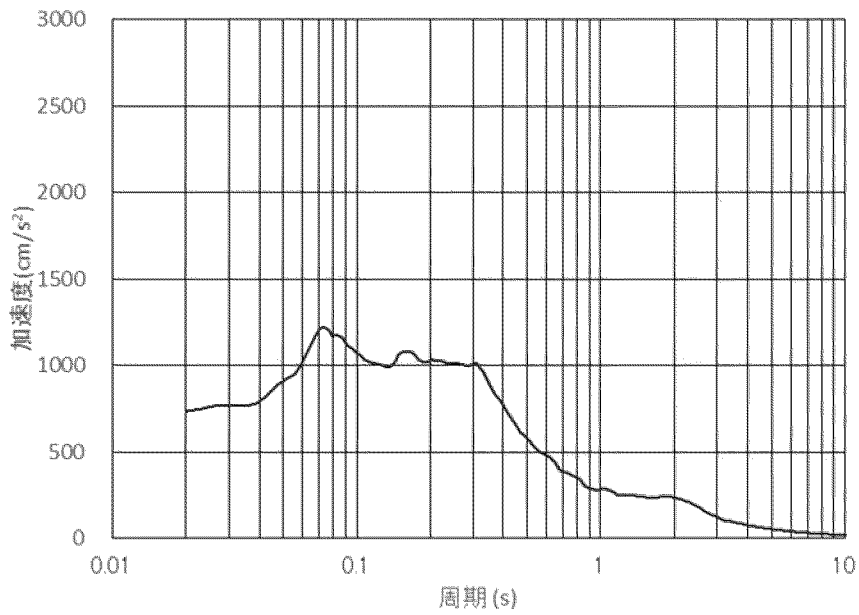
(42/55)

MAX=733.65cm/s² (13.08s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

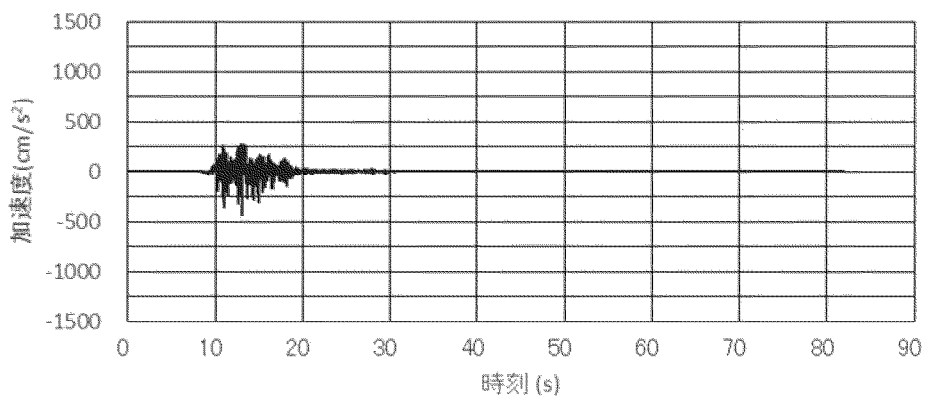


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-15_{II}(EW))

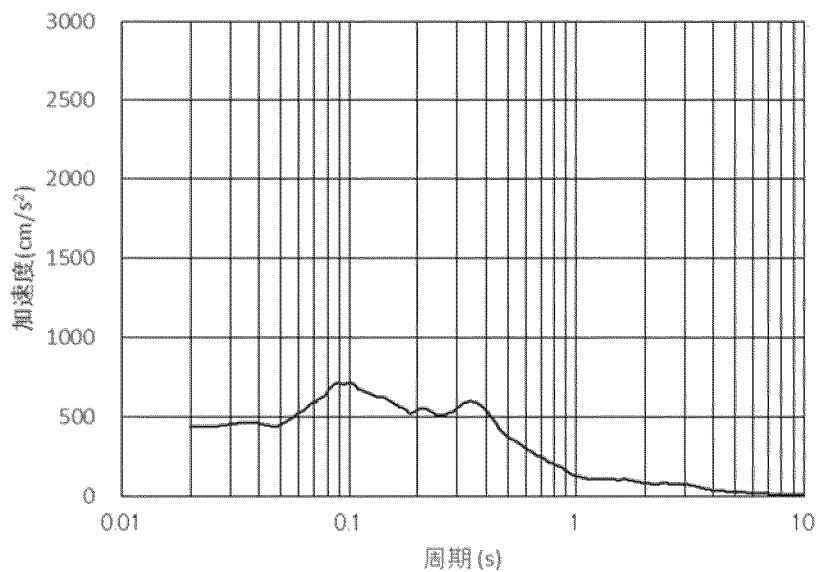
(43/55)

MAX=-439.10cm/s² (13.09s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

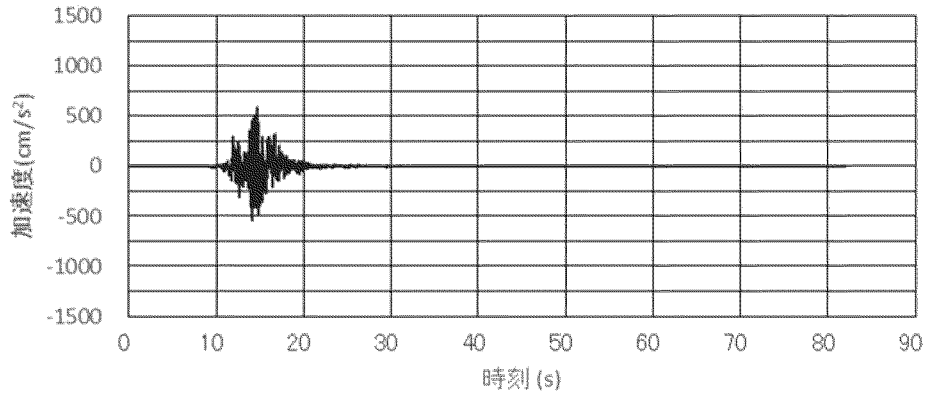


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-15v)

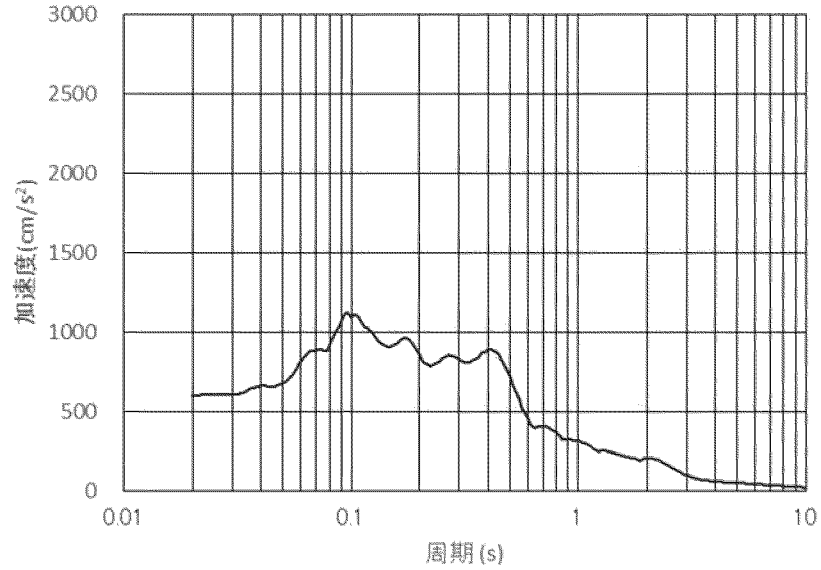
(44/55)

MAX=594.81cm/s² (14.70s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

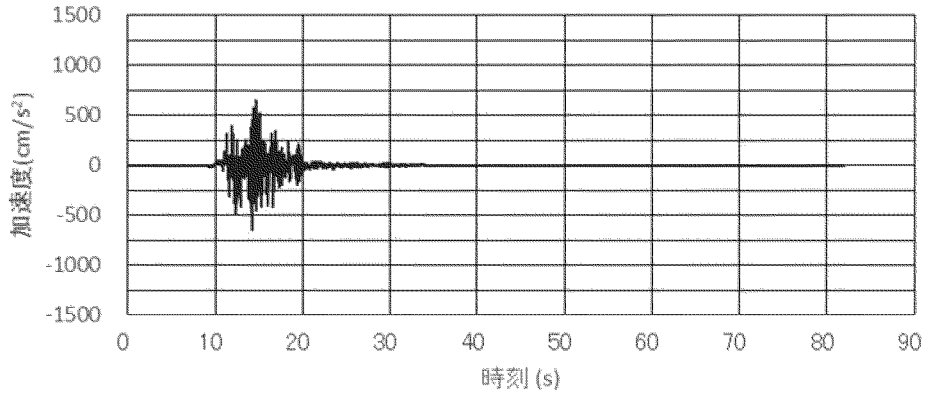


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-16_{II}(NS))

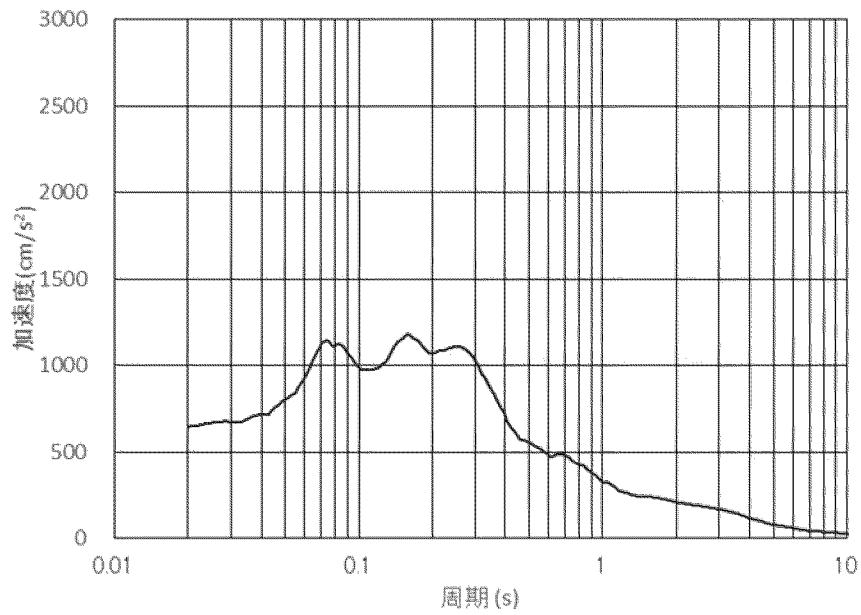
(45/55)

MAX=644.27cm/s² (14.73s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

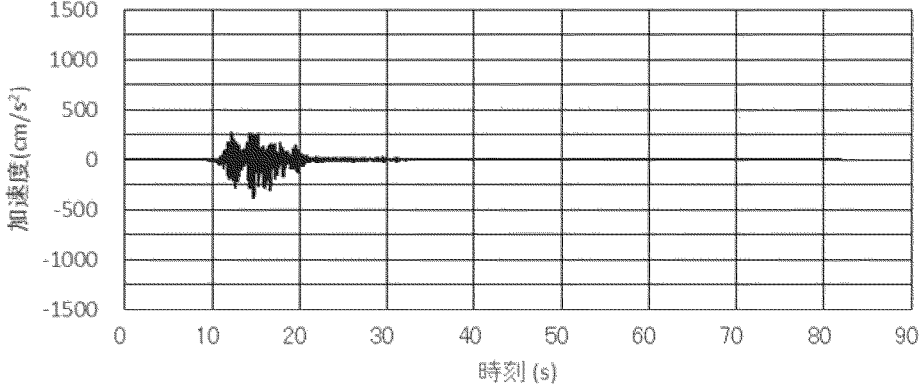


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-16_{II}(EW))

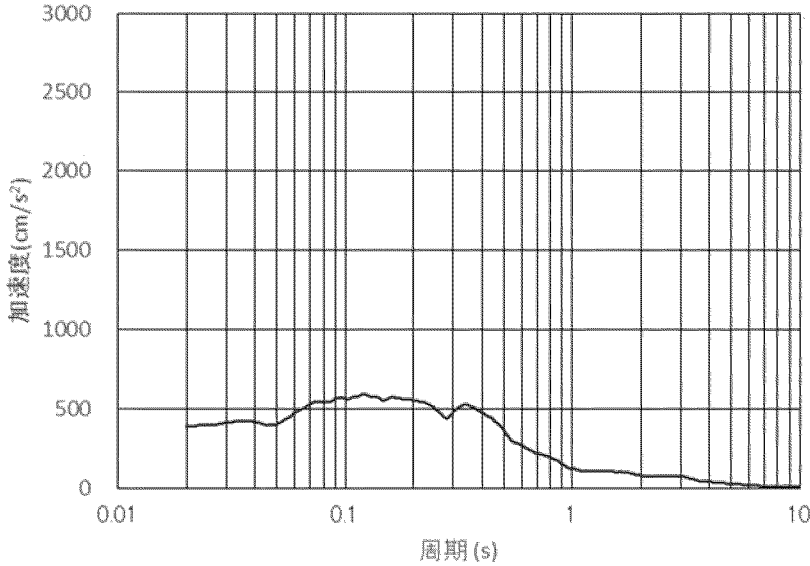
(46/55)

MAX=-393.38cm/s² (14.74s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

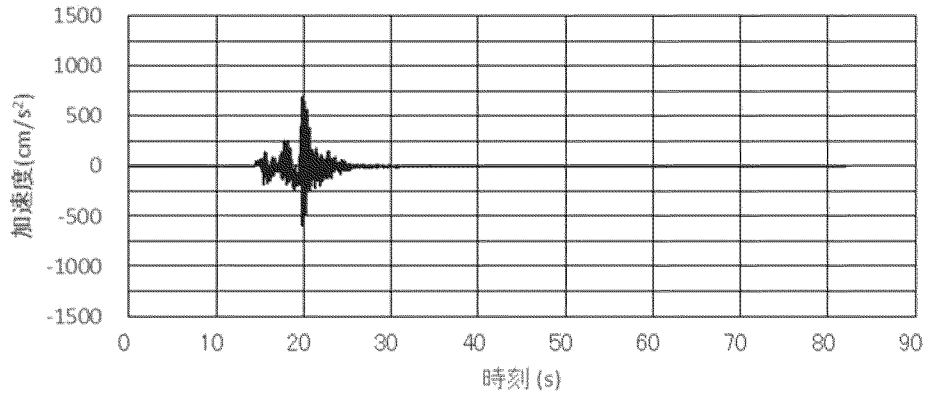


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-16_V)

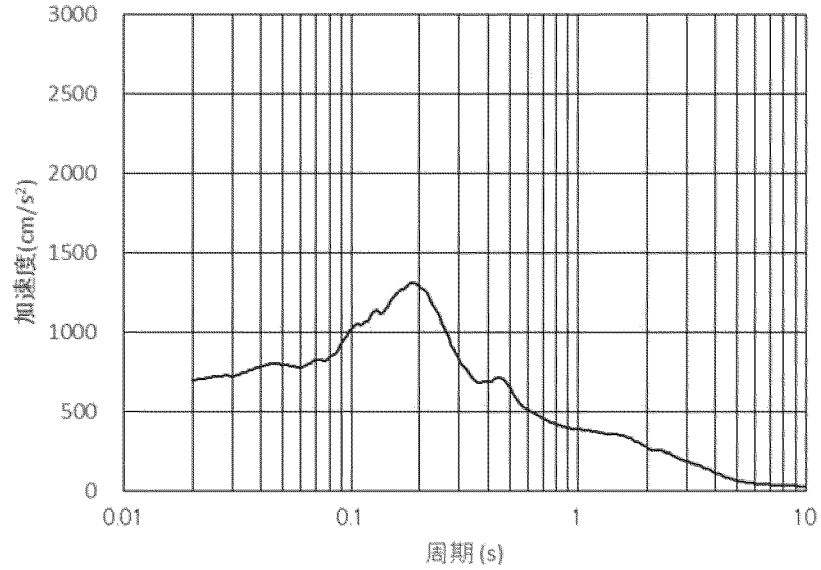
(47/55)

MAX=696.37cm/s² (19.87s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

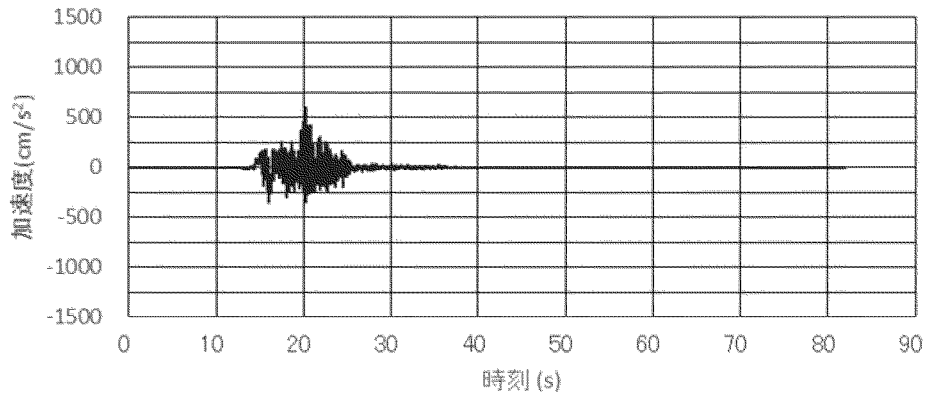


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-17_{II}(NS))

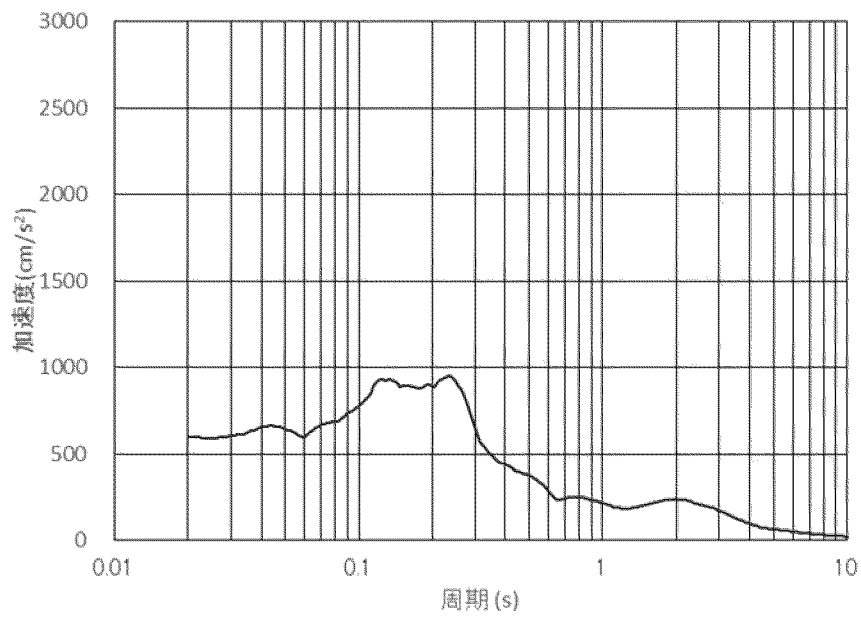
(48/55)

MAX=597.63cm/s² (20.20s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

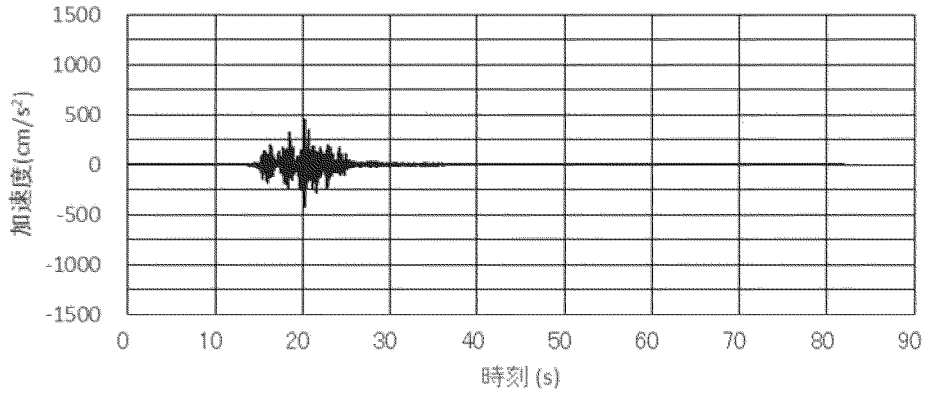


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-17_{II}(EW))

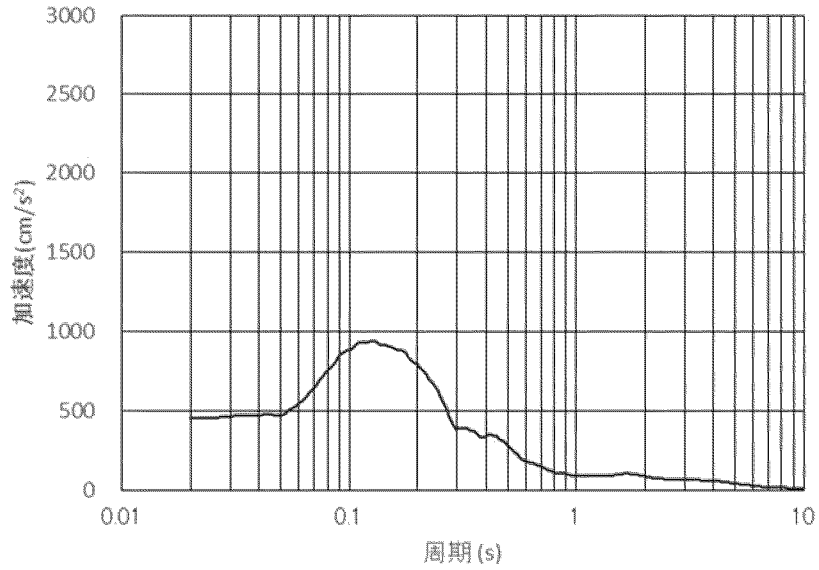
(49/55)

MAX=454.79cm/s² (20.27s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

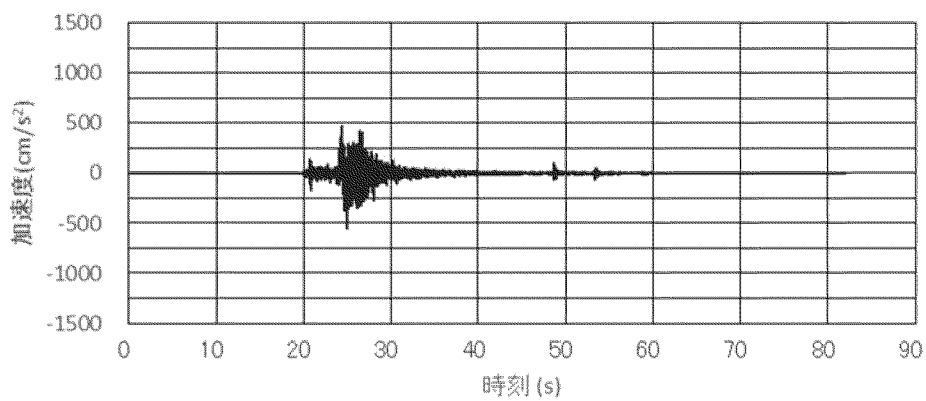


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-17_V)

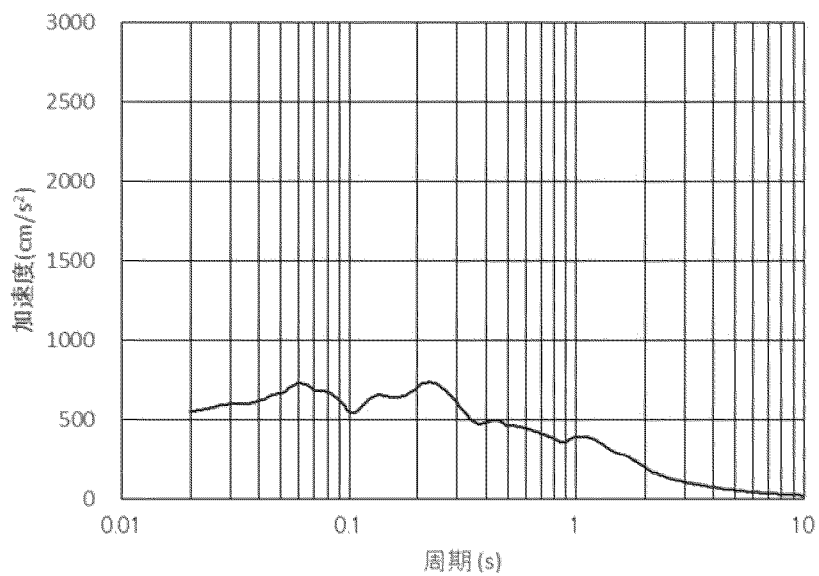
(50/55)

MAX=-546.07cm/s² (24.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

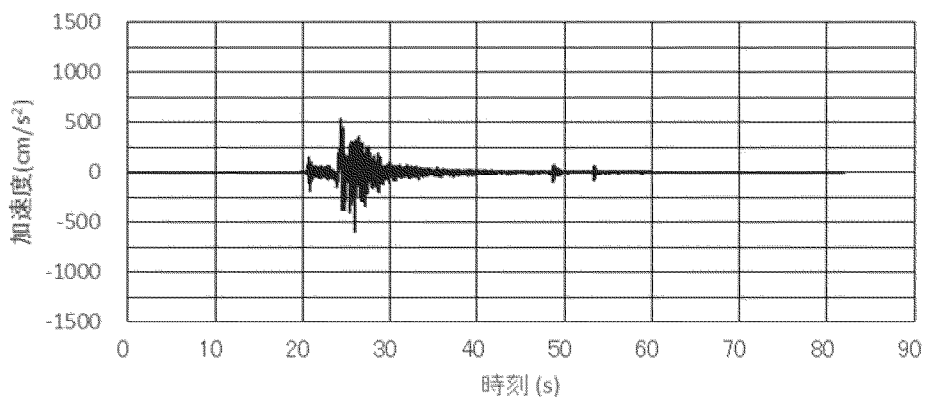


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-18_{II}(NS))

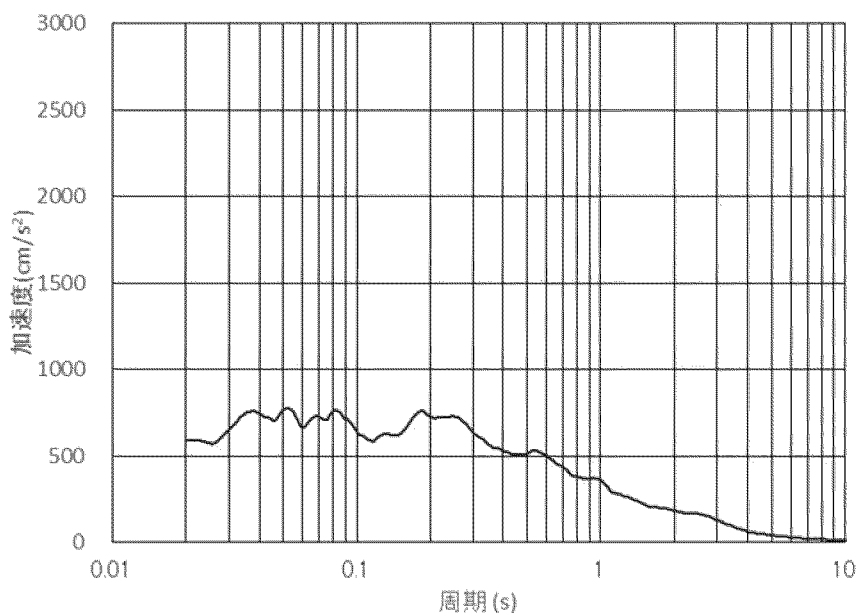
(51/55)

MAX=-590.68cm/s² (25.91s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

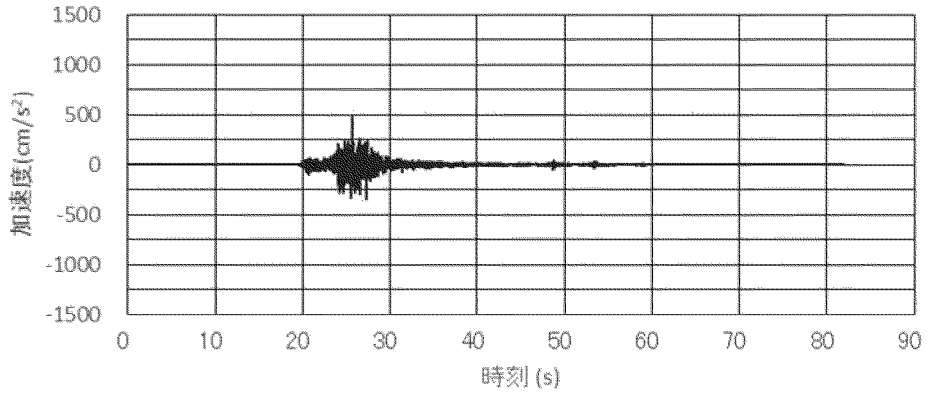


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-18_{II}(EW))

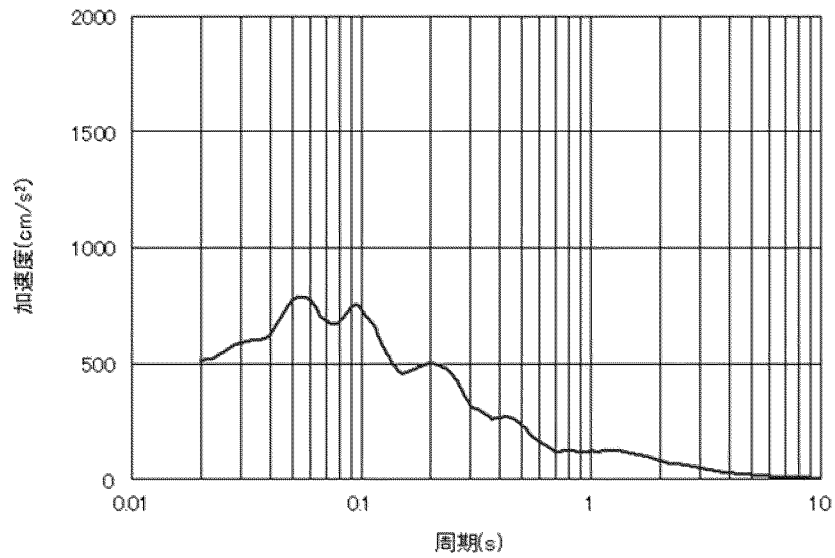
(52/55)

MAX=477.83cm/s² (25.67s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

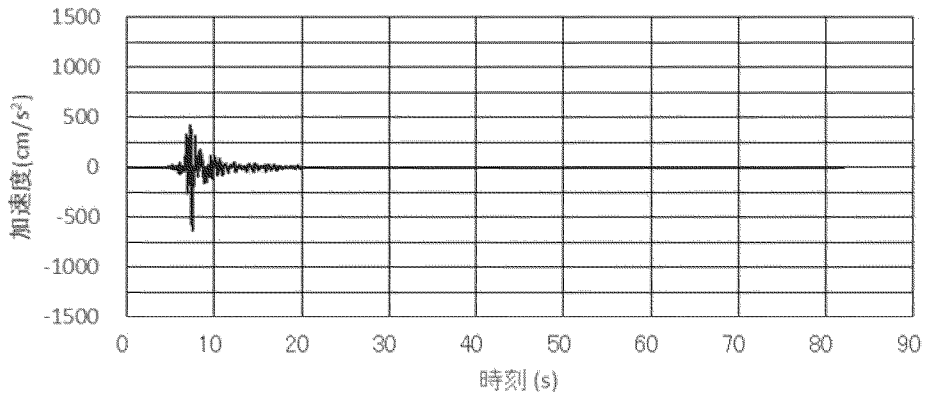


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-18_V)

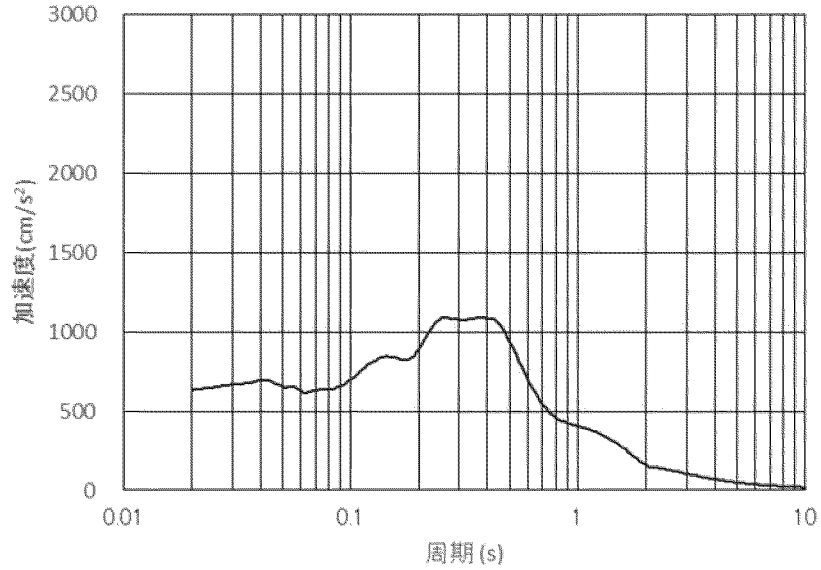
(53/55)

MAX=-633.36cm/s² (7.49s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20

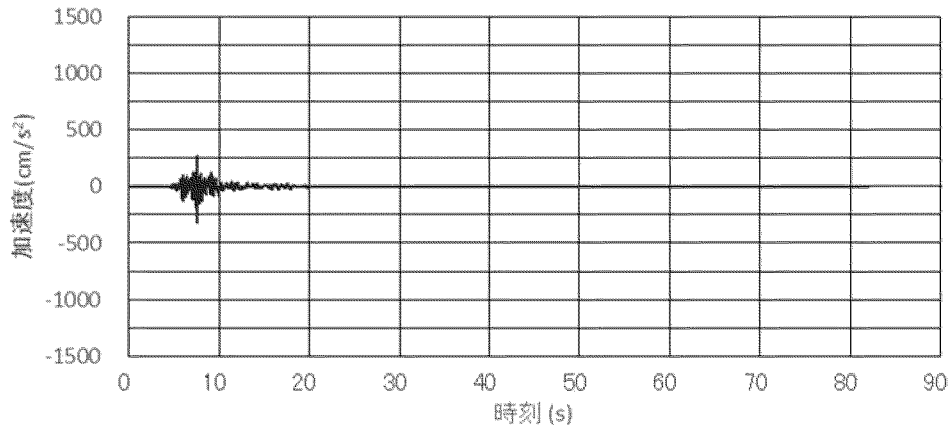


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-19_{II})

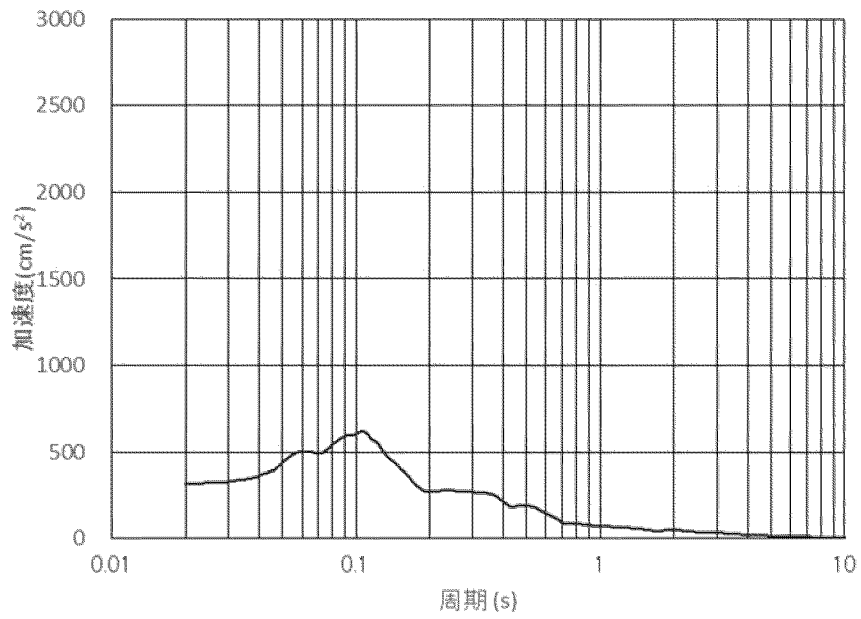
(54/55)

MAX=-315.96cm/s² (7.54s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.20



(b) 加速度応答スペクトル

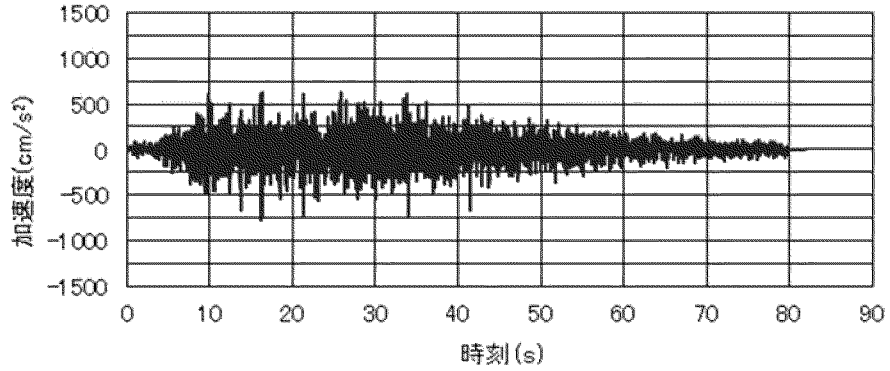
第 2-4 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-19_V)

(55/55)

(2)

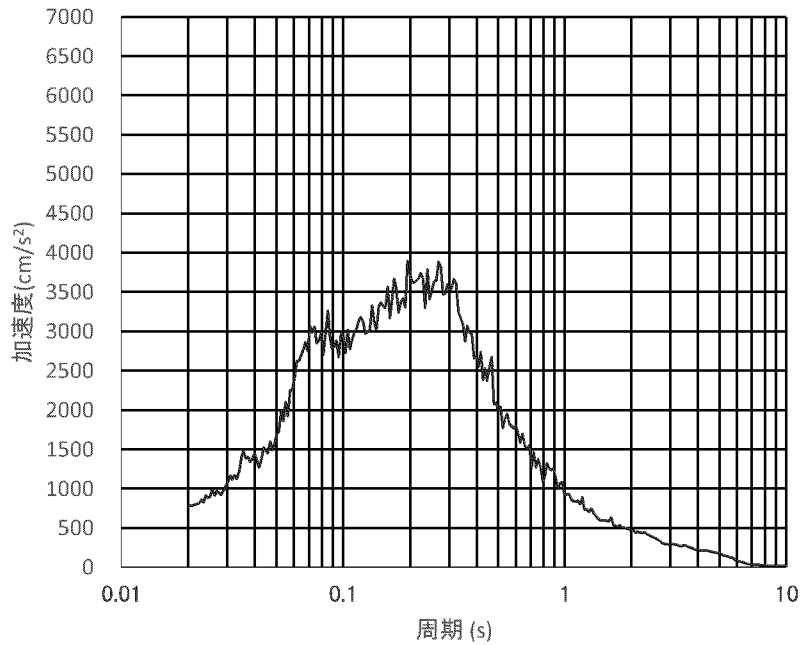
1次元波動論により算定したの地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形を第2-5図に示す。

MAX=-779.47cm/s² (16.24s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

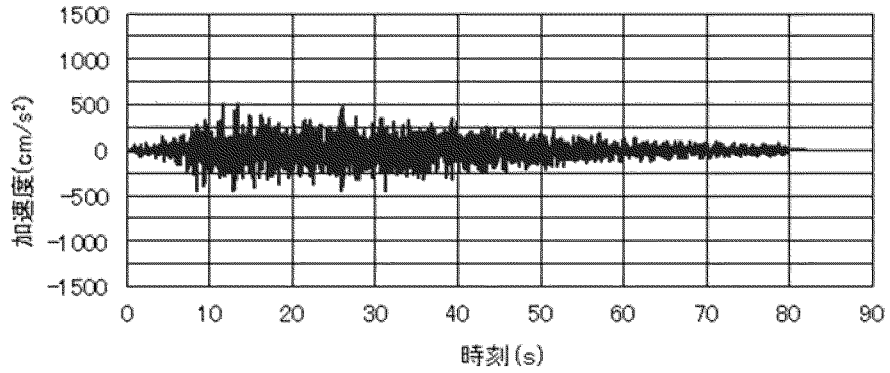


(b) 加速度応答スペクトル

第2-5図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1_{II})

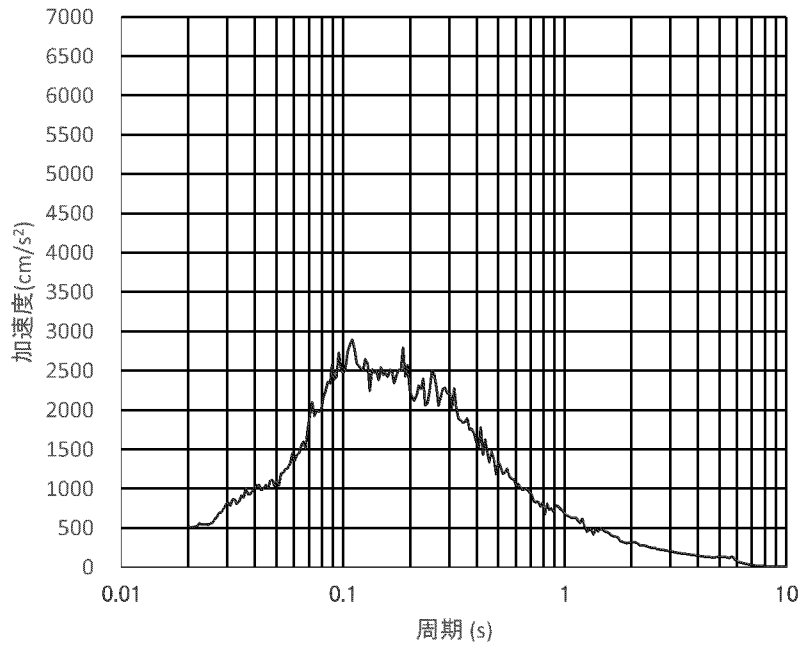
(1/55)

MAX=513.47cm/s² (11.64s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

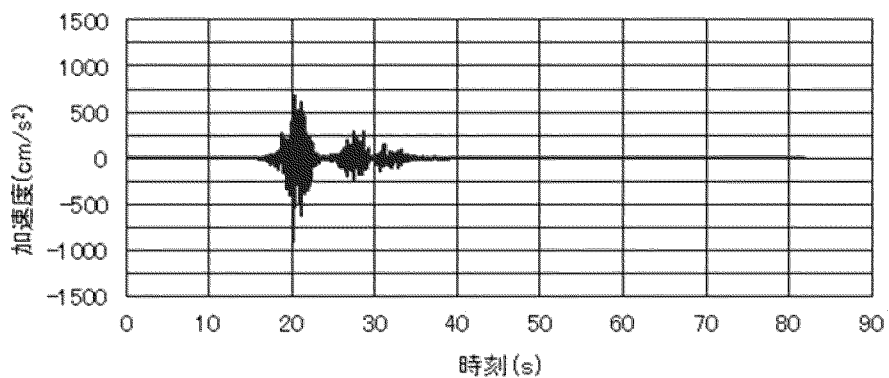


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1_v)

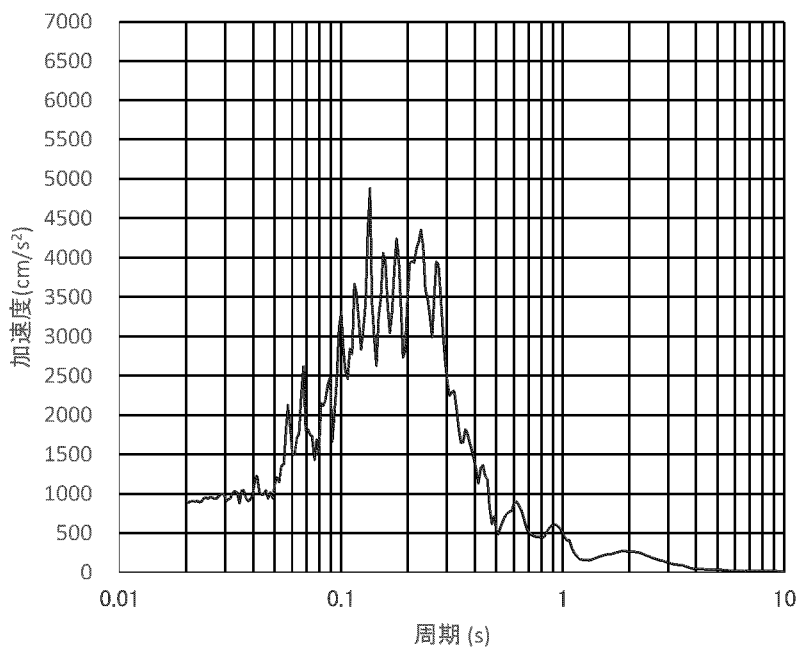
(2/55)

MAX=-894.29cm/s² (20.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

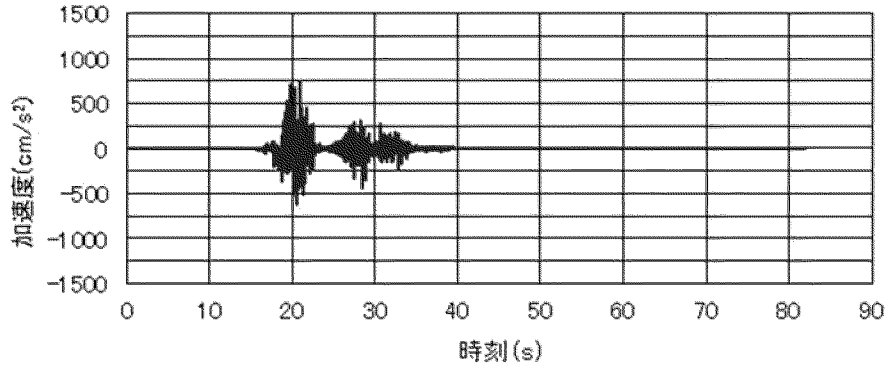


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2_{II}(NS))

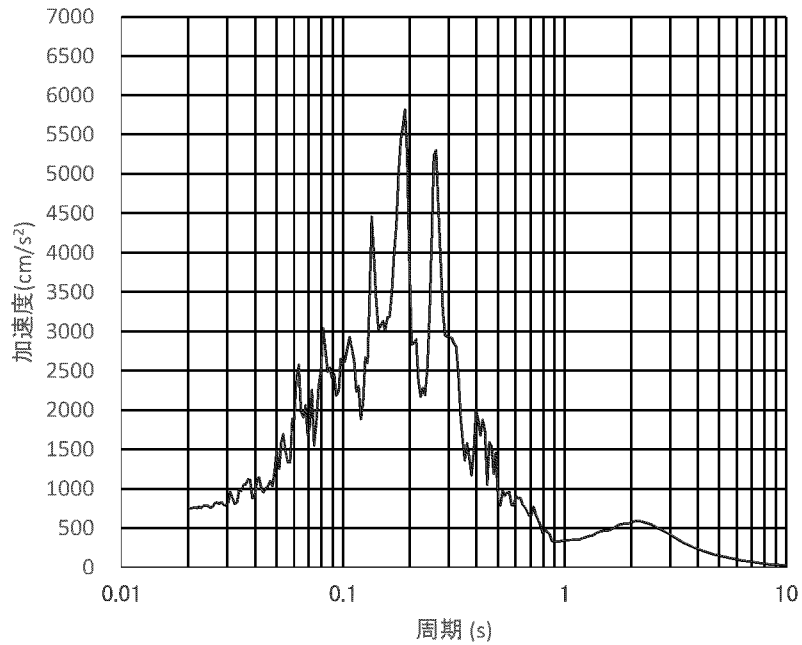
(3/55)

MAX=753.15cm/s² (20.86s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

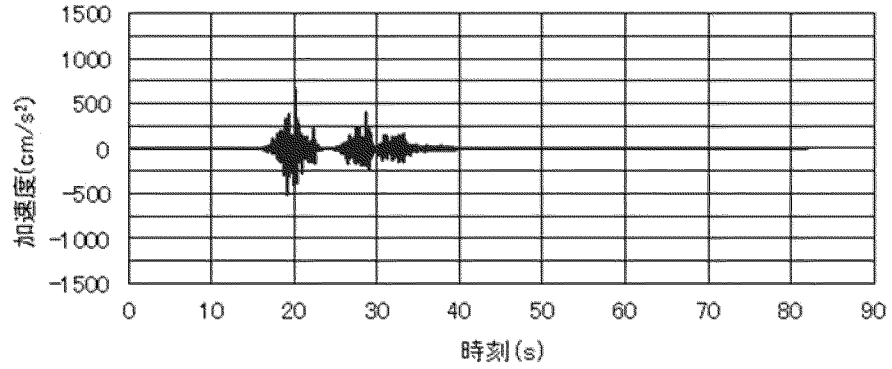


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-2_{II}(EW))

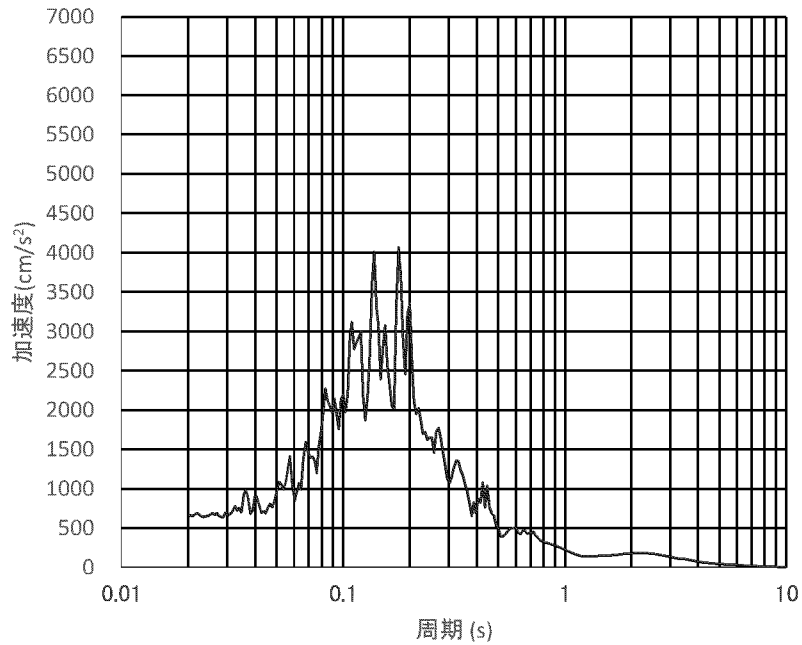
(4/55)

MAX=653.79cm/s² (20.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

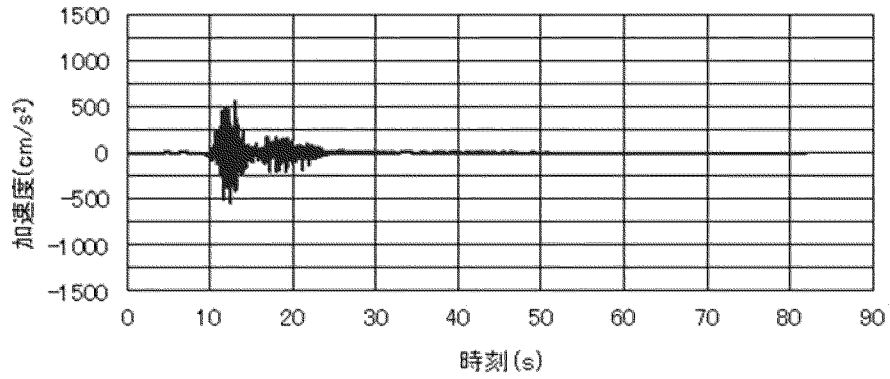


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2_v)

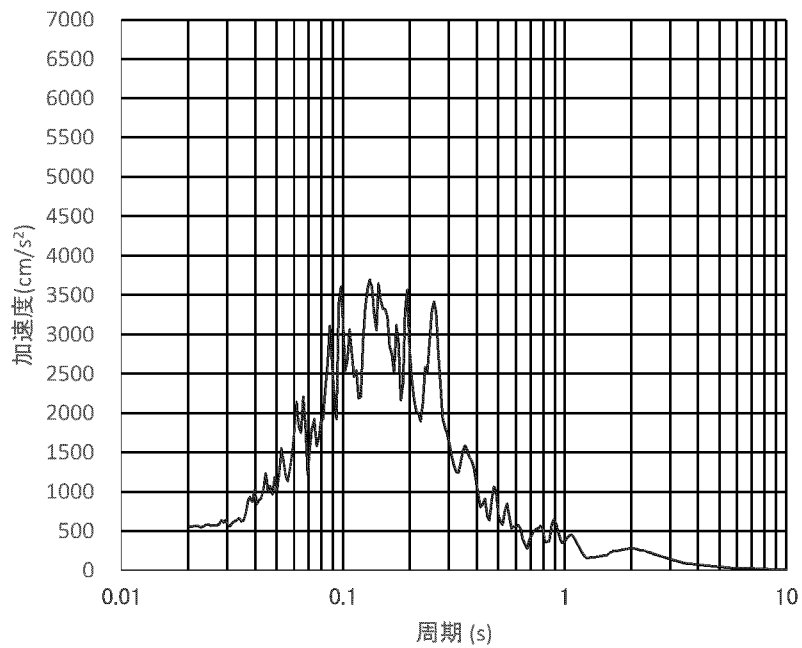
(5/55)

MAX=555.05cm/s² (13.08s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

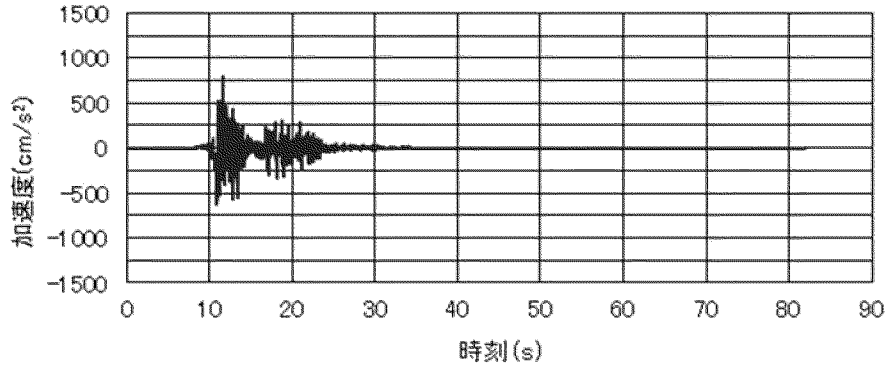


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3_{II}(NS))

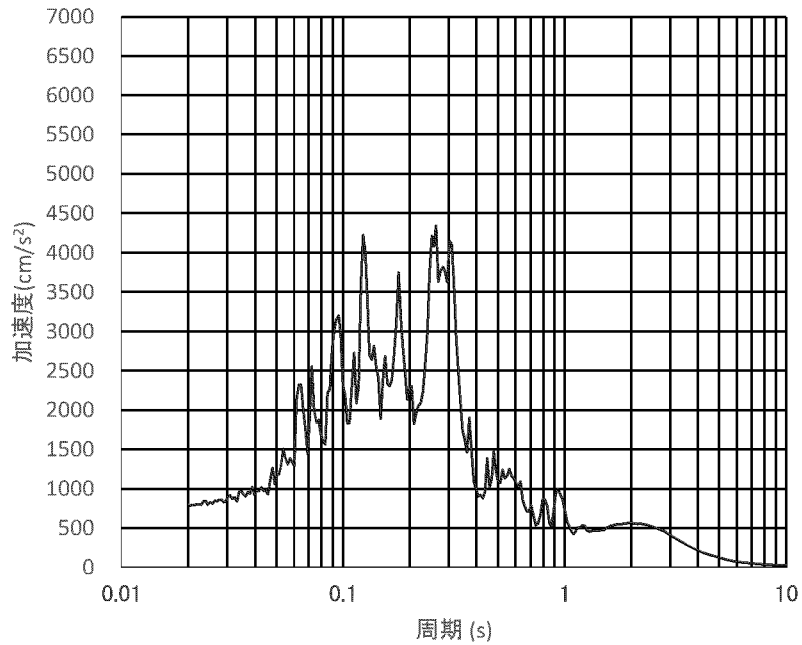
(6/55)

MAX=787.93cm/s² (11.63s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

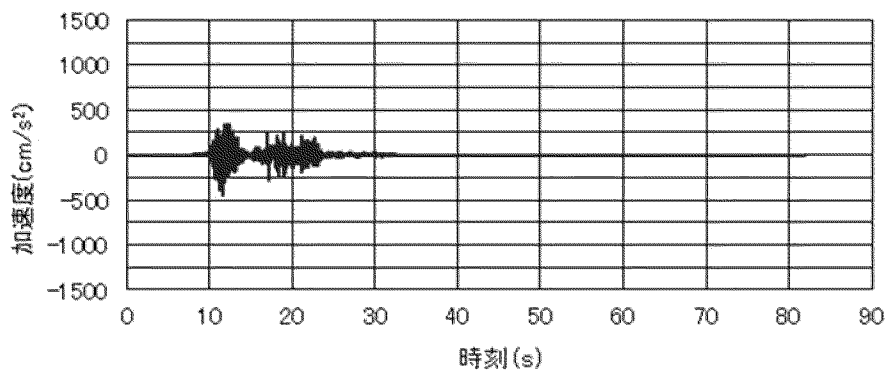


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3_{II}(EW))

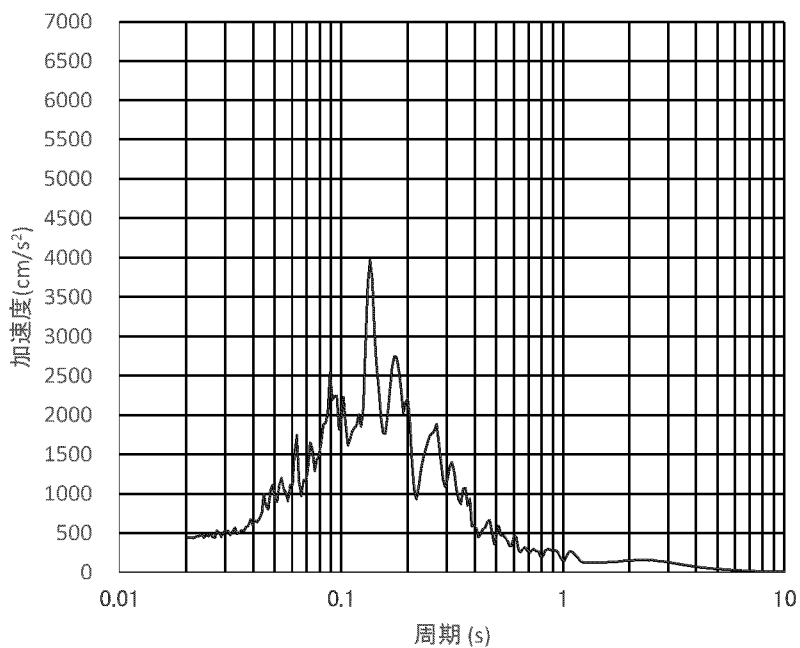
(7/55)

MAX=-438.38cm/s² (11.71s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

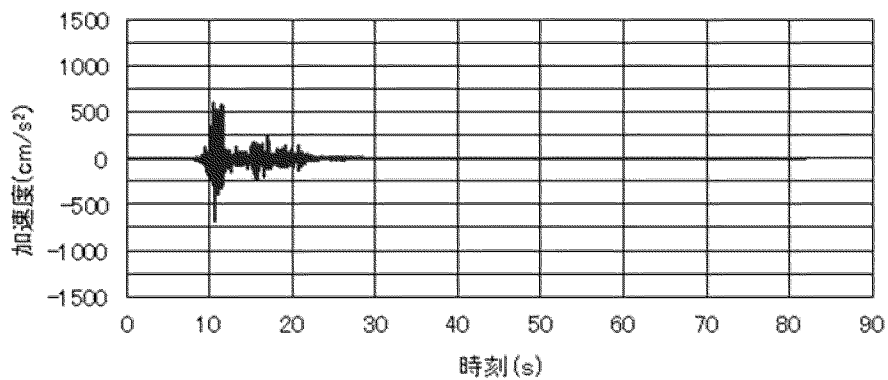


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3_v)

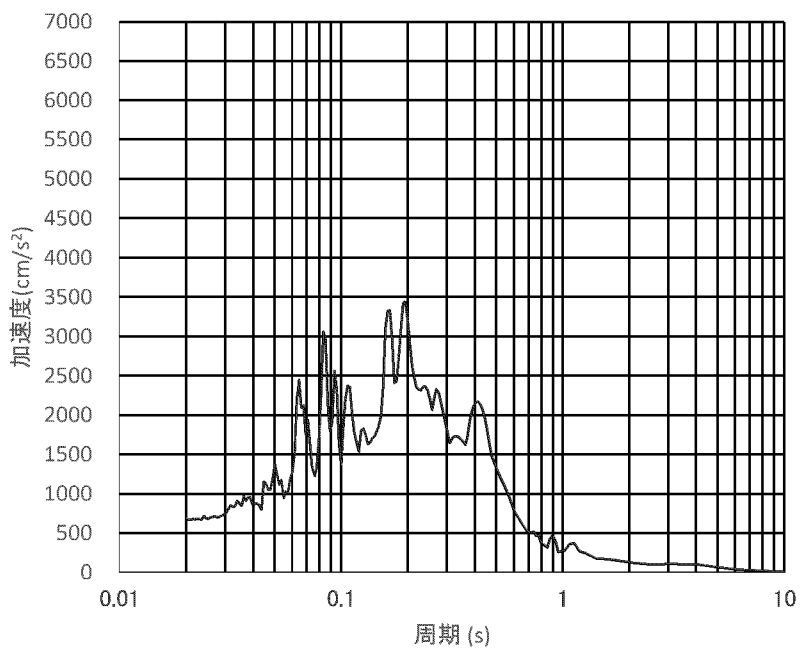
(8/55)

MAX=-674.54cm/s² (10.62s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

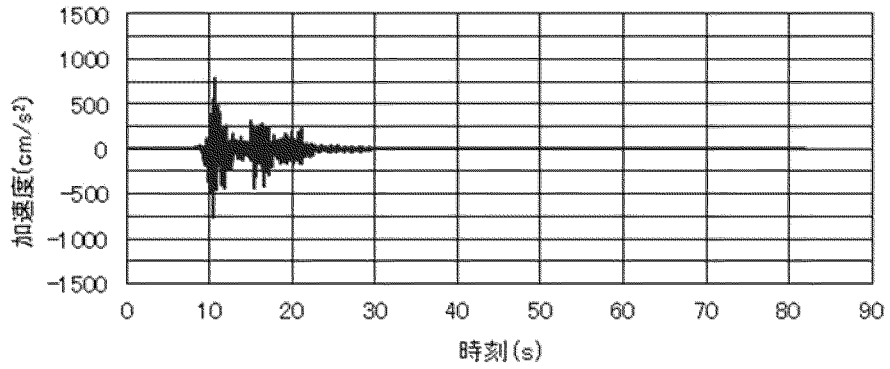


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4_{II}(NS))

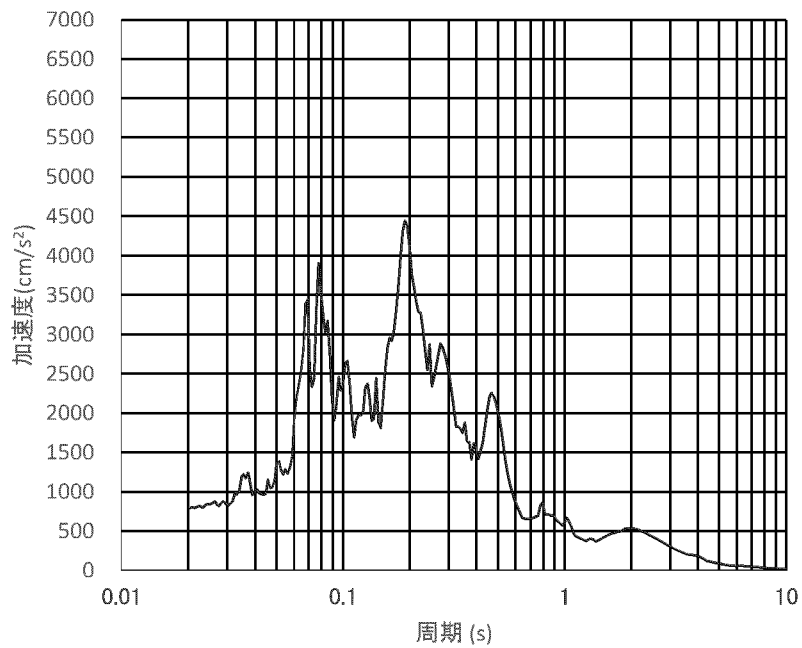
(9/55)

MAX=794.85cm/s² (10.62s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

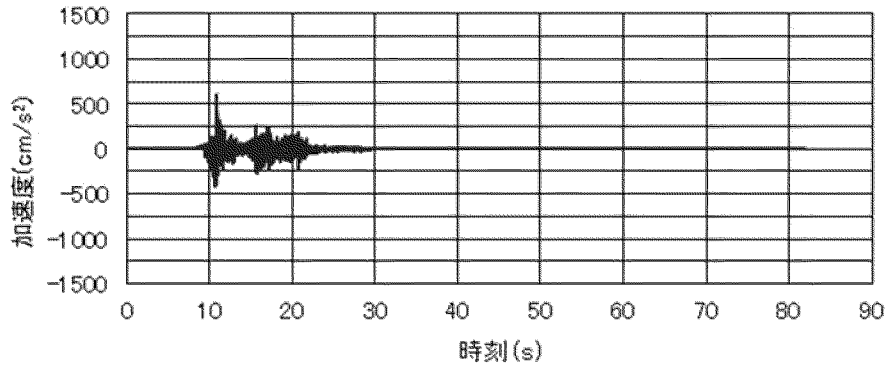


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4_{II}(EW))

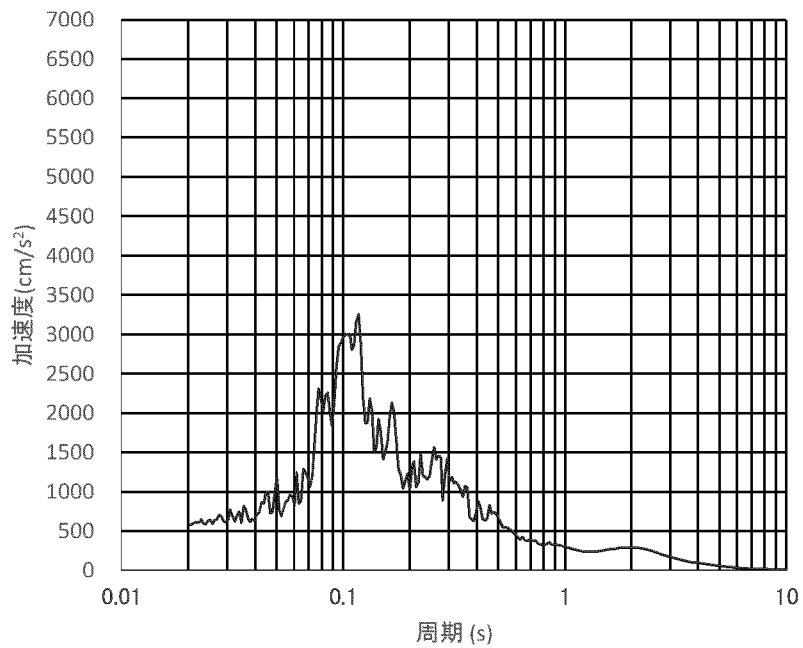
(10/55)

MAX=598.75cm/s² (10.92s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

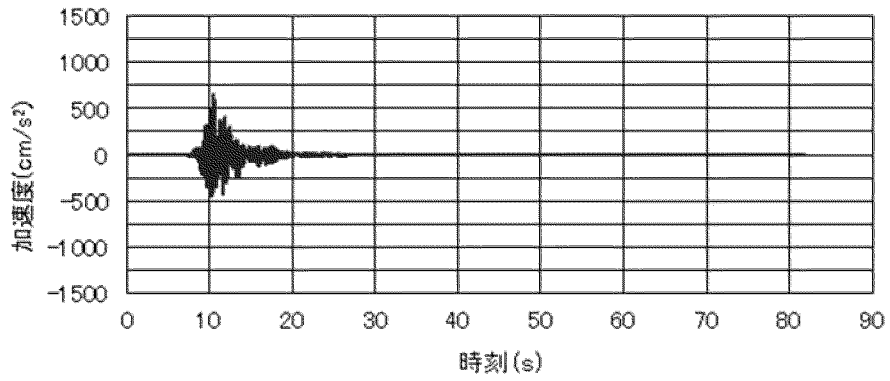


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4v)

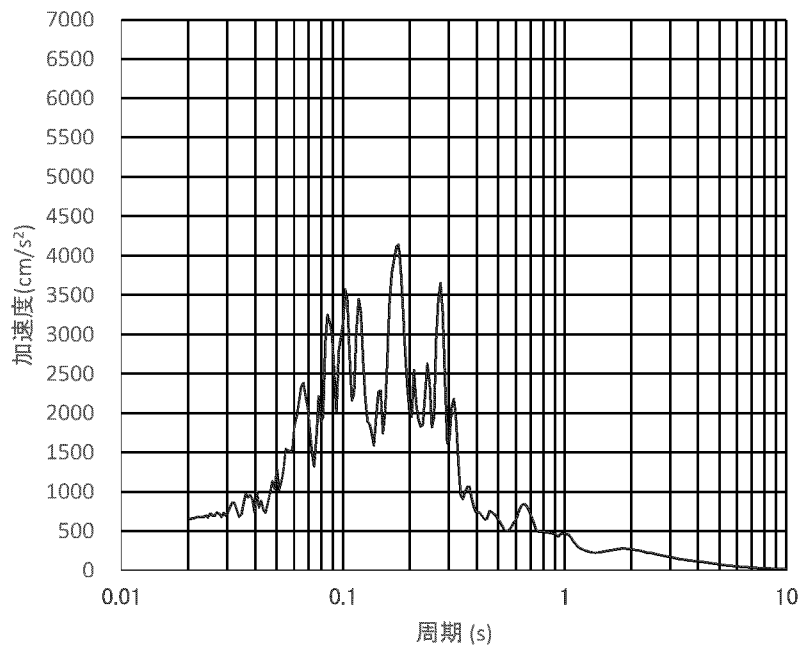
(11/55)

MAX=651.38cm/s² (10.40s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

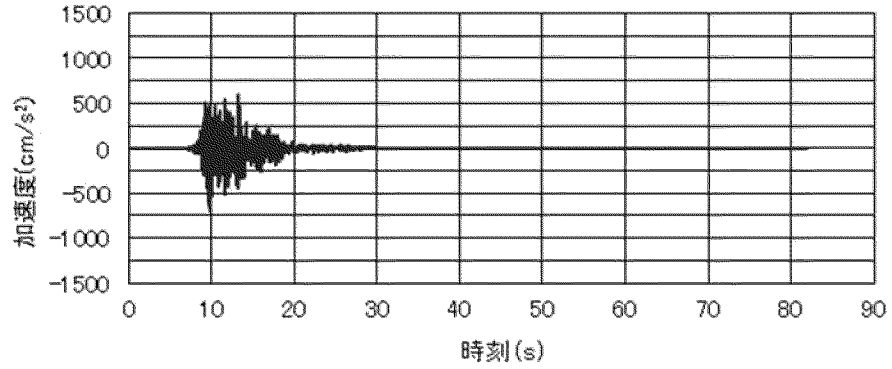


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_{II}(NS))

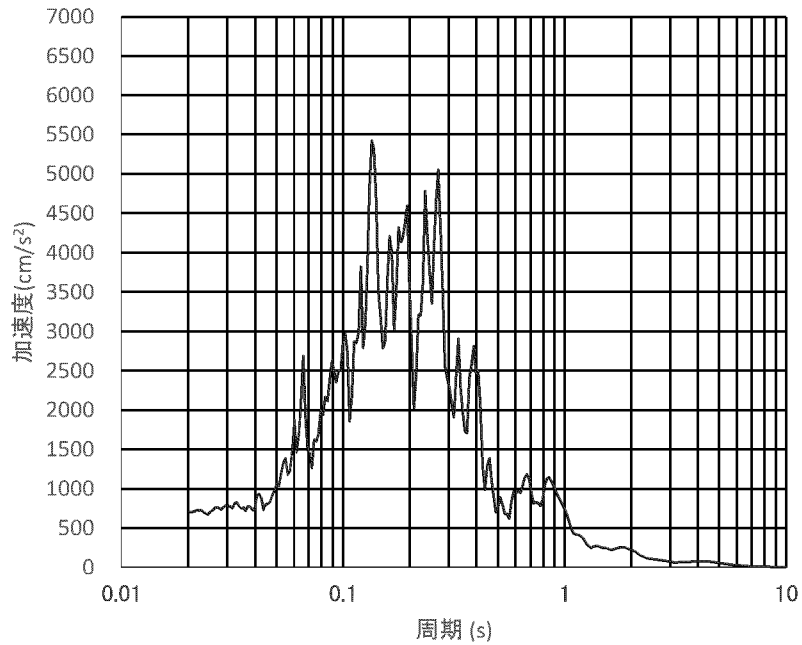
(12/55)

MAX=-699.25cm/s² (9.76s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

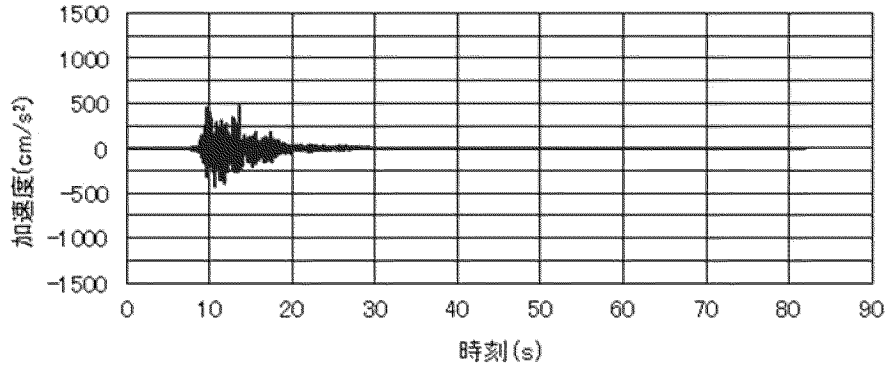


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_{II}(EW))

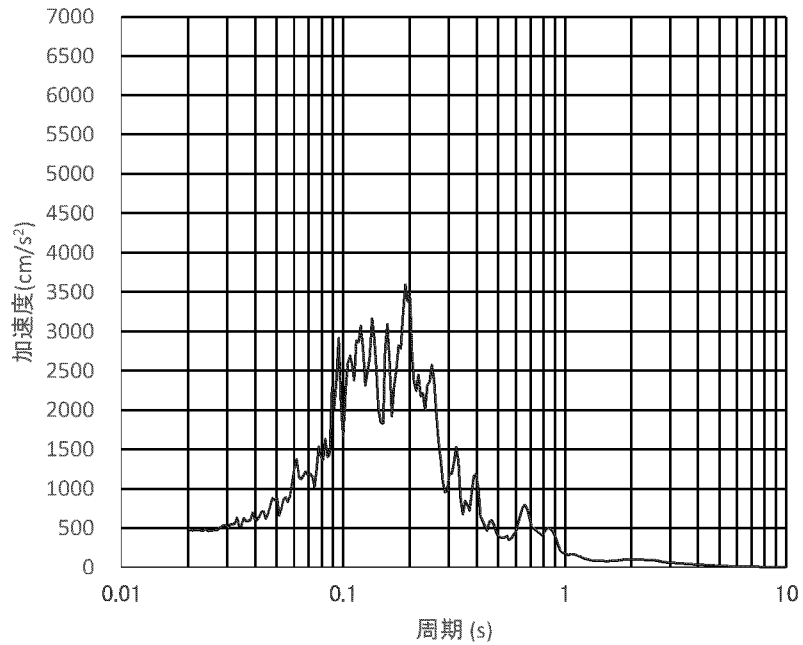
(13/55)

MAX=476.66cm/s² (13.58s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

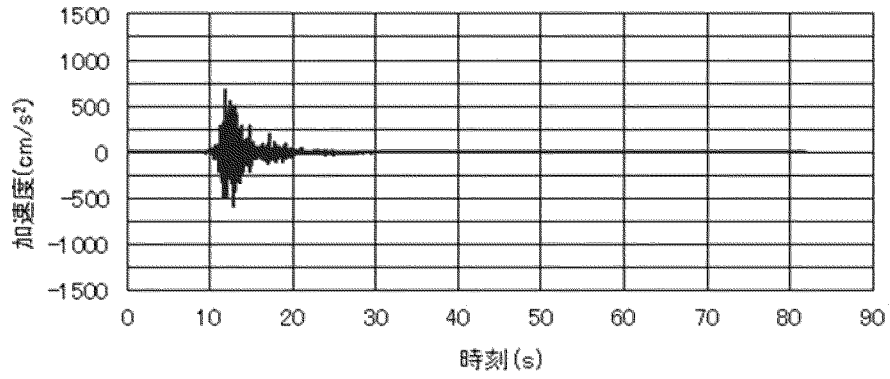


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5_v)

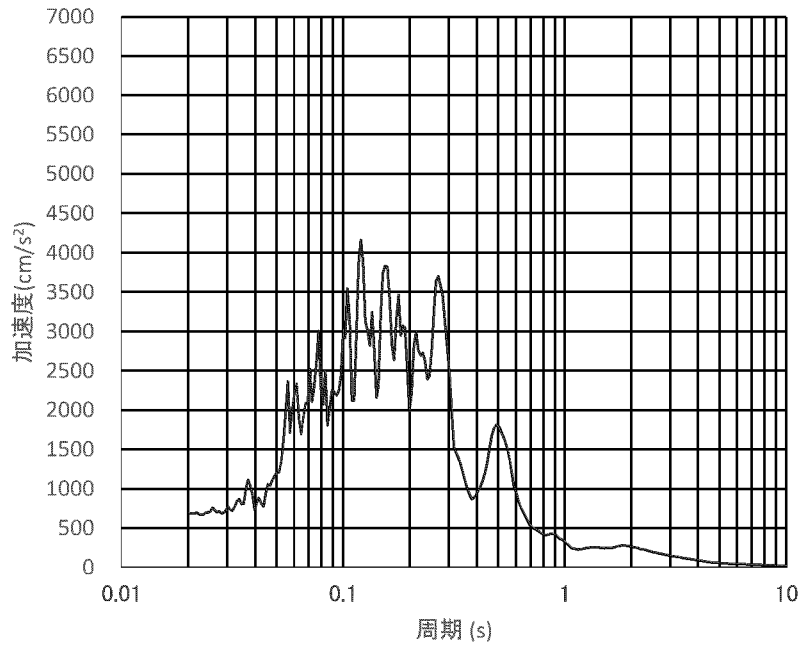
(14/55)

MAX=689.26cm/s² (11.85s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

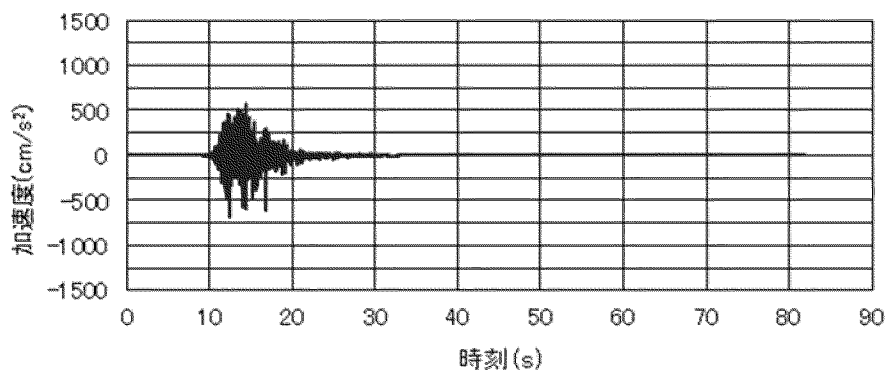


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_{II}(NS))

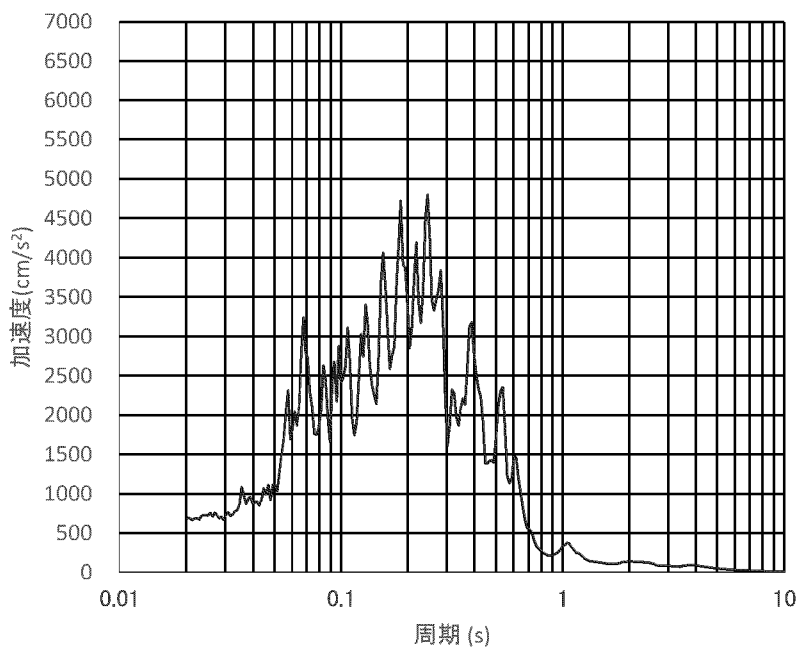
(15/55)

MAX=-677.85cm/s² (12.47s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

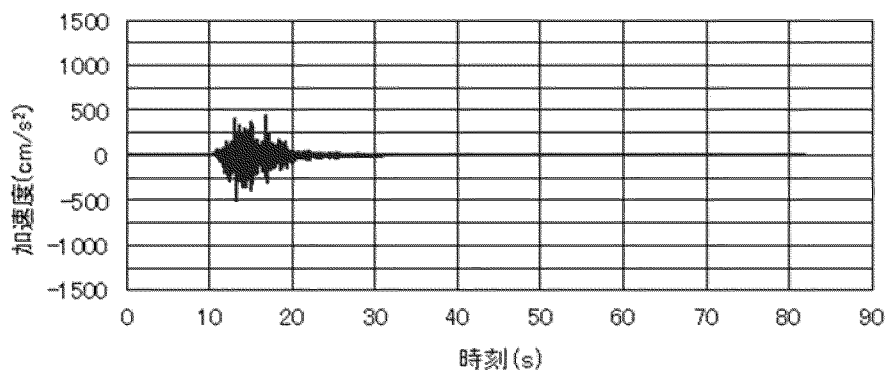


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_{II}(EW))

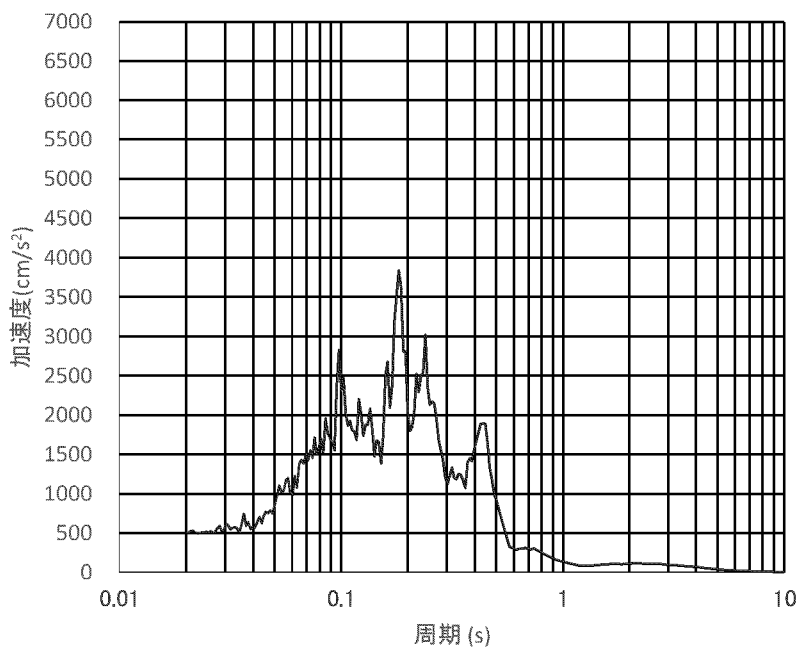
(16/55)

MAX=-499.16cm/s² (13.19s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

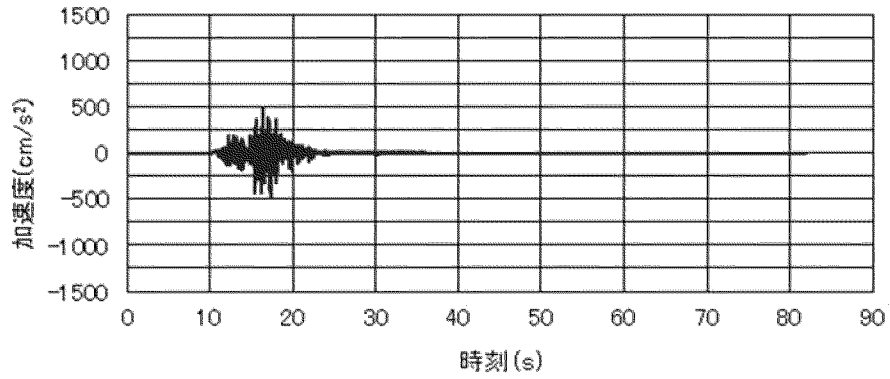


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-6_v)

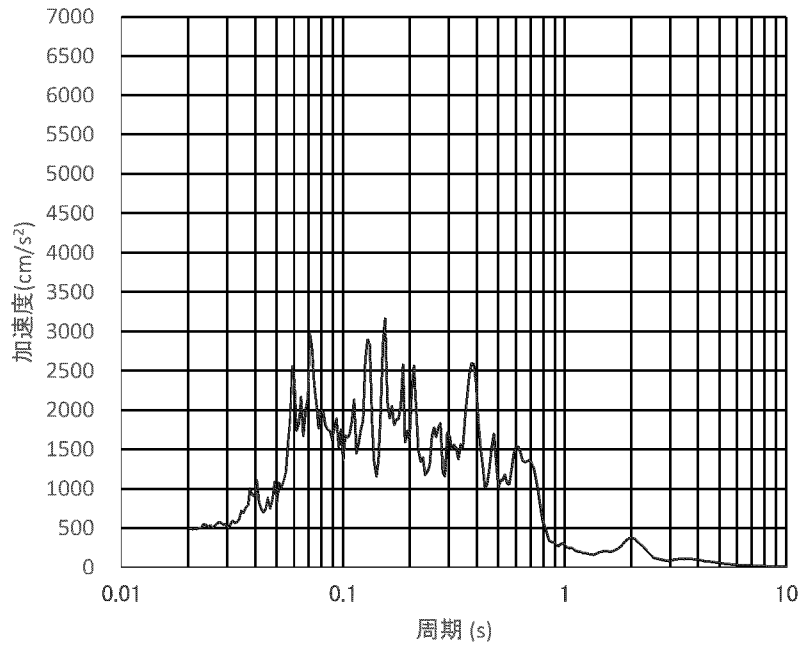
(17/55)

MAX=484.80cm/s² (16.41s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

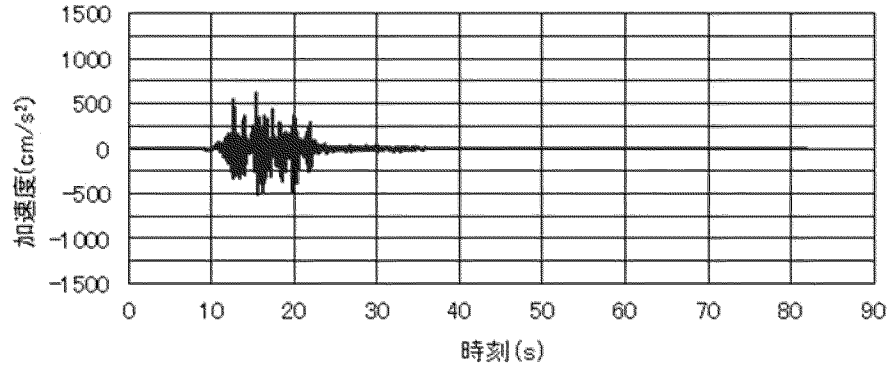


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-7_{II}(NS))

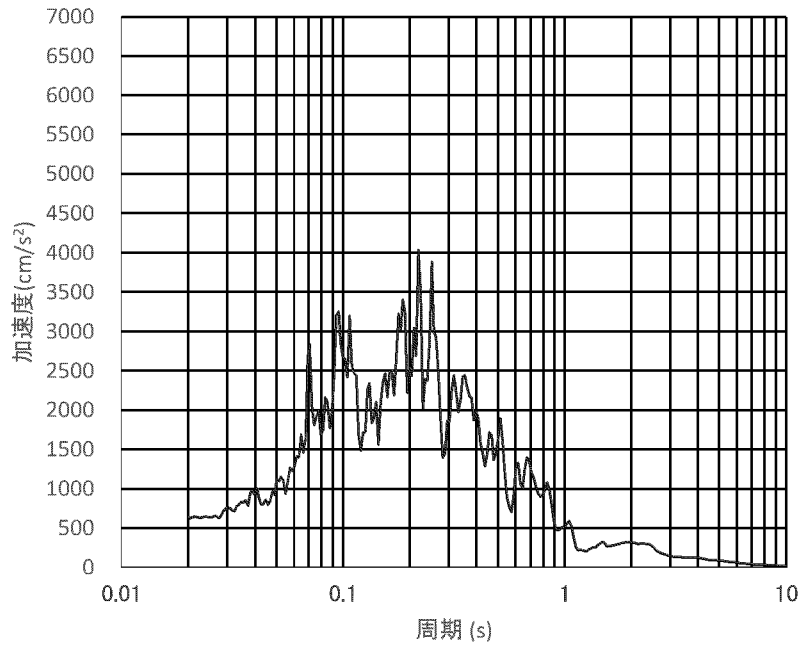
(18/55)

MAX=626.48cm/s² (15.40s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

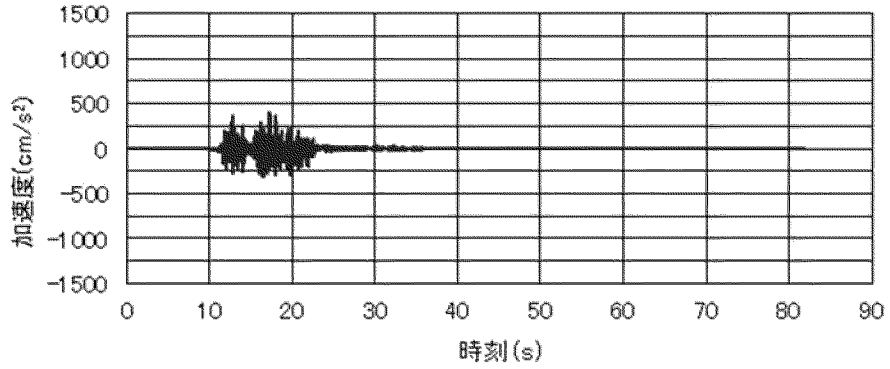


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-7_{II}(EW))

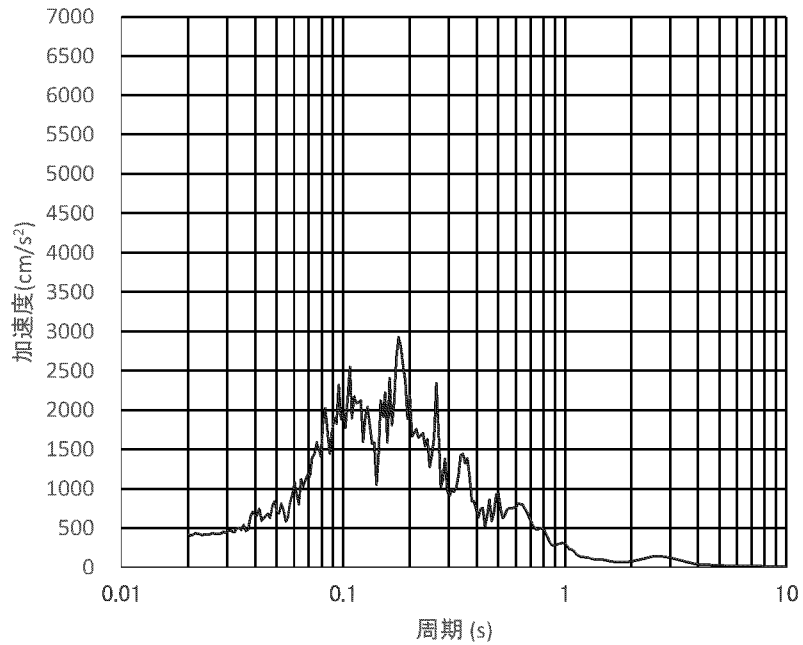
(19/55)

MAX=408.83cm/s² (17.26s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

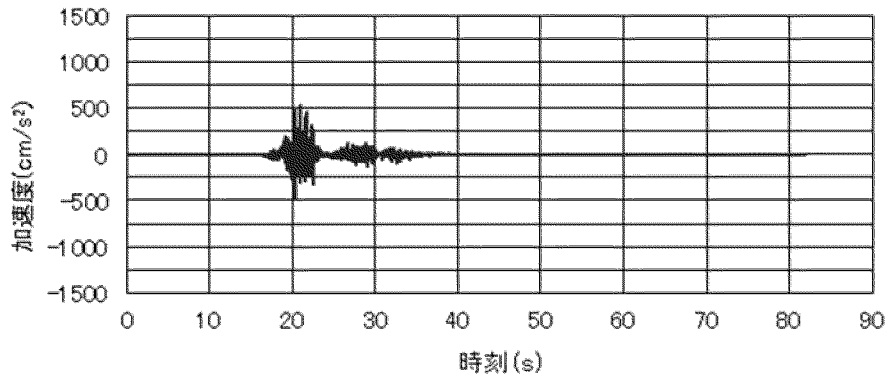


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-7_v)

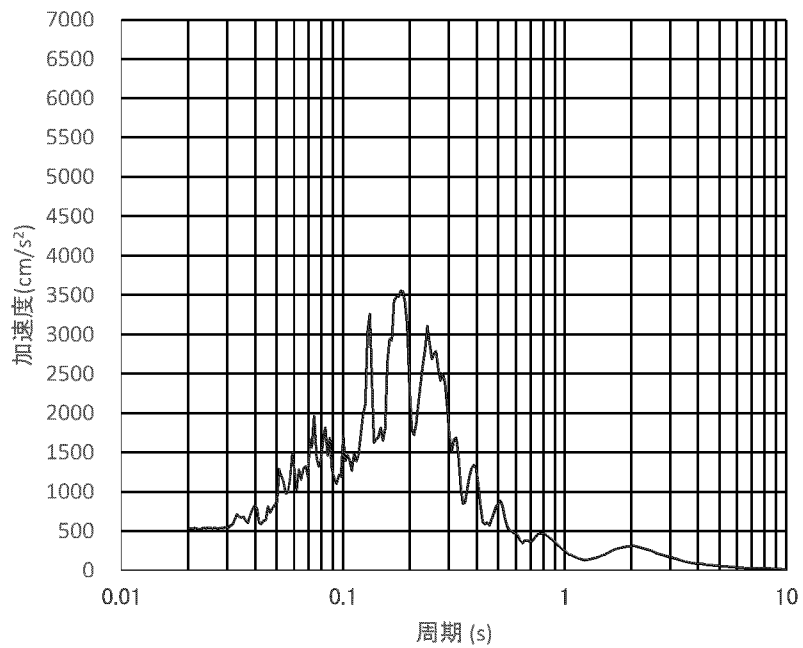
(20/55)

MAX=529.90cm/s² (20.98s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

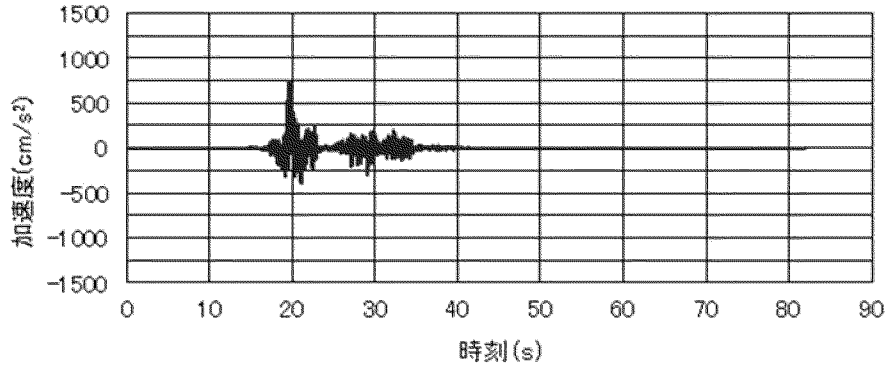


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-8_{II}(NS))

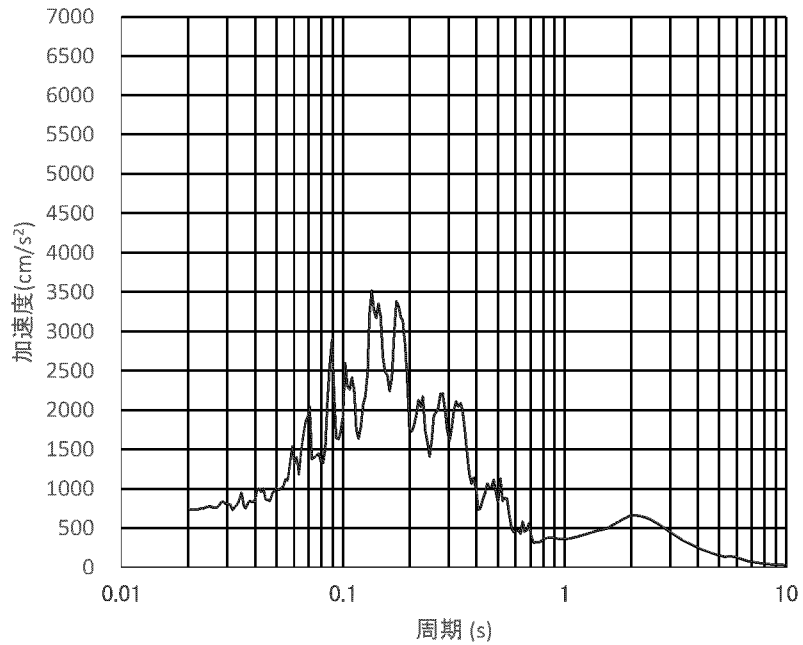
(21/55)

MAX=739.70cm/s² (19.65s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

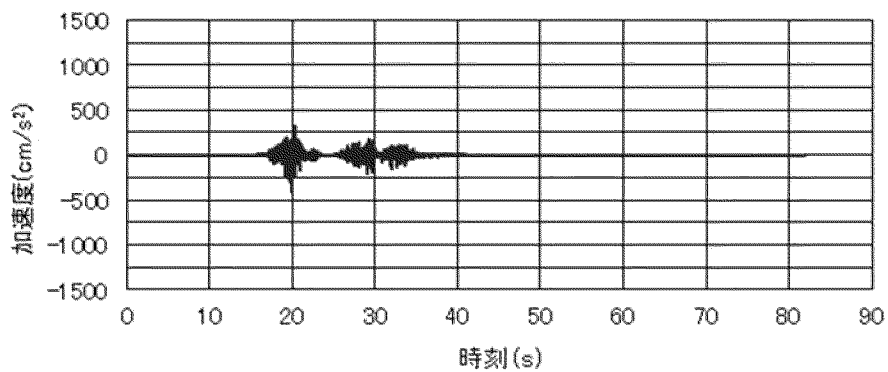


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-8_{II}(EW))

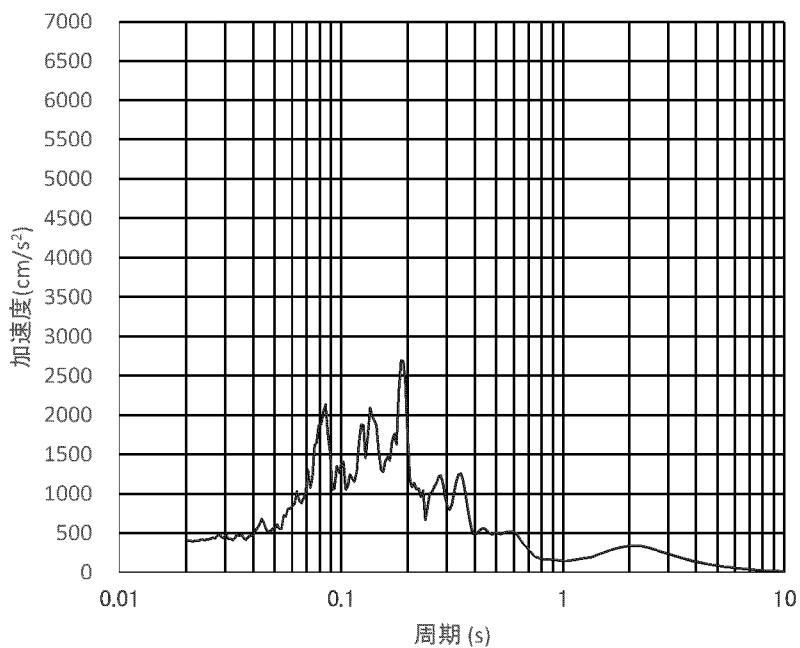
(22/55)

MAX=-403.52cm/s² (19.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

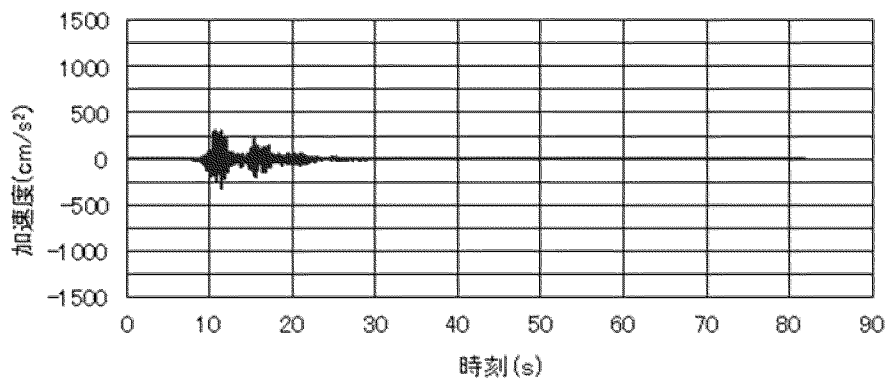


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-8_v)

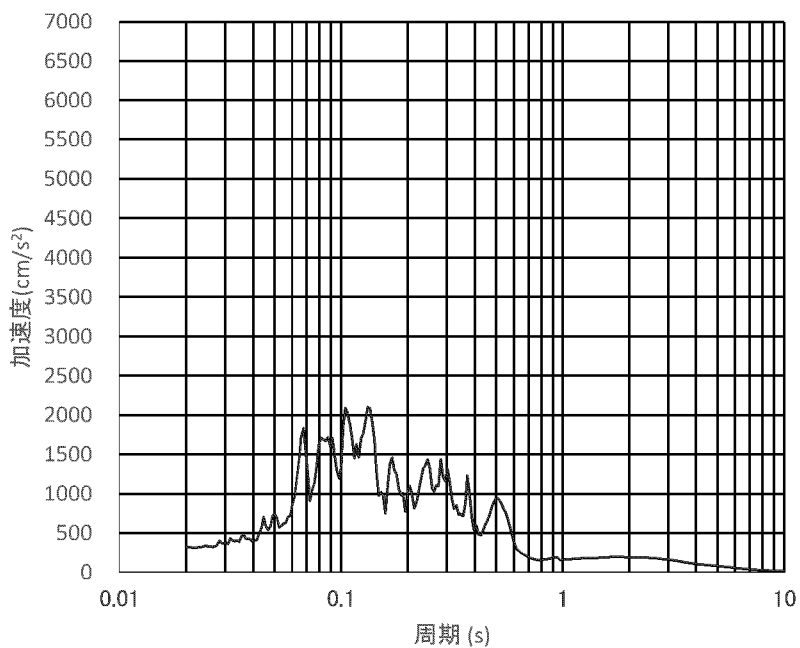
(23/55)

MAX=-312.00cm/s² (11.36s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

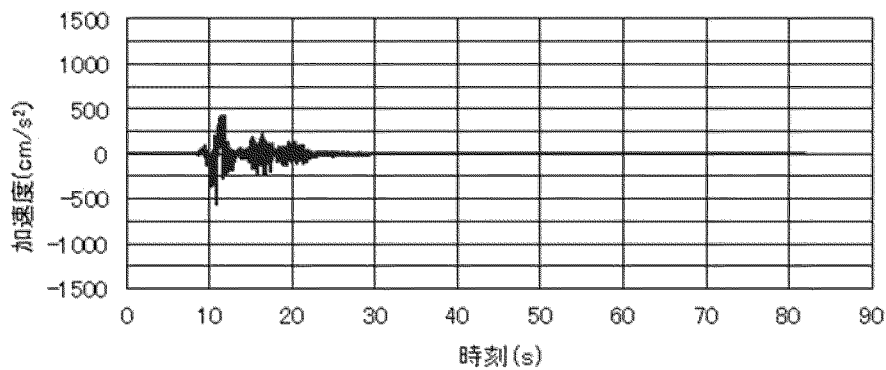


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_{II}(NS))

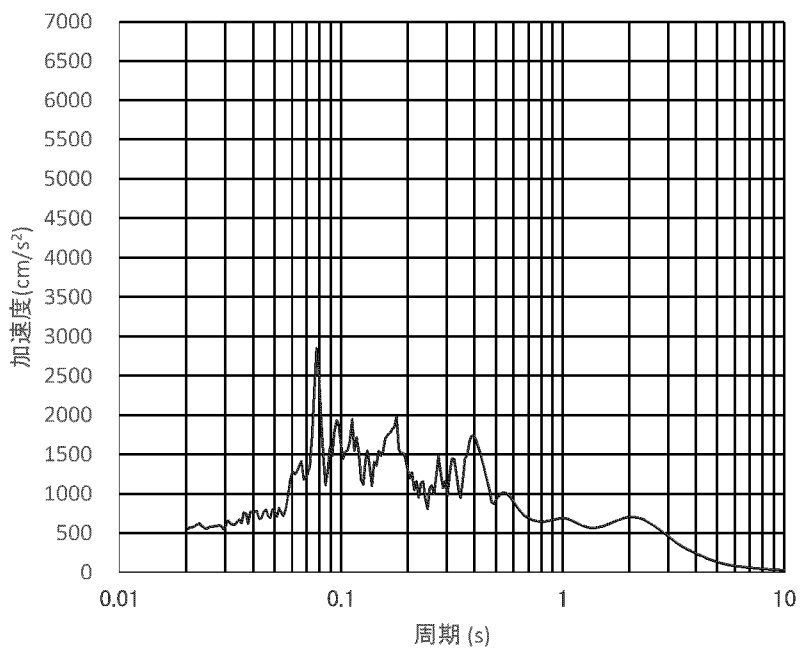
(24/55)

MAX=-567.58cm/s² (10.78s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

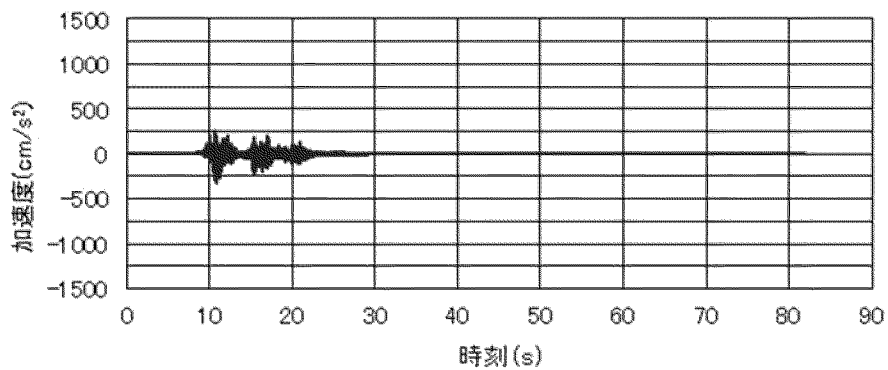


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_{II}(EW))

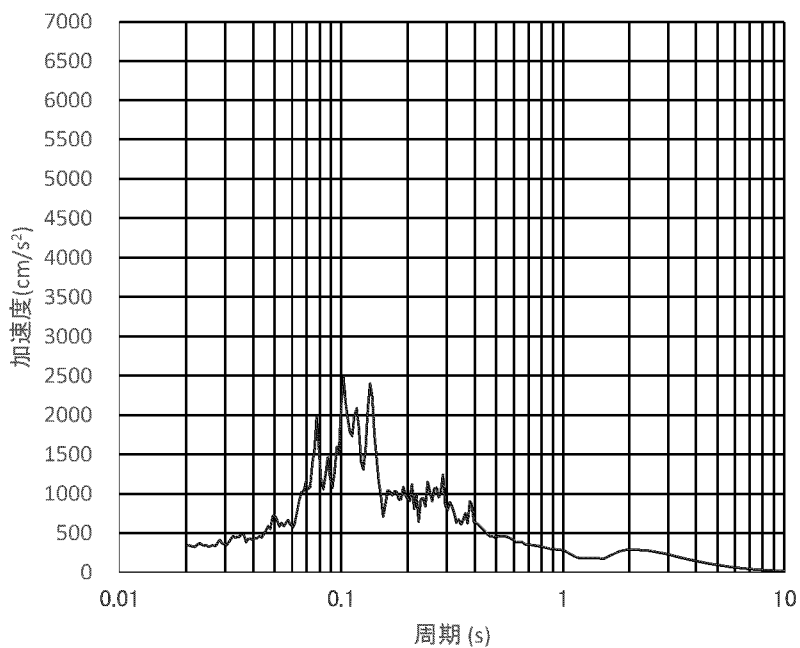
(25/55)

MAX=-332.52cm/s² (10.88s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

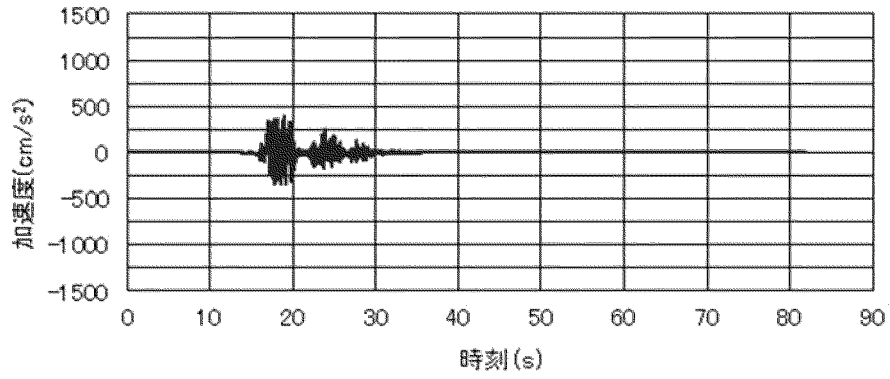


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-9_v)

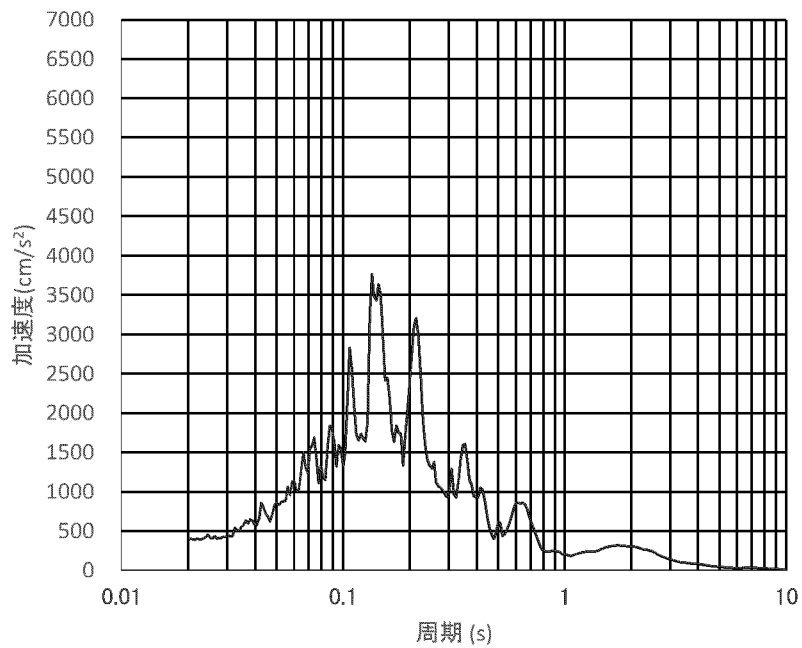
(26/55)

MAX=392.77cm/s² (18.88s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

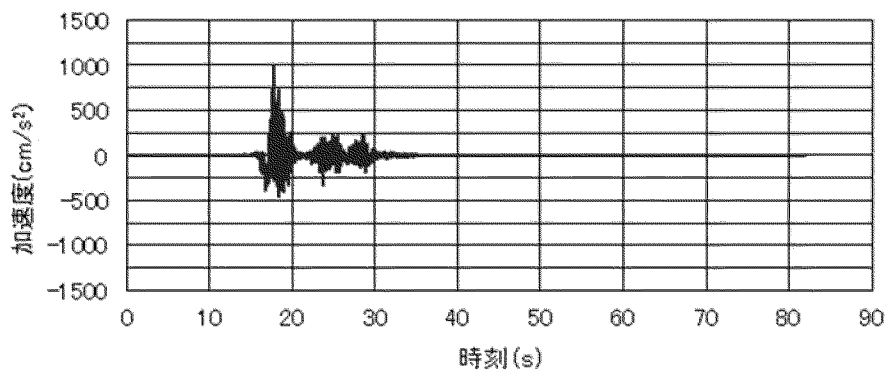


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-10_{II}(NS))

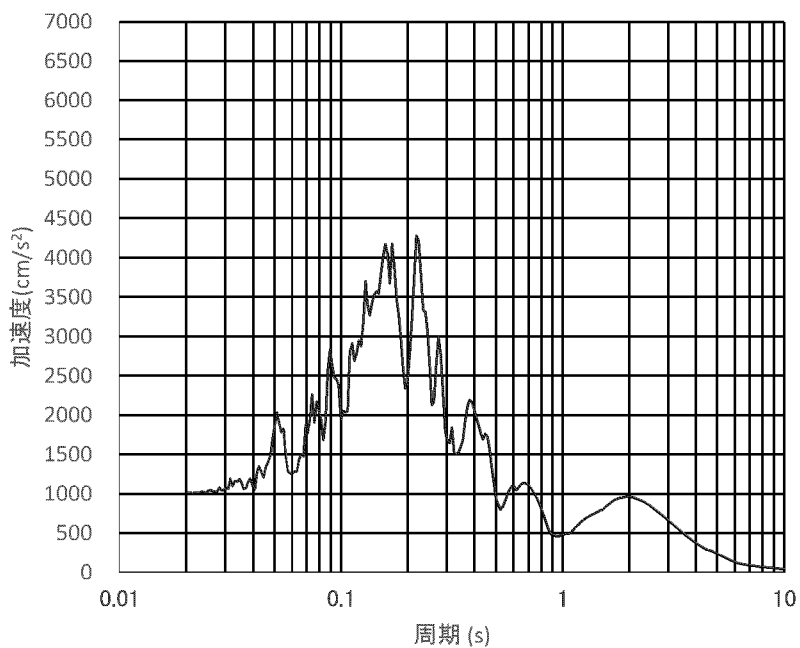
(27/55)

MAX=1006.40cm/s² (17.83s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

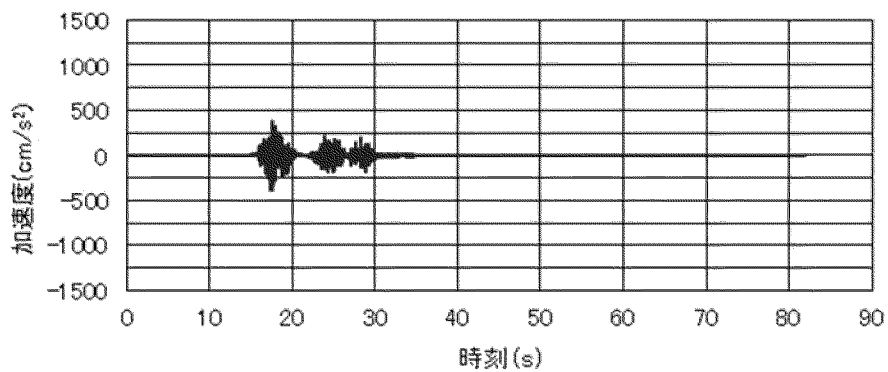


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-10_{II}(EW))

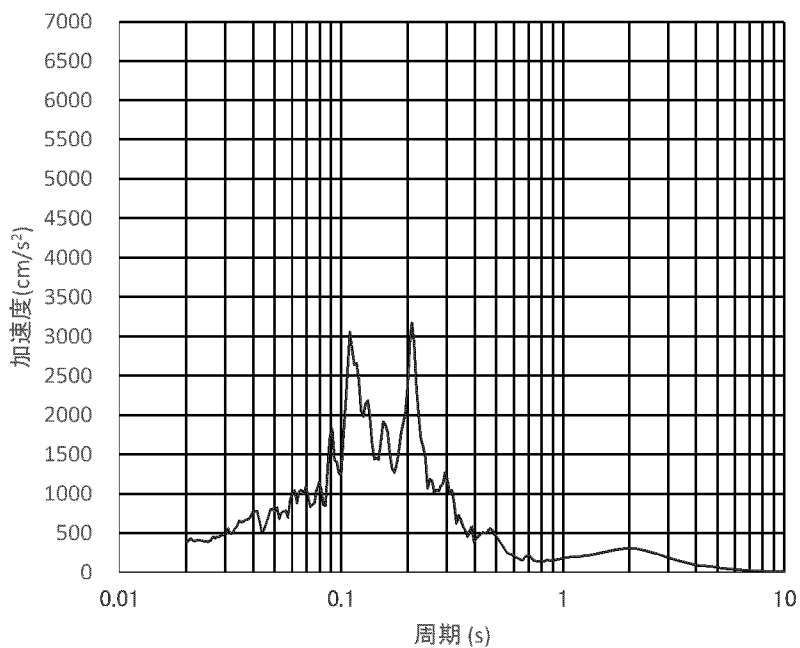
(28/55)

MAX=-382.90cm/s² (17.31s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

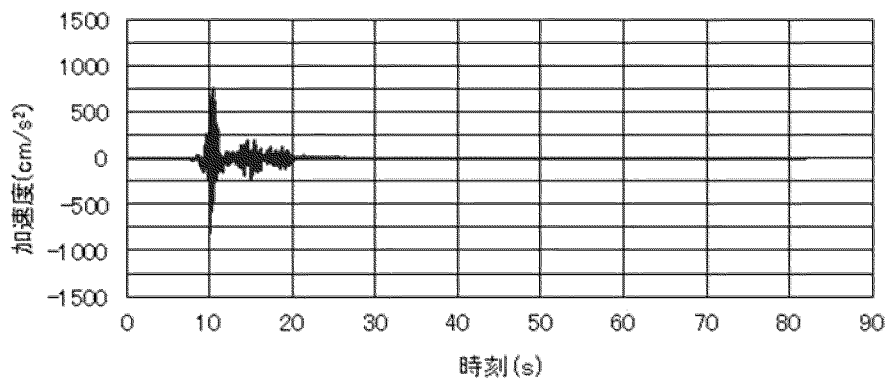


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-10_V)

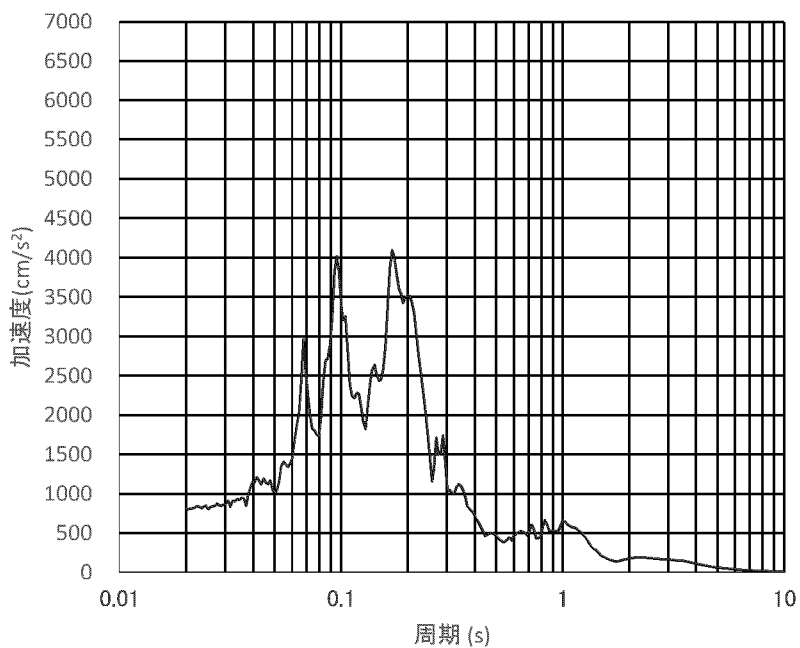
(29/55)

MAX=-802.17cm/s² (10.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

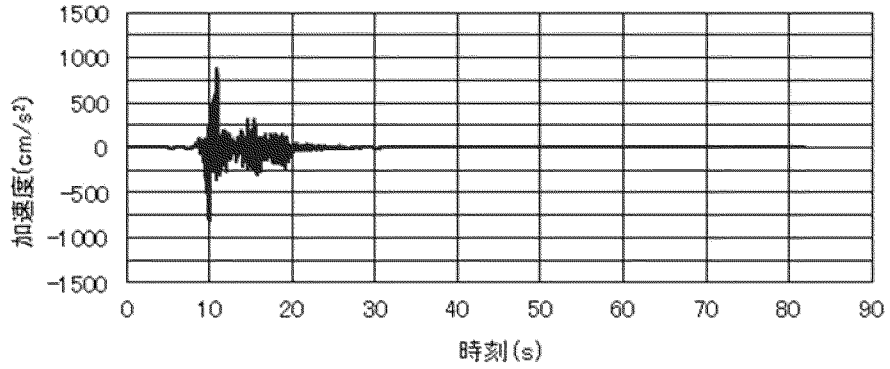


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-11_{II}(NS))

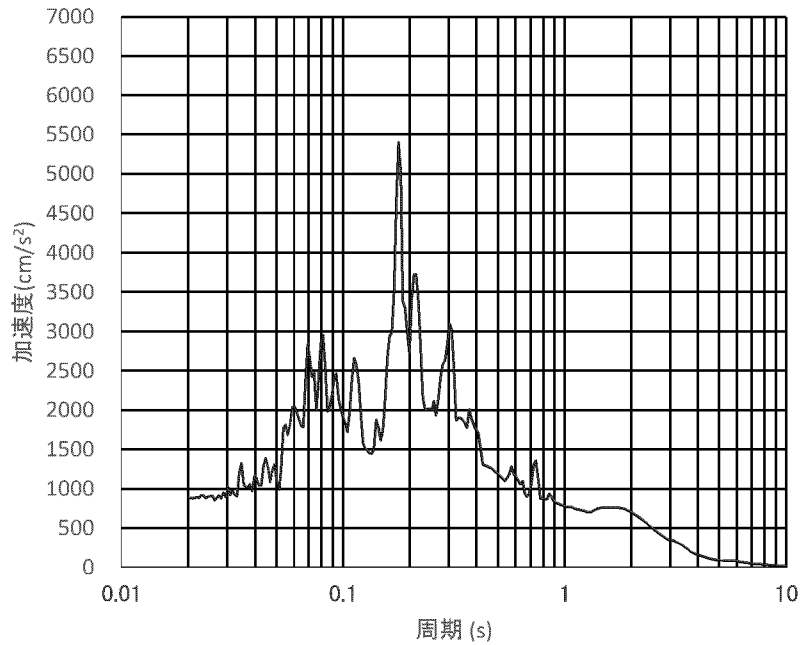
(30/55)

MAX=884.44cm/s² (10.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

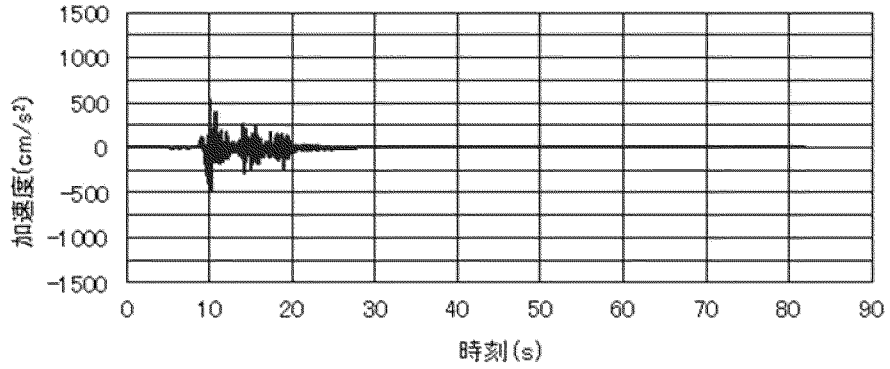


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-11_{II}(EW))

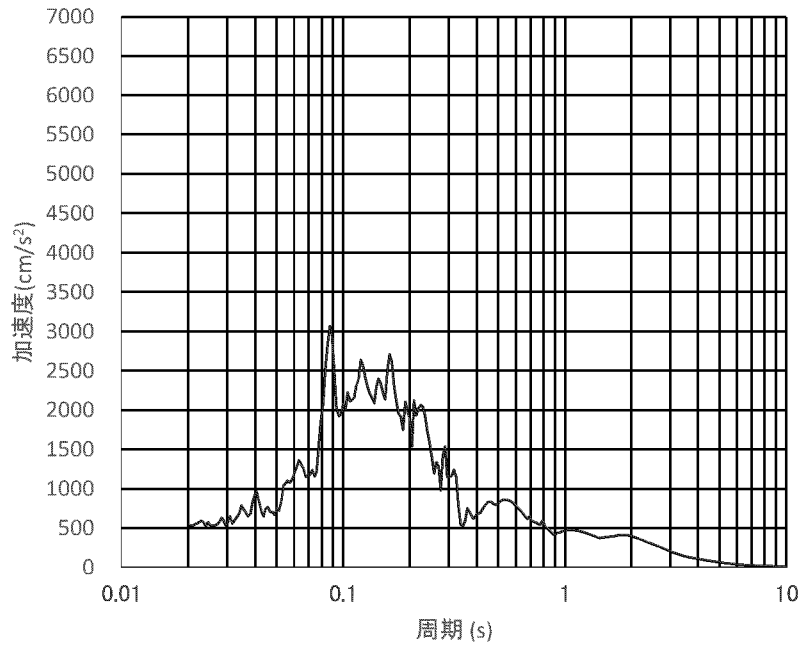
(31/55)

MAX=543.82cm/s² (10.11s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

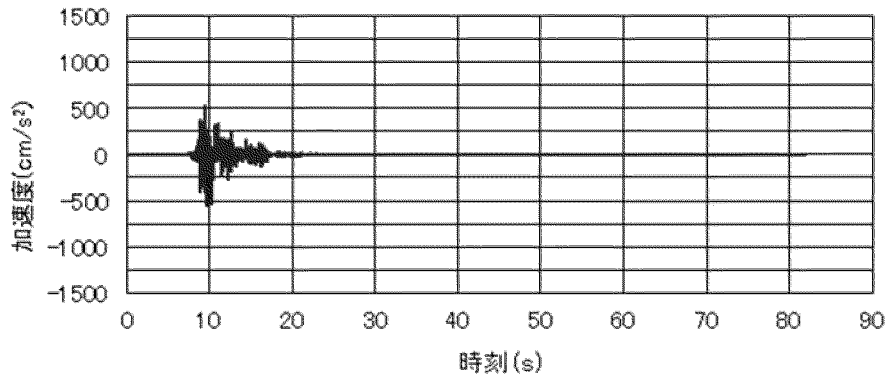


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-11_V)

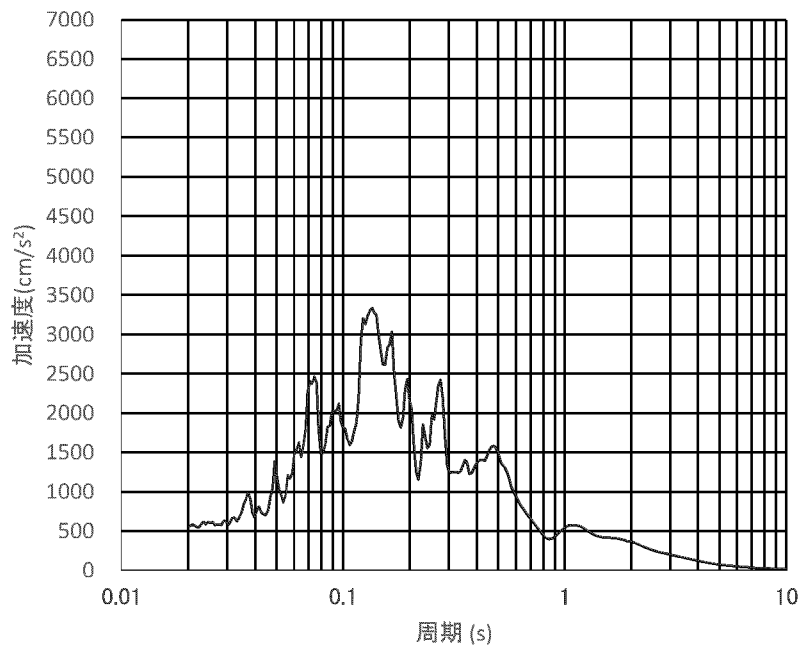
(32/55)

MAX=-554.46cm/s² (9.65s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

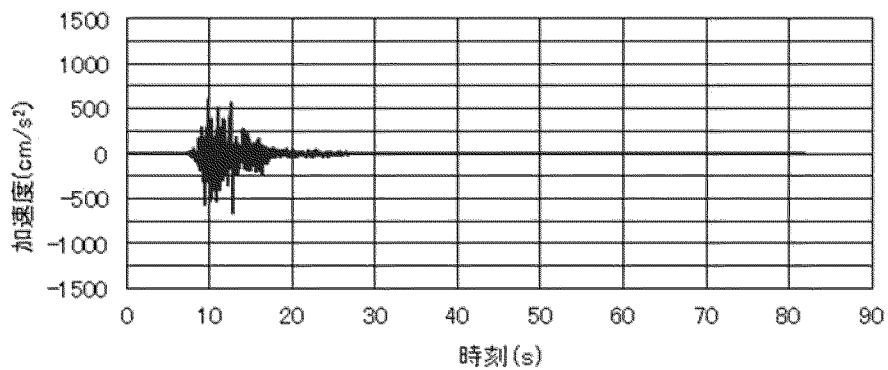


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-12_{II}(NS))

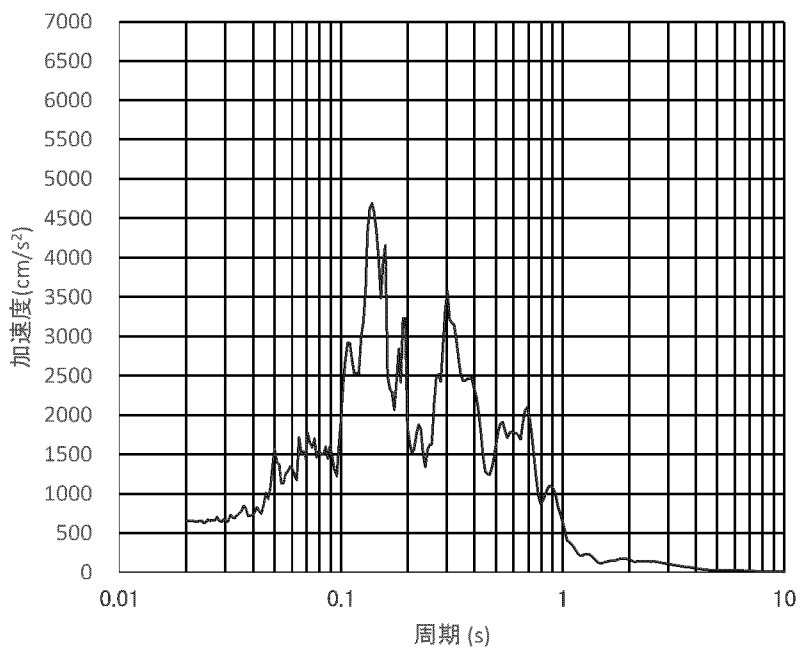
(33/55)

MAX=-646.32cm/s² (12.79s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

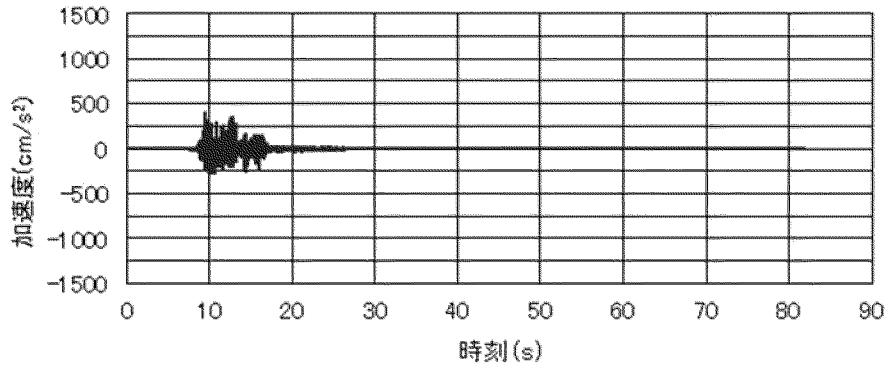


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-12_{II}(EW))

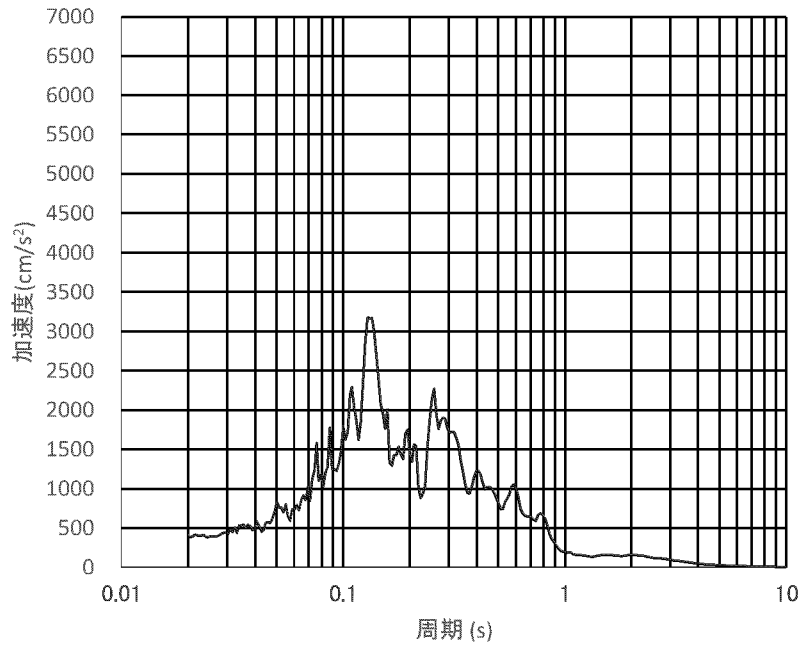
(34/55)

MAX=399.34cm/s² (9.50s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

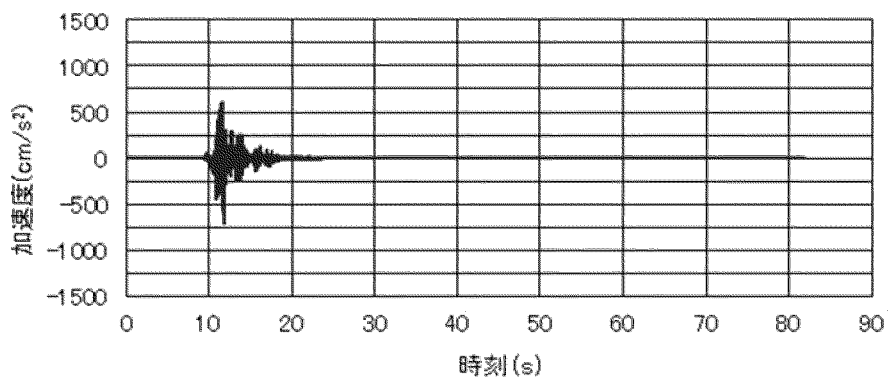


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-12_V)

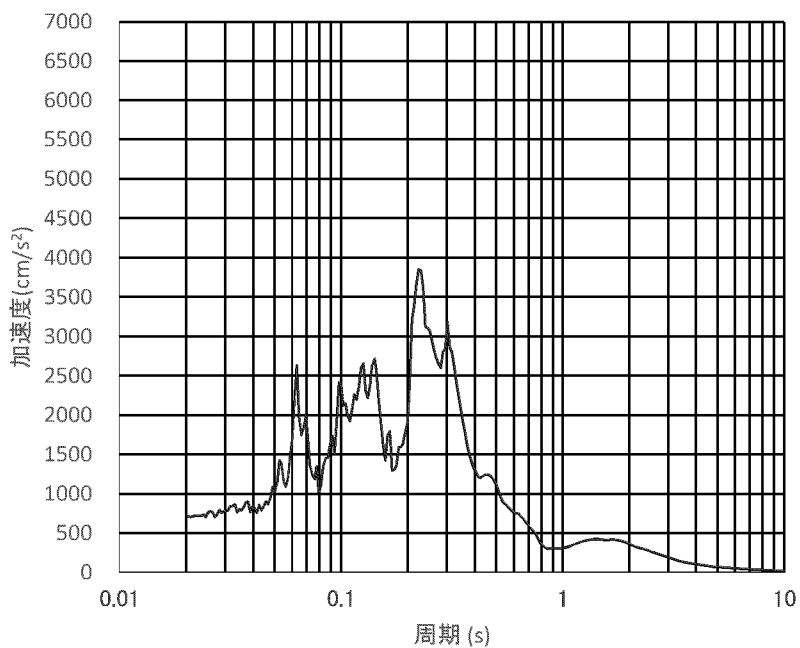
(35/55)

MAX=-707.68cm/s² (11.75s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

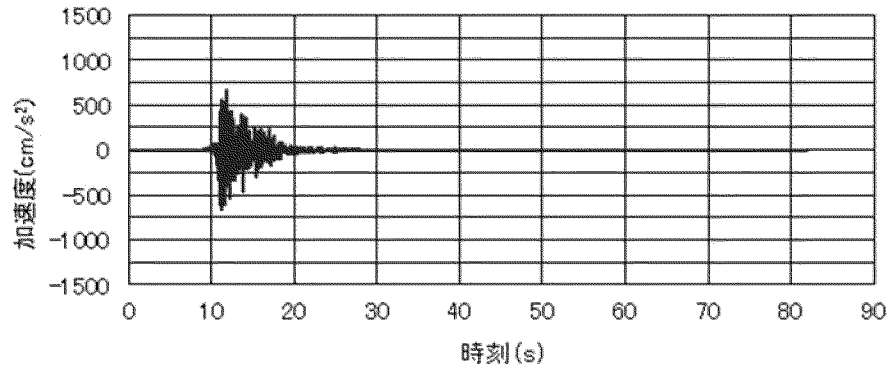


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-13_{II}(NS))

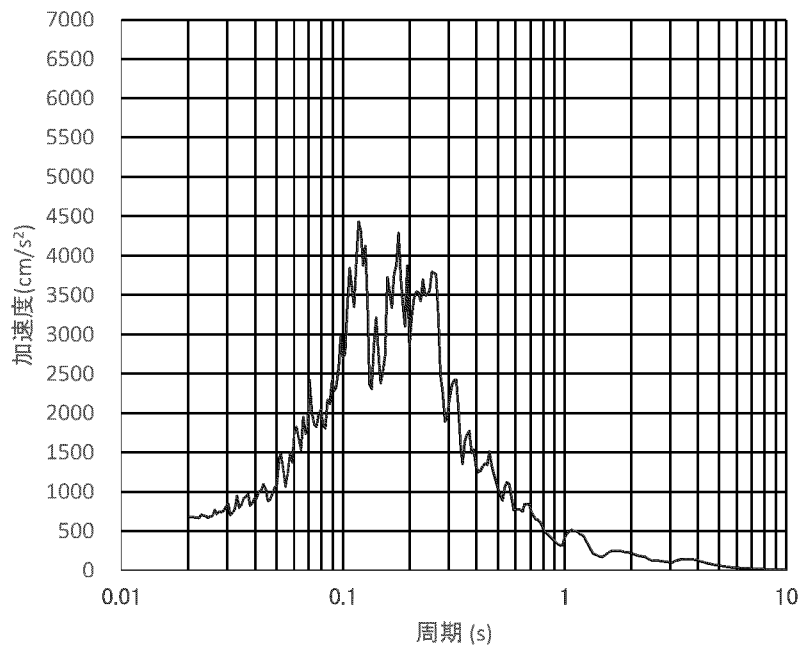
(36/55)

MAX=674.09cm/s² (11.90s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

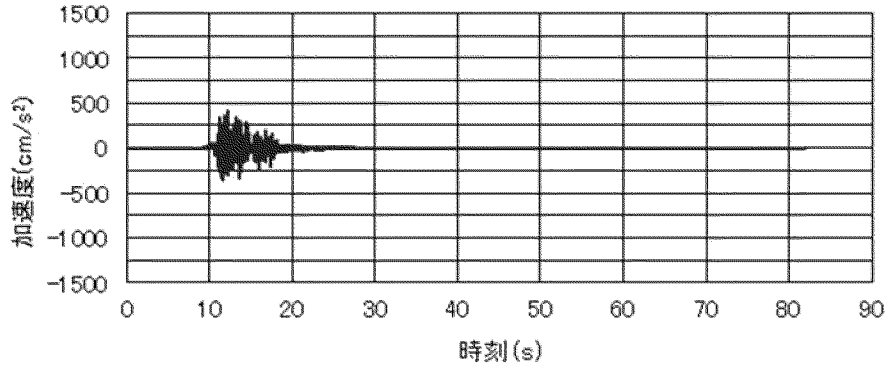


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-13_{II}(EW))

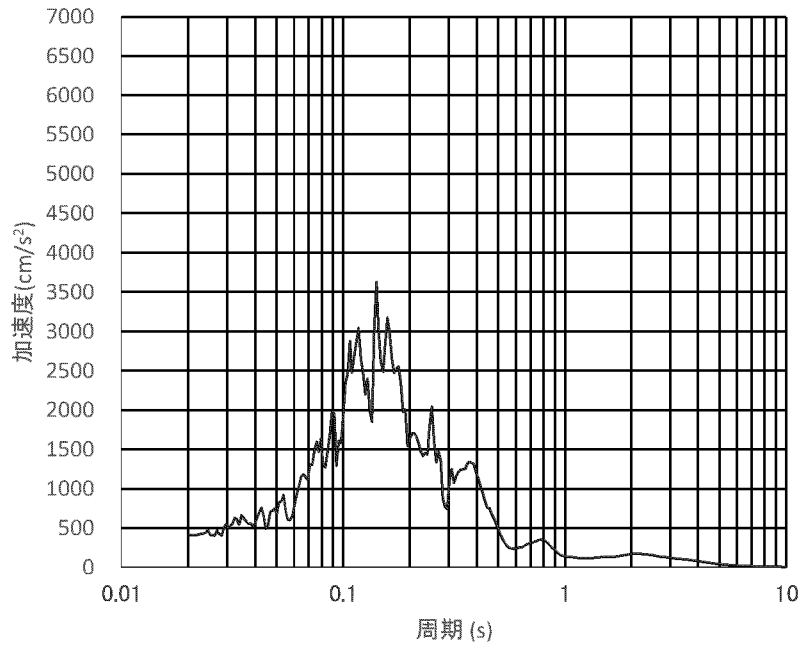
(37/55)

MAX=407.44cm/s² (12.15s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

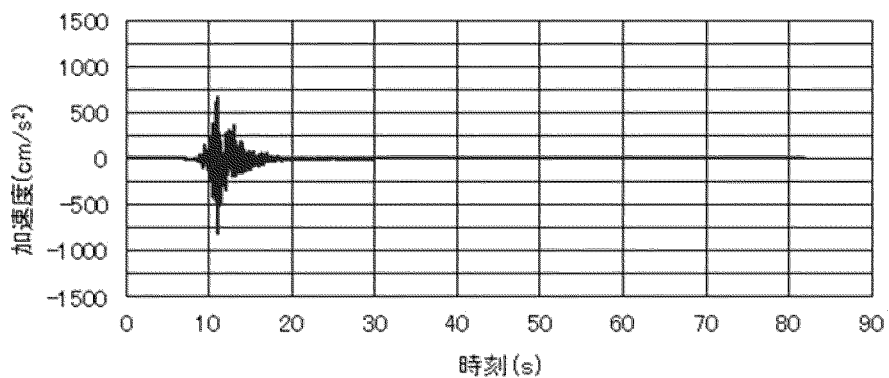


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-13_V)

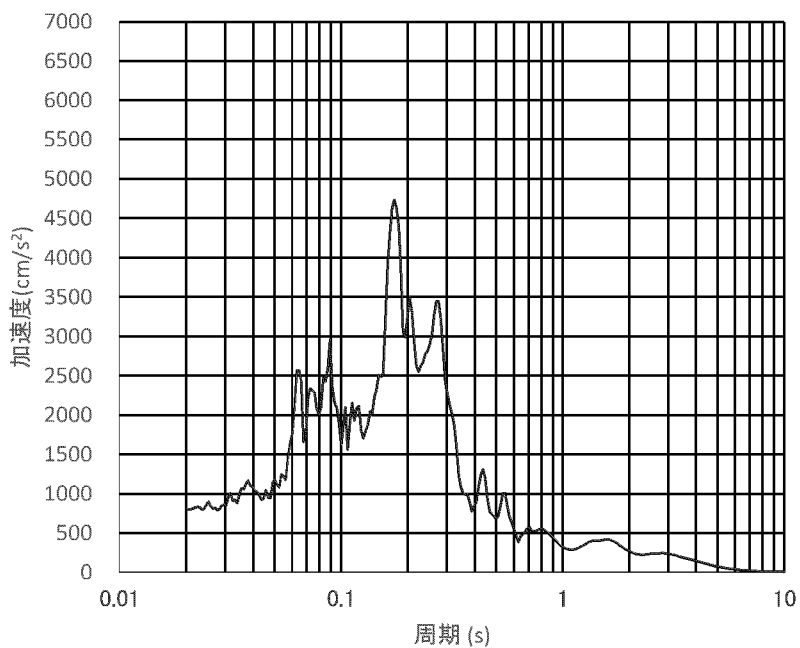
(38/55)

MAX=-801.69cm/s² (10.96s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

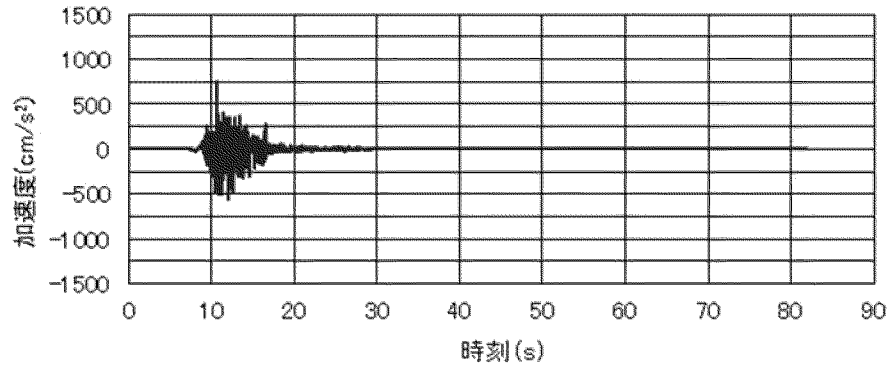


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14_{II}(NS))

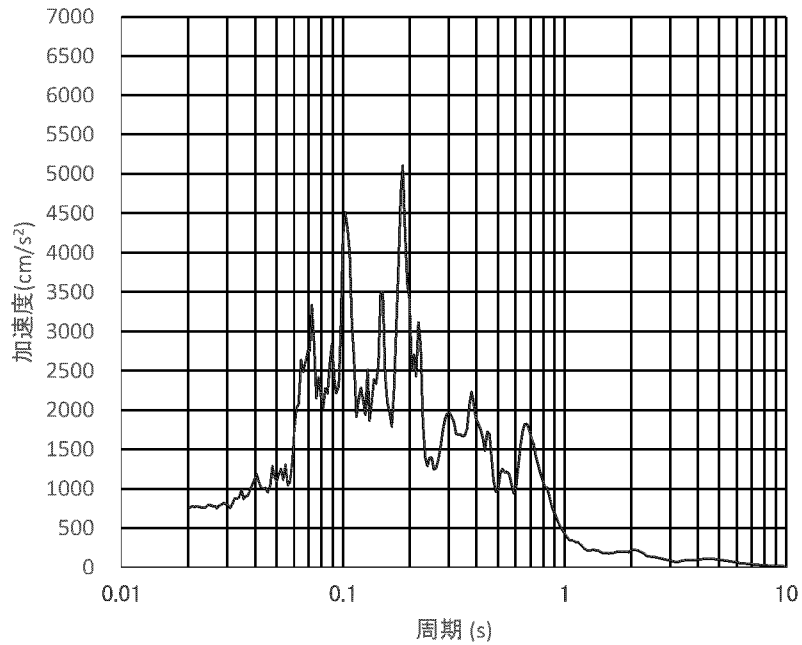
(39/55)

MAX=756.52cm/s² (10.70s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

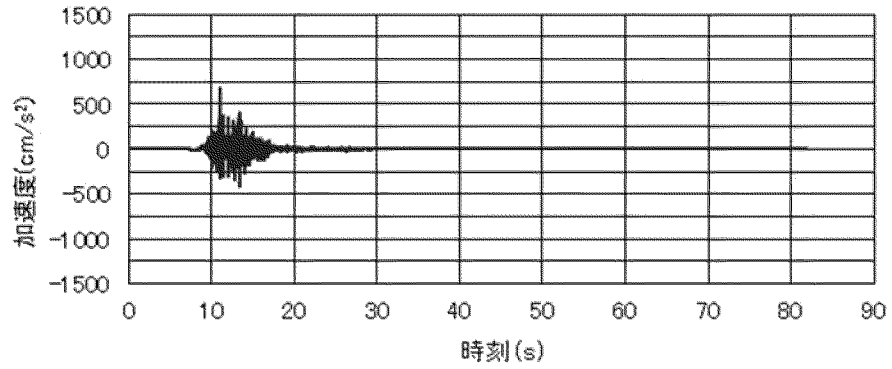


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14_{II}(EW))

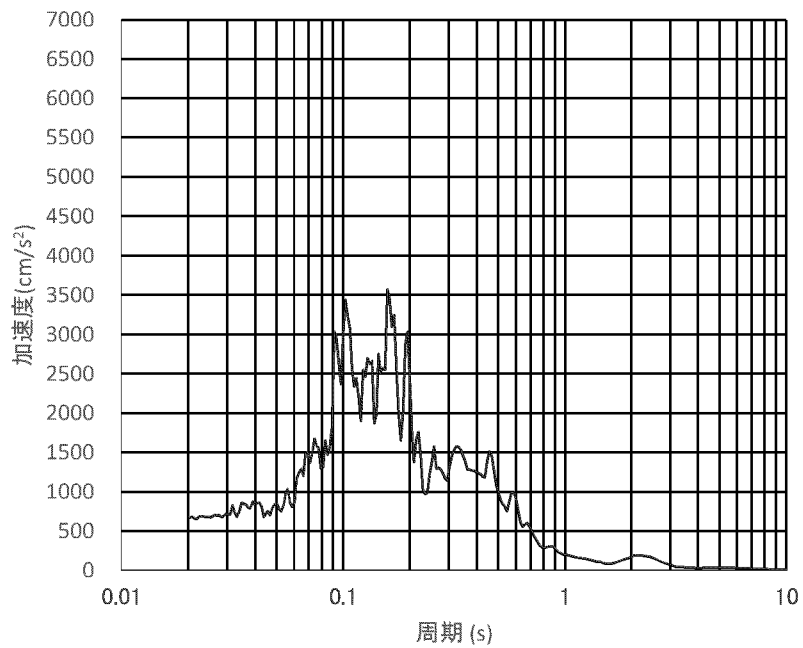
(40/55)

MAX=673.41cm/s² (10.96s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

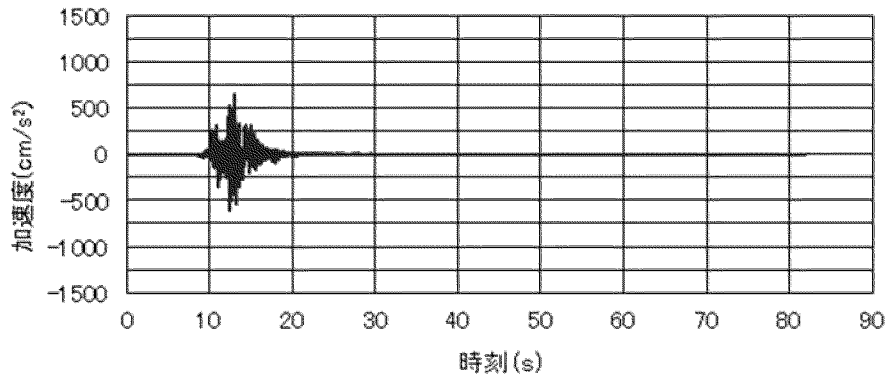


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-14_V)

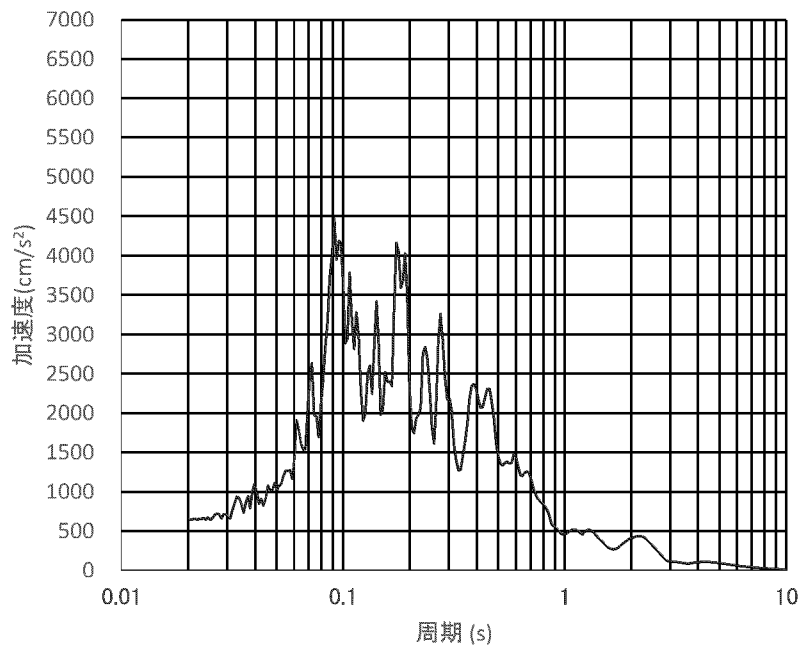
(41/55)

MAX=647.72cm/s² (13.04s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

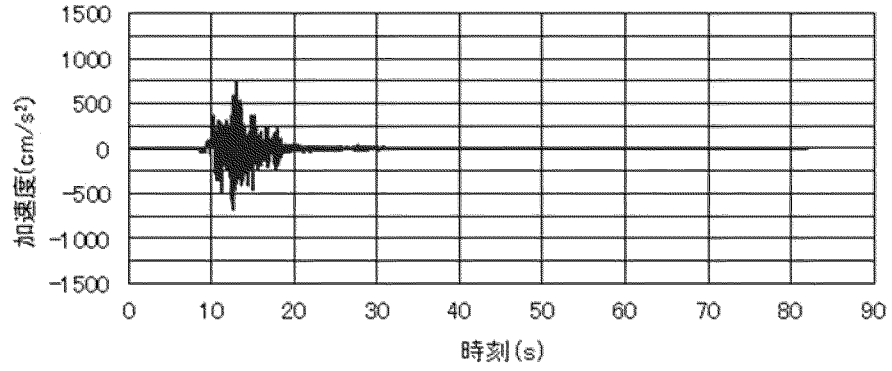


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-15_{II}(NS))

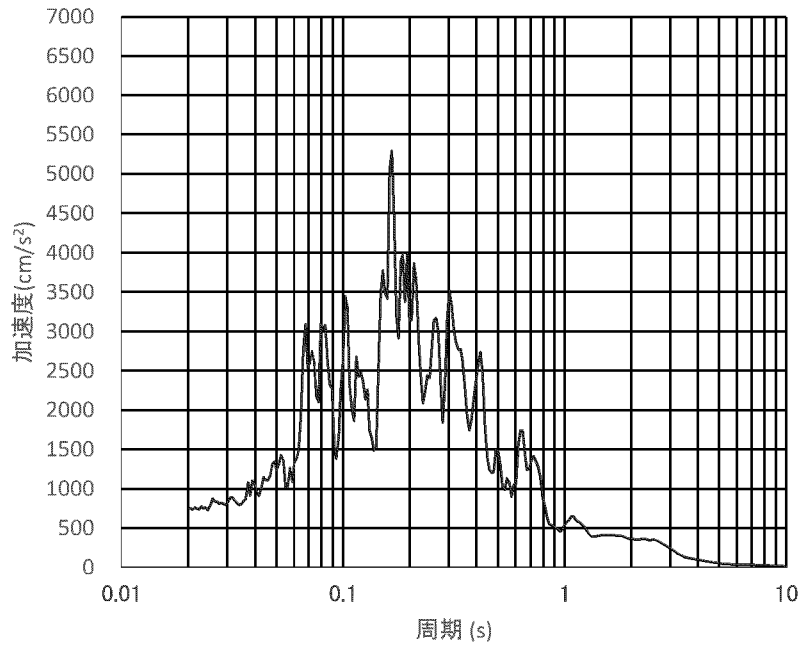
(42/55)

MAX=742.75cm/s² (13.08s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

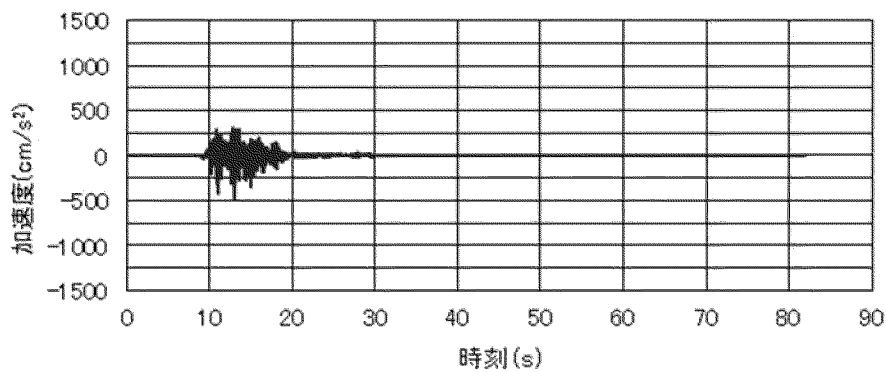


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-15_{II}(EW))

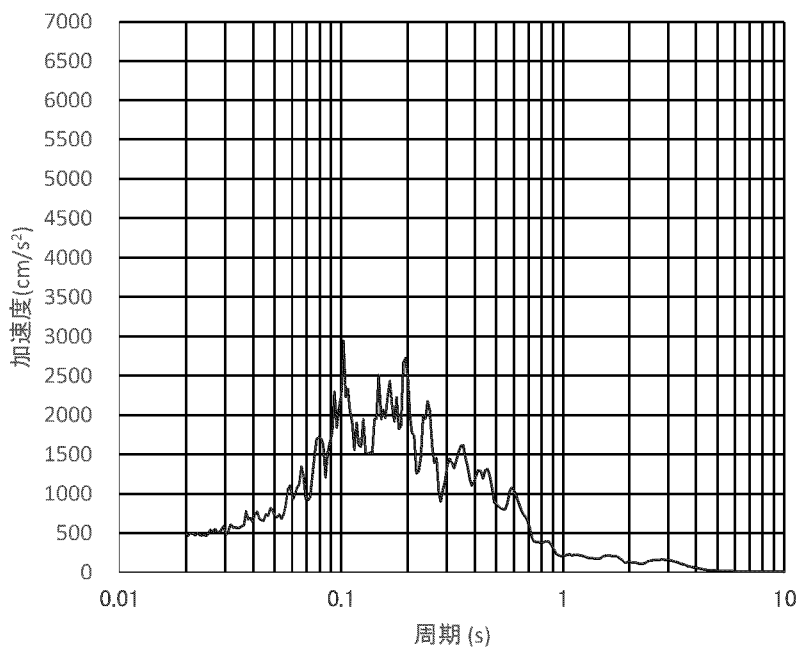
(43/55)

MAX=-472.54cm/s² (13.09s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

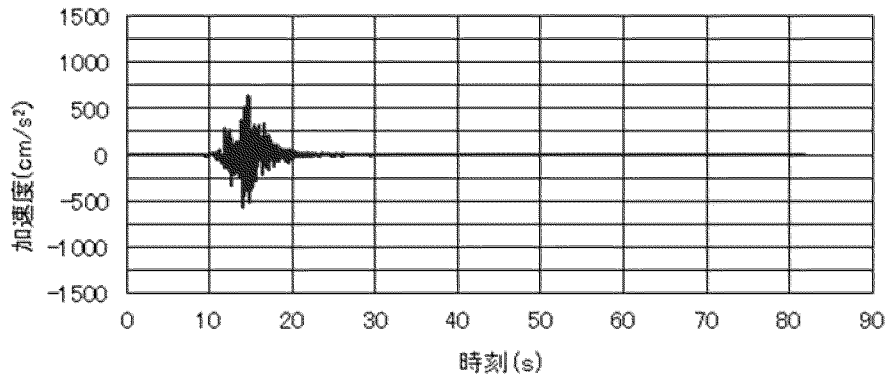


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-15_V)

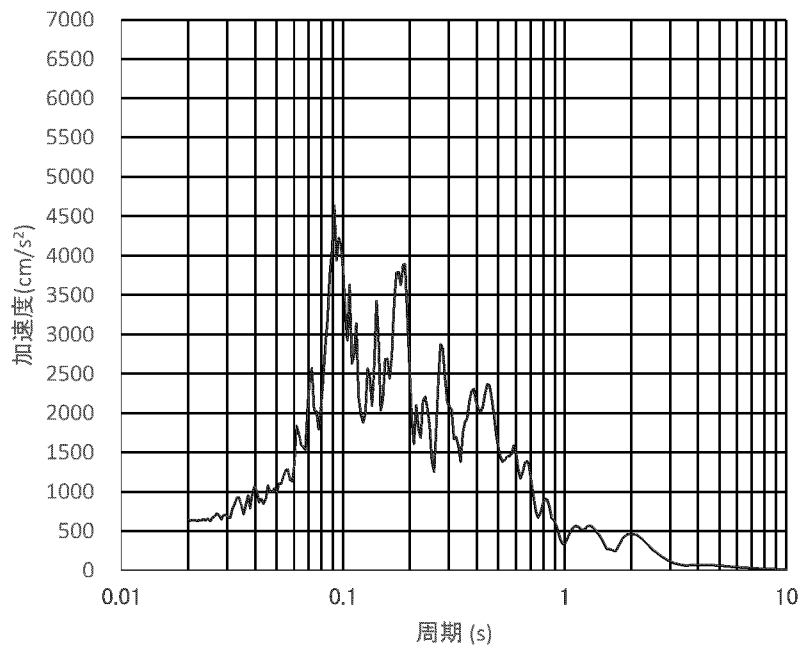
(44/55)

MAX=637.78cm/s² (14.69s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

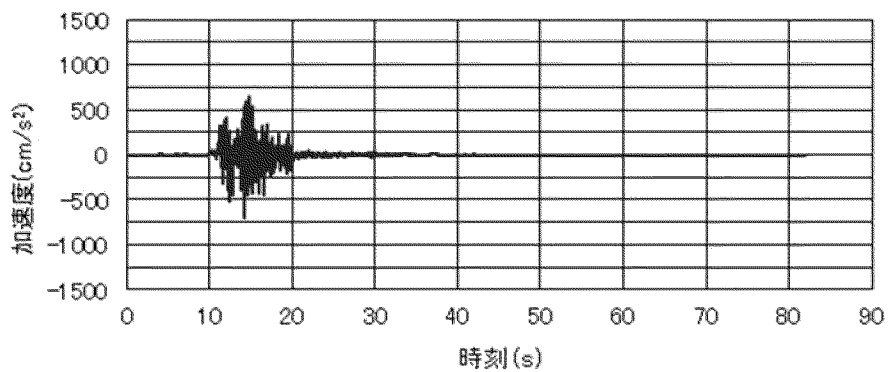


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-16_{II}(NS))

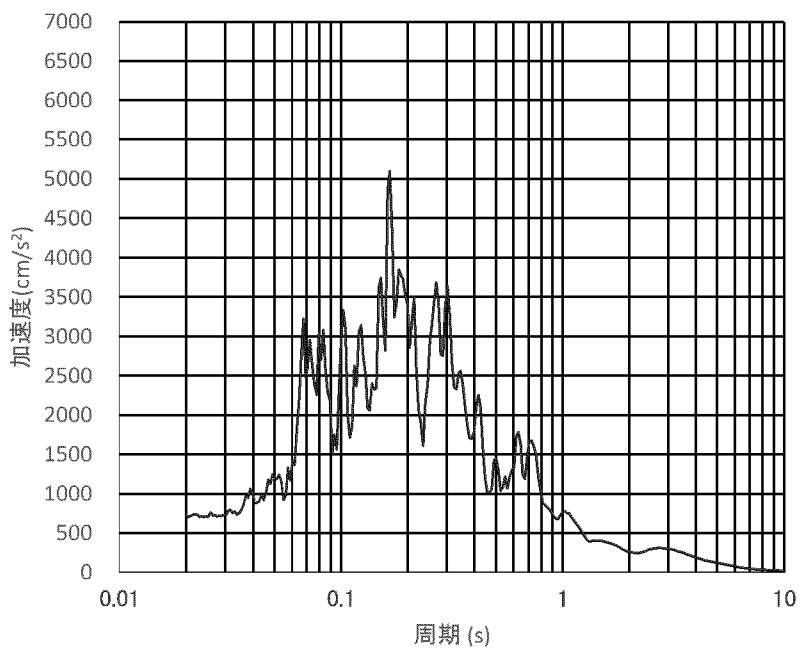
(45/55)

MAX=-707.82cm/s² (14.18s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

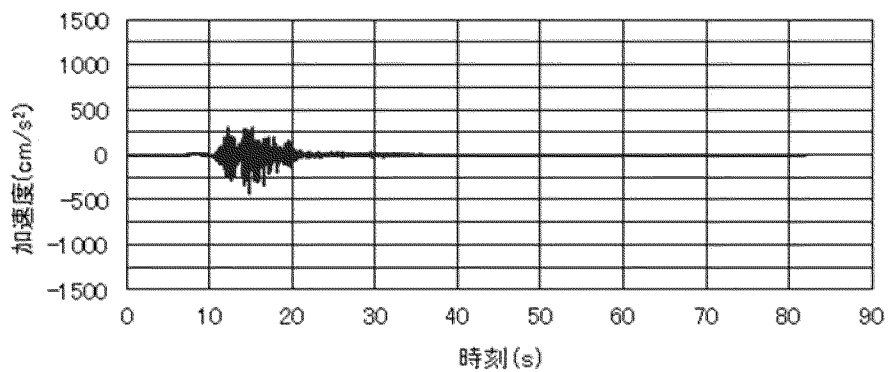


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-16_{II}(EW))

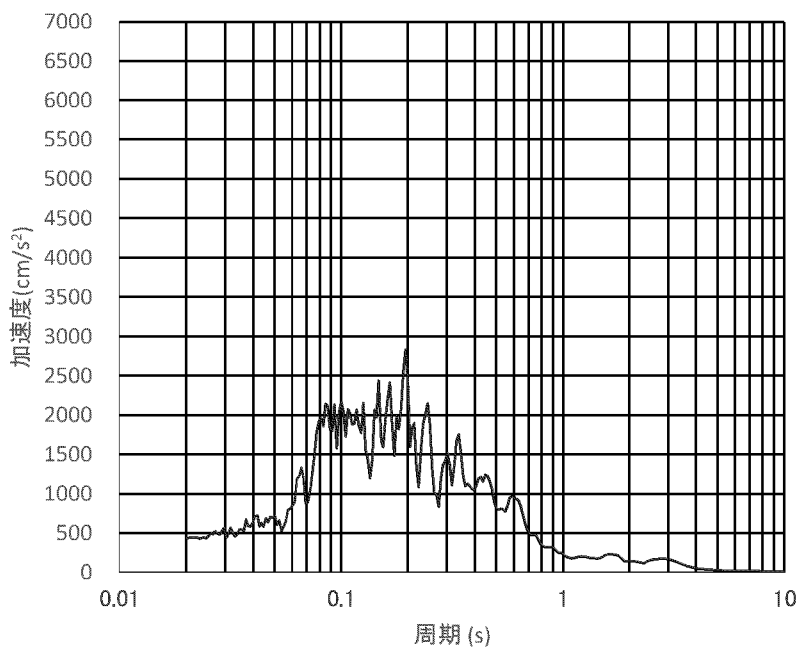
(46/55)

MAX=-425.59cm/s² (14.73s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

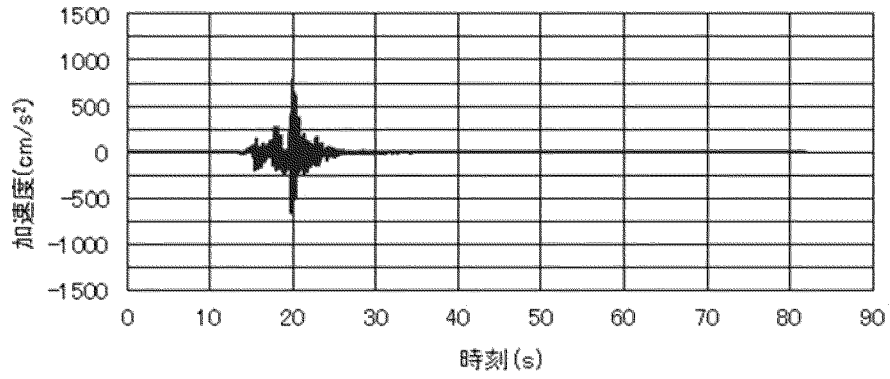


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-16_V)

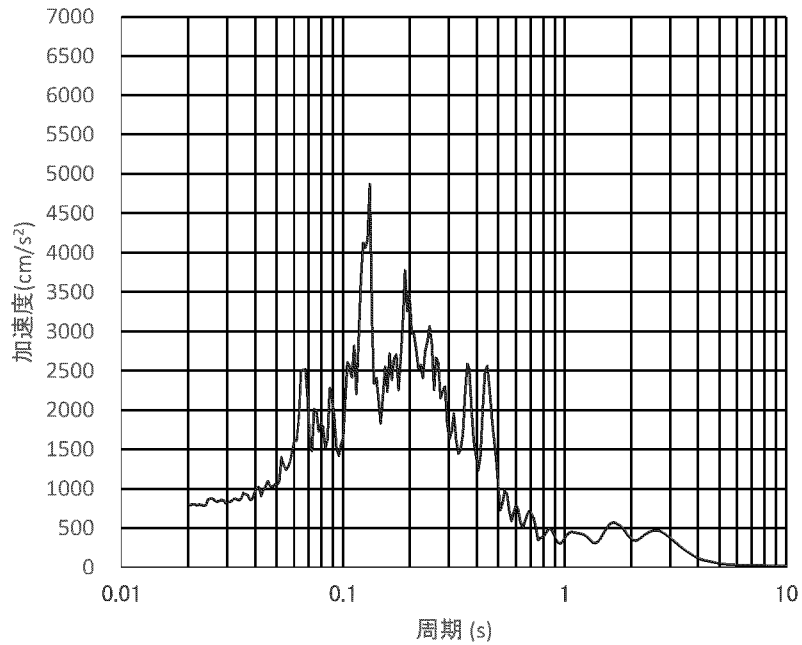
(47/55)

MAX=789.53cm/s² (19.88s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

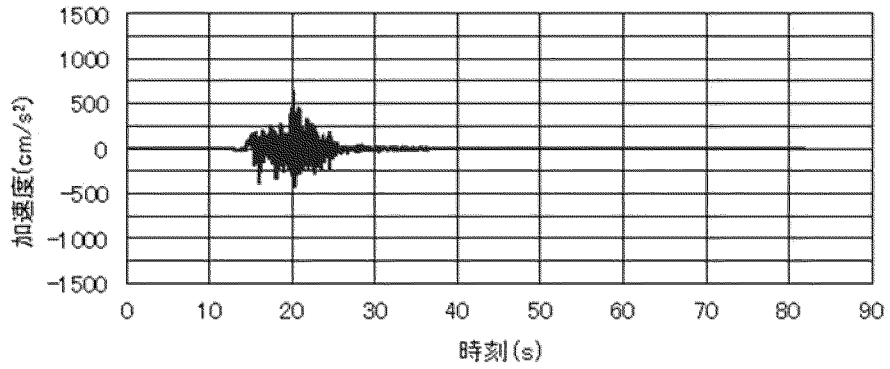


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-17_{II}(NS))

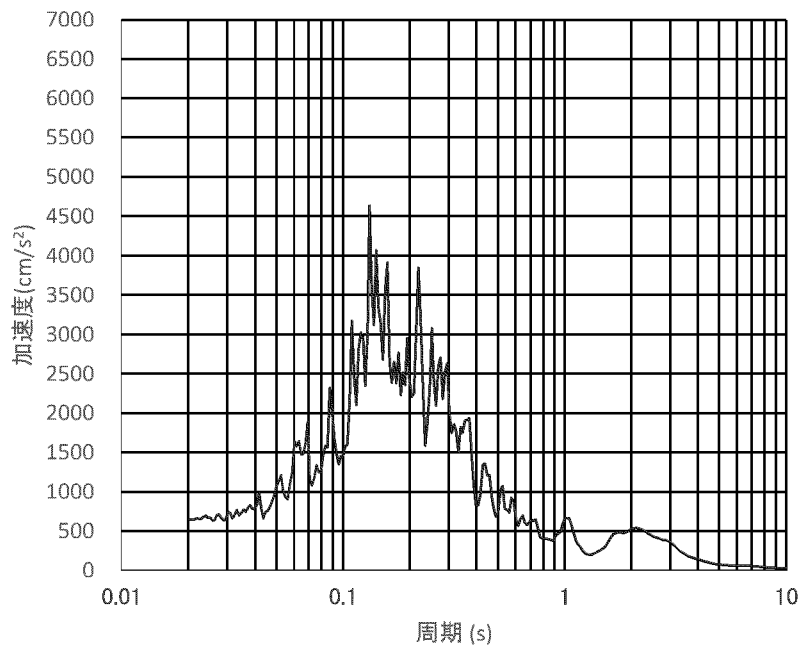
(48/55)

MAX=641.76cm/s² (20.20s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

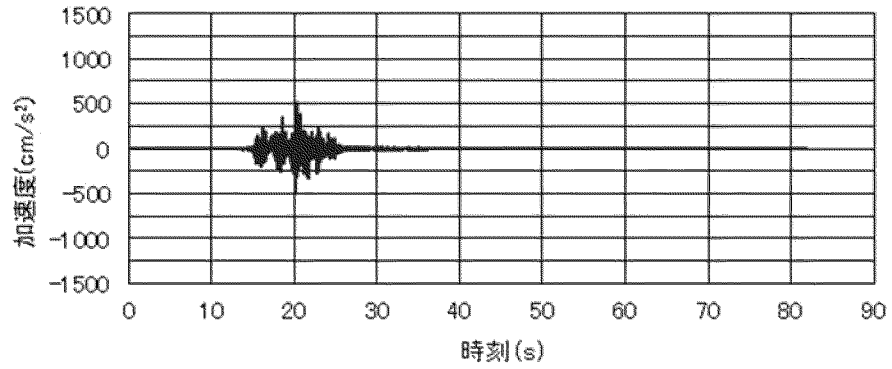


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-17_{II}(EW))

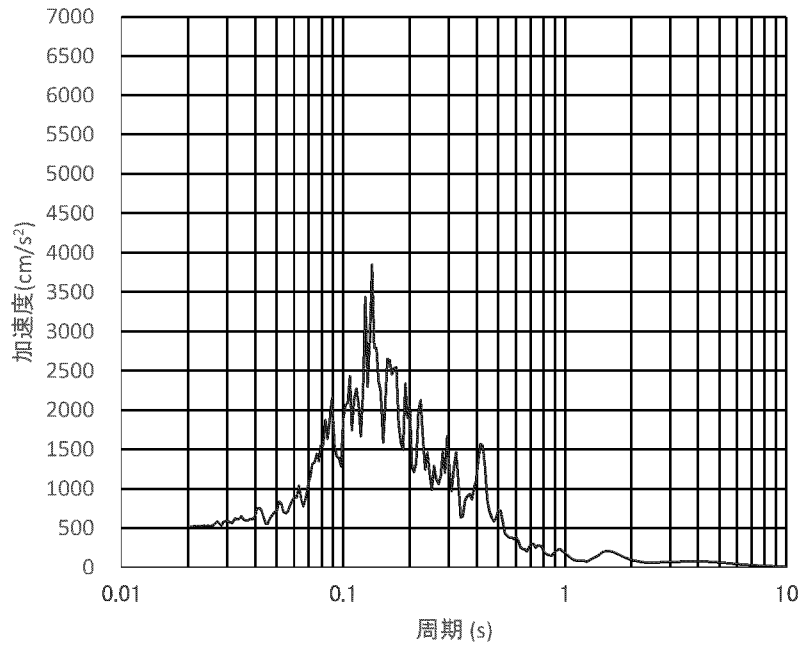
(49/55)

MAX=515.81cm/s² (20.26s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

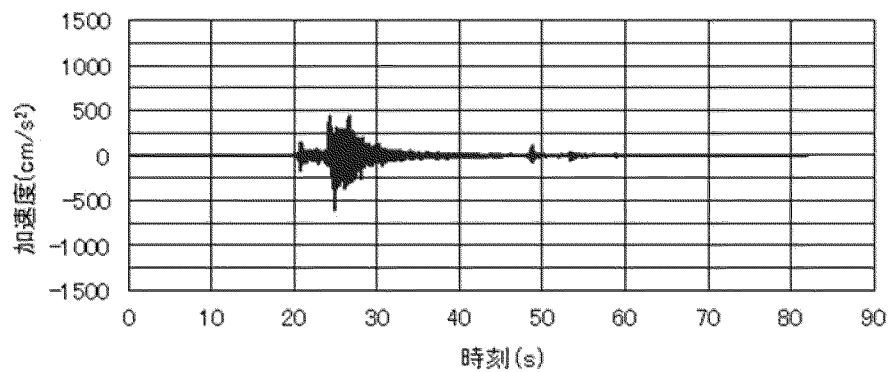


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-17_V)

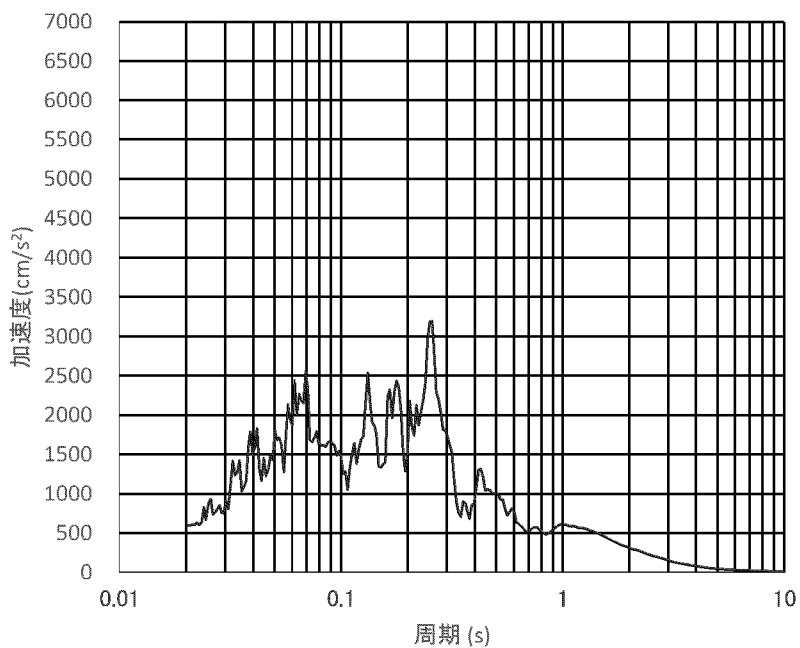
(50/55)

MAX=-593.40cm/s² (24.93s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

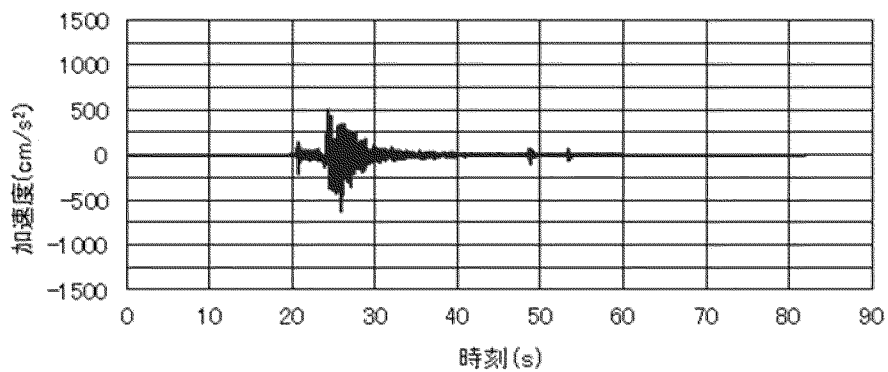


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_S-18_{II}(NS))

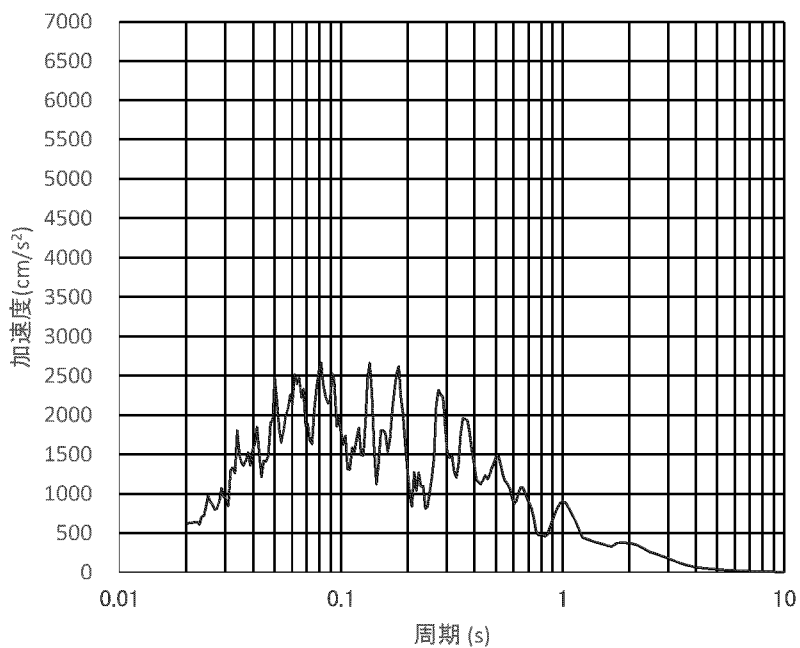
(51/55)

MAX=-619.19cm/s² (25.91s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

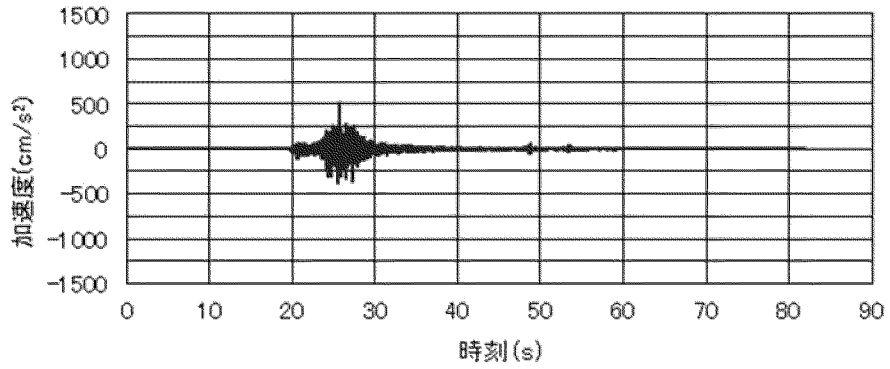


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-18_{II}(EW))

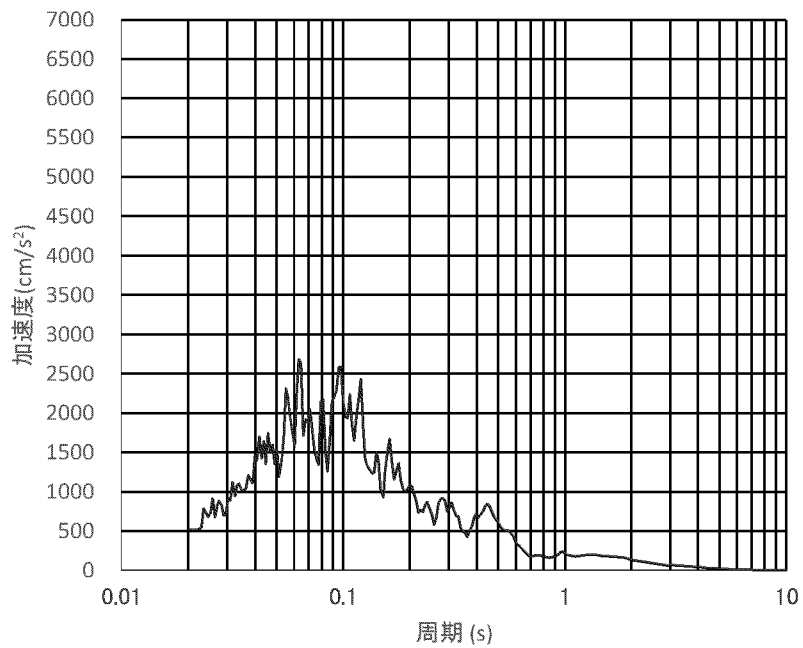
(52/55)

MAX=515.73cm/s² (25.67s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

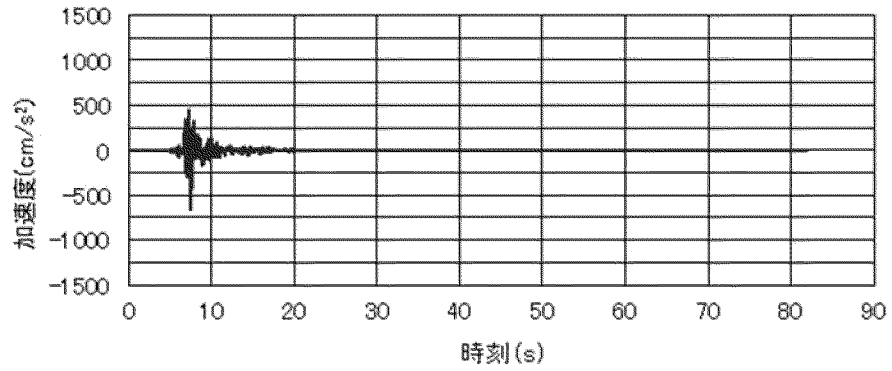


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-18_V)

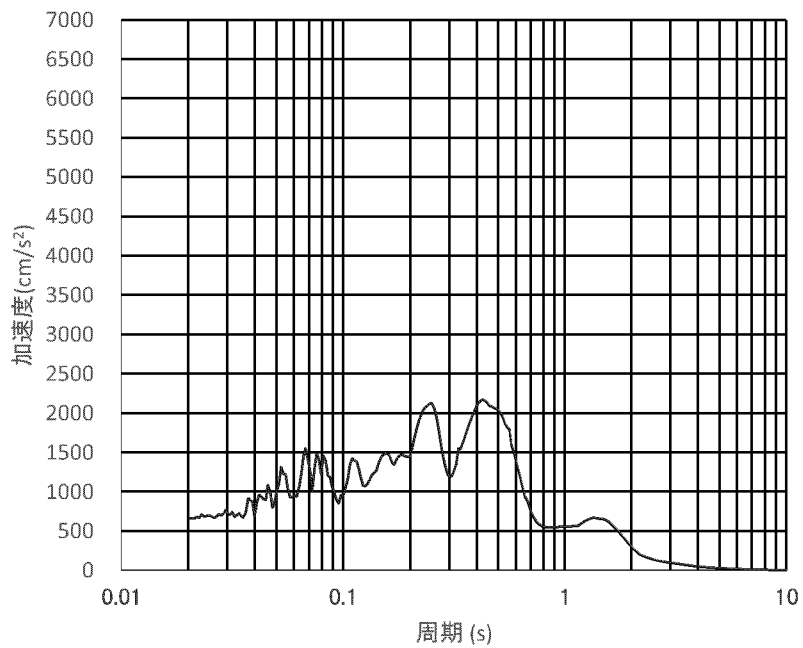
(53/55)

MAX=-660.16cm/s² (7.50s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01

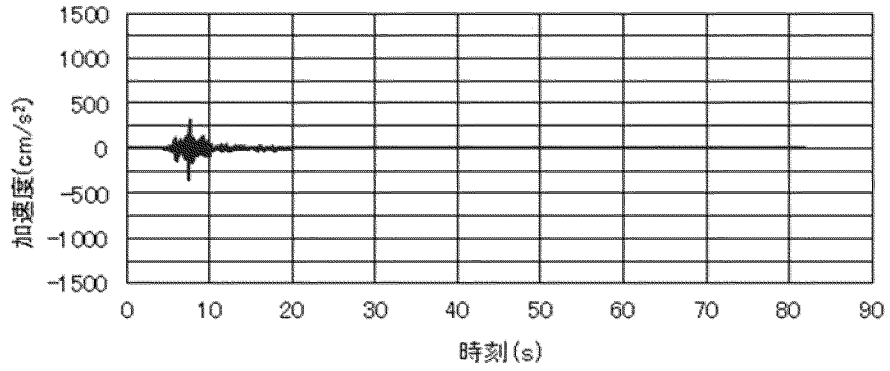


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-19_{II})

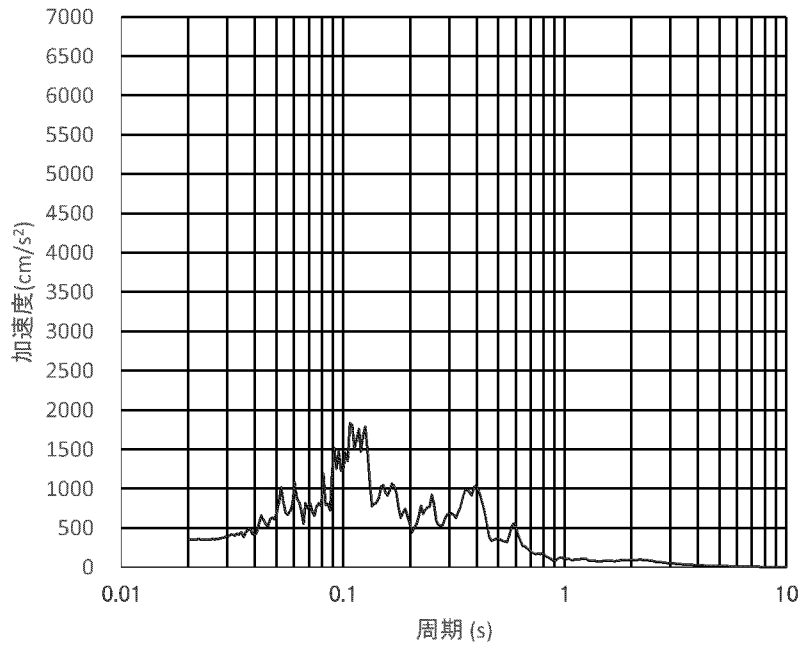
(54/55)

MAX=-347.73cm/s² (7.54s)



(a) 加速度時刻歴波形

h=0.01



(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-19_V)

(55/55)

可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-3-1
2. 基本方針	03-別添2-3-1
2.1 配置	03-別添2-3-1
2.2 構造の説明	03-別添2-3-3
2.3 評価方針	03-別添2-3-5
2.4 適用規格	03-別添2-3-8
3. 加振試験	03-別添2-3-9
3.1 基本方針	03-別添2-3-9
3.2 入力地震動	03-別添2-3-9
3.3 試験方法	03-別添2-3-9
3.4 試験結果	03-別添2-3-9
4. 応力評価	03-別添2-3-11
4.1 基本方針	03-別添2-3-11
4.2 評価対象部位	03-別添2-3-11
4.3 荷重及び荷重の組合せ	03-別添2-3-14
4.4 応力評価方法	03-別添2-3-15
4.5 応力評価条件	03-別添2-3-17
5. 転倒評価	03-別添2-3-20
5.1 基本方針	03-別添2-3-20
5.2 評価対象部位	03-別添2-3-20
5.3 許容限界	03-別添2-3-20
5.4 評価方法	03-別添2-3-20
6. 機能維持評価	03-別添2-3-21
6.1 基本方針	03-別添2-3-21
6.2 評価対象部位	03-別添2-3-21
6.3 許容限界	03-別添2-3-21

6.4	評估方法	03-別添2-3-21
7.	波及的影響評估	03-別添2-3-23
7.1	基本方針	03-別添2-3-23
7.2	評估対象部位	03-別添2-3-23
7.3	許容限界	03-別添2-3-23
7.4	評估方法	03-別添2-3-23
8.	評估結果	03-別添2-3-24
8.1	応力評価	03-別添2-3-24
8.2	転倒評価	03-別添2-3-24
8.3	機能維持評価	03-別添2-3-24
8.4	波及的影響評価	03-別添2-3-24

1. 概要

本資料は、別添2-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添2-1」という。）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、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は加振試験、応力評価、転倒評価及び機能維持評価並びに波及的影響評価により行う。

2. 基本方針

2.1 配置

車両型設備は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、

に分散して保管する。これらの保管場所を第2-1図に示す。



第2-1図 車両型設備を保管するエリア

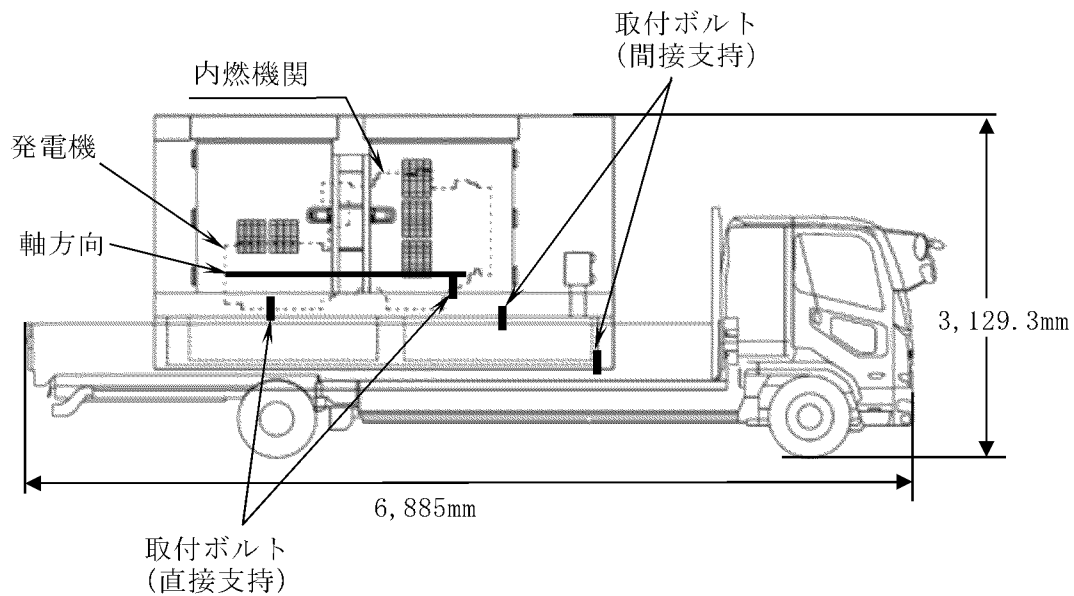
2.2 構造の説明

車両型設備の構造は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、車両型設備の構造計画を第2-1表に、車両型設備の構造図を第2-2図に示す。

第2-1表 車両型設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
電源車 (緊急時対策所用)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造※とし、車両、発電機、内燃機関により構成する。	発電機、内燃機関は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機、内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	第2-2図

※：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。



第2-2図 電源車（緊急時対策所用）の構造図（外観図）

2.3 評価方針

車両型設備の評価方針を以下に示し、評価方針の一覧を第2-2表に、耐震評価フローを第2-3図に示す。

2.3.1 応力評価

車両型設備は、別添2-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した応力評価の方針に従い、直接支持構造物及び間接支持構造物に対する応力評価を実施する。

車両型設備の応力評価は、「3. 加振試験」にて得られた車両頂部の加速度を用い、「4. 応力評価」に示す方法により、車両型設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

別添2-1の「2.2 評価方針」に示す評価対象部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの応力評価については、JEAG4601・補-1984に規定されているその他支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の応力評価に準じて実施する。

2.3.2 転倒評価

車両型設備は、別添2-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、試験後に転倒していないことを確認し、保管場所の地表面の最大加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

2.3.3 機能維持評価

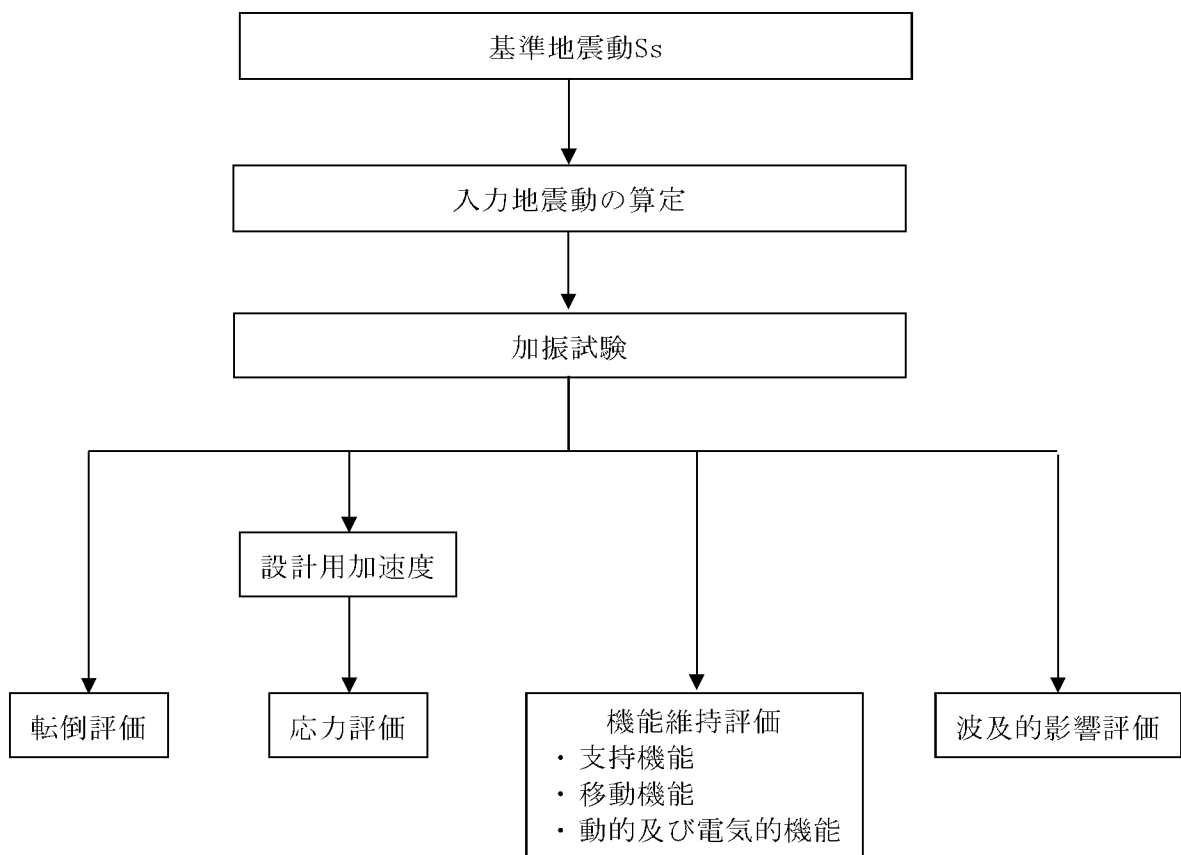
車両型設備は、別添2-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い、支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、試験後に支持機能及び移動機能、並びに発電機の発電機能の動的及び電氣的機能を保持できることを確認し、保管場所の地表面の最大加速度と、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能を保持できることを確認した最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

2.3.4 波及的影響評価

車両型設備は、別添2-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、車両の傾き及びすべりによる変位量のうち、最も大きい変位量が許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。



第2-3図 車両型設備の評価フロー

第2-2表 車両型設備の評価方法

設備名称	車両種別	設備種別	転倒評価	機能維持 評価	応力評価		波及的 影響評価
					直接 支持構造物	間接 支持構造物	
電源車(緊急時対策所用)	トラック	発電機車	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））」＜第 I 編軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME S NC1」という。）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（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 JEAG4601・補-1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（社）日本電気協会

3. 加振試験

3.1 基本方針

別添2-1の「4.1 車両型設備 (1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

加振試験は、以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.3 試験方法」に示す方法により、「4. 応力評価」に用いる車両頂部の最大加速度、「5. 転倒評価」に用いる転倒の有無、「6. 機能維持評価」に用いる加振台の最大加速度、及び「7. 波及的影響評価」に用いる車両の最大変位量を求める。

3.2 入力地震動

入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示した各保管場所のSs-1～19の設計用床応答曲線を、概ね包絡するよう作成した時刻歴応答加速度とする。

3.3 試験方法

車両型設備を実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い、車両頂部の最大加速度、試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度及び車両の最大変位量を確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて対象機器のすべての保管エリアにおける地表面の最大応答加速度を上回るように設定する。

- ・入力地震動：保管場所の地震動（Ss-1～19）を包絡するスペクトル特性を有する時刻歴応答加速度を用いる。
- ・加振方向：水平（前後）＋水平（左右）＋鉛直

3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を第3-1表に示す。

第3-1表 加振試験結果

設備名称	方向	車両頂部の 最大加速度(G)	転倒の有無	加振台の 最大加速度(G)	車両の最大変位量	
					前後方向(mm)	左右方向(mm)
電源車(緊急時対策所用)	水平	1.67	無	1.27/1.32	170	100
	鉛直	1.46		1.23		

4. 応力評価

4.1 基本方針

車両型設備の応力評価は、別添2-1の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、応力評価を実施する。

車両型設備の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.2 許容応力」に示す許容応力を満足することを、「4.4 応力評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価対象部位

車両型設備の評価対象部位は、別添2-1の「2.2 評価方針」で設定した評価対象部位に従って設定する。評価対象部位を第4-1表に示す。

第4-1表 車両型設備の直接支持構造物評価対象部位 (1/2)

設備名称	評価対象部位	図
電源車(緊急時対策所用)	発電機取付ボルト 機関取付ボルト	第2-2図

第4-1表 車両型設備の間接支持構造物評価対象部位 (2/2)

設備名称	評価対象部位	図
電源車(緊急時対策所用)	発電機－オイルパン間 オイルパン－荷台間	第2-2図

4.3 荷重及び荷重の組合せ

車両型設備の応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添2-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

車両型設備の応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を第4-2表に示す。

第4-2表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名	評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力状態
車両型設備	取付ボルト	D+Ss	IV _A S

4.3.2 許容応力

車両型設備の直接支持構造物の許容応力は、「4.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の破断延性限界を考慮し、別添2-1の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態IV_ASの許容応力とする。

評価対象部位の許容応力を第4-3表に示す。

第4-3表 取付ボルトの許容応力

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1, 2, 4)	
				一次応力	
				引張 (注3)	せん断 (注3)
取付ボルト	—	D+Ss	IV _A S	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注1) f_t^* , f_s^* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中 S_y 及び S_y (RT)を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y$ (RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、 $1.2S_y$ 及び S_u のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $\text{Min}(1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

(注4) 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。

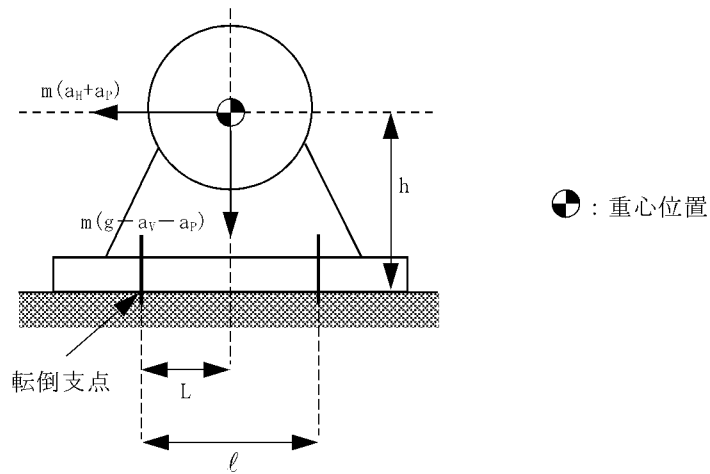
4.4 応力評価方法

車両型設備の直接及び間接支持構造物の応力評価は、別添2-1の「2.2 評価方針」で設定した評価式に従って、評価対象部位について、JEAG4601・補-1984に規定されているボンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

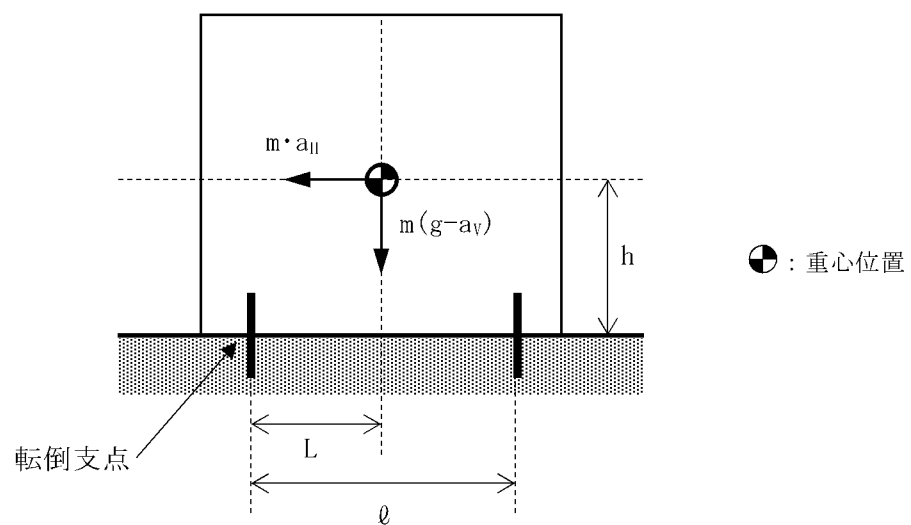
評価については、第3-1表に示す加振試験で測定された車両頂部の加速度を1.2倍した上で設計用加速度とし、発生応力を算出し、応力評価を行う。

4.4.1 評価に使用する計算モデル及び記号の説明

応力評価に使用する計算モデル例を第4-1図及び第4-2図に、記号を第4-4表に示す。



第4-1図 直接支持構造物の計算モデル例



第4-2図 間接支持構造物の計算モデル例

第4-4表 応力評価に使用する記号

記号	単位	定 義
A_b	mm^2	取付ボルトの軸断面積
a_H	m/s^2	設計用水平加速度
a_P	m/s^2	回転体振動による加速度
a_V	m/s^2	設計用鉛直加速度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	据付面から重心位置までの高さ
L	mm	車両重心位置とボルト間の水平方向距離
ℓ	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
m	kg	機器の運転時質量
M_P	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力

4.4.2 直接支持構造物の応力計算式

- ・取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

- ・取付ボルトのせん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$

4.4.3 間接支持構造物の応力計算式

- ・取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H) \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

- ・取付ボルトのせん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

4.5 応力評価条件

応力評価に用いる評価条件を第4-5表、第4-6表に示す。

第4-5表 直接及び間接支持構造物の設計用加速度

機器名称	設計用加速度 (G)	
	水平 a_H	鉛直 a_V
電源車(緊急時対策所用)	2.01	1.76

第4-6表 直接支持構造物の設計条件 (1/2)

機器名称	評価部位	m (kg)	h (mm)	A_b (mm ²)	n (-)	N (-)	L (mm)	ϕ (mm)
電源車 (緊急時対策所用)	発電機取付ボルト	810	240	314	2	1	300	600
	内燃機関取付ボルト	1,050	270	200	2	1	255	510

第4-6表 間接支持構造物の設計条件 (2/2)

機器名称	評価部位	m (kg)	h (mm)	A _b (mm ²)	n (-)	N (-)	L (mm)	φ (mm)
電源車 (緊急時対策所用)	発電機-オイルパン間	4,920	510	380	8	4	665	1,330
	オイルパン-荷台間	5,841	912.3	200	36	18	788	1,575

5. 転倒評価

5.1 基本方針

車両型設備は、別添2-1の「2.2 評価方針」に設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5.2 評価対象部位」に示す対象部位が「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価対象部位

転倒評価の対象部位は、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、地震後に転倒しないことが要求される車両全体とする。

5.3 許容限界

許容限界は、「5.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることをとする。

5.4 評価方法

車両型設備の転倒評価は、別添2-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

車両型設備は、別添2-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が「6.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価対象部位

車両型設備の評価対象部位は、別添2-1の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて、地震後に支持機能及び移動機能の維持が必要な車両部、並びに動的及び電氣的機能の保持が必要な車両に積載している発電機及び内燃機関とする。

6.3 許容限界

許容限界は、「6.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることをとする。

6.4 評価方法

車両型設備の機能維持評価は、別添2-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、第6-1表に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

第6-1表 車両型設備の機能維持確認項目

機器名称	機能維持確認項目
電源車(緊急時対策所用)	<p>重大事故等時に緊急時対策所の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電するための容量を有すること。</p> <p>また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。</p>

7. 波及的影響評価

7.1 基本方針

車両型設備は、別添2-1の「2.2.1 (4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、他の可搬型重大事故等対処設備への波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「7.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「7.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

7.2 評価対象部位

波及的影響評価の対象部位は、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、車両全体とする。

7.3 許容限界

車両型設備は、「7.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位と他の可搬型重大事故等対処設備との離隔距離が、車両型設備の加振試験にて確認した最大変位量を基に、1台当たり前後方向1,000mm、左右方向1,000mmであることを許容限界とする。

なお、実際の車両配置に必要な車両間隔については離隔距離を基に、各々の離隔距離を加算し、前後方向2,000mm、左右方向2,000mmとする。

7.4 評価方法

車両型設備の波及的影響評価は、別添2-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、車両の傾き及びすべりによる変位量のうち、最も大きい変位量が許容限界以下であることを確認する。

8. 評価結果

車両型設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

発生値は許容値を満足しており、基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認した。

8.1 応力評価

車両型設備の応力評価結果を第8-1表、第8-2表に示す。

8.2 転倒評価

車両型設備の転倒評価結果を第8-3表に示す。

8.3 機能維持評価

車両型設備の機能維持評価結果を第8-3表に示す。

8.4 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響評価結果を第8-4表に示す。

第8-1表 直接支持構造物の評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	許容値
電源車(緊急時対策所用)	発電機 取付ボルト	引張り(単位MPa)	30	567
		せん断(単位MPa)	26	436
		組合せ(単位MPa)	30	567
	内燃機関 取付ボルト	引張り(単位MPa)	75	567
		せん断(単位MPa)	52	436
		組合せ(単位MPa)	75	567

第8-2表 間接支持構造物の評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	許容値
電源車(緊急時対策所用)	発電機－オイルパン間	引張り(単位MPa)	37	567
		せん断(単位MPa)	32	436
		組合せ(単位MPa)	37	567
	オイルパン－荷台間	引張り(単位MPa)	25	193
		せん断(単位MPa)	16	148
		組合せ(単位MPa)	25	193

第8-3表 転倒評価及び機能維持評価確認結果

評価対象設備	電源車(緊急時対策所用)					
保管エリア						
加振方向 (注2)	水平		鉛直	水平		鉛直
	X	Y	Z	X	Y	Z
Ss-1(G) (注1)	0.77	0.77	0.51	0.76	0.76	0.50
Ss-2(G) (注1)	0.94	0.81	0.64	0.73	0.84	0.62
Ss-3(G) (注1)	0.59	0.81	0.43	0.75	0.56	0.40
Ss-4(G) (注1)	0.65	0.72	0.60	0.75	0.62	0.53
Ss-5(G) (注1)	0.73	0.74	0.47	0.67	0.64	0.46
Ss-6(G) (注1)	0.71	0.63	0.49	0.64	0.66	0.47
Ss-7(G) (注1)	0.51	0.69	0.39	0.65	0.50	0.39
Ss-8(G) (注1)	0.53	0.72	0.39	0.71	0.50	0.38
Ss-9(G) (注1)	0.36	0.59	0.32	0.58	0.31	0.31
Ss-10(G) (注1)	0.46	1.02	0.38	0.95	0.42	0.37
Ss-11(G) (注1)	0.88	0.86	0.55	0.82	0.79	0.49
Ss-12(G) (注1)	0.61	0.65	0.38	0.63	0.56	0.37
Ss-13(G) (注1)	0.68	0.70	0.42	0.67	0.64	0.39
Ss-14(G) (注1)	0.80	0.79	0.68	0.73	0.74	0.63
Ss-15(G) (注1)	0.67	0.77	0.47	0.75	0.63	0.45
Ss-16(G) (注1)	0.65	0.73	0.42	0.66	0.61	0.41
Ss-17(G) (注1)	0.77	0.65	0.48	0.61	0.72	0.47
Ss-18(G) (注1)	0.57	0.58	0.52	0.61	0.56	0.49
Ss-19(G) (注1)	0.65	0.65	0.34	0.65	0.65	0.33
Ss-Max(G) (注1)	0.94	1.02	0.68	0.95	0.84	0.63
加振台の最大 加速度(G) (注1)	1.32	1.27	1.23	1.27	1.32	1.23
転倒評価結果	○			○		
機能維持評価結果 (注3)	○			○		

(注1) $G=9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

(注2) X方向、Y方向はそれぞれ、EW方向、NS方向を示す。

(注3) 加振試験後の支持機能、移動機能及び第6-1表に示す機能維持確認項目の確認を含む。

第8-4表 波及的影響評価結果（左右方向）

設備名称	車両の最大変位量 (左右方向) (mm)	許容限界 (左右方向) (mm)
電源車(緊急時対策所用)	100	1,000

第8-4表 波及的影響評価結果（前後方向）

設備名称	車両の最大変位量 (前後方向) (mm)	許容限界 (前後方向) (mm)
電源車(緊急時対策所用)	170	1,000

なお、波及的影響評価として実施した地震に伴うすべり及び浮き上がりの考慮は、竜巻対策としての固縛装置の余長を設計する入力条件であり、当該余長については、地震によるすべり量及び浮き上がり量を包絡できる設計とする。

可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-4-1
2. 基本方針	03-別添2-4-1
2.1 配置	03-別添2-4-1
2.2 構造の説明	03-別添2-4-1
2.3 評価方針	03-別添2-4-3
2.3.1 構造強度評価	03-別添2-4-3
2.3.2 転倒評価	03-別添2-4-3
2.3.3 波及的影響評価	03-別添2-4-4
2.4 適用規格	03-別添2-4-5
3. 評価対象部位	03-別添2-4-6
4. 地震応答解析及び構造強度評価	03-別添2-4-6
4.1 基本方針	03-別添2-4-6
4.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添2-4-7
4.2.1 荷重の種類	03-別添2-4-7
4.2.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	03-別添2-4-7
4.3 許容応力	03-別添2-4-8
4.4 使用材料の許容応力評価条件	03-別添2-4-9
4.5 設計用地震力	03-別添2-4-10
4.6 解析モデル及び諸元	03-別添2-4-11
4.7 固有値解析結果	03-別添2-4-15
4.8 応力計算方法	03-別添2-4-17
4.9 応力計算条件	03-別添2-4-19
5. 転倒評価	03-別添2-4-20
6. 波及的影響評価	03-別添2-4-20
7. 評価結果	03-別添2-4-20

7.1	構造強度評価	03-別添2-4-20
7.2	転倒評価	03-別添2-4-20
7.3	波及の影響評価	03-別添2-4-20

1. 概要

本資料は、別添2-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添2-1」という。）に基づき、ボンベ設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、空気供給機能を維持するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。その耐震評価は、固有値解析及び構造強度評価、転倒評価並びに波及的影響評価により行う。

2. 基本方針

2.1 配置

ボンベ設備は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、
に保管している。

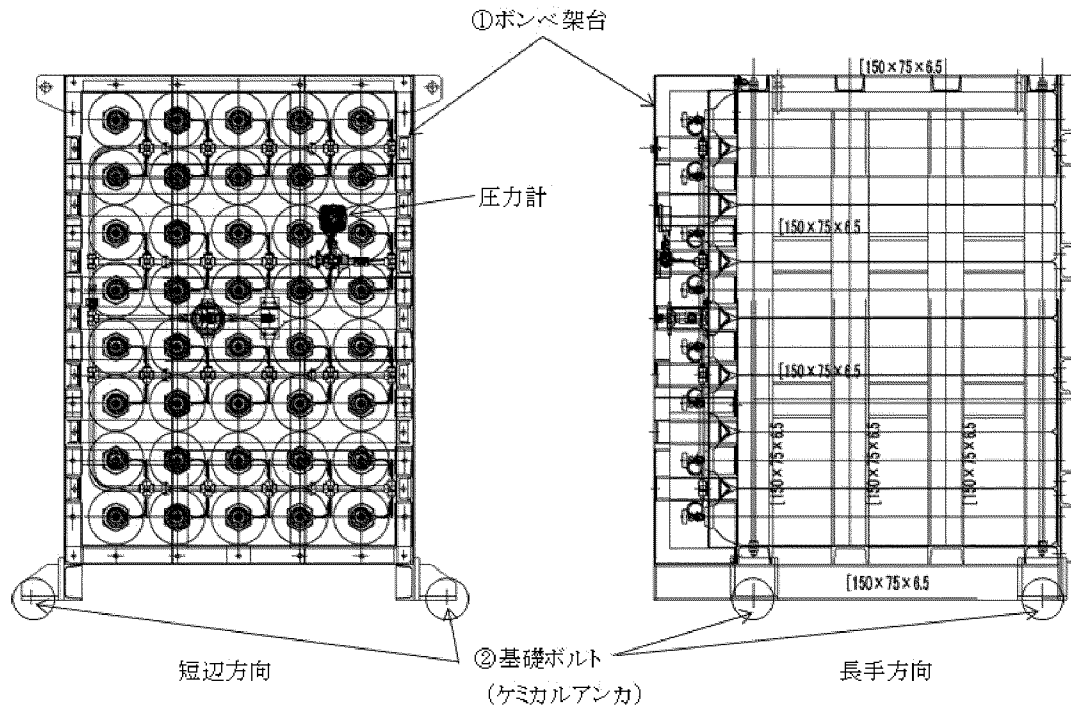
2.2 構造の説明

ボンベ設備の構造は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ボンベ設備の構造計画を第2-1表に、概要図を第2-1図に示す。

第2-1表 ポンベ設備の構造計画

機器名称	計画の概要		(注) 説明図
	主体構造	支持構造	
空気供給装置	空気ポンベ及びポンベの支持構造物であるポンベ架台により構成する。	空気ポンベは、容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルト等によりポンベ架台に固定し、ポンベ架台を基礎ボルトにより床に据え付ける。	第2-1図

(注) 評価対象部位を、①から②に示す。



第2-1図 空気供給装置 外観図

2.3 評価方針

ポンベ設備の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを第2-2図に示す。

2.3.1 構造強度評価

ポンベ設備は、別添2-1の「2.2.2 (1) 応力評価」にて設定した構造強度評価の方針に従い、構造強度評価を実施する。

ポンベ設備の構造強度評価は、「2.2 構造の説明」にて示すポンベ設備の部位を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界に収まることを「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

2.3.2 転倒評価

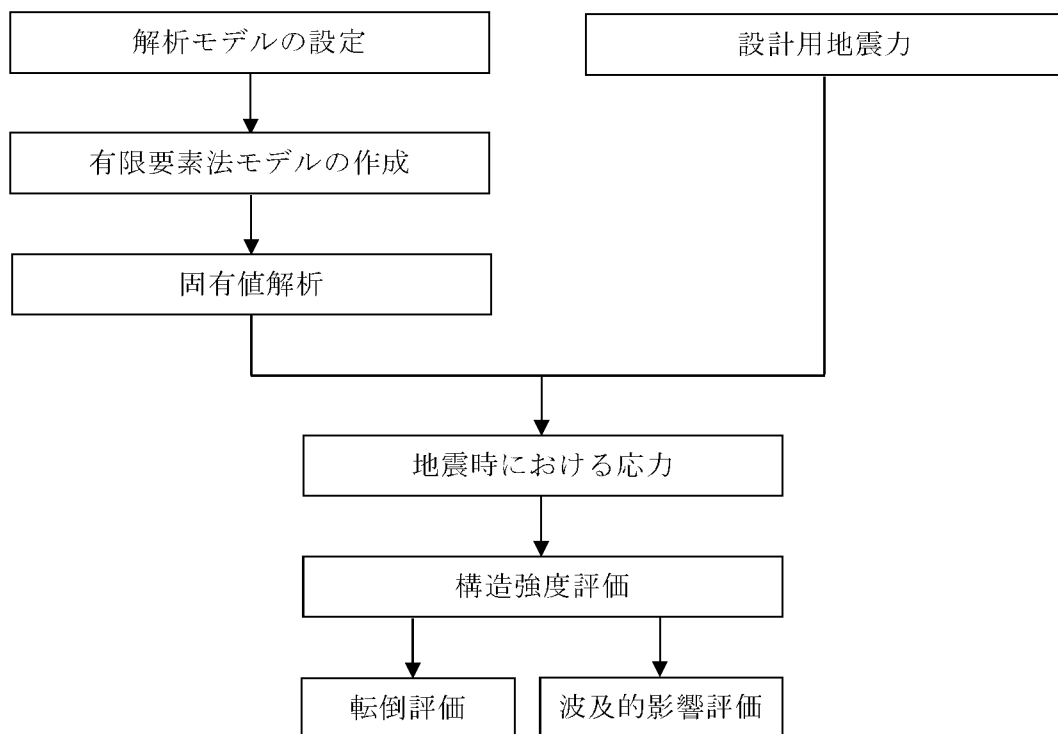
ポンベ設備は、別添2-1の「2.2.2 (2) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

ポンベ設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、基準地震動 S_s による地震力に対し転倒しないことを、「2.3.1 構造強度評価」において確認する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

2.3.3 波及的影響評価

ボンベ設備は、別添2-1の「2.2.2 (3) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

ボンベ設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動 S_s による地震力に対し、他の当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に影響を及ぼさないことを、「2.3.1 構造強度評価」により確認する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。



第2-2図 ボンベ設備の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」(JEAG4601・補1984)
日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991追補版) 日本電気協会

3. 評価対象部位

ボンベ設備の評価対象部位は、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、耐震評価上厳しくなる架台及び基礎ボルトを選定して実施する。評価対象部位を別添2-1の「2.1 評価対象設備」第2-2図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

ボンベ設備の固有振動数、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

ボンベ設備は、別添2-1の「4.2 ボンベ設備」にて設定した評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ボンベ設備の構成品であるボンベ架台（ボンベ含む）の地震応答解析は、「4.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.3 許容応力」に示す許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「4.8 応力計算方法」に示す方法を用いてボンベ設備の評価対象部位に発生する応力及び荷重を算定する。

- (1) ボンベ架台を構成する鋼材を他プラントにて実績のあるはり要素及びシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、スペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは、MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 0を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、ボンベ架台は、基礎ボルトによりX, Y, Zの3方向を固定として設定する。なお、基礎ボルトでは回転を拘束できないので、それを適切に評価できるよう基礎ボルトと架台の設置点をピン固定とする。
- (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、付録材料図表Part5で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。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベ架台に収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧

力容器に比べ、高い耐圧強度を有しかつコンパクトであることから、はるかに剛性が高いものであるため、解析上、剛構造として取り扱う。

- (7) ヘッダーマニホールド及び減圧弁等の付属構成部品は、ポンベ及びポンベ架台と一体となって振動するようボルト固定する等の設計上の配慮がなされているため、固定された拘束部位からは大きな荷重を受けることなく、有意な応力は生じない。
- (8) 各ポンベからヘッダーマニホールドへの接続管は、接続を容易にするためフレキシブルチューブを使用しており、地震時にはポンベとヘッダー管の相対変位は微小であるため、地震時の変位を十分吸収できるものである。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

ポンベ設備の荷重及び荷重の組合せは、別添2-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重の種類

構造強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重 (D)

死荷重は、ポンベ設備の自重とする。

(2) 地震荷重 (Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

4.2.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、ポンベ設備の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名称	評価対象部位	許容応力状態	荷重の組合せ
ポンベ設備	架台	IV _A S	D+Ss
	基礎ボルト	IV _A S	D+Ss

4.3 許容応力

ポンベ設備の許容応力は、「3. 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定した許容限界に従い、許容応力状態IV_ASの許容応力とする。

評価対象部位の許容応力を第4-2表及び第4-3表に示す。

第4-2表 架台の許容応力

評価対象部位	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1,2)	
				一次応力	
				組合せ	
架台	—	D+Ss	IV _A S	1.5 f _t [*]	

(注1) f_t^{*}: JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

第4-3表 基礎ボルトの許容応力

評価対象部位	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1,2)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
基礎ボルト	—	D+Ss	IV _A S	1.5 f _t [*]	1.5 f _s [*]

(注1) f_t^{*}、f_s^{*}: JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1 SSB-3133)。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5 f_t^{*}) - 1.6 τ_b, 1.5 f_t^{*}) とする。

4.1 使用材料の許容応力評価条件

ポンベ設備の使用材料の許容応力評価条件を第4-4表に示す。

第4-4表 使用材料の許容応力評価条件

材 質	評価温度 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
SS400 (t ≤ 16) ① 架台	最高使用温度	40	245	400	280
SS400 (16 < t ≤ 40) ② 基礎ボルト	雰囲気温度	40	235	400	280
記号の定義 S _y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表8に規定される値 S _u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表9に規定される値 F* : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値					

4.5 設計用地震力

耐震計算における入力地震動には、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-5表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。また、減衰定数は資料10-6「地震応答解析の基本方針」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-5表 設計用地震力 空気供給装置

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	(注) 減衰定数 (%)	
		水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19、X方向及びY方向を包絡した設計用床応答曲線を用いる。鉛直方向はSs-1からSs-19を包絡した設計用床応答曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

(注) 別添2-1の「4.2 ポンベ設備」に示す設計用減衰定数とする。

4.6 解析モデル及び諸元

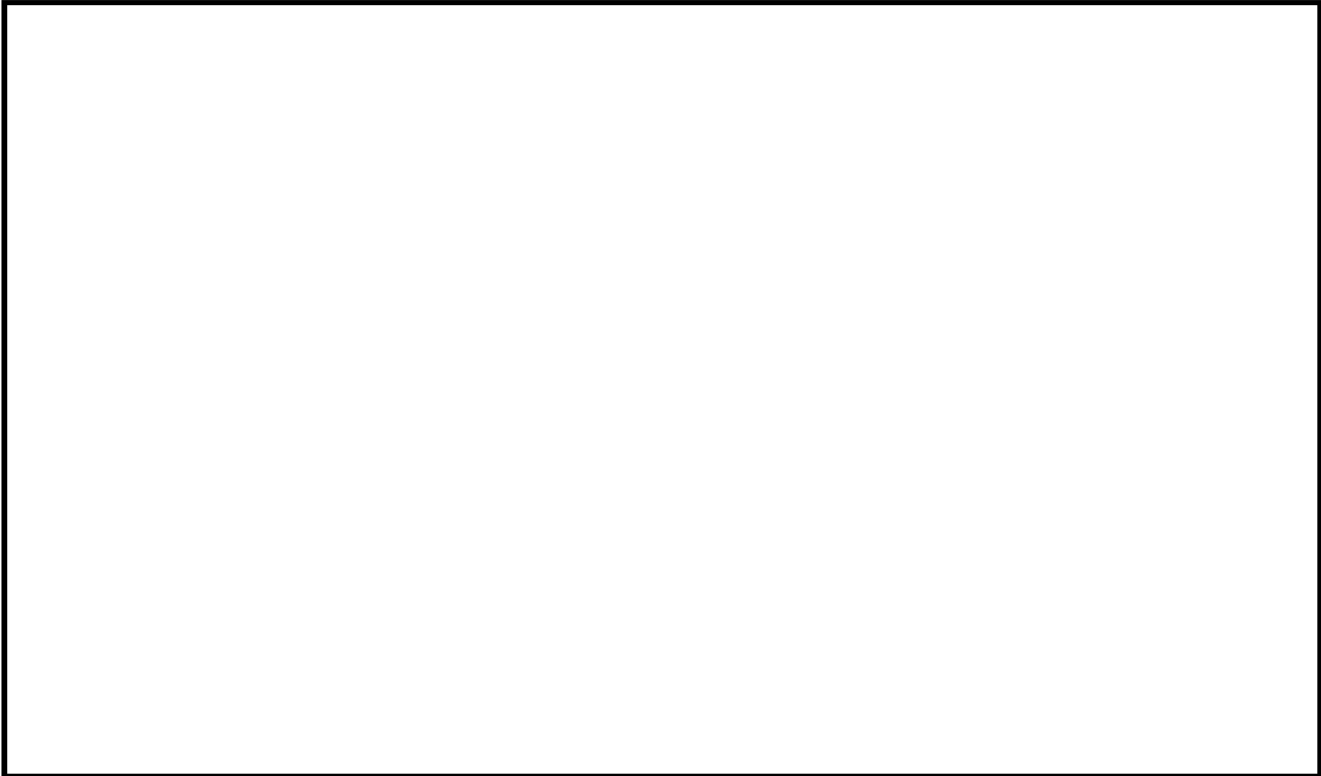
(1) 空気供給装置

空気供給装置の解析モデルは、ポンベ架台を構成する鋼材をはり要素及びシェル要素として、以下のとおりモデル化した3次元FEMモデルである。

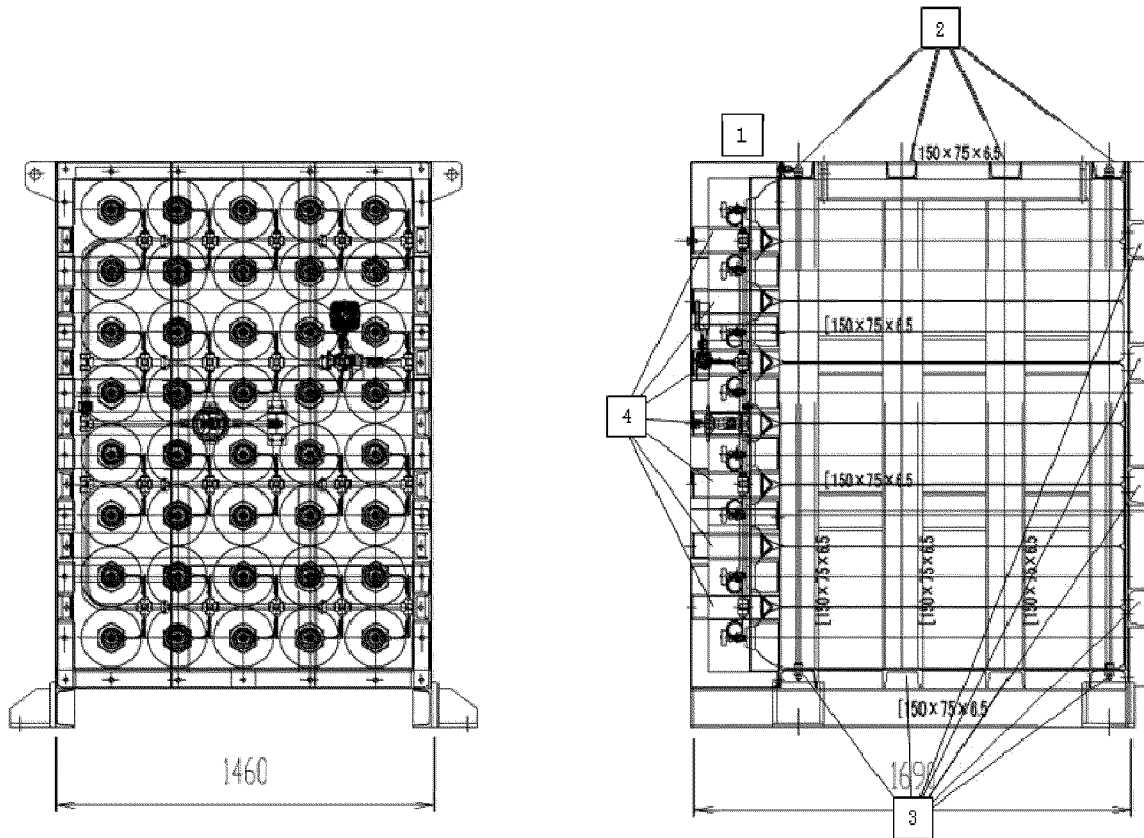
解析モデルを第4-1図に、外形図を第4-2図に、解析モデルの諸元を第4-6表に示す。

- a. 空気供給装置は、固定ボルト及び形鋼により、形鋼で構成された床支持方式のポンベ架台に取り付けられ、ポンベ架台は床に基礎ボルトで固定されている。
- b. 空気供給装置は、地震力を受けた際に、固定ボルト及び形鋼の軸方向の剛性がポンベ架台と比べ高いことから、前面及び背面の形鋼及び固定ボルトと一体で変位するものと考えられ、その際に生じる水平方向荷重はポンベ架台に伝達され、最終的に基礎ボルトへと荷重伝達される。
- c. 上記より評価対象部位は、空気供給装置を支持するポンベ架台及び基礎ボルトとする。
- d. 空気供給装置は、前面及び背面の形鋼と一体で変位することを模擬するため、空気供給装置と前面及び背面の形鋼は解析上水平2方向を剛接合とする。

この時、ポンベ架台に作用する荷重は、空気供給装置、前面及び背面の形鋼と固定ボルトの合計質量に基づき算定されるため、評価対象部位に対し、保守的な地震荷重となる。



第4-1図 解析モデル



第4-2図 外形図

第4-6表 解析モデルの諸元 (1/2)

項目	記号	単位	入力値
材質 ^(注)	—	—	SS400
温度条件(最高使用温度)	T	℃	40
縦弾性係数 ^(注)	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
質量(ポンベ)	W	kg	
質量(架台)	W	kg	
ポンベ数	—	本	40
寸法	—	—	第4-2図
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(注) 部位は①ポンベ架台

第4-6表 解析モデルの諸元 (2/2)

部材	部材 番号	材料	諸元(数値)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント(部材) (mm ⁴)		密度 (kg/mm ³)
						強軸	弱軸	
ポンベ 架台 (mm)	①	SS400						
	②	SS400						
	③	SS400						
	④	SS400						
	⑤	SS400						
基礎ボルト (mm)	—	SS400						

4.7 固有値解析結果

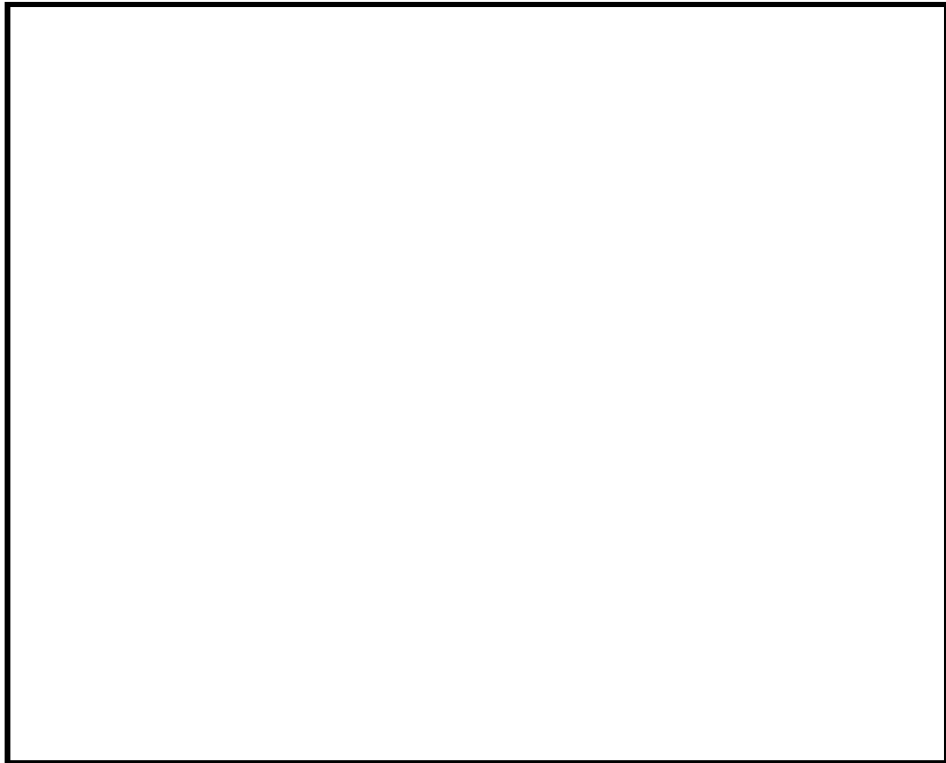
ポンベ設備の固有振動数解析結果を第4-7表に、1次モード図及び刺激係数が各方向について高いモードの振動モード図を第4-3図及び第4-4図に示す。

第4-7表 固有振動数解析結果

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	4.3	0.000	1.360	0.000	フレーム
2	7.8	0.000	0.010	0.000	フレーム
3	9.4	0.259	0.000	-0.001	フレーム
4	9.4	0.000	0.001	0.000	フレーム
5	9.4	0.009	0.000	0.000	フレーム
6	9.4	-0.002	0.000	0.000	フレーム
7	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
8	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
9	9.4	-0.001	0.000	0.000	フレーム
10	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
11	9.4	0.001	0.000	0.000	フレーム
12	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
13	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
14	9.4	0.000	0.000	0.000	フレーム
15	15.5	0.000	-0.510	0.000	フレーム
16	26.4	0.000	-0.129	0.000	フレーム
17	29.7	2.008	0.000	-0.068	フレーム
18	37.5	0.000	-0.498	0.000	フレーム



第4-3図 1次振動モード図 (4.3Hz) , Y方向刺激係数最大
空気供給装置



第4-4図 17次振動モード図 (29.7Hz) , X方向刺激係数最大
空気供給装置

4.8 応力計算方法

ポンベ設備の構造強度評価は、別添2-1の「4.2 ポンベ設備」にて設定したポンベ型設備の評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

構造強度評価に使用する記号を第4-8表に示す。最大応力発生部位を第4-5図に示す。

第4-8表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定義
σ_a	MPa	はり要素の軸応力
σ_b	MPa	はり要素の曲げ応力
τ	MPa	はり要素のせん断応力
σ_x	MPa	シェル要素のX方向応力
σ_y	MPa	シェル要素のY方向応力
τ_{xy}	MPa	シェル要素のせん断応力
F_{bt}	N	基礎ボルトの引張力
F_{bs}	N	基礎ボルトのせん断力
A_b	mm ²	基礎ボルトの断面積

(1) 架台

架台のうち、はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$$

架台のうち、シェル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

(2) 基礎ボルト

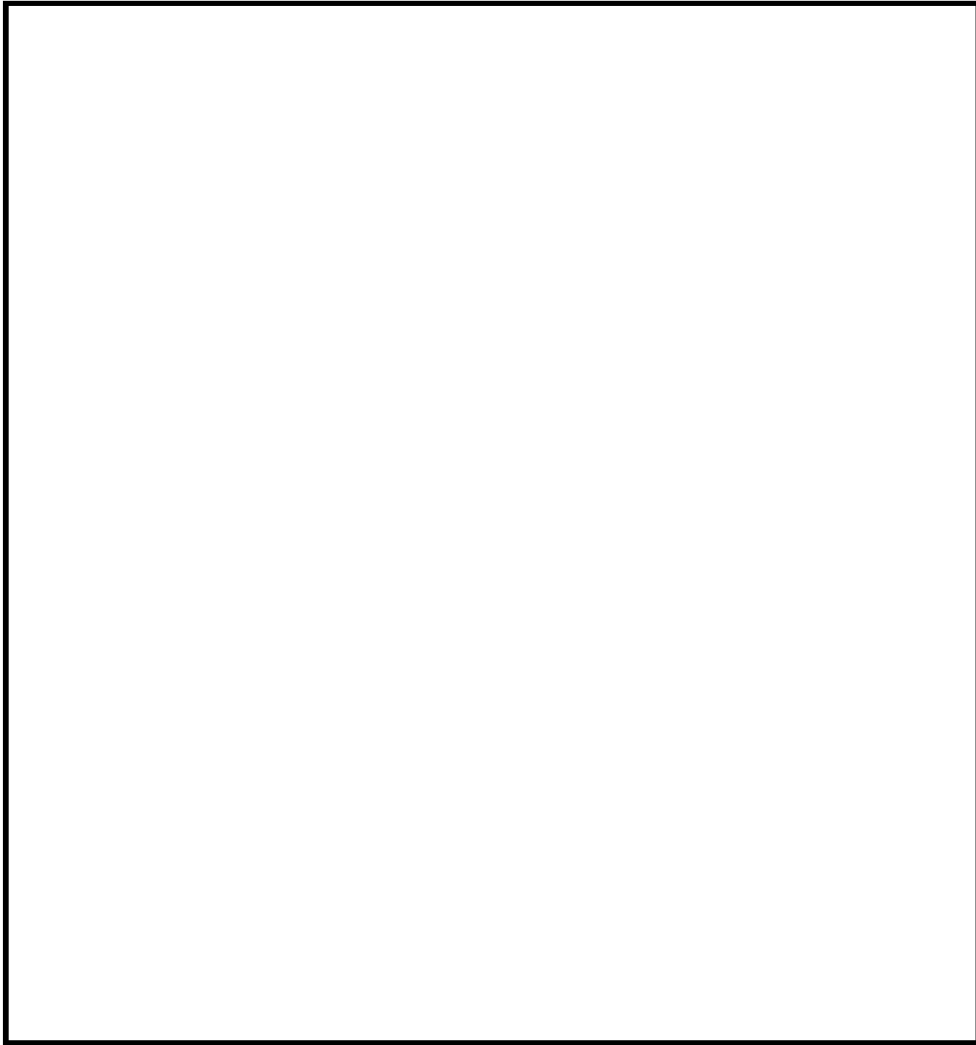
ボルトの応力を以下のとおり計算する。

- ・引張応力及び組合せ応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_{bt}}{A_b}$$

- ・せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{bs}}{A_b}$$



第4-5図 最大応力発生部位（空気供給装置）

4.9 応力計算条件

(1) 架台

設備名称	部 位	材 質	地震応答解析により 算出した応力 (MPa)	
			σ_a	
空気供給装置	① 架 台	SS400	σ_a	3
			σ_b	188
			τ	30

(2) 基礎ボルト

設備名称	部 位	材 質	ボルト 断面積 A_b (mm^2)	地震応答解析により 算出した荷重(N)	
				F_{bt}	
空気供給装置	② 基礎ボルト	SS400	□	F_{bt}	59492
				F_{bs}	58646

5. 転倒評価

ボンベ設備は、別添2-1の「2.2.2 (2) 転倒評価」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し転倒しないことを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」により、評価対象部位が健全であることにより確認する。

6. 波及的影響評価

ボンベ設備は、別添2-1の「2.2.2 (3) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、他の可搬型重大事故等対処設備への波及的影響評価を実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを「4. 地震応答解析及び構造強度評価」により、評価対象部位が健全であることにより確認する。

7. 評価結果

ボンベ設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

発生値は許容応力を満足しており、基準地震動 S_s による地震力に対して評価対象部位の健全性が維持されることを確認した。従って、基準地震動 S_s による地震力に対し、転倒しないこと及び波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より、ボンベ設備は地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、空気供給機能を維持するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認した。

7.1 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価結果を第7-1表に示す。

7.2 転倒評価

ボンベ設備の転倒評価結果は、「7.1 構造強度評価」による。

7.3 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価結果は、「7.1 構造強度評価」による。

第7-1表 基準地震動Ssによる地震力に対する評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容応力 (MPa)
空気供給装置	① ポンベ架台 (SS400)	組合せ応力	198	280
	② 基礎ボルト (SS400)	引張応力	85	210
		せん断応力	84	161
		組合せ応力	85	159

可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-5-1
2. 基本方針	03-別添2-5-1
2.1 配置	03-別添2-5-1
2.2 構造概要	03-別添2-5-1
2.3 評価方針	03-別添2-5-5
2.3.1 転倒評価	03-別添2-5-5
2.3.2 構造強度評価	03-別添2-5-5
2.3.3 機能維持評価	03-別添2-5-5
2.3.4 波及的影響評価	03-別添2-5-5
2.4 適用規格	03-別添2-5-6
3. 固有値解析	03-別添2-5-7
3.1 基本方針	03-別添2-5-7
3.2 解析方法	03-別添2-5-7
3.3 解析モデル及び諸元	03-別添2-5-8
3.4 固有値解析結果	03-別添2-5-10
4. 転倒評価及び構造強度評価	03-別添2-5-12
4.1 基本方針	03-別添2-5-12
4.2 評価対象部位	03-別添2-5-12
4.3 荷重及び荷重の組合せ	03-別添2-5-14
4.3.1 荷重の種類	03-別添2-5-14
4.3.2 荷重の組合せ	03-別添2-5-14
4.4 許容限界	03-別添2-5-14
4.5 評価方法	03-別添2-5-16
4.5.1 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット	03-別添2-5-17
4.5.2 緊急時対策所非常用空気浄化ファン	03-別添2-5-28
5. 機能維持評価	03-別添2-5-43
5.1 基本方針	03-別添2-5-43

5.2	評価対象部位	03-別添2-5-43
5.3	許容限界	03-別添2-5-43
5.4	評価方法	03-別添2-5-43
6.	波及の影響評価	03-別添2-5-44
7.	評価条件	03-別添2-5-45
7.1	転倒評価及び構造強度評価	03-別添2-5-45
7.2	機能維持評価	03-別添2-5-50
7.3	波及の影響評価	03-別添2-5-50
8.	評価結果	03-別添2-5-50
8.1	転倒評価	03-別添2-5-50
8.2	構造強度評価	03-別添2-5-50
8.3	機能維持評価	03-別添2-5-54
8.4	波及の影響評価	03-別添2-5-54

1. 概要

本資料は、別添2-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添2-1」という）に示すとおり、可搬型空気浄化設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、換気機能を保持するとともに当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 配置

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、に保管している。

2.2 構造概要

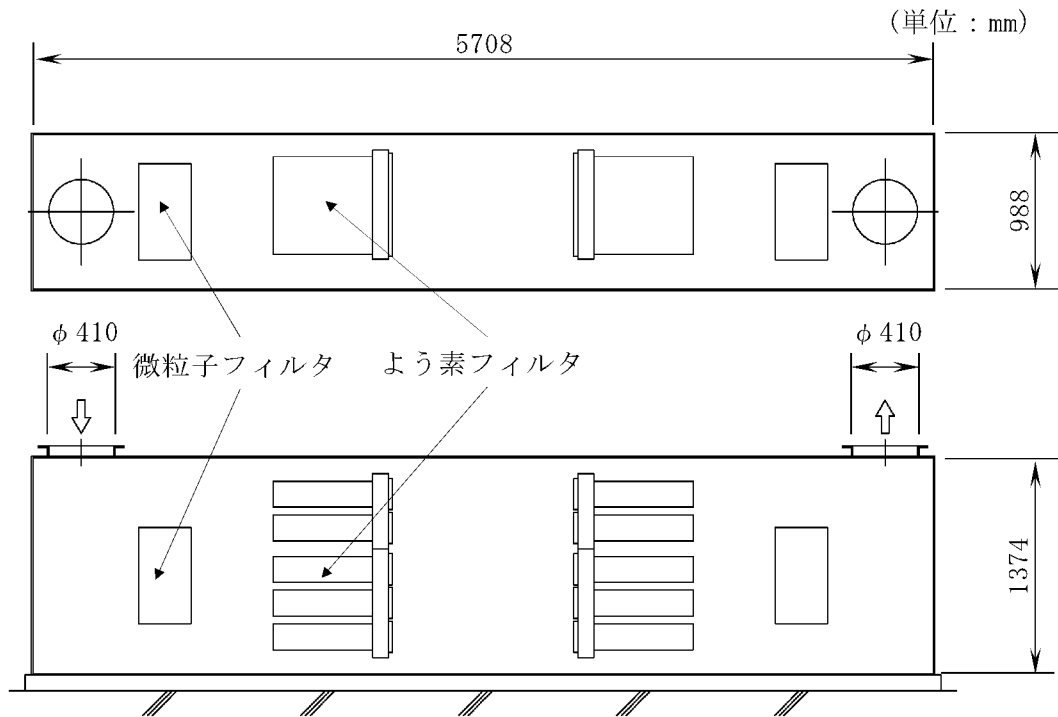
可搬型空気浄化設備の構造は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画とする。

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

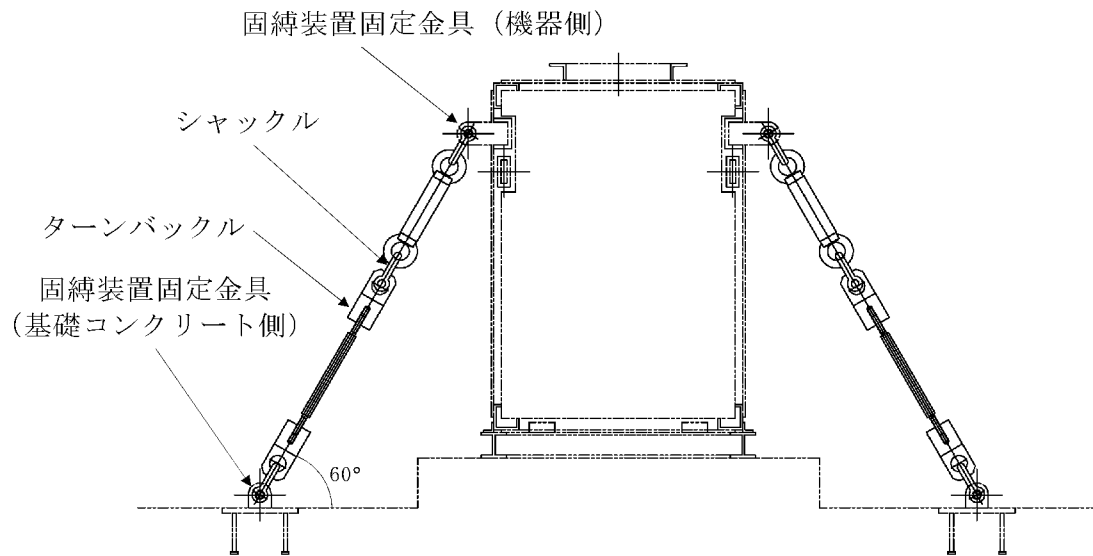
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造計画を第2-1表に、外形図を第2-1図に、概要図を第2-2図に示す。

第2-1表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット	フィルタユニット、ならびにこれらを支持するターンバックル等の固縛装置等により構成する。	フィルタユニットは剛構造とし、機器本体と基礎コンクリートの間をターンバックル等の固縛装置にて固縛する。	第2-1図 第2-2図



第2-1図 外形図（緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット）



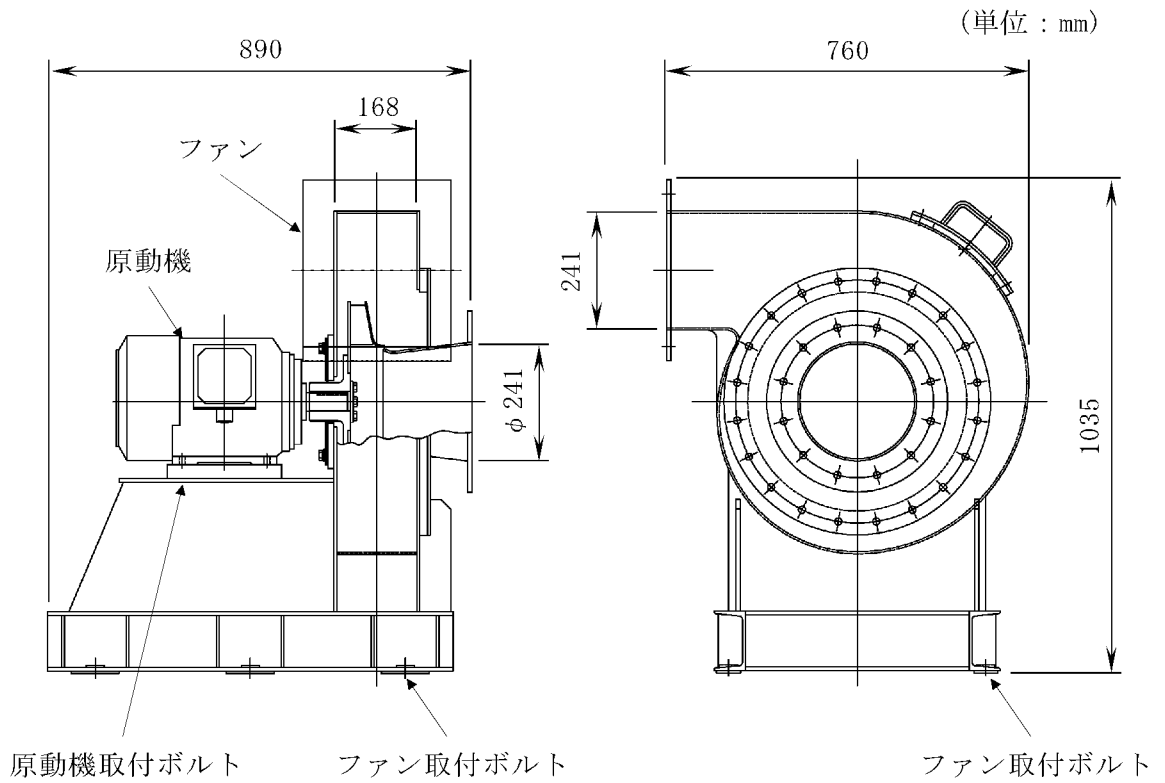
第2-2図 概要図（緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット）

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

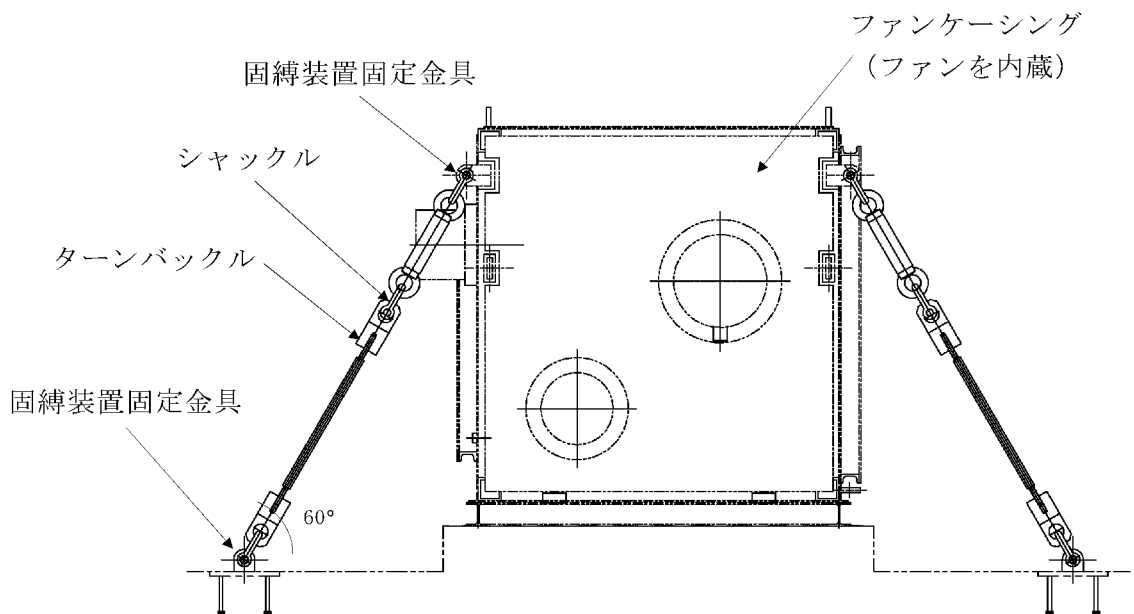
緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造計画を第2-2表に、外形図を第2-3図に、概要図を第2-4図に示す。

第2-2表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所非常用空気浄化ファン	ファン(送風機及び原動機)及びこれらを内蔵するファンケーシング、ならびにこれらを支持するターンバックル等の固縛装置等により構成する。	ファン及びファンケーシングは剛構造とし、ファンケーシングと基礎コンクリートの間をターンバックル等の固縛装置にて固縛する。また、ファン本体は取付ボルトでファンケーシング内部に固定、原動機は取付ボルトでファン共通台板に固定する。	第2-3図 第2-4図



第2-3図 外形図 (緊急時対策所非常用空気浄化ファン)



第2-4図 概要図 (緊急時対策所非常用空気浄化ファン)

2.3 評価方針

可搬型空気浄化設備の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを第2-5図に示す。

2.3.1 転倒評価

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.2.3 (2) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の転倒評価は、「4. 転倒評価及び構造強度評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「8. 評価結果」において、基準地震動 S_s に対して転倒しないことを、「2.3.2 構造強度評価」により確認する。

2.3.2 構造強度評価

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.2.3 (1) 応力評価」にて設定した構造強度評価の方針に従い、構造強度評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の構造強度評価は、「4. 転倒評価及び構造強度評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「8. 評価結果」において、可搬型空気浄化設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

また、シャックルについては、基準地震動 S_s に対し、各構成要素の定格荷重等を超えないように設計を行い、シャックルが受ける荷重に対して十分な強度、支持力があるものを選定する。

2.3.3 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.2.3 (3) 機能維持評価」にて設定した機能維持評価の方針に従い、機能維持評価を実施する。

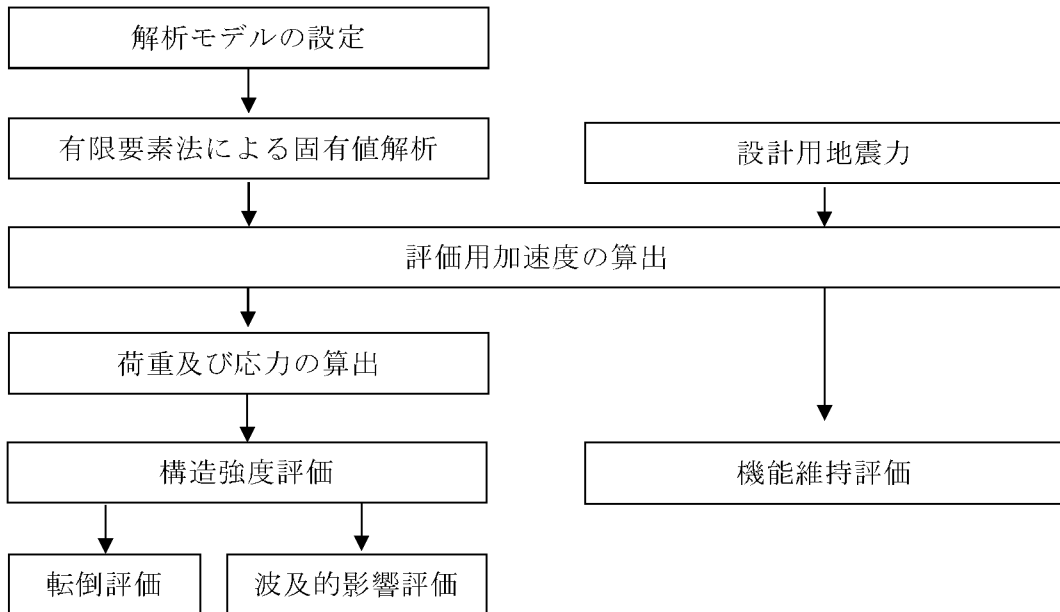
可搬型空気浄化設備の機能維持評価は「5 機能維持評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用い、「8. 評価結果」において可搬型空気浄化設備の対象機器の保管場所の最大床加速度が、加振試験により動的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

2.3.4 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.2.3 (4) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い波及的影響評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動 S_s による地震力に対し、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波

及的影響を及ぼさないことを「2.3.2 構造強度評価」により確認する。



第2-5図 可搬型空気浄化設備の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格、基準、指針等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 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」(JEAG4601・補 1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会
- ・「機械工学便覧 基礎編」(社) 日本機械学会 (1987)

3. 固有値解析

3.1 基本方針

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」にて設定した評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所非常用空気浄化ファンの地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.4 固有値解析結果」において緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所非常用空気浄化ファンの固有振動数を評価する。

3.2 解析方法

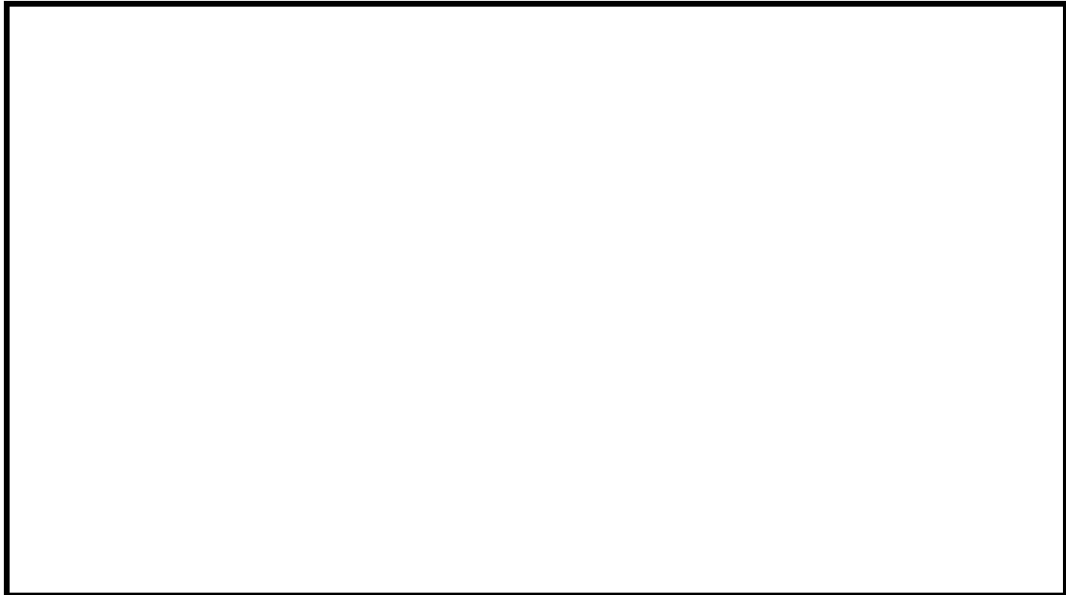
- (1) 固有振動数を求めるため、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所非常用空気浄化ファンをはり要素及びシェル要素によりモデル化し、3次元FEM解析を行う。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008r1」及び「MSC NASTRAN Ver. 2011.1」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット、緊急時対策所非常用空気浄化ファンは床面とターンバックルを介して固縛装置で固定することにより、設置面でX、Y、Zの3方向の固定として設定する。
- (4) 総重量は、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットが約4,000kg、緊急時対策所非常用空気浄化ファンが約2,800kg（ファンケーシング含む）とする。
- (5) 解析に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析モデルの固有値解析により、固有振動数を計算する。

3.3 解析モデル及び諸元

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

解析モデルは、第2-1図に示す緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットを構成する鋼材をはり要素、鋼板をシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。

解析モデルを第3-1図に、機器の諸元を第3-1表に示す。



第3-1図 解析モデル（緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット）

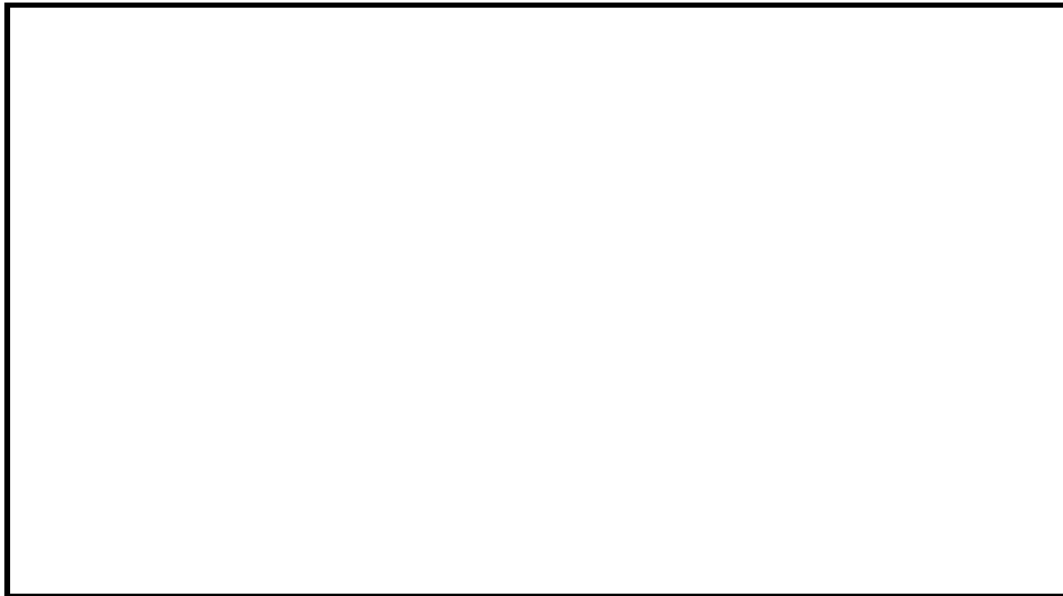
第3-1表 解析モデルの諸元（緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット）

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
温度条件(雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	1.93×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第2-1図
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

解析モデルは、第2-4図に示す緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び当該ファンを内蔵するファンケーシングを構成する鋼材をはり要素、鋼板をシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。

解析モデルを第3-2図に、解析モデルの諸元を第3-2表に示す。



第3-2図 解析モデル（緊急時対策所非常用空気浄化ファン）

第3-2表 解析モデルの諸元（緊急時対策所非常用空気浄化ファン）

項目	記号	単位	入力値
材質(ファン本体)	—	—	SS400
温度条件(雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	2.01×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第2-3図
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>

3.4 固有値解析結果

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

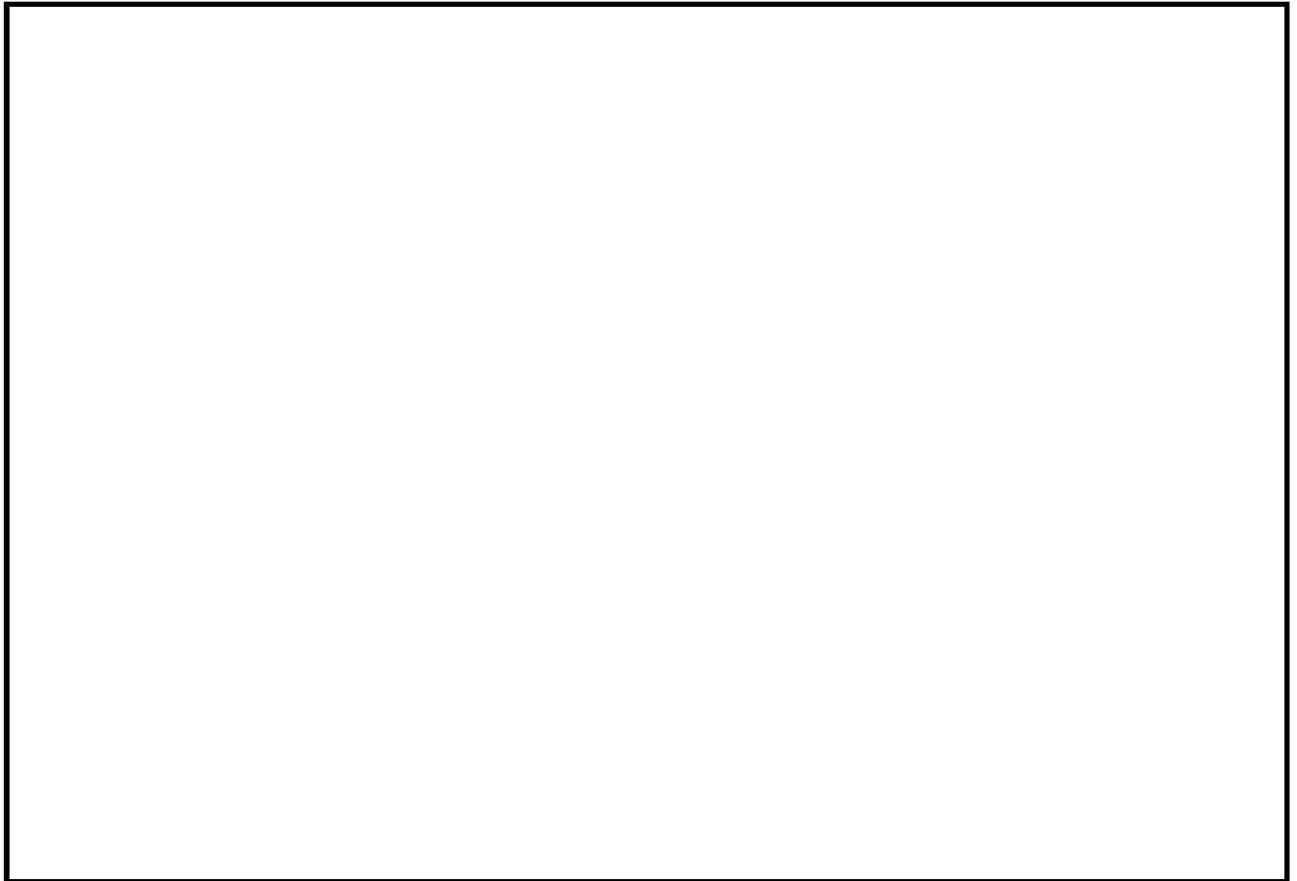
固有振動数の解析結果を第3-3表に示す。

振動モード図を第3-3図に示す。

第3-3表 固有振動数の解析結果

(緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット)

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向
1	37.5	-0.01	0.47	0.01



第3-3図 振動モード (緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット)

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

固有振動数の解析結果を第3-4表に示す。

振動モード図を第3-4図に示す。

第3-4表 固有振動数の解析結果（緊急時対策所非常用空気浄化ファン）

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向
1	51.9	0.09	-1.11	0.08



第3-4図 振動モード（緊急時対策所非常用空気浄化ファン）

4. 転倒評価及び構造強度評価

4.1 基本方針

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」にて設定した評価方針に従い、転倒評価及び構造強度評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の転倒評価及び構造強度評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.4 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価対象部位

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの評価対象部位は、別添 2-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、評価対象部位を第 4-1 表に示す。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの評価対象部位については、第 2-2 図に示す。

第4-1表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの評価対象部位

種類	評価対象	評価内容
固縛装置	固縛装置固定金具	地震によりフィルタユニットに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具(母材)に働く引張応力及びせん断応力並びに固縛装置固定金具(溶接部)に働く組合せ応力をそれぞれ計算して構造強度評価を行う。
	ターンバックル	地震によりフィルタユニットに作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く引張応力及びせん断応力を計算して構造強度評価を行う。
	シャックル	地震によりフィルタユニットに作用する転倒モーメントによりシャックルに働く張力を計算して耐力荷重評価を行う。

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの評価対象部位は、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、評価対象部位を第4-2表に示す。

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの評価対象部位については、第2-3図、第2-4図に示す。

第4-2表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの評価対象部位

種類	評価対象	評価内容
固縛装置 (ファンケーシング)	固縛装置固定金具	地震によりファンに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具(母材)に働く引張応力及びせん断応力並びに固縛装置固定金具(溶接部)に働く組合せ応力をそれぞれ計算して構造強度評価を行う。
	ターンバックル	地震によりファンに作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く引張応力及びせん断応力を計算して構造強度評価を行う。
	シャックル	地震によりファンに作用する転倒モーメントによりシャックルに働く張力を計算して耐力荷重評価を行う。
ファン 本体	ファン取付ボルト	地震による引張応力、せん断応力及び組合せ応力を計算して構造強度評価を行う。
	原動機取付ボルト	地震による引張応力、せん断応力及び組合せ応力を計算して構造強度評価を行う。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添2-1の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.3.1 荷重の種類

構造強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、可搬型空気浄化設備の自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動Ssによる地震力とする。

4.3.2 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、可搬型空気浄化設備の評価対象部位ごとに設定する、荷重の組合せを第4-3表に示す。

第4-3表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名	評価対象部位	許容応力状態	荷重の組合せ
可搬型空気浄化設備	固縛装置	IV _A S	D+Ss
	ファン取付ボルト 原動機取付ボルト	IV _A S	D+Ss

4.4 許容限界

可搬型空気浄化設備の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添2-1の「3.2 許容限界」にて設定した許容限界に従い、許容応力状態IV_ASの許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第4-4表から第4-5表に示す。

第4-4表 固縛装置の許容限界

	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1,2)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
固縛装置	—	D+Ss	IV _A S	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

(注1) f_t^{*}、f_s^{*}：JSME S NC1 SSB-3121.1 (1) a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値（JSME S NC1 SSB-3121.3及びSSB-3133）。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min (1.4 (1.5f_t^{*}) - 1.6 τ_b, 1.5f_t^{*}) とする。

第4-5表 原動機取付ボルトの許容限界

	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^(注1,2)	
				一次応力	
				引張 ^(注3)	せん断 ^(注3)
ファン取付ボルト 原動機取付ボルト	—	D+Ss	IV _A S	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

(注1) f_t^{*}、f_s^{*}：JSME S NC1 SSB-3121.1 (1) a本文中S_y及びS_y(RT)を1.2S_y及び1.2S_y(RT)と読み替えて算出した値（JSME S NC1 SSB-3133）。ただし、S_y及び0.7S_uのいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5f_t^{*})-1.6 τ_b, 1.5f_t^{*}) とする。

4.5 評価方法

可搬型空気浄化設備の構造強度評価は別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」にて設定した可搬型空気浄化設備の評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

- (1) 強度の計算式は、機械工学便覧を使用する。
- (2) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007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、付録材料図表Part5表8及び9で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (3) 転倒評価及び構造強度評価に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度は当該設備の保管場所における床面の最大加速度の1.2倍を使用する。

4.5.1 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

a. 固縛装置

(a) 固縛装置固定金具（機器側）

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及びフィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-1図及び第4-2図に、記号の説明を第4-6表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

i. せん断応力

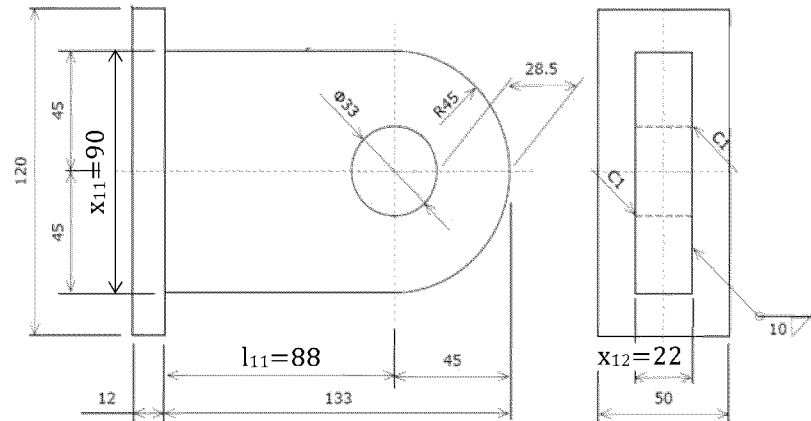
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{11} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S11} より

$$\tau_{11} = \frac{T}{A_{S11}}$$

ii. 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{11} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{11} より

$$\sigma_{11} = \frac{T}{A_{11}}$$



第4-1図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ. せん断応力

フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{12} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{12} = \frac{T}{As_{12}}$$

ロ. 引張応力

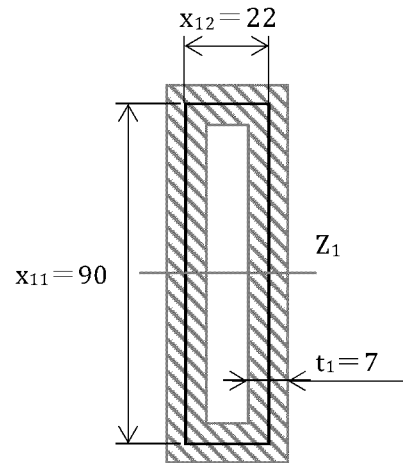
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{12} 及び曲げ応力 σ_{13} は、以下のとおり算出される。

$$\sigma_{12} = \frac{T}{A_{12}}$$

$$\sigma_{13} = \frac{T \cdot l_{11}}{Z_1}$$

フィルタユニットの固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_1 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_1 = \frac{(x_{11}+t_1)^3 \times (x_{12}+t_1) - (x_{11}-t_1)^3 \times (x_{12}-t_1)}{6 \times (x_{11}+t_1)}$$



第 4-2 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{12} + \sigma_{13})^2 + \tau_{12}^2}$$

第4-6表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度(9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{11}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
AS_{11}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積($AS_{11}=A_{11}$)
A_{12}	mm^2	フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
AS_{12}	mm^2	フィルタユニットと固縛装置固定金具の溶接部の最小せん断面積($AS_{12}=A_{12}$)
σ_{11}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{12}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる引張応力
σ_{13}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{11}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{12}	MPa	フィルタユニットと固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{11}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
x_{12}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
l_{11}	mm	溶接面から固縛装置固定金具中心までの距離
t_1	mm	溶接部のど厚
Z_1	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(b) 固縛装置固定金具（基礎コンクリート側）

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及び埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-3図及び第4-4図に、記号の説明を第4-7表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ. せん断応力

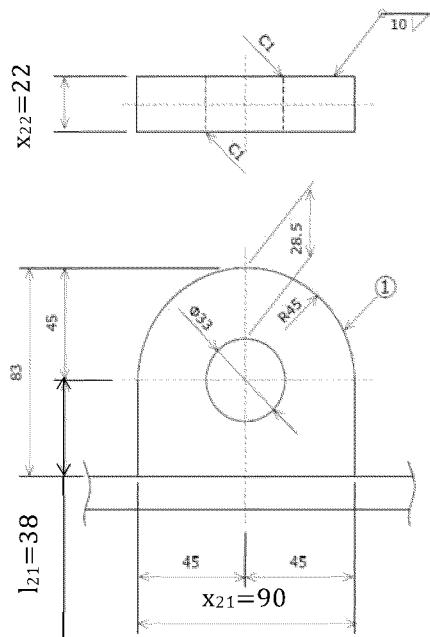
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{21} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S21} より

$$\tau_{21} = \frac{T}{A_{S21}}$$

ロ. 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{21} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{21} より

$$\sigma_{21} = \frac{T}{A_{21}}$$



第4-3図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ. せん断応力

埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{22} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{22} = \frac{T}{As_{22}}$$

ロ. 引張応力

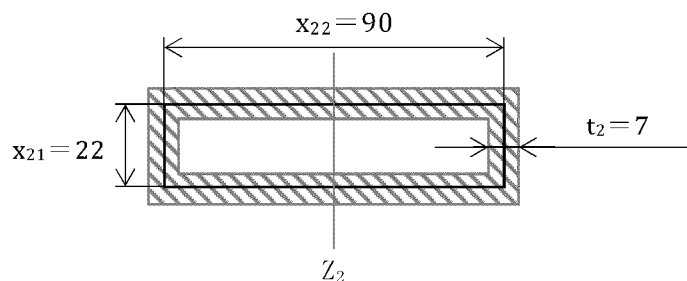
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{22} 及び曲げ応力 σ_{23} は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{22} = \frac{T}{A_{22}}$$

$$\sigma_{23} = \frac{T \cdot l_{21}}{Z_2}$$

フィルタユニットの固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_2 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_2 = \frac{((x_{22}+t_2)^3 \times (x_{21}+t_2)) - ((x_{22}-t_2)^3 \times (x_{21}-t_2))}{6 \times (x_{22}+t_2)}$$



第 4-4 図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{22} + \sigma_{23})^2 + \tau_{22}^2}$$

第4-7表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{21}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
AS_{21}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積 ($AS_{21}=A_{21}$)
A_{22}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
AS_{22}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部のせん断面積 ($AS_{22}=A_{22}$)
σ_{21}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{22}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働く引張応力
σ_{23}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{21}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{22}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{21}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
x_{22}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
l_{21}	mm	溶接面から張力の作用する力点までの距離
t_2	mm	溶接部のど厚
Z_2	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(c) ターンバックル

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く荷重を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-5図に、記号の説明を第4-8表に示す。

地震時にフィルタユニットに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot a_H \cdot H + m \cdot a_V \cdot L$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力Tは

$$T = \frac{m \cdot a_H \cdot H + m \cdot (a_V - g) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

イ. せん断応力（接続部）

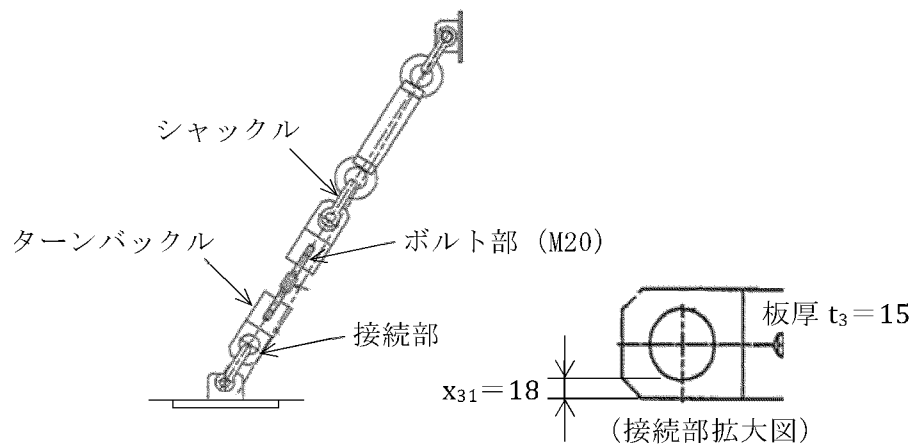
ターンバックルに働くせん断応力 τ_{31} は、ターンバックル接続部の最小せん断面積 A_{S31} より

$$\tau_{31} = \frac{T}{A_{S31}}$$

ロ. 引張応力（ボルト部）

ターンバックルに働く引張応力 σ_{31} は、ターンバックルボルト部の最小断面積 A_{31} より

$$\sigma_{31} = \frac{T}{A_{31}}$$



第4-5図 ターンバックル及びシャックル図

第4-8表 構造強度評価のうちターンバックルの記号

記号	単位	定義
m	kg	フィルタユニット単独の質量
H	mm	フィルタユニット単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{31}	mm^2	ターンバックルの最小断面積(ボルト部)
AS_{31}	mm^2	ターンバックルの最小せん断面積(接続部)
σ_{31}	MPa	ターンバックルに働く引張応力(ボルト部)
τ_{31}	MPa	ターンバックルに働くせん断応力(接続部)
d	mm	ターンバックルボルト部の呼び径(M20)
x_{31}	mm	ターンバックル接続部の幅(最小値)
t_3	mm	ターンバックル接続部の厚さ

(d) シャックル

シャックル（SP-28）は荷重試験結果から破断荷重は500* [kN] であり、シャックル（材質：SUS304、周囲温度：50℃）の許容荷重 A_L [N] は以下のとおり算出され、ターンバックルにかかる張力より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

$$\text{許容荷重} : A_L = \frac{0.6 \times T_L \times 0.9 \times S_{yd}}{S_{yt}}$$

※SP-28の荷重試験結果から当荷重試験機の最大可能荷重500 [kN] に達しても破断が生じなかった為、破断荷重は保守的評価として500 [kN] とする。

計算モデルを第4-5図に、記号の説明を第4-9表に示す。

第4-9表 構造強度評価のうちシャックルの説明

記号	単位	定義
T_L	N	SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重
S_{yd}	MPa	最高使用温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値
S_{yt}	MPa	試験温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値

4.5.2 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

a. 固縛装置（ファンケーシング）

(a) 固縛装置固定金具（機器側）

地震時にファンに作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及びファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-6図及び第4-7図に、記号の説明を第4-10表に示す。

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \quad a_p = \left(2 \pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2} \right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V - g + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

i. せん断応力

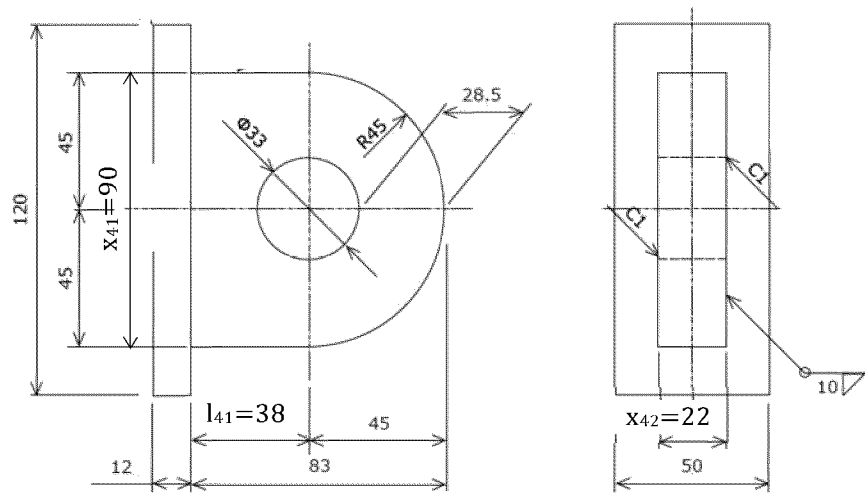
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{41} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S41} より

$$\tau_{41} = \frac{T}{A_{S41}}$$

ii. 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{41} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{41} より

$$\sigma_{41} = \frac{T}{A_{41}}$$



第4-6図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ. せん断応力

ファン（ケーシング）と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{42} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{42} = \frac{T}{As_{42}}$$

ロ. 引張応力

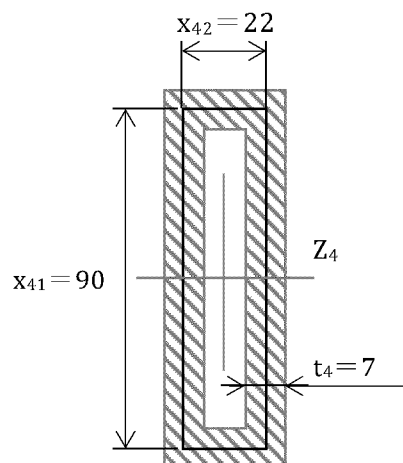
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{42} 及び曲げ応力 σ_{43} は、以下のとおり算出される。

$$\sigma_{42} = \frac{T}{A_{42}}$$

$$\sigma_{43} = \frac{T \cdot l_{41}}{Z_4}$$

ファン（ケーシング）の固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_4 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_4 = \frac{((x_{41}+t_4)^3 \times (x_{42}+t_4)) - ((x_{41}-t_4)^3 \times (x_{42}-t_4))}{6 \times (x_{41}+t_4)}$$



第4-7図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{42} + \sigma_{43})^2 + \tau_{42}^2}$$

第4-10表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン(ケーシング)の質量
H	mm	ファン(ケーシング)単独の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
R	min^{-1}	ファン回転速度/原動機回転速度
v	mm/s	振動速度(許容値)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{41}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
As_{41}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積($As_{41}=A_{41}$)
A_{42}	mm^2	ファン(ケーシング)と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
As_{42}	mm^2	ファン(ケーシング)と固縛装置固定金具の溶接部の最小せん断面積($As_{42}=A_{42}$)
σ_{41}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{42}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる引張応力
σ_{43}	MPa	固縛装置固定金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{41}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{42}	MPa	ファン(ケーシング)と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{41}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
x_{42}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
l_{41}	mm	溶接面から固縛装置固定金具中心までの距離
t_4	mm	溶接部のど厚
Z_4	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(b) 固縛装置固定金具（基礎コンクリート側）

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントにより固縛装置固定金具及び埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働く引張応力及びせん断応力を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-8図及び第4-9図に、記号の説明を第4-11表に示す。

地震時にファンに作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \quad a_p = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2}\right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V - g + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

(固縛装置固定金具の計算)

イ. せん断応力

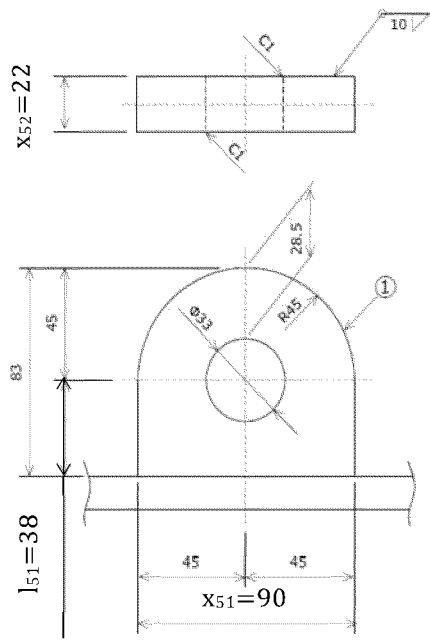
固縛装置固定金具に働くせん断応力 τ_{51} は、固縛装置固定金具の最小せん断面積 A_{S51} より

$$\tau_{51} = \frac{T}{A_{S51}}$$

ロ. 引張応力

固縛装置固定金具に働く引張応力 σ_{51} は、固縛装置固定金具の最小断面積 A_{51} より

$$\sigma_{51} = \frac{T}{A_{51}}$$



第4-8図 固縛装置固定金具

(溶接部の計算)

イ. せん断応力

埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部に働くせん断応力 τ_{52} は、以下のとおり算出される。

$$\tau_{52} = \frac{T}{As_{52}}$$

ロ. 引張応力

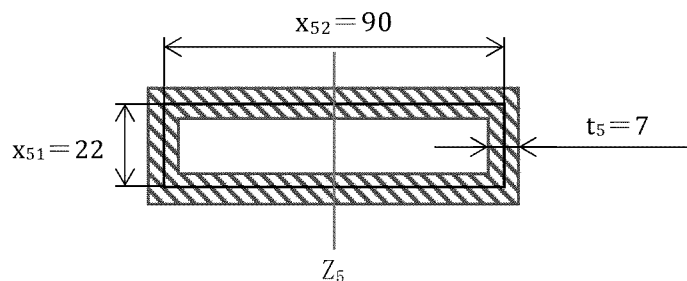
固縛装置固定金具の溶接部に加わる引張応力 σ_{52} 及び曲げ応力 σ_{53} は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{52} = \frac{T}{A_{52}}$$

$$\sigma_{53} = \frac{T \cdot l_{51}}{Z_5}$$

ファン（ケーシング）の固縛装置固定金具の溶接部の断面係数 Z_5 は以下のとおり算出される。

$$\text{断面係数} : Z_5 = \frac{((x_{52}+t_5)^3 \times (x_{51}+t_5)) - ((x_{52}-t_5)^3 \times (x_{51}-t_5))}{6 \times (x_{52}+t_5)}$$



第4-9図 固縛装置固定金具（溶接部）

上記の結果から固縛装置固定金具の溶接部に加わる組合せ応力〔MPa〕は以下のとおり算出される。

$$\text{組合せ応力} : \sigma = \sqrt{(\sigma_{52} + \sigma_{53})^2 + \tau_{52}^2}$$

第4-11表 構造強度評価のうち固縛装置固定金具の記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン(ケーシング)の質量
H	mm	ファン(ケーシング)の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度(9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{51}	mm^2	固縛装置固定金具の最小断面積
AS_{51}	mm^2	固縛装置固定金具の最小せん断面積($AS_{51}=A_{51}$)
A_{52}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部の最小断面積
AS_{52}	mm^2	埋込金物と固縛装置固定金具の溶接部のせん断面積($AS_{52}=A_{52}$)
σ_{51}	MPa	固縛装置固定金具に働く引張応力
σ_{52}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働く引張応力
σ_{53}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部にかかる曲げ応力
τ_{51}	MPa	固縛装置固定金具に働くせん断応力
τ_{52}	MPa	埋込金物と固縛装置固定用金具の溶接部に働くせん断応力
x_{51}	mm	固縛装置固定金具(短辺)の長さ
x_{52}	mm	固縛装置固定金具(長辺)の長さ
l_{51}	mm	溶接面から張力の作用する力点までの距離
t_5	mm	溶接部のど厚
Z_5	mm^3	固縛装置固定金具の溶接部の断面係数

(c) ターンバックル

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントによりターンバックルに働く荷重を以下のとおり計算する。

計算モデルを第4-10図に、記号の説明を第4-12表に示す。

地震時にファン（ケーシング）に作用する転倒モーメントと固縛装置に作用する張力の釣合いより

$$2 \cdot (T \cdot \cos \theta \cdot h + T \cdot \sin \theta \cdot l) + m \cdot g \cdot L = m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L$$

ここで、 a_p は振動速度の許容値 v 及びファン回転速度 R より定める値であり、以下による。

$$p = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v}{\pi \cdot R} \quad a_p = \left(2 \pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \left(\frac{p \cdot 10^{-6}}{2} \right)$$

これにより、地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって発生する固縛装置の張力 T は

$$T = \frac{m \cdot (a_H + a_p) \cdot H + m \cdot (a_V + a_p) \cdot L}{2 \cdot (h \cdot \cos \theta + l \cdot \sin \theta)}$$

イ. せん断応力（接続部）

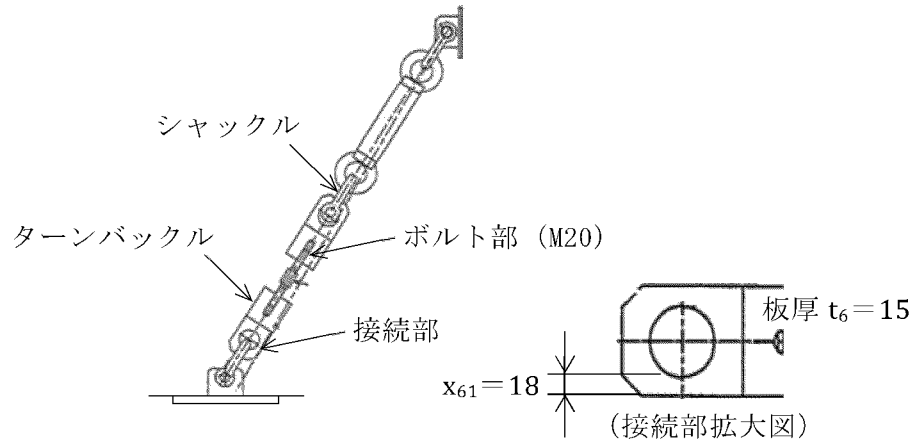
ターンバックルに働くせん断応力 τ_{61} は、ターンバックル接続部の最小せん断面積 A_{S61} より

$$\tau_{61} = \frac{T}{A_{S61}}$$

ロ. 引張応力（ボルト部）

ターンバックルに働く引張応力 σ_{61} は、ターンバックルボルト部の最小断面積 A_{61} より

$$\sigma_{61} = \frac{T}{A_{61}}$$



第4-10図 ターンバックル及びシャックル図

第4-12表 構造強度評価のうちターンバックル及び接続ボルトの記号

記号	単位	定義
m	kg	ファン(ケーシング)の質量
H	mm	ファン(ケーシング)の重心高さ
L	mm	転倒支点から重心までの距離
g_h	G	水平加速度
g_v	G	鉛直加速度
a_H	m/s^2	水平加速度 ($g_h \times 9.80665$)
a_v	m/s^2	鉛直加速度 ($g_v \times 9.80665$)
g	m/s^2	重力加速度 (9.80665)
h	mm	固縛装置取り付け高さ
l	mm	転倒支点から固縛材取付位置までの距離
T	N	固縛装置に発生する張力
θ	°	固縛装置張角
A_{61}	mm^2	ターンバックルの最小断面積(ボルト部)
A_{S61}	mm^2	ターンバックルの最小せん断面積(接続部)
σ_{61}	MPa	ターンバックルに働く引張応力(ボルト部)
τ_{61}	MPa	ターンバックルに働くせん断応力(接続部)
d	mm	ターンバックルボルト部の呼び径(M20)
x_{61}	mm	ターンバックル接続部の幅(最小値)
t_6	mm	ターンバックル接続部の厚さ

(d) シャックル

シャックル（SP-28）は荷重試験結果から破断荷重は500* [kN] であり、シャックル（材質：SUS304、周囲温度：50℃）の許容荷重 A_L [N] は以下のとおり算出され、ターンバックルにかかる張力より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

$$\text{許容荷重} : A_L = \frac{0.6 \times T_L \times 0.9 \times S_{yd}}{S_{yt}}$$

※SP-28の荷重試験結果から当荷重試験機の最大可能荷重500 [kN] に達しても破断が生じなかった為、破断荷重は保守的評価として500 [kN] とする。

計算モデルを第4-10図に、記号の説明を第4-13表に示す。

第4-13表 構造強度評価のうちシャックルの記号

記号	単位	定義
T_L	N	SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重
S_{yd}	MPa	最高使用温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値
S_{yt}	MPa	試験温度における JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値

b. ファン本体

(a) ファン取付ボルト

計算モデルを第4-11図に、記号の説明を第4-14表に示す。

イ. 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、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。

発生する引張応力は、モーメントの釣合いにより次式となる。

① 軸方向

$$\sigma_{bc} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

② 軸直角方向

$$\sigma_{bl} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L'}{N \cdot A_b \cdot \ell'}$$

ファン取付ボルトの引張応力 σ_{bt} の最大値は

$$\sigma_{bt} = \text{Max} (\sigma_{bc}, \sigma_{bl})$$

ロ. せん断応力

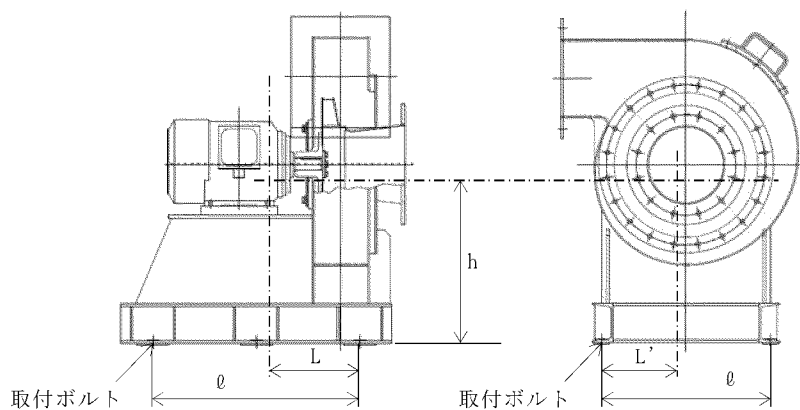
ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_h + a_p)}{n \cdot A_b}$$

ハ. 組合せ応力

取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min (1.4 \cdot 1.5ft - 1.6\tau_{bt}, 1.5ft)$$



第4-11図 ファン支持構造図

第4-14表 構造強度評価のうちファン取付ボルトの記号

記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの断面積
a_h	m/s^2	評価用水平加速度
a_v	m/s^2	評価用鉛直加速度
a_p	m/s^2	回転体振動による加速度
g	m/s^2	重力加速度(9.80665)
M_p	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ファン回転によりかかるモーメント
m	kg	機器の質量
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心とボルト間の水平方向距離(軸方向)
L'	mm	重心とボルト間の水平方向距離(軸直角方向)
l	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離(軸方向)
l'	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離(軸直角方向)
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bc}	MPa	取付ボルトの最大引張応力(軸方向)
σ_{bl}	MPa	取付ボルトの最大引張応力(軸直角方向)
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133(1)により規定される値

(b) 原動機取付ボルト

計算モデルを第4-12図に、記号の説明を第4-15表に示す。

イ. 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、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。

発生する引張応力は、モーメントの釣合いにより次式となる。

① 軸方向

$$\sigma_{bc} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

② 軸直角方向

$$\sigma_{bl} = \frac{m \cdot (a_h + a_p) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_v - a_p) \cdot L'}{N \cdot A_b \cdot \ell'}$$

原動機取付ボルトの引張応力 σ_{bt} の最大値は

$$\sigma_{bt} = \text{Max} (\sigma_{bc}, \sigma_{bl})$$

ロ. せん断応力

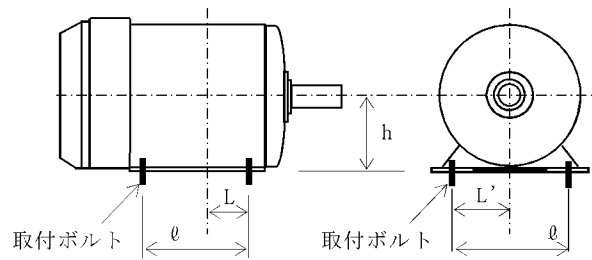
ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_h + a_p)}{n \cdot A_b}$$

ハ. 組合せ応力

取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min (1.4 \cdot 1.5ft - 1.6\tau_{bt}, 1.5ft)$$



第4-12図 原動機支持構造図

第4-15表 構造強度評価のうち原動機取付ボルトの記号

記号	単位	定義
A_b	mm^2	取付ボルトの断面積
a_h	m/s^2	評価用水平加速度
a_v	m/s^2	評価用鉛直加速度
a_p	m/s^2	回転体振動による加速度
g	m/s^2	重力加速度(9.80665)
M_p	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ファン回転によりかかるモーメント
m	kg	機器の質量
h	mm	据付面から重心までの高さ
L	mm	重心とボルト間の水平方向距離(軸方向)
L'	mm	重心とボルト間の水平方向距離(軸直角方向)
l	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離(軸方向)
l'	mm	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離(軸直角方向)
N	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	—	取付ボルトの総本数
σ_{bc}	MPa	取付ボルトの最大引張応力(軸方向)
σ_{bl}	MPa	取付ボルトの最大引張応力(軸直角方向)
σ_{bt}	MPa	取付ボルトの最大引張応力
τ_{bs}	MPa	取付ボルトの最大せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133(1)により規定される値

5. 機能維持評価

5.1 基本方針

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所の最大床加速度が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価対象部位

可搬型空気浄化設備の評価対象部位は、別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」に示す確認方法を踏まえて、地震後に動的機能の保持が必要な緊急時対策所非常用空気浄化ファンの送風機及び原動機の軸受部とする。

5.3 許容限界

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

緊急時対策所空気浄化ファンは動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」の第4-1表の機能確認済加速度を適用する。なお、緊急時対策所非常用空気浄化ファンの固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度には当該設備の保管場所における床面の最大加速度を使用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

評価対象設備	機能確認済加速度 (G) ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水平方向	鉛直方向
送風機	2.6	1.0
原動機	4.7	1.0

6. 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、別添2-1の「2.2.3 (4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、他の可搬型重大事故等対処設備への波及的影響評価を実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを「4. 転倒評価及び構造強度評価」により、固縛装置が健全であることにより確認する。

7. 評価条件

7.1 転倒評価及び構造強度評価

「4. 転倒評価及び構造強度評価」に用いる評価条件を第7-1表から第7-20表に示す。

第7-1表 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	減衰定数 (%) ^(注)	
基準地震動 S _s	E. L.	E. L.	水平	1.0	設置場所の設計用床応答曲線を包絡する包絡スペクトルを用いる。
			鉛直	1.0	

(注) 別添2-1の「4.3 可搬型空気浄化設備」に示す減衰定数とする。

第7-2表 許容応力

材質	評価温度 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	常温	40	245	400	280
	最高使用温度	50	241	394	275
SS400 (16 < t ≤ 40)	常温	40	235	400	280
	最高使用温度	50	231	394	275
SS400 (40 < t)	常温	40	215	400	258
	最高使用温度	50	211	394	253

記号の定義
S_y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値
S_u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値
F : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値

第7-3表 許容応力

材質	評価温度 (°C)		S _y (MPa)	S _y (RT) (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
	SUS304	常温	40	205	—	520
最高使用温度		50	198	205	504	246

記号の定義
 S_y : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表8に規定される値
 S_y(RT) : 設計降伏点 JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表8に規定される値
 (40°C)
 S_u : 設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007の付録材料図表Part5表9に規定される値
 F : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

第7-4表 材質

設備名称	部位	材質	サイズ
フィルタユニット	固縛装置固定金具 (機器側)	SUS304	t=22
	固縛装置固定金具 (基礎コンクリート側)	SS400	t=22
	固縛装置(接続部)	SUS304	t=15

第7-5表 ボルト

設備名称	部位	材質	ボルト呼び径 (mm)
フィルタユニット	固縛装置(ネジ部)	SUS304	20

第7-6表 質量

設備名称	単位	入力値
フィルタユニット質量	kg	4000

第7-7表 固縛装置関係（ターンバックル）

評価対象	許容引張応力(MPa)	許容せん断応力(MPa)
ターンバックル	184	141

第7-8表 固縛装置関係（固縛装置固定金具 本体）

評価対象	許容引張応力(MPa)	許容せん断応力(MPa)
固縛装置固定金具 (本体)	機器側	246
	基礎コンクリート側	274

第7-9表 固縛装置関係（固縛装置固定金具 溶接部）

評価対象	許容組合せ応力(MPa)
固縛装置固定金具 (溶接部)	機器側
	基礎コンクリート側

第7-10表 固縛装置関係（シャックル）

評価対象	耐力荷重(N)
シャックル	2.60×10^5

第7-11表 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ⁽⁷⁾ ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	a_h	1.236
鉛直	a_v	0.828

(注) 固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度には当該設備の保管場所における床面の最大加速度の1.2倍を使用する。

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

第7-12表 材質

設備名称	部位	材質	サイズ
ファン (ファンケーシング)	固縛装置固定金具 (機器側)	SUS304	t=22
	固縛装置固定金具 (コンクリート基礎側)	SS400	t=22
	固縛装置(接続部)	SUS304	t=15

第7-13表 ボルト

設備名称	部位	材質	ボルト呼び径 (mm)
ファン本体	ファン取付ボルト	SS400	16
原動機本体	原動機取付ボルト	SS400	10

第7-14表 質量

設備名称	単位	入力値
ファン質量	kg	400
原動機質量(インペラ含む)	kg	92.3
ファンケーシング質量(ファン内蔵)	kg	2800

第7-15表 固縛装置関係 (ターンバックル)

評価対象	許容引張応力(MPa)	許容せん断応力(MPa)
ターンバックル	184	141

第7-16表 固縛装置関係 (固縛装置固定金具 本体)

評価対象	許容引張応力(MPa)	許容せん断応力(MPa)
固縛装置固定金具 (本体)	機器側	246
	コンクリート基礎側	274

第7-17表 固縛装置関係（固縛装置固定金具 溶接部）

評価対象		許容組合せ応力(MPa)
固縛装置固定金具 (溶接部)	機器側	63
	コンクリート基礎側	64

第7-18表 固縛装置関係（シャックル）

評価対象	耐力荷重(N)
シャックル	2.60×10^5

第7-19表 取付ボルト

種類	単位	定義	入力値
ファン	本	ボルトの本数(軸直角方向)	3
	本	ボルトの本数(軸方向)	2
原動機	本	ボルトの本数(軸直角方向)	2
	本	ボルトの本数(軸方向)	2

第7-20表 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ^(注) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	a_h	1.236
鉛直	a_v	0.828

(注) 固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度には当該設備の保管場所における床面の最大加速度の1.2倍を使用する。

7.2 機能維持評価

「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を第7-21表に示す。

第7-21表 評価用加速度

項目	評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	1.03
鉛直	0.69

7.3 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備の波及的影響評価の評価条件は「7.1 転倒評価及び構造強度評価」に従って実施する。

8. 評価結果

可搬型空気浄化設備は、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、換気機能を保持することから、耐震性を有する。

8.1 転倒評価

「8.2 構造強度評価」により計算した発生応力は許容応力以下であるため、対象の機器全体は転倒しない。

8.2 構造強度評価

固縛装置及び原動機取付ボルトの発生応力は許容応力以下である。

(1) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造強度評価結果を第8-1表から第8-3表に示す。

第8-1表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果			
				評価対象	加速度の方向	発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
固縛装置	固縛装置固定金具 (機器側)	引張	構造強度評価	本体	水平+鉛直	9	246
		せん断	構造強度評価	本体	水平+鉛直	9	141
		組合せ	構造強度評価	溶接部	水平+鉛直	40	63
	固縛装置固定金具 (コンクリート基礎側)	引張	構造強度評価	本体	水平+鉛直	9	274
		せん断	構造強度評価	本体	水平+鉛直	9	157
		組合せ	構造強度評価	溶接部	水平+鉛直	23	64

第8-2表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果	
				発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
固縛装置	ターンバックル	引張(ネジ部)	構造強度評価	35	184
		せん断(接続部)	構造強度評価	21	141

第8-3表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果	
				発生荷重 (N)	耐力荷重 (N)
固縛装置	シャックル	耐力荷重	耐力荷重評価	1.09×10^4	2.60×10^5

(2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造強度評価結果を第8-4表から第8-7表に示す。

第8-4表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果			
				評価対象	加速度の方向	発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
固縛装置	固縛装置固定金具 (機器側)	引張	構造強度評価	本体	水平+鉛直	10	246
		せん断	構造強度評価	本体	水平+鉛直	10	141
		組合せ	構造強度評価	溶接部	水平+鉛直	25	63
	固縛装置固定金具 (コンクリート基礎側)	引張	構造強度評価	本体	水平+鉛直	10	274
		せん断	構造強度評価	本体	水平+鉛直	10	157
		組合せ	構造強度評価	溶接部	水平+鉛直	25	64

第8-5表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果	
				発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
固縛装置	ターンバックル	引張(ネジ部)	構造強度評価	39	184
		せん断(接続部)	構造強度評価	23	141

第8-6表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造強度評価結果

種類	評価対象		評価内容	評価結果	
				発生荷重(N)	耐力荷重(N)
固縛装置	シャックル	耐力荷重	耐力荷重評価	1.21×10^4	2.60×10^5

第8-7表 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの構造強度評価結果

種類	評価対象	評価内容	評価結果				
			材料	応力	加速度の方向	発生値(MPa)	評価基準値(MPa)
ファン本体	ファン取付ボルト	構造強度評価	SS400	引張	水平+鉛直	15	205
				せん断	水平+鉛直	6	157
				組合せ	水平+鉛直	15	205
	原動機取付ボルト	構造強度評価	SS400	引張	水平+鉛直	10	205
				せん断	水平+鉛直	6	157
				組合せ	水平+鉛直	10	205

8.3 機能維持評価

ファン及び原動機の機能維持評価結果を第8-8表に示す。

ファン及び原動機の応答加速度は、機能確認済加速度以下である。

第8-8表 機能維持評価

評価対象	機能確認済加速度との比較				詳細評価
	水平加速度(G) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		鉛直加速度(G) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		
	評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
ファン	1.03	2.6	0.69	1.0	—
原動機	1.03	4.7	0.69	1.0	—

8.4 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備の波及的影響の評価結果は、「8.2 構造強度評価」による。

可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添2-6-1
2. 基本方針	03-別添2-6-1
2.1 配置	03-別添2-6-1
2.2 構造概要	03-別添2-6-3
2.3 評価方針	03-別添2-6-6
2.4 適用規格	03-別添2-6-9
3. 加振試験	03-別添2-6-9
3.1 基本方針	03-別添2-6-9
3.2 入力地震動	03-別添2-6-9
4. 転倒評価	03-別添2-6-9
4.1 基本方針	03-別添2-6-9
4.2 評価対象部位	03-別添2-6-9
4.3 許容限界	03-別添2-6-10
4.4 評価方法	03-別添2-6-10
5. 機能維持評価	03-別添2-6-11
5.1 基本方針	03-別添2-6-11
5.2 評価対象部位	03-別添2-6-11
5.3 許容限界	03-別添2-6-11
5.4 評価方法	03-別添2-6-11
6. 波及の影響評価	03-別添2-6-11
7. 評価条件	03-別添2-6-12
7.1 転倒評価	03-別添2-6-12
7.2 機能維持評価	03-別添2-6-14
7.3 波及の影響評価	03-別添2-6-15

8. 評估結果	03-別添2-6-15
8.1 転倒評価	03-別添2-6-15
8.2 機能維持評価	03-別添2-6-15
8.3 波及的影響評価	03-別添2-6-15

1. 概要

本資料は、別添2-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添2-1」という。）に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備が、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、計測、通信連絡等の機能を保持するとともに当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 配置

その他設備は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、基準地震動による地震力に対し、第2-1表に示す、耐震性を有する緊急時対策所建屋内の保管場所に保管している。

第2-1表 機器リスト

機器保管場所	機器名称	保管状態
	トランシーバー	収納箱架台固縛
	携行型通話装置	収納箱架台固縛
	衛星電話（携帯）	収納箱架台固縛
	衛星電話（可搬）	収納箱架台固縛
	緊急時対策所内可搬型エリアモニタ	収納箱架台固縛
	緊急時対策所外可搬型エリアモニタ	収納箱固縛
	可搬式モニタリングポスト	収納箱固縛
	電離箱サーベイメータ	収納箱架台固縛
	Na I シンチレーションサーベイメータ	収納箱架台固縛
	汚染サーベイメータ	収納箱架台固縛
	Zn S シンチレーションサーベイメータ	収納箱架台固縛
	β線サーベイメータ	収納箱架台固縛
	可搬式ダストサンプラ	収納箱架台固縛
	酸素濃度計	収納箱架台固縛
	二酸化炭素濃度計	収納箱架台固縛
		小型船舶

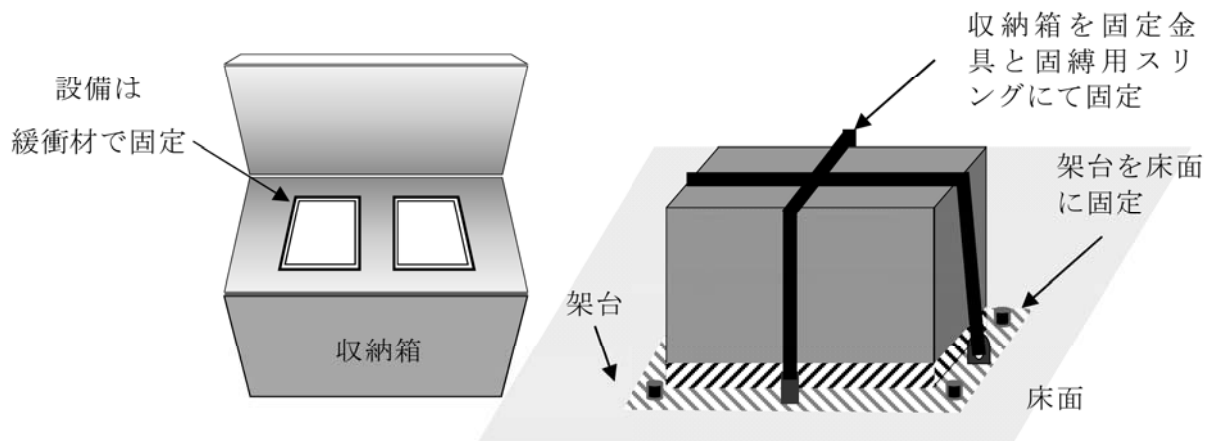
2.2 構造概要

その他設備の構造は、別添2-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、その他設備の構造計画を第2-2表から第2-4表に、保管状態図を第2-1図から第2-3図に示す。

第2-2表 構造計画 収納箱固縛保管設備

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬式モニタリングポスト ^(注)	可搬式モニタリングポスト等を収納する収納箱で構成する。	緩衝材を内装した収納箱に収納し、収納箱を床にスリング等で固縛する。	第2-1図

(注) その他の機器は第2-1表「機器リスト」参照

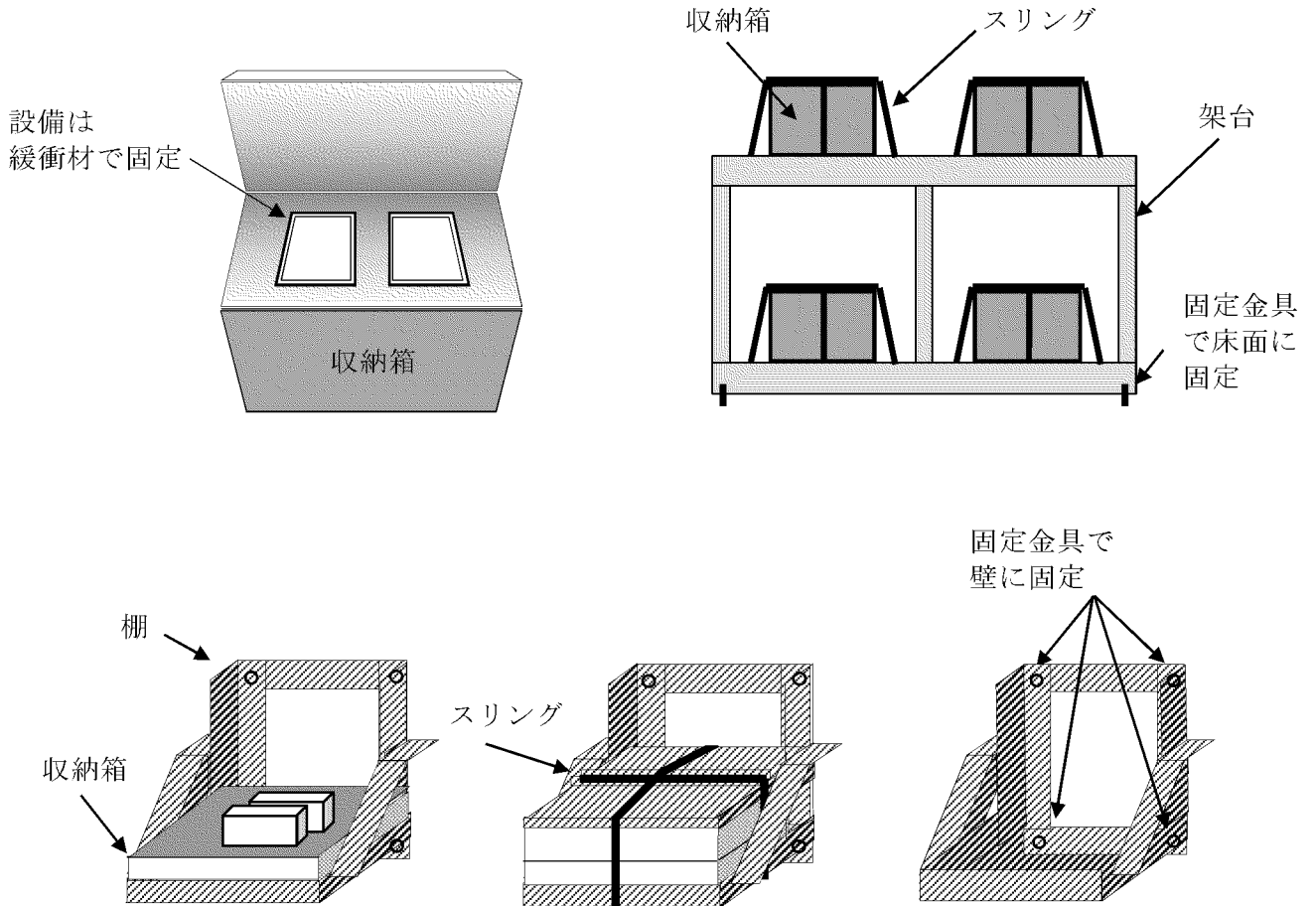


第2-1図 収納箱固縛保管状態図

第2-3表 構造計画 収納箱架台固縛保管設備

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
トランシーバー (注)	トランシーバー等を収納する収納箱及び架台で構成する。	緩衝材を内装した収納箱に収納し、収納箱を専用架台にスリング等で固縛する。専用架台は床にボルト等で固定する。	第2-2図

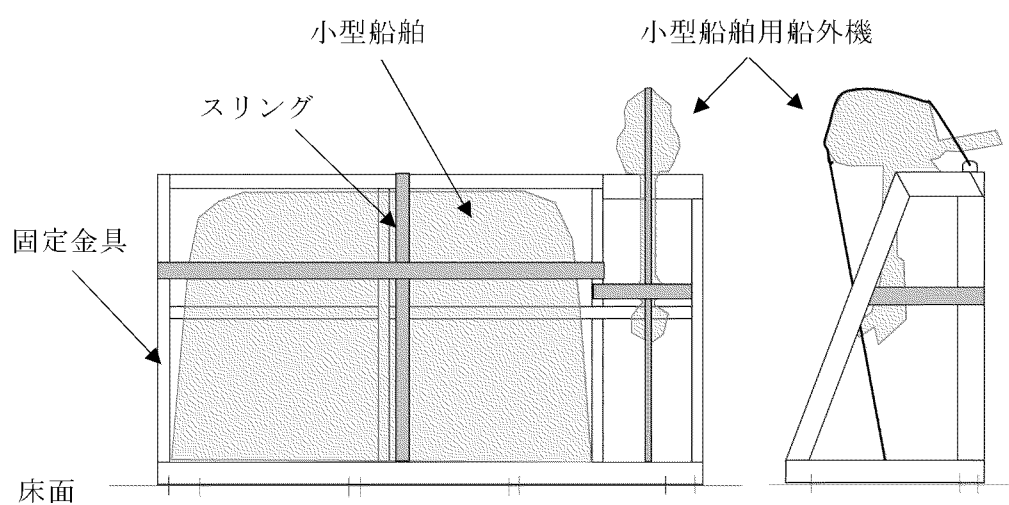
(注) その他の機器は第2-1表「機器リスト」参照



第2-2図 収納箱架台固縛保管状態図

第2-4表 構造計画 本体架台固縛保管設備

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
小型船舶	小型船舶	本体を専用架台にスリング等で固縛する。専用架台は床にボルト等で固定する。	第2-3図



第2-3図 本体架台固縛保管状態図

2.3 評価方針

その他設備は直接固定されておらず、転倒することによって機器の機能が失われるおそれがあることから、機器全体として重大事故等に対処するための機能が喪失することを防止するために、転倒しないことを転倒評価にて確認する。

なお、基準地震動 S_s による地震力に対して、機器の変形及び損傷等により、地震後において重大事故等に対処するための機能が損なわれないことを機能維持評価にて確認する。

また、地震によるすべり及び浮き上がり等により、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを波及的影響評価にて確認する。

その他設備の耐震計算フローを第2-4図に示す。

2.3.1 転倒評価

その他設備は、別添2-1の「2.2.4(1) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4. 転倒評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「8. 評価結果」において、その他設備の対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

2.3.2 機能維持評価

その他設備は、別添2-1の「2.2.4(2) 機能維持評価」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電氣的機能維持評価を実施する。

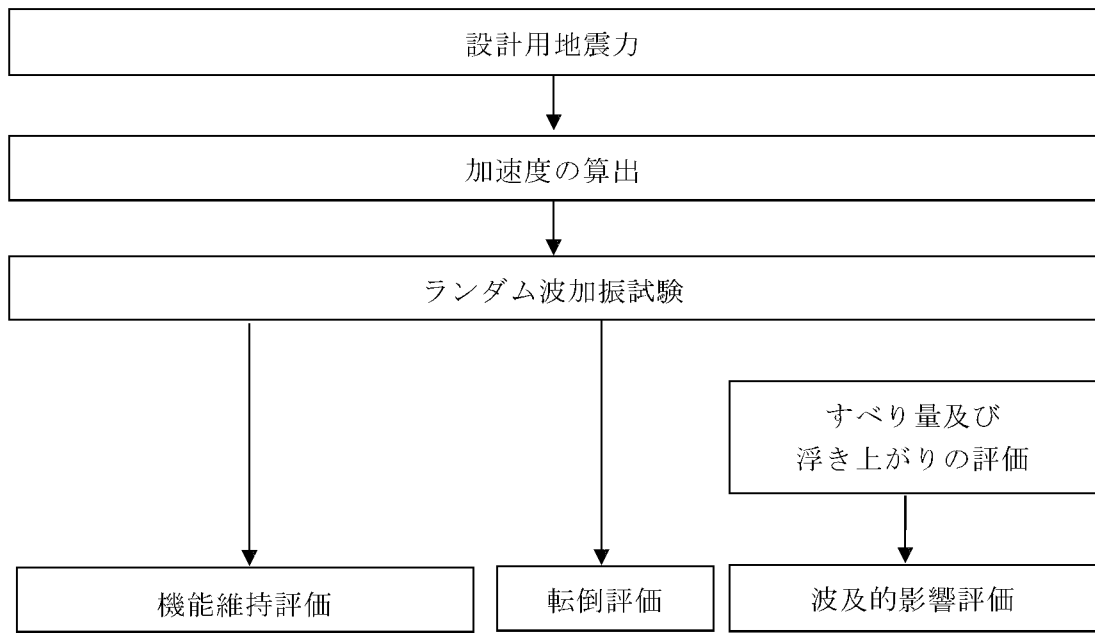
その他設備の動的及び電氣的機能維持評価は、「5. 機能維持評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用い、「8. 評価結果」において、その他設備の対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により計測機能、通信連絡機能等の動的及び電氣的機能及びボルト等の固縛材の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

2.3.3 波及的影響評価

その他設備は、別添2-1の「2.2.4(3) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動 S_s による地震力に対し、設備の傾き及び横すべりにより、他の可搬型重大事

故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「2.3.2 機能維持評価」により確認する。



第2-4図 その他設備の耐震計算フロー

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））」＜第I編軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「JSME S NC1」という。）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（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 JEAG4601・補-1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（社）日本電気協会

3. 加振試験

3.1 基本方針

その他設備は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定した評価方針に従い、加振試験を実施する。

その他設備の加振試験は、「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「4. 転倒評価」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により転倒評価及び機能維持評価を行う。

3.2 入力地震動

入力地震動は、別添2-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

加振試験の入力地震動は、各対象設備のすべての保管エリアにおける入力地震動を対象とする。

4. 転倒評価

4.1 基本方針

その他設備は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における設置床の最大加速度が、「4.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価対象部位

その他設備の評価対象部位は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定したとおり、地震後に転倒していないことが要求される機器全体とする。

4.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定した対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した機能確認済加速度以下であることとする。

4.4 評価方法

4.4.1 試験方法

(1) ランダム波加振試験による評価

実際の設置状態を模擬した状態で試験台に設置し、「3.2 入力地震動」を基に算定した時刻歴応答加速度を入力地震動として加振試験を行う。

なお、壁に固定及び拘束している機器は、模擬壁を加振台に設置し、模擬壁に固定及び拘束し、加振試験を行う。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて第7-1表に示す各対象機器のすべての保管場所における設置床の最大加速度を上回るように設定する。

- ・加振波：対象機器保管場所の設置床又は地表面における地震動（Ss-1～19）を包絡する時刻歴応答加速度
- ・加振方向：水平（前後）＋鉛直、水平（左右）＋鉛直

4.4.2 評価方法

(1) ランダム波加振試験による評価

保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した機能確認済加速度以下であることを確認する。

5. 機能維持評価

5.1 基本方針

その他設備は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における設置床の最大加速度が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価対象部位

その他の評価対象部位は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定したとおり、地震後に計測機能、通信連絡機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の固縛装置の支持機能を保持できることが要求される機器全体とする。

5.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「5.2 評価対象部位」にて設定した対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により機能維持を確認した機能確認済加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

5.4.1 試験方法

「4.4.1 試験方法」と同じ。

5.4.2 評価方法

「4.4.2 評価方法」に加え、試験後に機能維持確認を行い、計測機能、送水機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の固縛装置の支持機能を保持できることを確認する。

6. 波及的影響評価

その他設備は、別添2-1の「4.4 その他設備」にて設定した評価方法に従い、他の可搬型重大事故等対処設備への波及的影響評価を実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、設備の傾き、横すべり及び浮き上がりにより、他の可搬型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを「5. 機能維持評価」により、固縛材が健全であることにより確認する。

7. 評価条件

7.1 転倒評価

保管場所における設置床の最大加速度を第7-1表に示す。

第7-1表 保管場所における設置床及び地表面の最大加速度

保管エリア			
	質点番号		
加振方向	水平		鉛直
	X (NS)	Y (EW)	Z
Ss-1 (G) (注1)	0.80	0.79	0.52
Ss-2 (G) (注1)	0.84	0.97	0.64
Ss-3 (G) (注1)	0.80	0.63	0.43
Ss-4 (G) (注1)	0.75	0.68	0.59
Ss-5 (G) (注1)	0.75	0.73	0.48
Ss-6 (G) (注1)	0.66	0.72	0.49
Ss-7 (G) (注1)	0.70	0.52	0.41
Ss-8 (G) (注1)	0.73	0.55	0.39
Ss-9 (G) (注1)	0.60	0.35	0.33
Ss-10 (G) (注1)	1.06	0.46	0.40
Ss-11 (G) (注1)	0.88	0.91	0.55
Ss-12 (G) (注1)	0.65	0.63	0.39
Ss-13 (G) (注1)	0.71	0.70	0.41
Ss-14 (G) (注1)	0.81	0.81	0.67
Ss-15 (G) (注1)	0.81	0.66	0.47
Ss-16 (G) (注1)	0.75	0.65	0.43
Ss-17 (G) (注1)	0.66	0.79	0.50
Ss-18 (NS) (G) (注1)	0.60	0.59	0.56
Ss-18 (EW) (G) (注1)	0.59	0.59	0.56
Ss-19 (G) (注1)	0.64	0.65	0.36
最大加速度 (G) (注1)	1.06	0.97	0.68

(注1) G=9.80665 (m/s²)

7.2 機能維持評価

(1) 加振試験

ランダム波加振試験及び正弦波加振試験は、「7.1 転倒評価」の評価条件に基づき実施する。

(2) 機能維持評価

機能維持評価方法を第7-2表に示す。

第7-2表 機能維持評価方法

機器名称	機能維持確認項目
トランシーバー 携行型通話装置 衛星電話（携帯） 衛星電話（可搬）	発信・着信ができ 通話が可能なこと
緊急時対策所内可搬型エリアモニタ 緊急時対策所外可搬型エリアモニタ 可搬式モニタリングポスト 電離箱サーベイメータ	放射線量が測定可能なこと
Na Iシンチレーションサーベイメータ 汚染サーベイメータ ZnSシンチレーションサーベイメータ β線サーベイメータ	放射性物質の濃度の測定が 可能なこと
可搬式ダストサンプラ	空気中の放射性物質が 採取可能なこと
酸素濃度計	酸素濃度の測定が 可能なこと
二酸化炭素濃度計	二酸化炭素濃度の測定が 可能なこと
小型船舶	水上での走行が 可能なこと

7.3 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価の評価条件は「7.2 機能維持評価」に従って実施する。

8. 評価結果

8.1 転倒評価

8.1.1 ランダム波加振試験による評価

対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した機能確認済加速度以下であることを確認した。基準地震動 S_s による評価結果を第8-1表に示す。

8.2 機能維持評価

8.2.1 ランダム波加振試験による評価

対象機器の保管場所における設置床の最大加速度が、加振試験により計測機能、通信連絡機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の固縛装置の支持機能を保持できることを確認した機能確認済加速度以下であることを確認した。基準地震動 S_s による評価結果を第8-1表に示す。

8.3 波及的影響評価

その他設備の波及的影響の評価結果は、「8.2 機能維持評価」による。

第8-1表 基準地震動Ssによる評価結果（ランダム波加振試験）（1/2）

機器名称	保管エリア	(注1) 加振方向	最大 加速度 (G) (注2)	機能確認 済加速度 (G) (注2)	転倒評価	機能維持 評価	波及的 影響評価
携行型通話装置				2.79	良	良	良
				2.80			
				1.46			
トランシーバー				2.79	良	良	良
				2.80			
				1.46			
衛星電話 (携帯)				2.79	良	良	良
				2.80			
				1.46			
衛星電話 (可搬)				3.02	良	良	良
				3.02			
				1.46			
緊急時対策所外 可搬型エリア モニタ				2.39	良	良	良
				2.40			
				1.16			
緊急時対策所内 可搬型エリア モニタ				2.83	良	良	良
				2.77			
				1.24			
可搬式モニタ リングポスト				2.82	良	良	良
				2.79			
				1.44			
電離箱 サーバイメータ				2.81	良	良	良
				2.79			
				1.24			

(注1) X方向、Y方向はそれぞれ、EW方向、NS方向を示す。

(注2) $G=9.80665(m/s^2)$

第8-1表 基準地震動Ssによる評価結果（ランダム波加振試験）（2/2）

機器名称	保管エリア	(注1) 加振方向	最大 加速度 (G) (注2)	機能確認 済加速度 (G) (注2)	転倒評価	機能維持 評価	波及的 影響評価																					
NaIシンチレーシ ョンサーベイ メータ				2.81	良	良	良																					
				2.79																								
				1.24																								
汚染サーベイ メータ				2.81				良	良	良																		
				2.79																								
				1.24																								
ZnSシンチレーシ ョンサーベイ メータ				2.83							良	良	良															
				2.77																								
				1.24																								
β線サーベイ メータ				2.83										良	良	良												
				2.77																								
				1.24																								
可搬式ダスト サンブラ				2.81													良	良	良									
				2.79																								
				1.24																								
酸素濃度計				2.79																良	良	良						
				2.80																								
				1.46																								
二酸化炭素濃度計				2.79																			良	良	良			
				2.80																								
				1.46																								
小型船舶				2.82																						良	良	良
				2.79																								
				1.44																								

(注1) X方向、Y方向はそれぞれ、EW方向、NS方向を示す。

(注2) $G=9.80665(m/s^2)$