

V-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書

V-2-6-6-1 窒素供給系の耐震性についての計算書

V-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

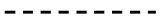
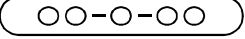
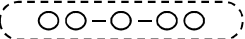
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

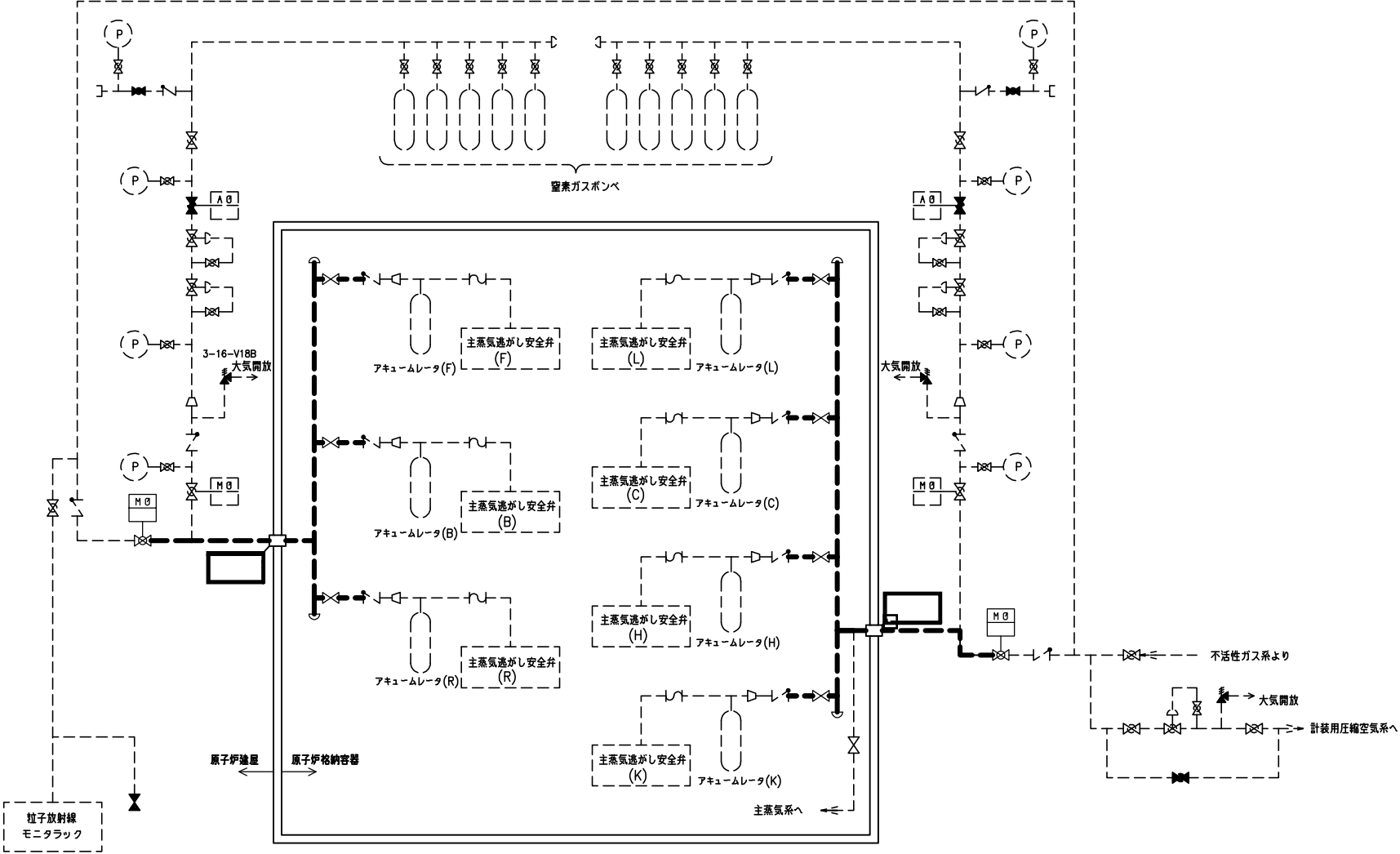
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



窒素供給系概略系統図

V-2-6-6-2 非常用窒素供給系の耐震性についての計算書

V-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

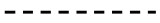
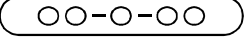
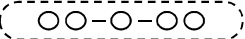
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

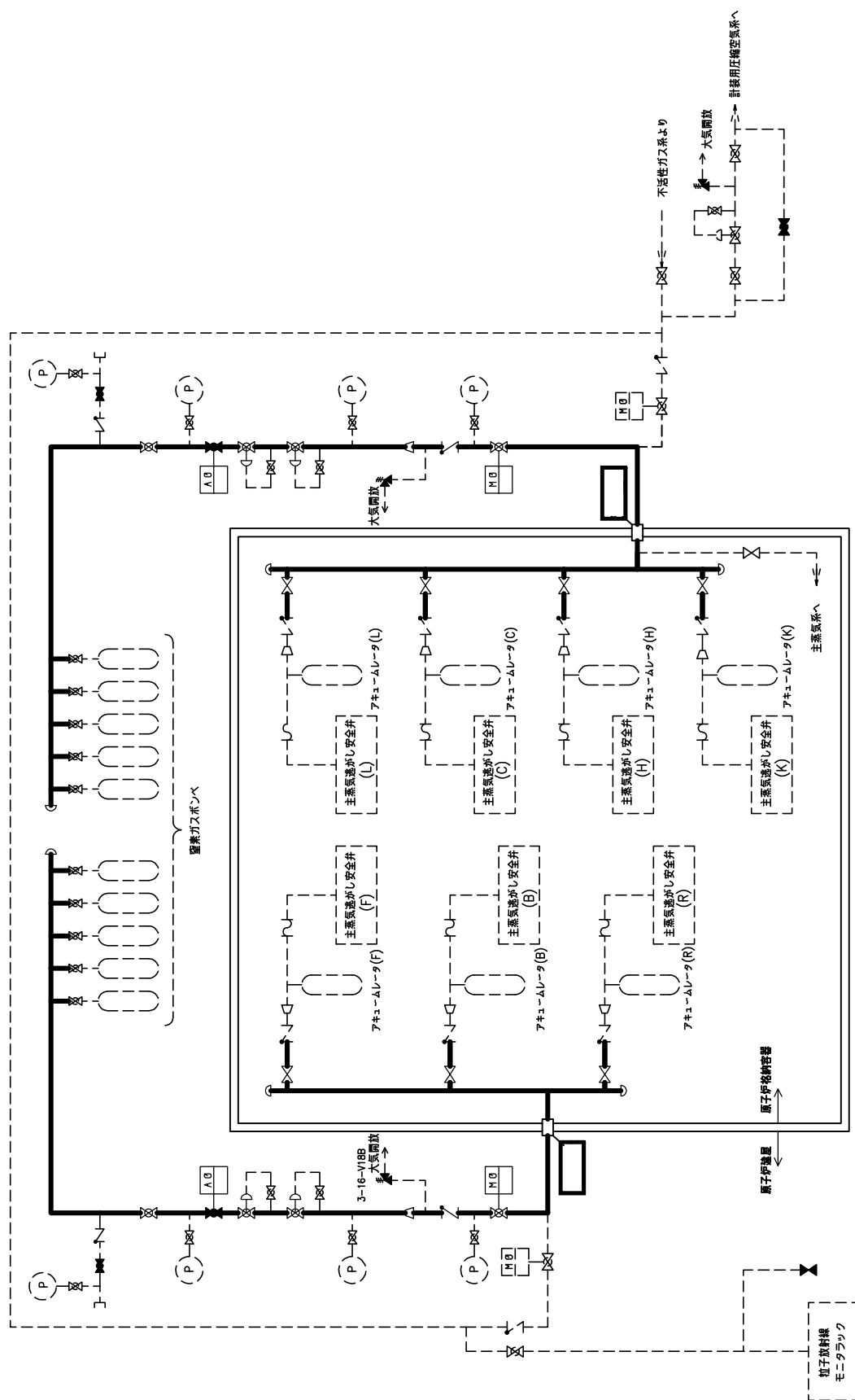
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



V-2-6-6-3 非常用逃がし安全弁駆動系の耐震性についての計算書

V-2-6-6-3-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録 6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

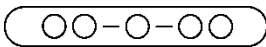
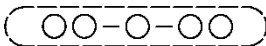
(2) 支持装置

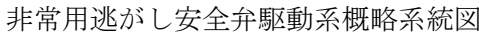
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



V-2-6-7 その他の計測制御設備の耐震性についての計算書

V-2-6-7-1 計測制御設備の盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、計測制御設備の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。

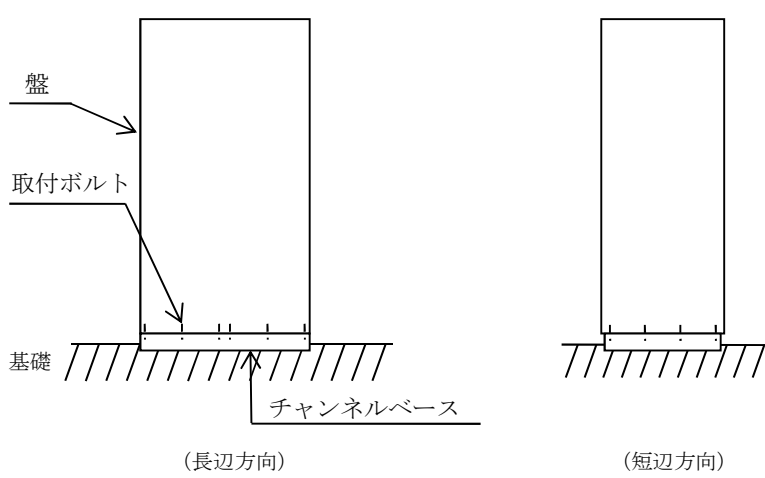
計測制御設備の盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

計測制御設備の盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
計測制御設備の盤は、 チャンネルベースに取 付ボルトで設置する。	垂直自立型	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

計測制御設備の盤の構造は垂直自立型であるため、構造強度評価は、添付書類「付録7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

計測制御設備の盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2 許容応力

計測制御設備の盤の許容応力を表3-3に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

計測制御設備の盤の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-5に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	計測制御設備の盤	S	— *	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：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。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	計測制御設備の盤	常設／防止常設 耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*³：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

表 3-4 使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		215	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		215	400	—

V-2-6-7-2 衛星電話設備（常設）の耐震性についての計算

V-2-6-7-2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
2.2 適用基準	2
3. 評価部位	2
4. 機能維持評価	3
4.1 電氣的機能維持評価方法	3
4.2 加振試験	4
5. 評価結果	5
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	5

1. 概要

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

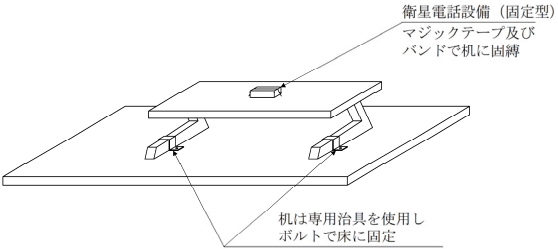
衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画

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

2.2 評価方針

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

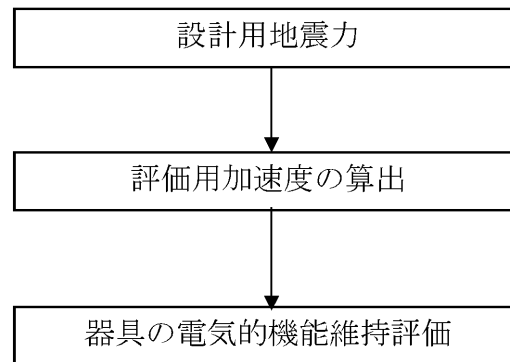


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補－1984，J E A G 4 6 0 1－1987 及び J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

3. 評価部位

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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能維持評価は、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）設置床の加速度により実施する。衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は原子炉建屋付属棟（中央制御室）内に設置されることから、評価用加速度は、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す原子炉建屋の地震応答解析で評価した衛星電話設備（固定型）（中央制御室）を設置する床に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

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

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

4.2 加振試験

4.2.1 基本事項

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い，基準地震動 S_s による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

4.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

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

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

*2：水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の重大事故等の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

- 1. 重大事故等対処設備
 - 1.1 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

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

9 評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

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

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、屋外アンテナ（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、屋外アンテナ（中央制御室）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

屋外アンテナ（中央制御室）は、重大事故等対処設備において常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

屋外アンテナ（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 屋外アンテナ（中央制御室）の構造計画

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

2.2 評価方針

屋外アンテナ（中央制御室）の応力評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す屋外アンテナ（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、屋外アンテナ（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

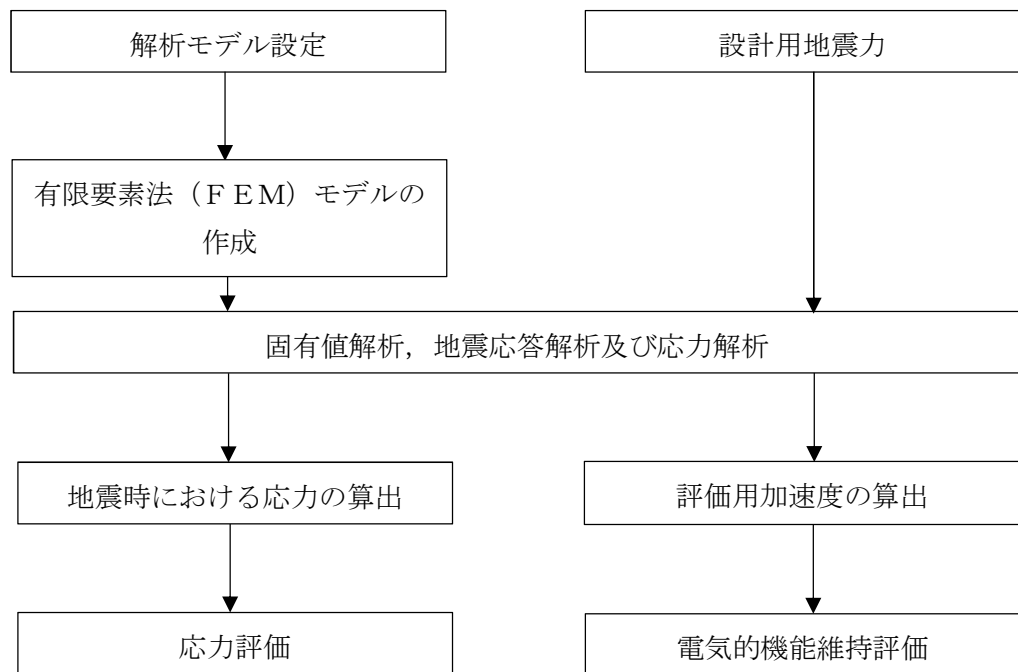


図 2-1 屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

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

3. 耐震評価箇所

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

4. 地震応答解析及び応力評価

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

4.1 基本方針

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

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（中央制御室）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

屋外アンテナ（中央制御室）の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

4.2.5 積雪荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	— *2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$IV_A S$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$V_A S$ （ $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_{AS} (V_{AS} として、 IV_{AS} の 許容限界を用いる。)		

注：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

基礎ボルト

材料	温度条件 (℃)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)
SUS304	 (雰囲気温度)	198	504	205	205

表 4-4 基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m ²)
アンテナ取付架台	1808.3

表 4-5 積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3 設計用地震力

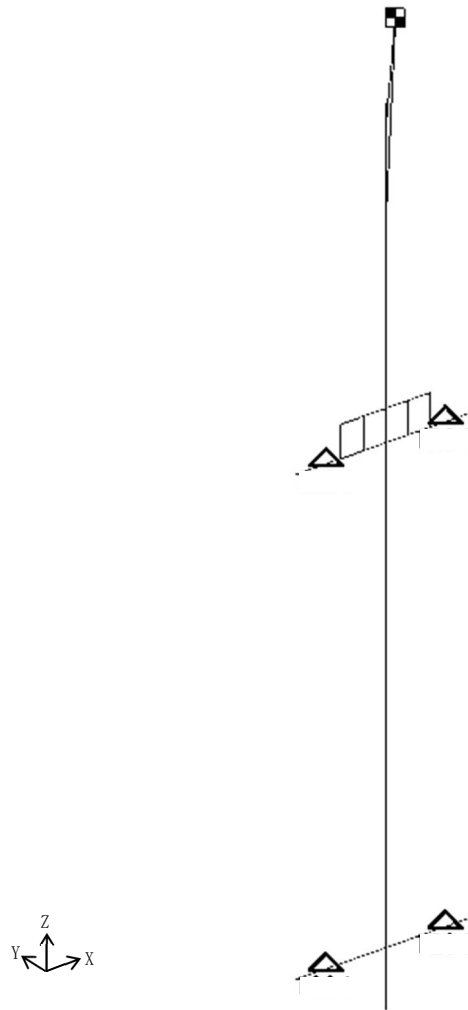
耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表 4-6 に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-6 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S _s	原子炉 建屋 EL. 64. 08	原子炉 建屋 EL. 63. 65	水平	水平方向，鉛直方向ともに S _s 8 波を包絡した値を用いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

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



注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

図 4-1 解析モデル図

表 4-7 解析モデルの諸元

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

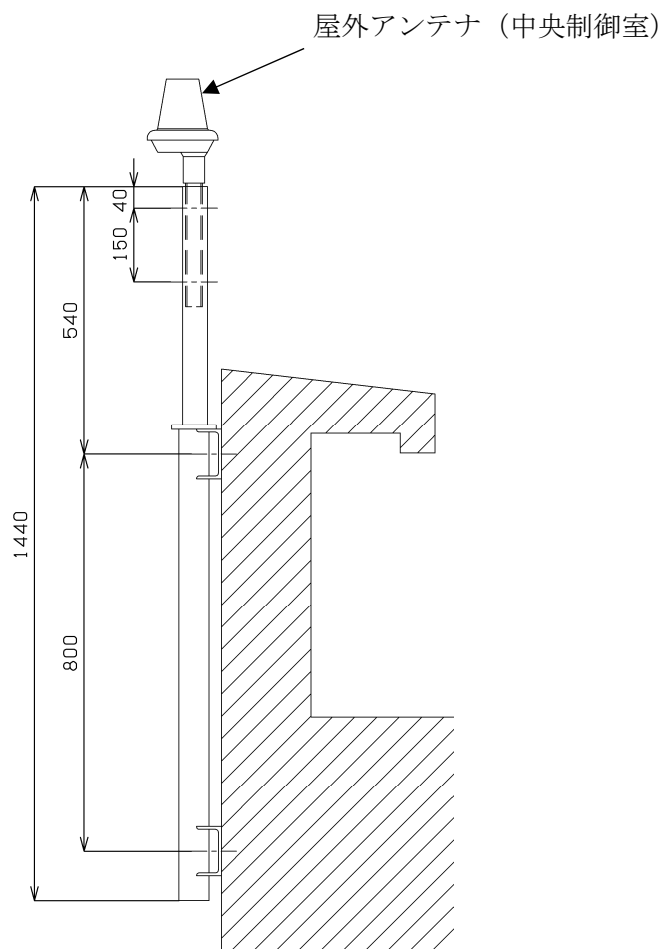


図 4-2 屋外アンテナ（中央制御室）外形図

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を表 4-8 に、振動モード図を図 4-3 に示す。

表 4-8 固有振動数

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

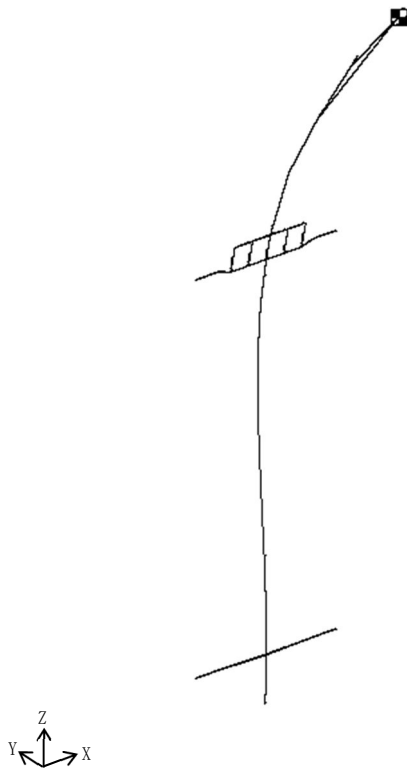


図 4-3 振動モード図 (68.0 Hz)

4.6 応力評価方法

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

表 4-9 応力計算式

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

ここで、

基礎ボルトに作用する引張応力 $T = F_x$

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

表 4-10 応力計算式に使用する記号

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

4.7 応力評価条件

(1) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(2) 設計用加速度

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

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

5. 機能維持評価

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

5.1 機能維持評価方法

屋外アンテナ（中央制御室）の評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認する。電氣的機能確認済加速度には，器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において，電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。電氣的機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

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

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果

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

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

表 6-2 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処設備）

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

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

目次

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

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）は、重大事故等対処設備において常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

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

表 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の構造計画

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

2.2 評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の応力評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

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

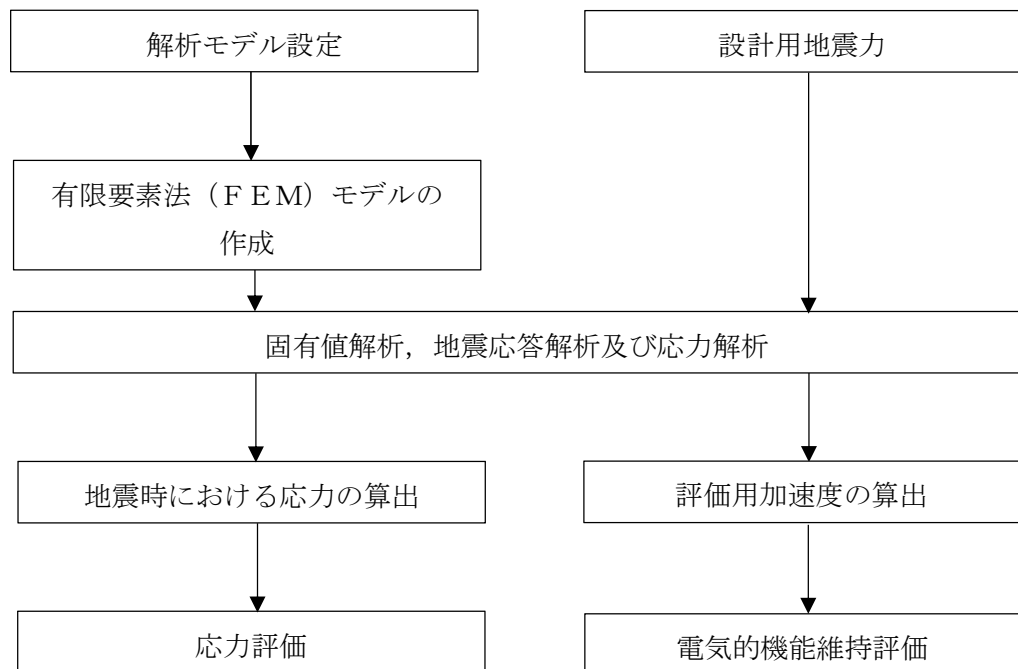


図2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

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

3. 耐震評価箇所

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

4. 地震応答解析及び応力評価

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

4.1 基本方針

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

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

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

4.2.3 使用材料の許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の使用材料の許容応力のうち重大事
故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D+P_D+M_D+S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$V_A S$ （ $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 ^{*1*2} (ボルト等以外)				許容限界 ^{*2} (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S						
V _A S (V _A Sとして、 IV _A Sの許容限界 を用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 *1:「鋼構造設計基準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2: 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-2 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

(1) 耐震架フレーム

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

(2) 基礎ボルト

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

4.3 設計用地震力

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

表 4-4 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線		備 考
		建屋 及び高さ (m)	方向	
基準 地震動 S_s	原子炉建屋 EL. 17. 60	原子炉建屋 EL. 20. 30	水平	水平方向，鉛直方向ともに S_s 8 波を包絡した値を用 いる。
			鉛直	

4.4 解析モデル及び諸元

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

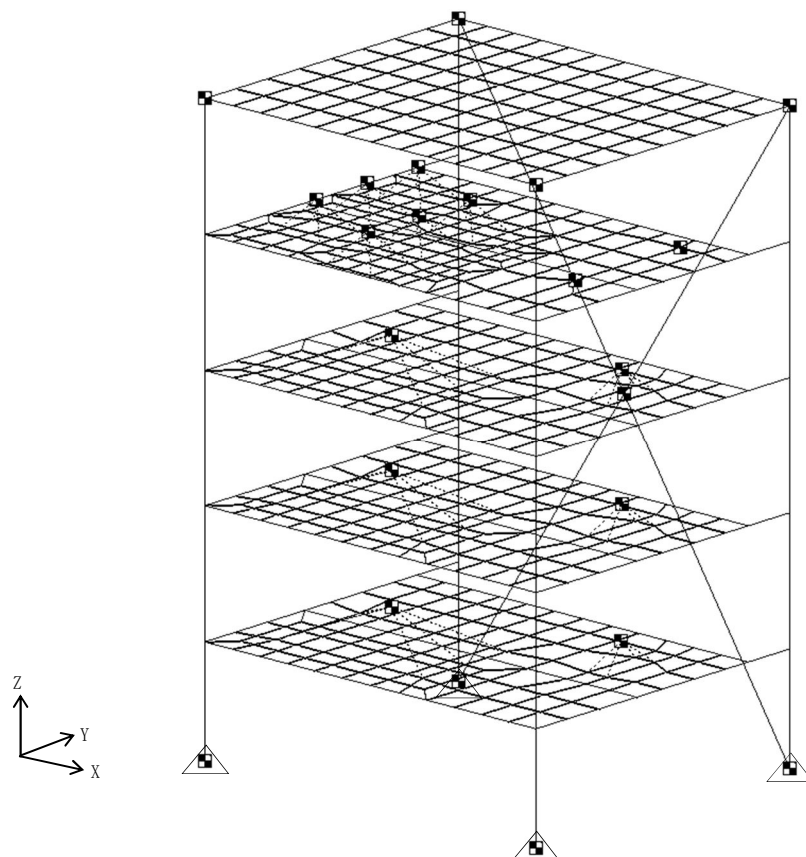


図4-1 解析モデル図

注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

第4-5表 解析モデルの諸元

項 目	単位	入力値
材料	—	SUS304
温度条件(雰囲気温度)	℃	
縦弾性係数	MPa	194000
ポアソン比	—	0.25
寸法	—	図4-2
要素数	個	1000
節点数	個	804

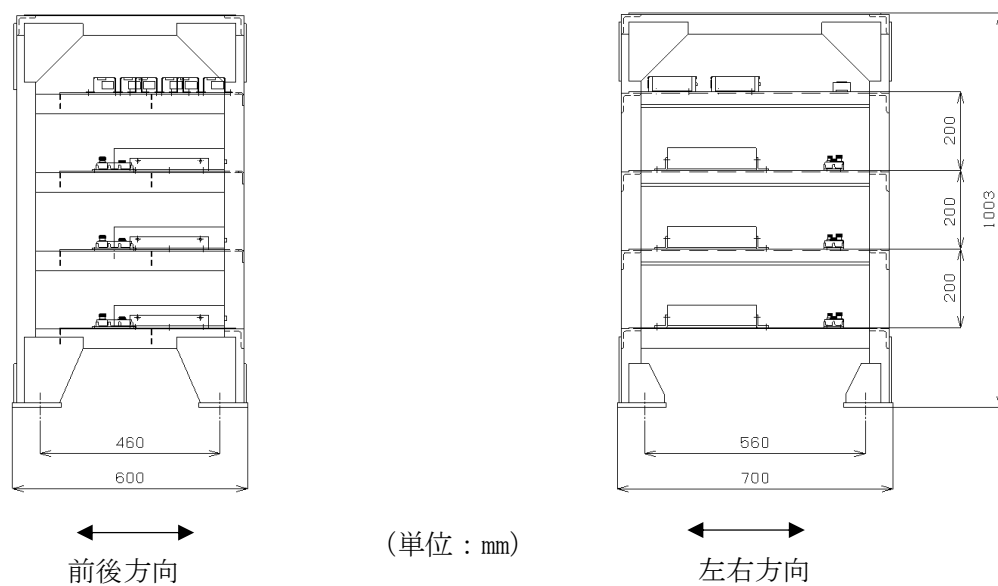


図 4-2 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）外形図

表 4-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の諸元

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

4.5 固有値解析

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

表 4-7 固有振動数

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

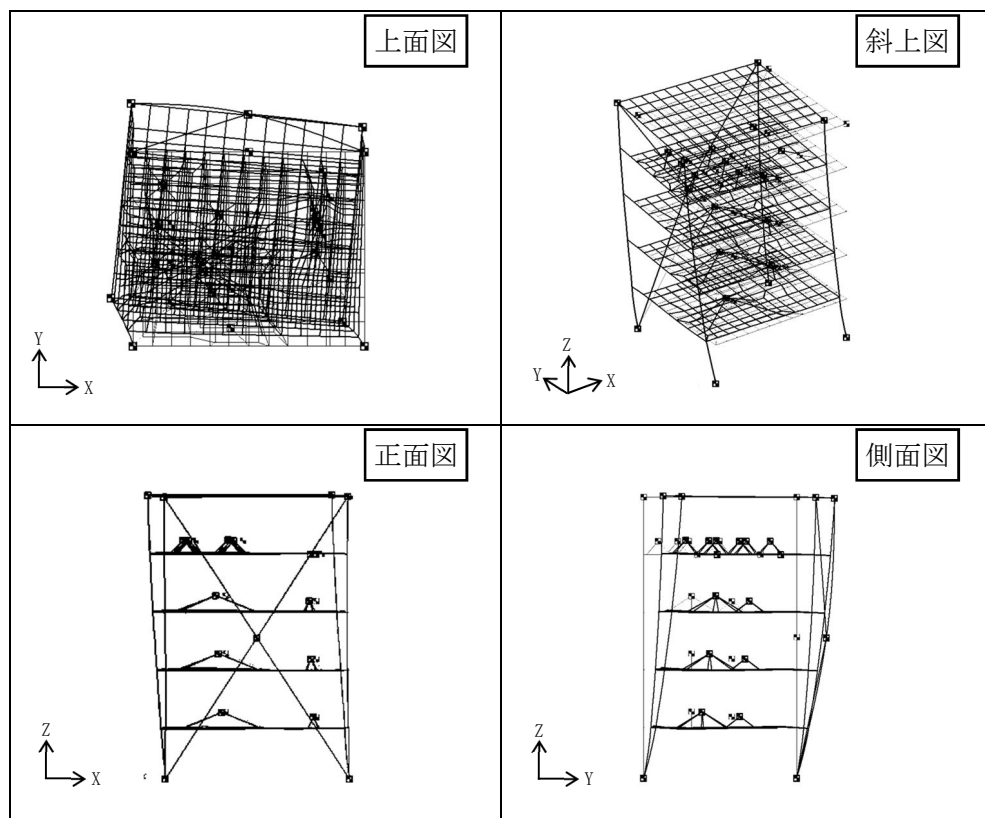


図 4-3 振動モード図 (32.1 Hz)

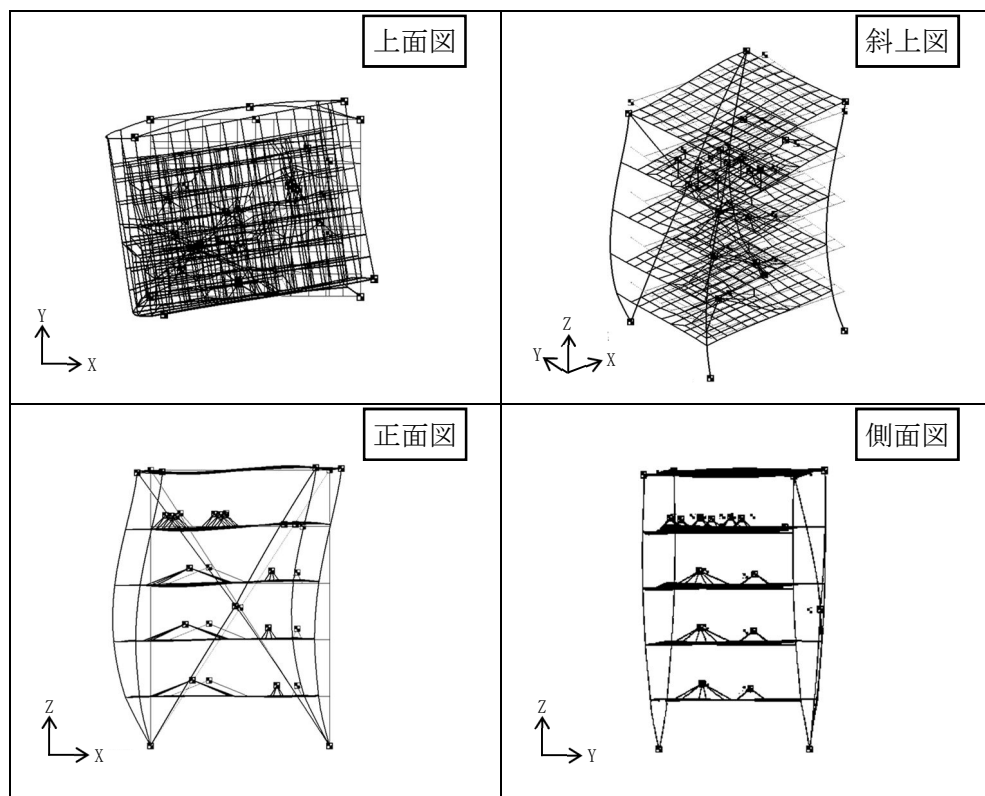


図 4-4 振動モード図 (70.9 Hz)

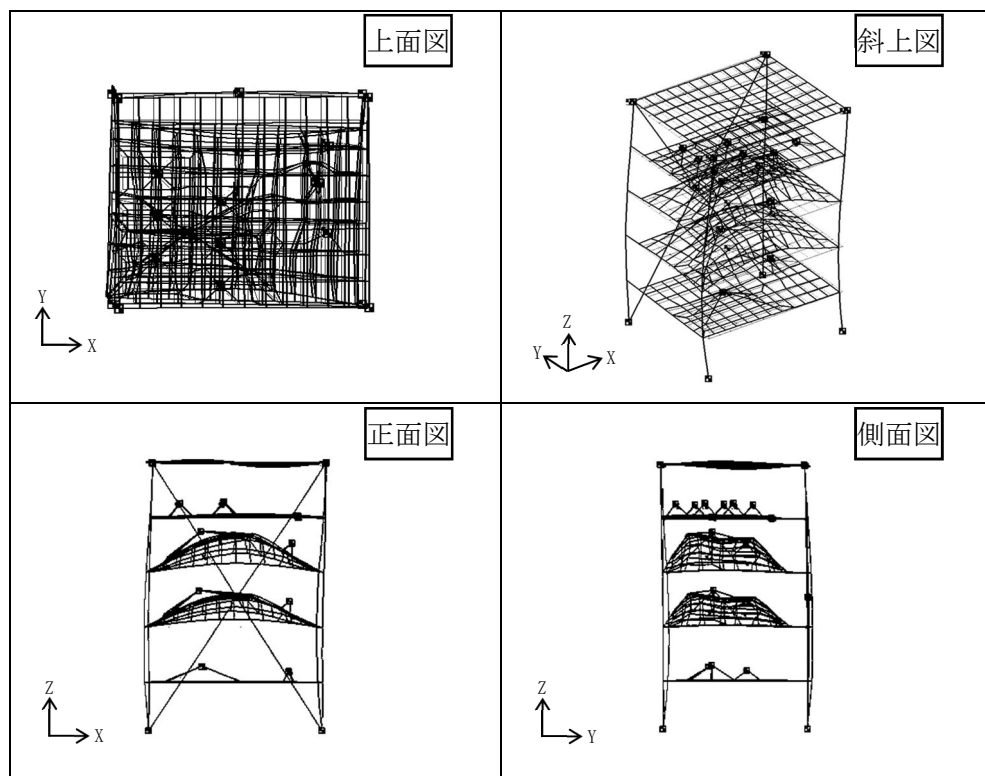


図 4-5 振動モード図 (120.8 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 耐震架フレームの応力評価

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

表 4-8 応力計算式

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

表 4-9 応力計算式に使用する記号

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

4.6.2 基礎ボルトの応力評価

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

表 4-10 応力計算式

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

ここで、

基礎ボルトに作用する引張応力 $T = F_x$

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

表 4-11 応力計算式に使用する記号

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

4.7 応力評価条件

(1) 耐震架フレーム

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304

(2) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(3) 設計用加速度

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

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

5. 機能維持評価

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

5.1 機能維持評価方法

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

機能確認済加速度には，器具単品において，衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の設置床における基準地震動（ $S_s-D1 \sim S_s-31$ ）に対する設計用最大床加速度をおおむね上回る加速度にて水平 2 方向と鉛直方向の 3 方向同時に加振し，通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。また，評価対象である器具の取付図を図 5-1 に示す。

表 5-1 表 電気的機能確認済加速度

器具名称	電気的機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
	水平	鉛直
衛星電話通信端末	1.84	1.67
バイアスボックス	1.84	1.67

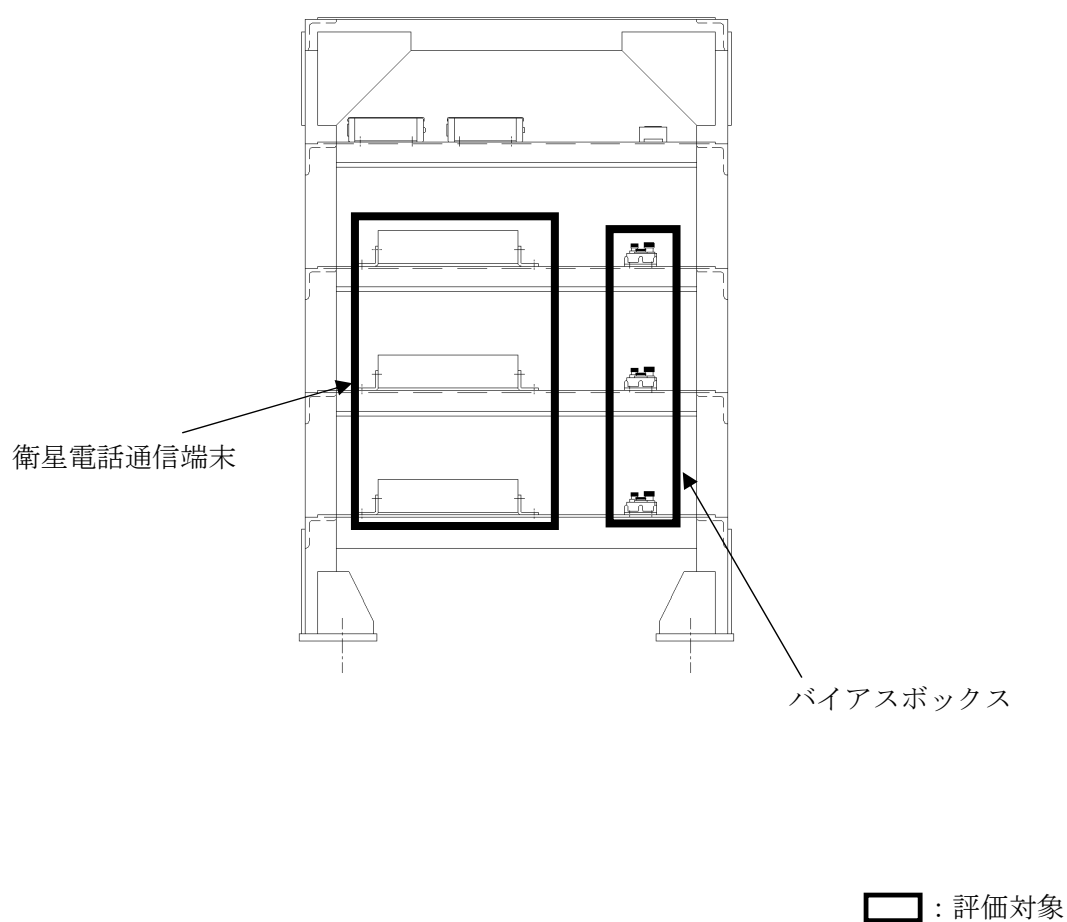


図 5-1 器具の取付図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (1/2)

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (2/2)

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

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

*2：単位なし

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

表 6-2 電気的機能維持評価結果

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

V-2-6-7-2-4 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 一般事項 1

 2.1 構造計画 1

 2.2 評価方針 2

 2.2 適用基準 2

3. 評価部位 2

4. 機能維持評価 3

 4.1 電氣的機能維持評価方法 3

 4.2 加振試験 4

5. 評価結果 5

 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果..... 5

1. 概要

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

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

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画

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

2.2 評価方針

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

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

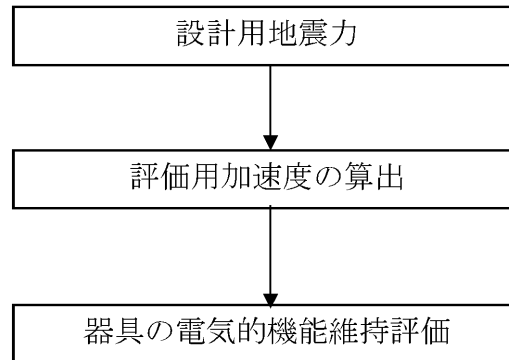


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補－1984，J E A G 4 6 0 1－1987 及び J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

3. 評価部位

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

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）設置床の加速度により実施する。衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

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

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は緊急時対策所建屋内に設置されることから、評価用加速度は、緊急時対策所建屋の地震応答解析で評価した衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）を設置する床に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

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

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

4.2 加振試験

4.2.1 基本事項

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

4.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

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

注記 *：水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の重大事故等の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

- 1. 重大事故等対処設備
 - 1.1 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

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

9 評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

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

1. 概 要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、屋外アンテナ（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、屋外アンテナ（緊急時対策所）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

屋外アンテナ（緊急時対策所）は、重大事故等対処設備において常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

屋外アンテナ（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 屋外アンテナ（緊急時対策所）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
屋 外 アン テ ナ （ 緊 急 時 対 策 所）	アンテナ	屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 また、アンテナ取付架台を基礎ボルトにて壁に固定する。	屋外アンテナ 取付金具 アンテナ取付架台 壁 基礎ボルト アンカー取付部 フレーム

2.2 評価方針

屋外アンテナ（緊急時対策所）の応力評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す屋外アンテナ（緊急時対策所）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、屋外アンテナ（緊急時対策所）の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 電氣的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

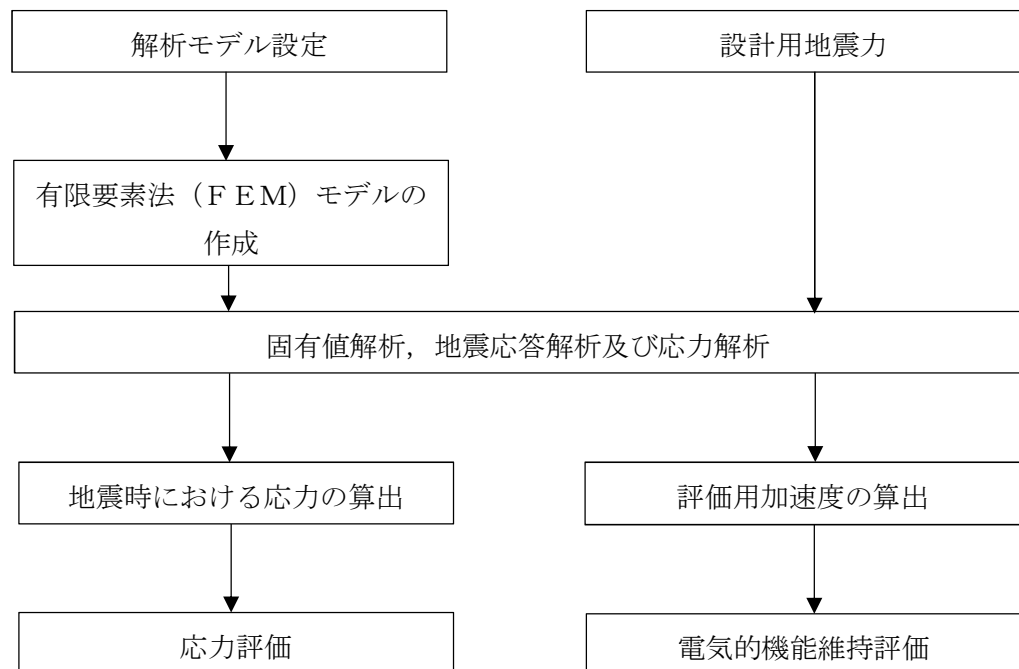


図 2-1 屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

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

3. 耐震評価箇所

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

4. 地震応答解析及び応力評価

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

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、アンテナ取付架台をはり要素と質量要素により有限要素法（FEM）の解析モデルを作成し、FEMモデルによる解析を行い固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認した上で、設計用最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を実施する。20 Hz 未満である場合は、スペクトルモーダル解析を実施する。

- (2) 解析コードは「NX NASTRAN」を使用する。

なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN」の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要 ・NASTRAN」に示す。

- (3) 拘束条件として、基礎ボルトで固定された第 4-1 図の△の節点について水平方向変位、上下方向変位を拘束した。いずれも回転は拘束していない。ただし、アンカー取付部フレームの軸方向の回転は、フレームを壁面に取り付けるため固定する。

- (4) 屋外アンテナ及び取付金具の質量は、耐震評価上厳しくなる最上端の節点位置に質量要素として設定した。アンテナ取付架台の質量は、はり要素の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。

- (5) 許容応力について J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（緊急時対策所）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

屋外アンテナ（緊急時対策所）の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

4.2.5 積雪荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D+P_D+M_D+S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	資料 $V_A S$ (資料 $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
資料 $V_A S$ (資料 $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。)		

注：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

基礎ボルト

材料	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)
SUS304	 (雰囲気温度)	198	504	205	205

表 4-4 基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m ²)
アンテナ取付架台	1533.6

表 4-5 積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3 設計用地震力

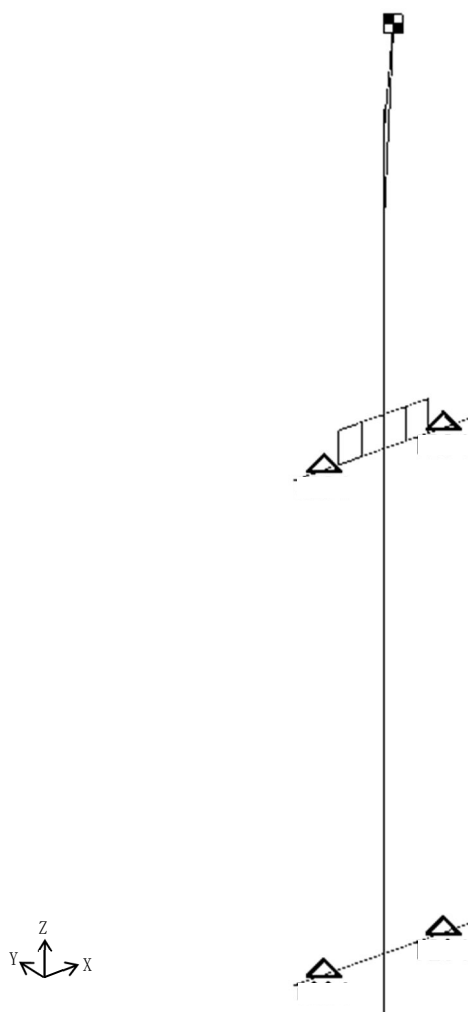
耐震計算に用いる入力地震力には、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表 4-6 に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-6 設計用地震力

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

4.4 解析モデル及び諸元

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



注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

図 4-1 解析モデル図

表 4-7 解析モデルの諸元

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

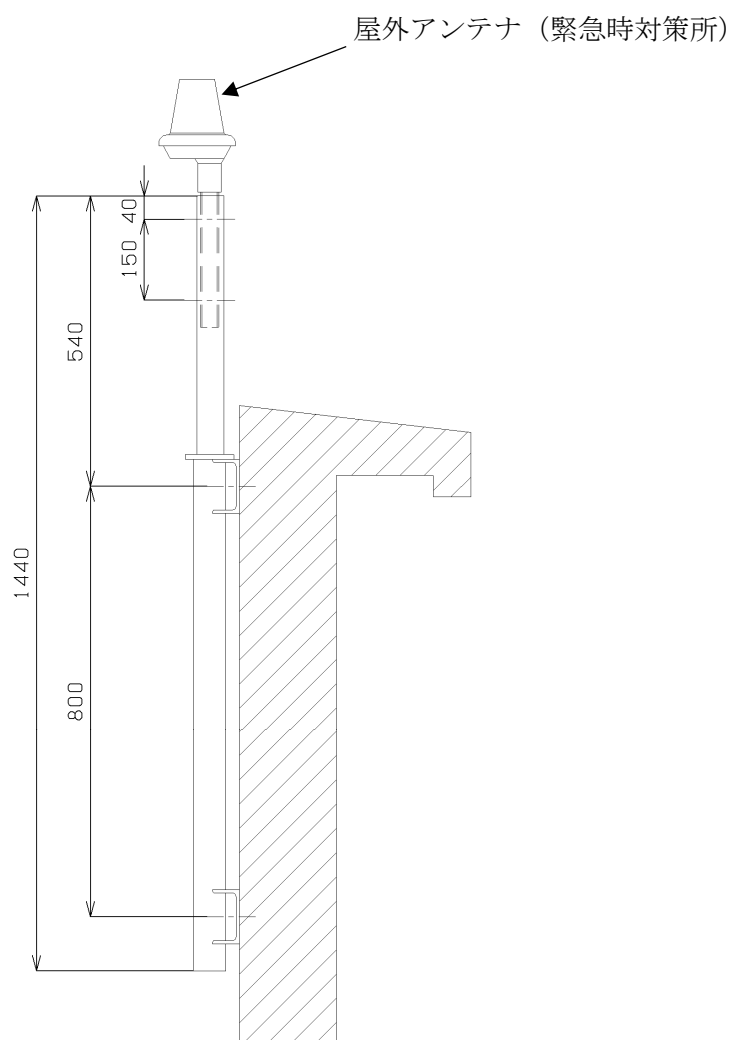


図 4-2 屋外アンテナ（緊急時対策所）外形図

4.5 固有値解析

固有値解析の結果を第 4-8 表に、振動モード図を図 4-3 に示す。

表 4-8 固有振動数

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

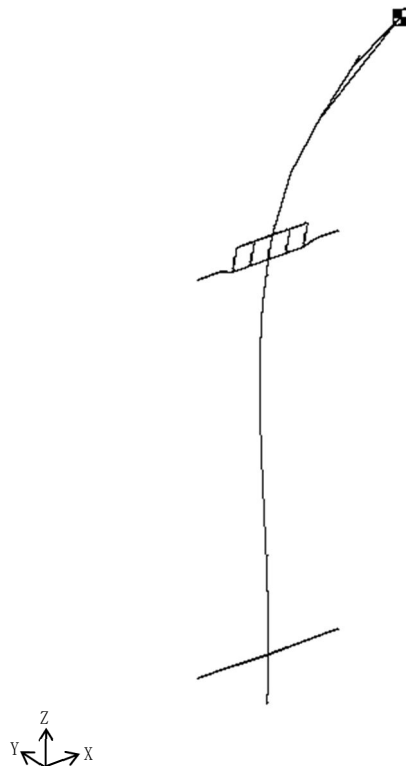


図 4-3 振動モード図 (68.0 Hz)

4.6 応力評価方法

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

表 4-9 応力計算式

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

ここで、

基礎ボルトに作用する引張応力 $T = F_x$

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

表 4-10 応力計算式に使用する記号

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

4.7 応力評価条件

(1) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(2) 設計用加速度

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

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

5. 機能維持評価

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

5.1 機能維持評価方法

屋外アンテナ（緊急時対策所）の評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認する。電氣的機能確認済加速度には，器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において，電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。電氣的機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

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

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果

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

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

表 6-2 電気的機能維持評価結果

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

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

目次

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

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

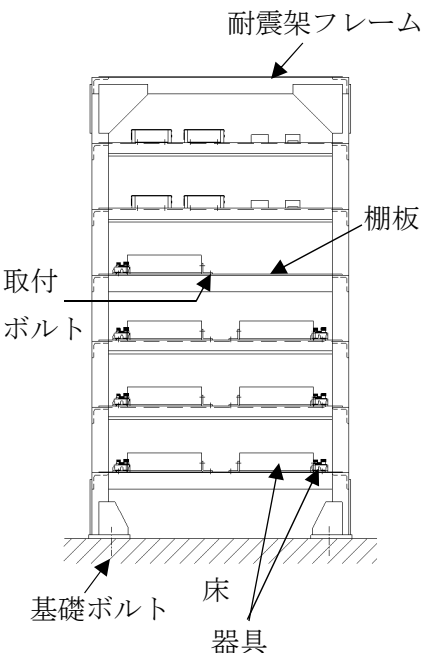
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）は、重大事故等対処設備において常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

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

表 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の構造計画

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

2.2 評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の応力評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

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

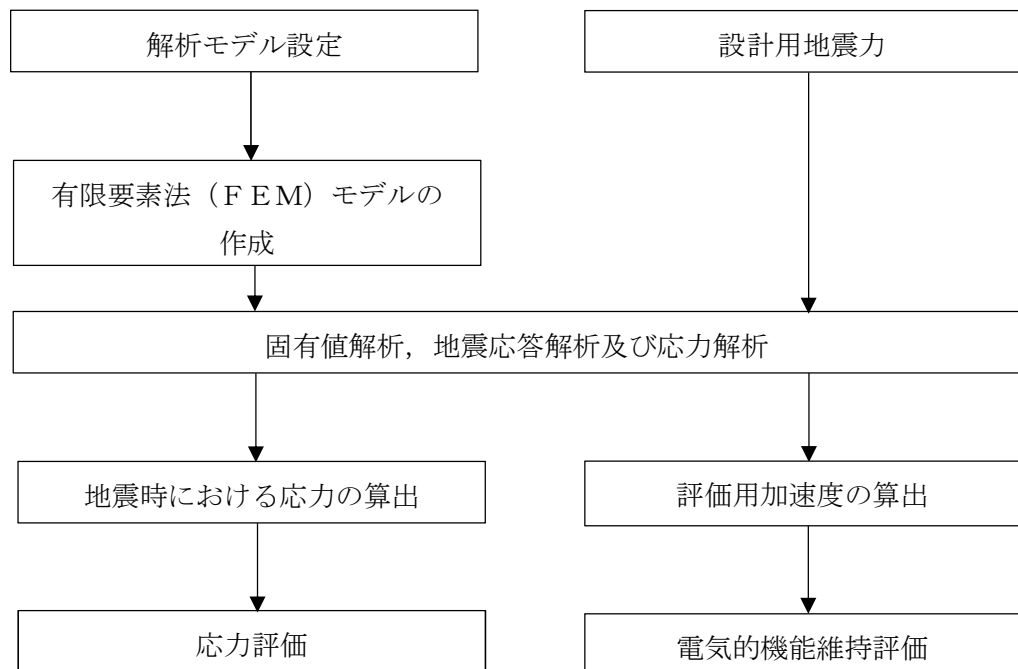


図 2-1 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC 1-2005/2007」（社）日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984」（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」（社）日本電気協会

3. 耐震評価箇所

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

4. 地震応答解析及び応力評価

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

4.1 基本方針

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

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

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

4.2.3 使用材料の許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D+P_D+M_D+S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$V_A S$ （ $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等対処設備）

許容応力状態	許容限界 ^{*1*2} (ボルト等以外)				許容限界 ^{*2} (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S						
V _A S (V _A Sとして、 IV _A Sの許容限界 を用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 *1：「鋼構造設計基準 SI 単位版」（2002 年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-2 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

(1) 耐震架フレーム

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

(2) 基礎ボルト

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

4.3 設計用地震力

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

表 4-4 設計用地震力

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

4.4 解析モデル及び諸元

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

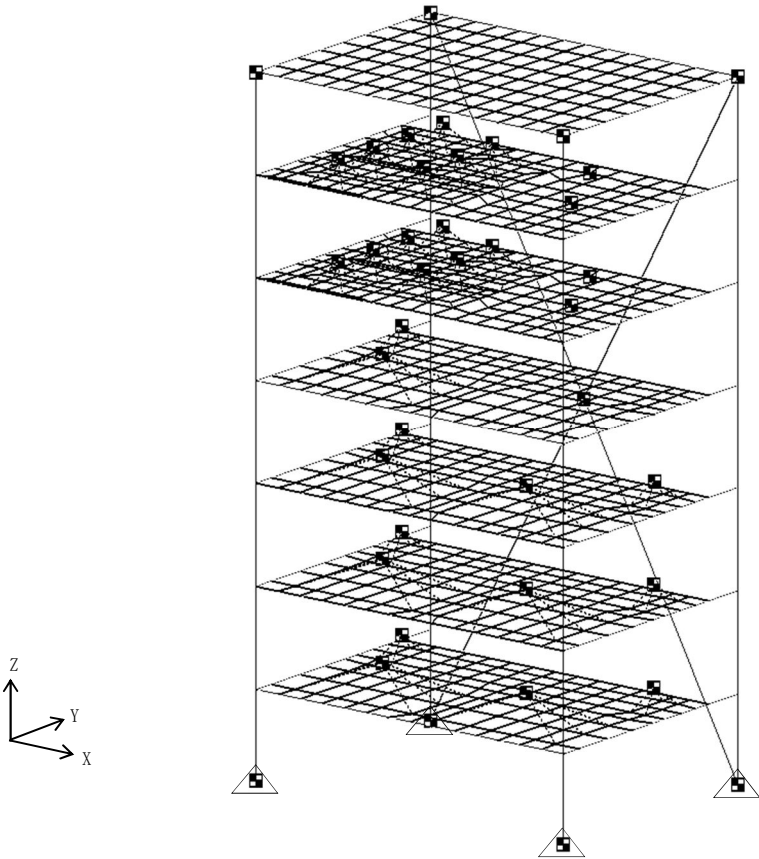


図 4-1 解析モデル図

注：図中の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

表 4-5 解析モデルの諸元

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

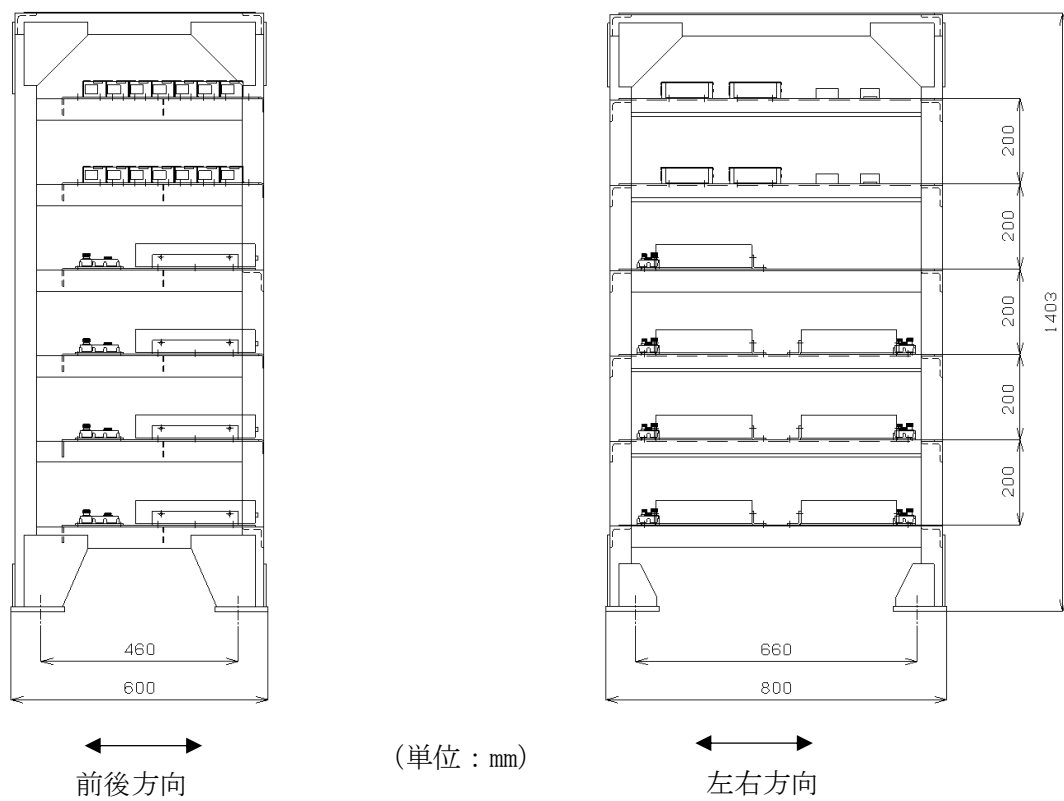


図 4-2 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）外形図

表 4-6 衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の諸元

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

4.5 固有値解析

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

表 4-7 固有振動数

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

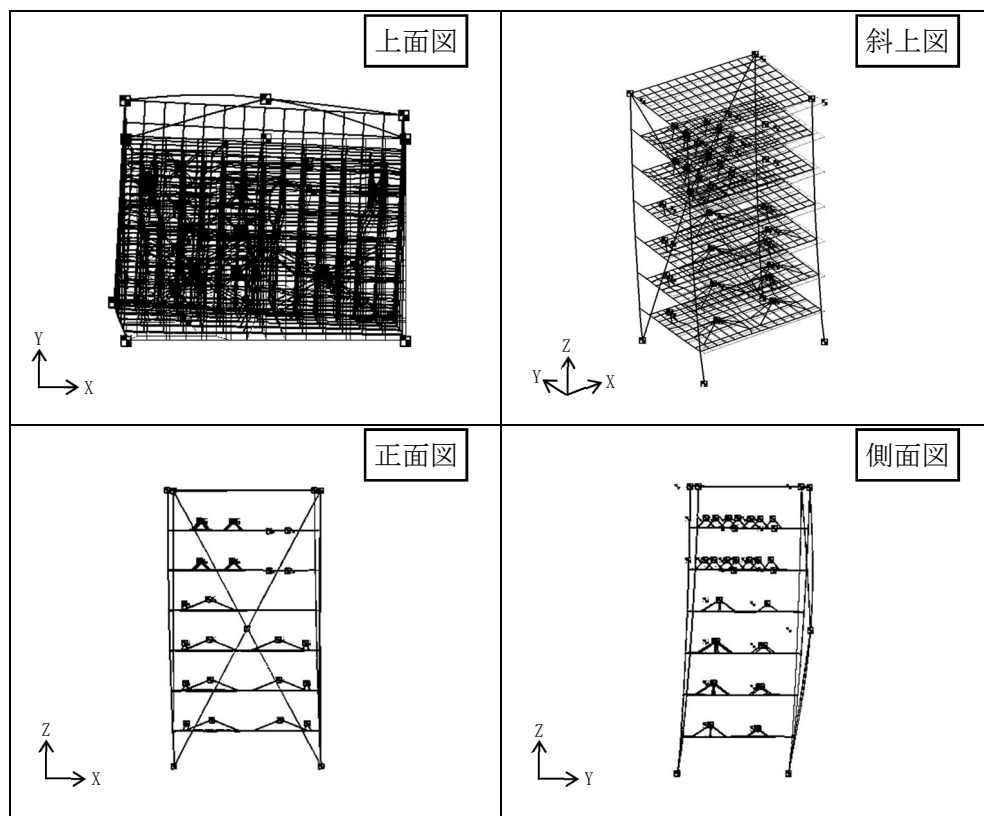


図 4-3 振動モード図 (22.2 Hz)

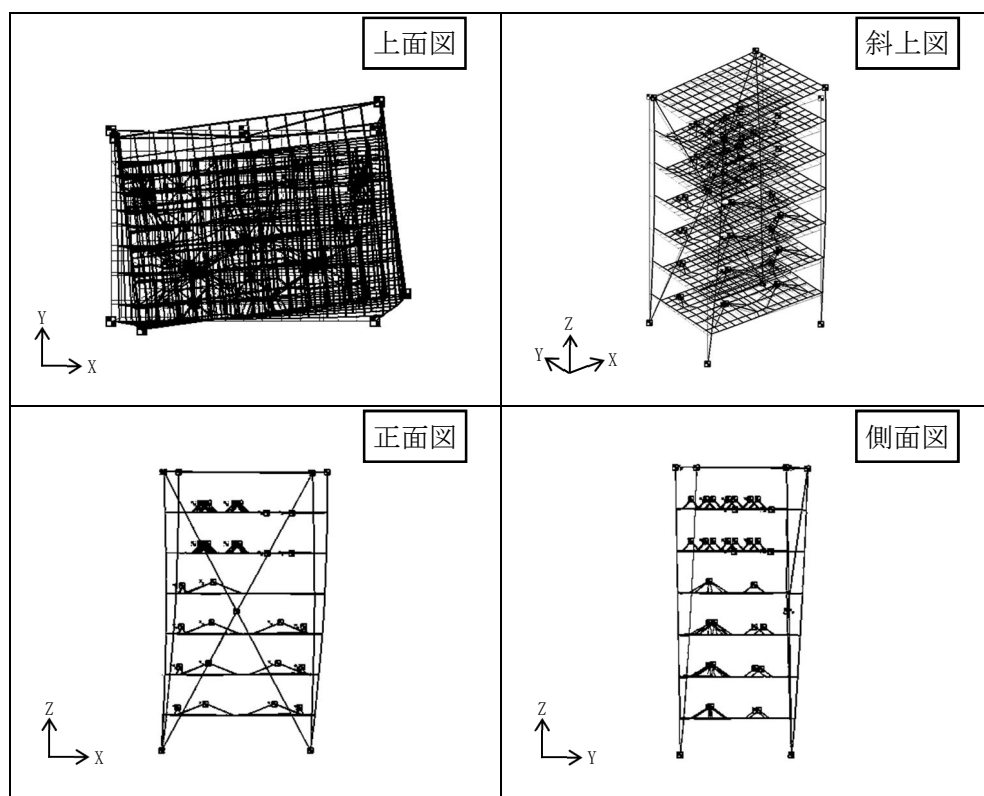


図 4-4 振動モード図 (23.7 Hz)

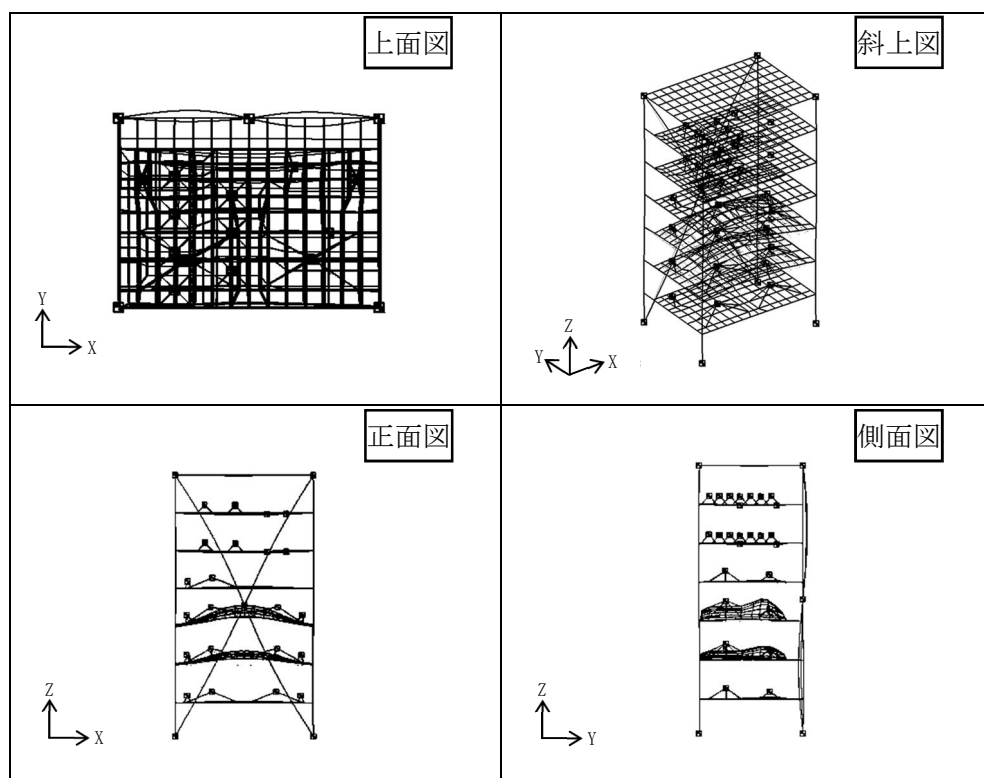


図 4-5 振動モード図 (116.6 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 耐震架フレームの応力評価

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

表 4-8 応力計算式

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

表 4-9 応力計算式に使用する記号

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

4.6.2 基礎ボルトの応力評価

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

表 4-10 応力計算式

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

ここで、

基礎ボルトに作用する引張応力 $T = F_x$

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

表 4-11 応力計算式に使用する記号

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

4.7 応力評価条件

(1) 耐震架フレーム

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304

(2) 基礎ボルト

項目	単位	入力値
材料	—	SUS304
ボルト呼び径	mm	12

(3) 設計用加速度

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

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

5. 電氣的機能維持評価

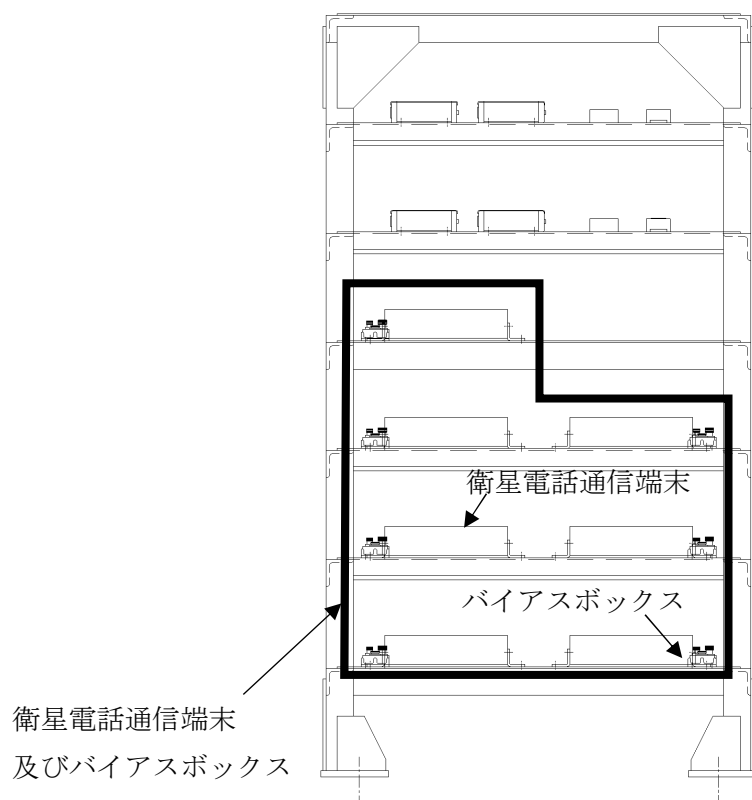
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）内器具は，地震後に電氣的機能が要求されており，地震後においてもその機能が維持されていることを示す。

5.1 電氣的機能維持評価方法

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

表 5-1 電氣的機能確認済加速度

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



: 評価対象

図 5-1 器具の取付図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は電氣的機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (1/2)

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

表 6-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 (2/2)

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

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

*2：単位なし

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

表 6-2 電氣的機能維持評価結果

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

V-2-6-7-3 安全パラメータ表示システム（SPDS）の 耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 構造強度評価	2
2.1 構造強度評価方法	2
2.2 荷重の組合せ及び許容応力	2

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、安全パラメータ表示システム（SPDS）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。

安全パラメータ表示システム（SPDS）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。

2. 構造強度評価

2.1 構造強度評価方法

安全パラメータ表示システム（SPDS）の構造強度評価は、添付書類「付録7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

2.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

安全パラメータ表示システム（SPDS）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-2に示す。

2.2.2 許容応力

安全パラメータ表示システム（SPDS）の許容応力を表2-3に示す。

表 2-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	安全パラメータ 表示システム (SPDS)	C	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：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。

表 2-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	安全パラメータ 表示システム (SPDS)	常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

V-2-6-7-4 緊急時対策支援システム伝送装置の耐震性
についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策支援システム伝送装置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。

緊急時対策支援システム伝送装置は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策支援システム伝送装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策支援システム伝送装置は，チャンネルベースに取付ボルトで設置する。	垂直自立形	正面 側面

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急時対策支援システム伝送装置の構造は垂直自立形であるため、構造強度評価は、添付書類「付録 7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策支援システム伝送装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策支援システム伝送装置の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	緊急時 対策支援システム 伝送装置	C	— *	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記＊：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。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	緊急時 対策支援システム 伝送装置	常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

V-2-6-7-5 統合原子力防災ネットワークに接続する
通信連絡設備の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用基準	2
3. 評価部位	2
4. 機能維持評価	2
4.1 電気の機能維持評価方法	2
4.2 加振試験	3
4.2.1 基本事項	3
4.2.2 設計用地震力	3

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の基本方針に基づき、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

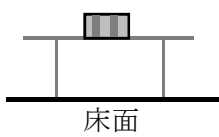
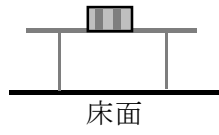
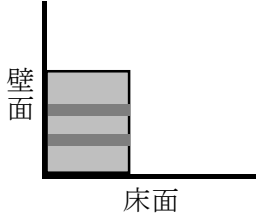
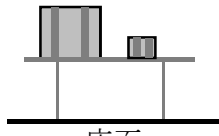
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備は、重大事故等対処設備において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の構造計画を表2-1に示す。統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備は、I P 電話（有線系）、I P 電話（衛星系）、I P - F A X 及びテレビ会議システムで構成される。

表 2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
I P 電話（有線系）	電話機	I P 電話を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机に固定する。机は専用治具にて床面に固定する。	 床面
I P 電話（衛星系）	電話機	I P 電話を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机に固定する。机は専用治具にて床面に固定する。	 床面
I P - F A X	F A X	I P - F A X を専用治具にて床面に固定する。また、固縛用バンド及びボルトにて壁面に固定する。	 壁面 床面
テレビ会議システム	テレビ	テレビ会議システムを固縛用バンド及び粘着固定シートにて机に固定する。机は専用治具にて床面に固定する。	 床面

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の機能維持評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震評価フローを図2-1に示す。

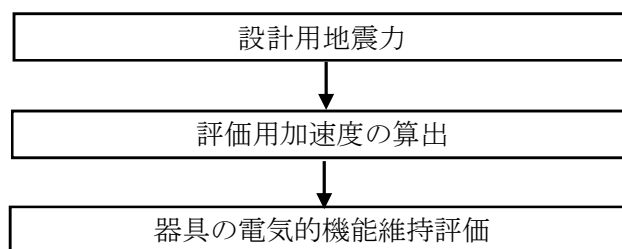


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震評価フロー

2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補—1984, J E A G 4 6 0 1—1987 及び J E A G 4 6 0 1—1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月、昭和62年8月及び平成3年6月）に準拠して評価する。

3. 評価部位

評価部位は統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の本体である。本計算書では、加振試験結果を用いた統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の電氣的機能維持評価について示す。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の機能維持評価は、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備設置床の加速度により実施する。統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備は、緊急時対策所建屋内に設置されることから、評価用加速度は、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いて、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

4.2 加振試験

4.2.1 基本事項

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備について実際の設置状態を模擬して、基準地震動 S_s による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

4.2.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

対象機器設置個所	加振方向	最大床加速度 (G)
		$S_s - D1 \sim S_s - 31$ の 8 波包絡
緊急時対策所 EL. 30.30 m	水平*	1.28
	鉛直	1.14

注記 *：水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。

V-2-6-7-6 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造の説明	1
2.2 評価方針	2
3. 耐震評価箇所	3
4. 地震応答解析及び応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 設計用地震力	4
4.4 解析モデル及び諸元	4
5. 機能維持評価	4
5.1 機能維持評価方法	4

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」（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）第 47 条及び第 77 条ならびにそれらの「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」に適合する設計とするため、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナが基準地震動 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、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

なお、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは、重大事故等対処設備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

衛星アンテナの構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの構造計画

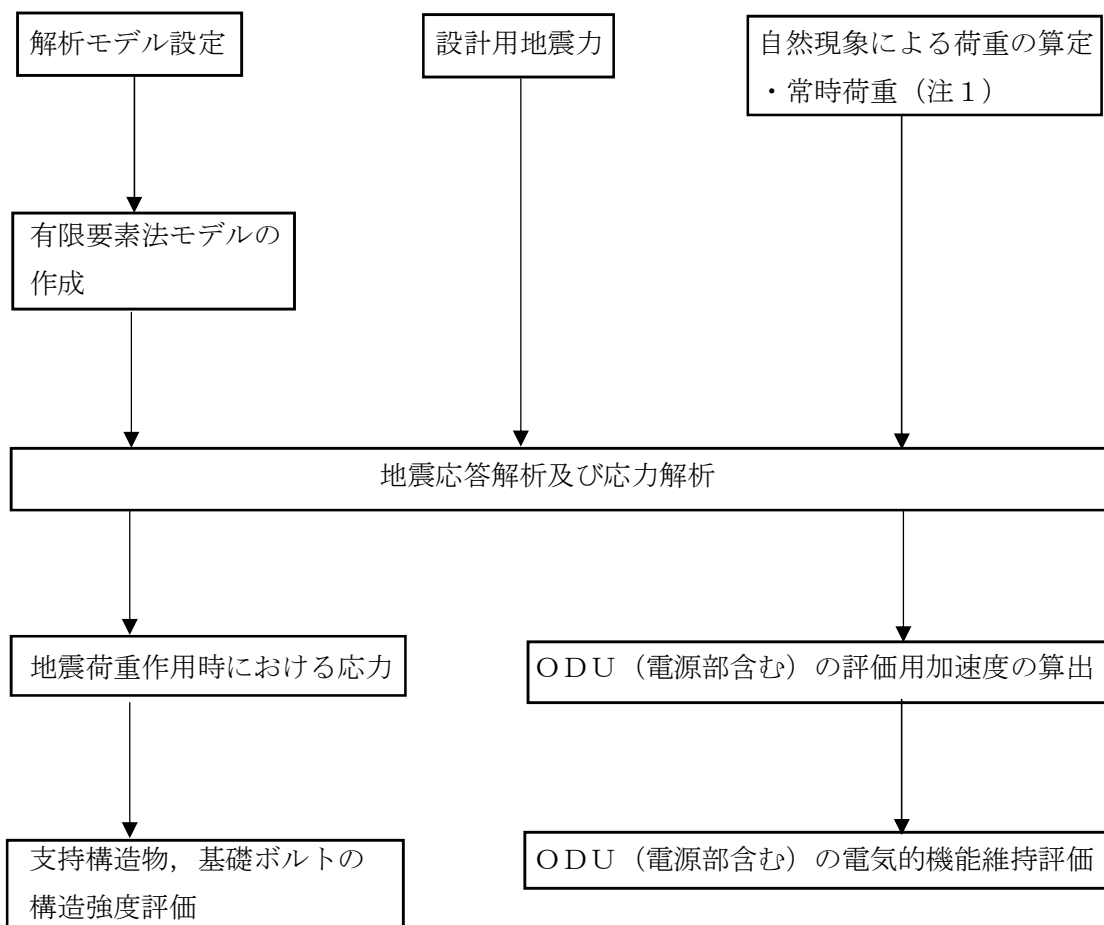
機器名称	計画の概要	
	計画の構造	支持構造
統合原子力防災 ネットワーク設備 衛星アンテナ	アンテナ（注）	ODU（電源部含む）、反射鏡及び支持構造物にて構成され、ODU（電源部含む）及び反射鏡はそれぞれ取付ボルトにて支持構造物に固定し、支持構造物は基礎ボルトにて基礎に固定する。

（注）機能維持評価を行う，ODU（送受信装置）を実装

2.2 評価方針

衛星アンテナの応力評価は、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」にて示す統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能維持評価は、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フローを第2-1図に示す。



（注1）常時荷重は、自重、風荷重を考慮するものとする。また、上面積は小さく、積雪荷重はわずかであるため、積雪荷重を含めない。

第2-1図 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる支持構造物、基礎ボルトを選定して実施する。

4. 地震応答解析及び応力評価

固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数を求めるため、衛星アンテナをはり要素及びシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルにより固有値解析を行い、最大床応答加速度の1.2倍を用いた静解析を、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、「ABAQUS 6.12-1」を使用する。なお、評価に用いる「ABAQUS 6.12-1」の検証及び妥当性確認などの概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。
- (3) 境界条件は、基礎ボルト固定部を完全固定とする、なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) ODU(電源部含む)は、取付位置に質量要素として付加する。
- (5) 許容応力についてJISME S NC 1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材用図表 Part5 表 5, 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、少数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、竜巻への対応、地震及び風の重畳など常設重大事故等緩和設備の評価に用いるものを整理する。

4.2.2 許容応力

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの許容応力を整理する。

4.2.3 使用材料の許容応力

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち常設重大事故等緩和設備の評価に用いるものを整理する。

4.3 設計用地震力

耐震計算における入力地震力には，設計用床応答曲線を用いる。

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナをはり要素及びシェル要素にてモデル化した，3次元FEMモデルとする。

5. 機能維持評価

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは，地震後においても電氣的機能維持が要求されており，地震後においても，その機能維持がなされていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

機能維持評価は，解析モデルによるスペクトルモーダル法を用いた地震応答解析を行い，評価対象器具であるODU（電源部含む）の最大加速度（評価用加速度）を求め，電氣的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，ODU単体及びODU電源部の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において，通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

V-2-6-7-7 LAN収容架（SA）の耐震性についての計算書

目次

1. 一般事項	1
1.1 適用基準	1
1.2 計算条件	1
1.3 記号の説明	2
2. 計算方法	3
2.1 固有周期の計算方法	3
2.2 応力の計算方法	3
2.2.1 取付ボルトの応力	3
3. 評価方法	3
3.1 応力の評価.....	3
3.1.1 ボルトの応力評価	3
3.2 機能維持評価	3
3.2.1 電氣的機能維持評価.....	3

1. 一般事項

本計算書は、LAN収容架（SA）の耐震性についての計算方法と計算結果を示すものである。

1.1 適用基準

本計算書における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984及び J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年及び昭和62年）（以下「指針」という。）に準拠する。

なお、LAN収容架（SA）における応力評価は、指針「6.6.2(5)d. 電気計装制御装置 (b) 盤」に準じて、支持構造物（取付ボルト）の評価を行う。

1.2 計算条件

- (1) LAN収容架（SA）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力はLAN収容架（SA）に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (3) LAN収容架（SA）は取付ボルトで基礎に固定された固定端とする。ここで、基礎については剛となるように設計する。
- (4) LAN収容架（SA）の転倒方向は、図1-1 概要図における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (5) LAN収容架（SA）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

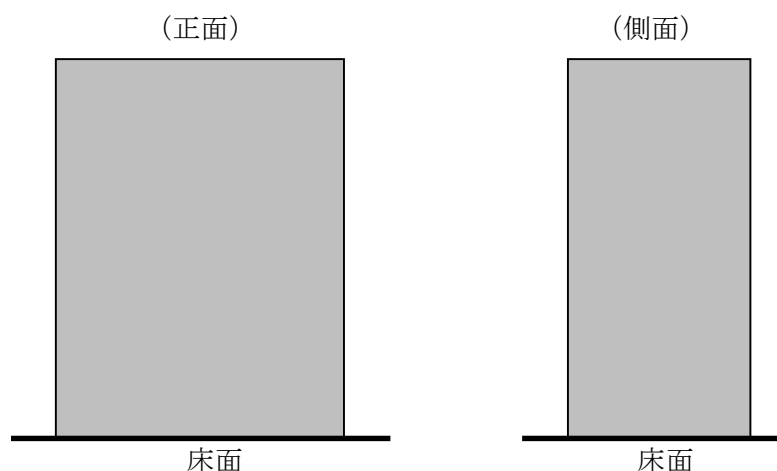


図1-1 概要図

1.3 記号の説明

記 号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 ^{*1} SSB-3131に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 ^{*1} SSB-3133に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*2}	mm
$\square_2$	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*2}	mm
m	盤の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 ^{*1} 付録材料図表 Part5 表9に規定される値	MPa
S_y	設計・建設規格 ^{*1} 付録材料図表 Part5 表8に規定される値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記*1：「設計・建設規格」とは、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。））J SME S NC 1-2005/2007）（日本機械学会2007年）（以下「設計・建設規格」という。）をいう。

*2： $\square_1 \leq \square_2$

2. 計算方法

2.1 固有周期の計算方法

盤の固有周期は、既に振動試験が行われているものと同等又は類似のものの固有周期を使用する。

2.2 応力の計算方法

2.2.1 取付ボルトの応力

取付ボルトの応力は、地震による震度で作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

(1) 引張応力

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

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

3. 評価方法

3.1 応力の評価

3.1.1 ボルトの応力評価

2.2.1 項で求めたボルトの引張応力は、許容引張応力以下であること。せん断応力は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力以下であること。

3.2 機能維持評価

3.2.1 電氣的機能維持評価

「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震動による応答加速度と電氣的機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能維持を評価する。

V-2-6-7-8 原子炉再循環ポンプ遮断器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉再循環ポンプ遮断器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。

原子炉再循環ポンプ遮断器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

V-2-6-7-9 原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器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。

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

V-2-6-7-10 格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の耐震性についての計算書

格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の耐震計算は、「V-2-6-5-28 格納容器内水素濃度計（S A）の耐震性についての計算書」に含まれている。

V-2-6-7-12 フィルタ装置入口水素濃度計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造の概要	1
2.3 評価方針	2
2.4 適用規格	2
3. 地震応答解析及び構造強度評価	2
3.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	2

1. 概要

本計算書は、フィルタ装置入口水素濃度計の耐震計算について、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、固有値解析及び応力評価並びに電氣的機能維持について説明するものである。フィルタ装置入口水素濃度計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下に、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

フィルタ装置入口水素濃度計は、原子炉建屋付属棟の3階に2台を設置する。

2.2 構造の概要

フィルタ装置入口水素濃度計の構造計画を第2-1表に示す。なお、構造は設置する2台とも同様である。

第2-1表 フィルタ装置入口水素濃度計の構造計画

設備名称	計画の概要		説 明 図
	主体構造	支持構造	
フィルタ装置入口 水素濃度計	熱伝導式 水素検出器	検出器を収納した自立型サンプリングラックを基礎ボルト及び取付ボルトにより床面に取付ける。	<正面図> <側面図>

2.3 評価方針

フィルタ装置入口水素濃度計の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」で設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造の概要」にて示すフィルタ装置入口水素濃度計を収納する自立型サンプリングラックにおいて、「3. 地震応答解析及び構造強度評価」で実施する詳細評価に基づく応力等が許容値限界内に収まることを付録 8「計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」で示す計算方法に基づき確認することで実施する。また、フィルタ装置入口水素濃度計の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

2.4 適用規格

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年, 昭和 62 年及び平成 3 年）に準拠して評価する。

3. 地震応答解析及び構造強度評価

3.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

(1) フィルタ装置入口水素濃度計を収納するサンプリングラックの応力評価については、有限要素解析手法を適用する。

(2) 解析コードには N A S T R A N を使用する。

なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要・N A S T R A N」に示す。

V-2-6-7-13 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、静的触媒式水素再結合器動作監視装置入口／出口温度計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。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置入口／出口温度計は、重大事故等対処設備において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置入口温度計の構造計画を表 2-1 に、出口温度計の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画（入口温度計）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、サポート鋼材に計器取付ボルトにて圧縮継手により固定する。 サポート鋼材は、基礎ボルトにより壁面に設置する。	測温抵抗体	

表 2-2 構造計画（出口温度計）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、圧縮継手にて、静的触媒式水素再結合器に固定する。	測温抵抗体	静的触媒式 水素再結合器 検出器 圧縮継手

V-2-6-7-14 フィルタ装置水位計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、フィルタ装置水位計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。

フィルタ装置水位計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置水位計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (LT-SA14-N101A)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	

表 2-1 構造計画 (LT-SA14-N101B)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	The diagram illustrates the structure from three perspectives: top, front, and side. The top view shows a square base with four mounting holes. The front view shows a vertical post (計器スタンション) mounted on a base (基礎) with base bolts (基礎ボルト). The side view shows the detector (検出器) mounted on a plate (取付板) using mounting bolts (計器取付ボルト), which is then attached to the post using plate mounting bolts (取付板取付ボルト). The base is shown on a bed surface (床面).

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

フィルタ装置水位計の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置水位計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

フィルタ装置水位計の許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	フィルタ装置水位計	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，
「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。
*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。
*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

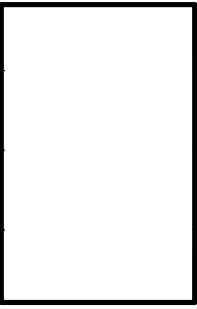
フィルタ装置水位の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

フィルタ装置水位に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 (LT-SA14-N101A)	差圧伝送器 (水位) (EDR-N6L)	水平	
		鉛直	
フィルタ装置水位 (LT-SA14-N101B)	差圧伝送器 (水位) (EDR-N6L)	水平	
		鉛直	

V-2-6-7-15 フィルタ装置圧力計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、フィルタ装置圧力計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。

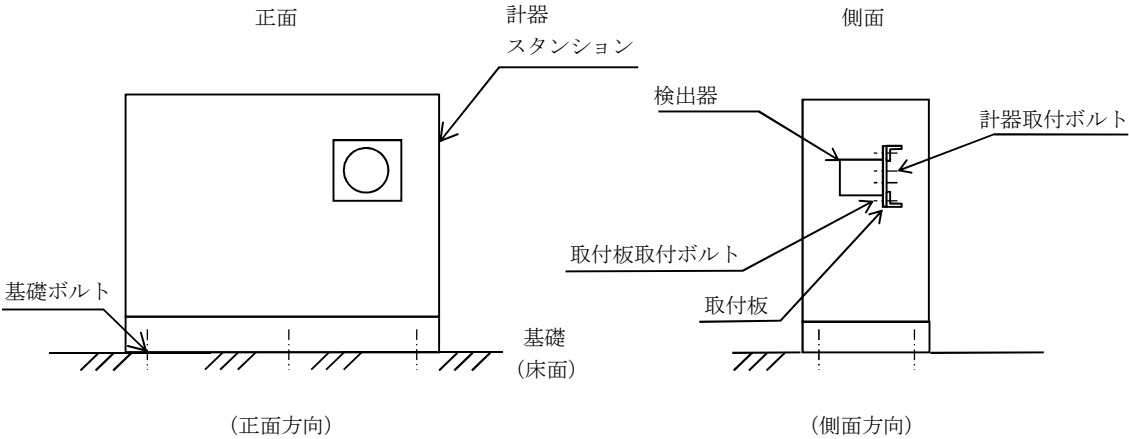
フィルタ装置圧力計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

フィルタ装置圧力計の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

フィルタ装置圧力計の許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	フィルタ装置圧力計	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

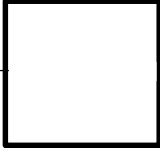
フィルタ装置圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

フィルタ装置圧力に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置圧力 (PT-SA14-N102)	圧力伝送器 (EPR-N6L)	水平	
		鉛直	

V-2-6-7-16 フィルタ装置スクラビング水温度計の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、フィルタ装置スクラビング水温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置スクラビング水温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた電氣的機能維持評価を示す。

V-2-6-7-17 残留熱除去系海水系系統流量計の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系海水系系統流量計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。

残留熱除去系海水系系統流量計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系海水系系統流量計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	The diagram illustrates the structural assembly of a detector. It includes three views: a top view (平面) showing the detector mounted on a base; a front view (正面) showing the detector and its mounting plate; and a side view (側面) showing the detector, mounting plate, and the base (基礎) secured with base bolts (基礎ボルト). Labels indicate the detector (検出器), mounting plate (取付板), detector mounting bolts (計器取付ボルト), mounting plate mounting bolts (取付板取付ボルト), and the base (基礎/壁面).

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

残留熱除去系海水系系統流量計の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系海水系系統流量計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

残留熱除去系海水系系統流量計の許容応力を表 3-2 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	残留熱除去系海水系 系統流量計	常設／防止	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系海水系系統流量計の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

残留熱除去系海水系系統流量計に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系 系統流量計 (FT-E12-N007A)	差圧伝送器(流量) (EDR-N6PL)	水平	
		鉛直	
残留熱除去系海水系 系統流量計 (FT-E12-N007B)	差圧伝送器(流量) (EDR-N6PL)	水平	
		鉛直	

V-2-6-7-18 緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）の
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）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。

緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	The diagram illustrates the structural components and assembly of the instrument station. It includes three views: a top view (平面) showing the detector and mounting plate from above; a front view (正面) showing the detector, mounting plate, and instrument station (計器スタンション) from the front; and a side view (側面) showing the detector, mounting plate, instrument station, and base (基礎) from the side. Labels indicate the detector (検出器), instrument station (計器スタンション), mounting plate (取付板), mounting plate attachment bolt (取付板取付ボルト), instrument attachment bolt (計器取付ボルト), and base (基礎). The side view also shows the base bolt (基礎ボルト) and the base wall (基礎(壁面)). 平面 正面 側面 基礎ボルト 検出器 計器スタンション 取付板取付ボルト 取付板 計器取付ボルト 基礎(壁面) (平面方向) (側面方向)

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急用海水系流量計(残留熱除去系熱交換器)の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用海水系流量計(残留熱除去系熱交換器)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

緊急用海水系流量計(残留熱除去系熱交換器)の許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	緊急用海水系流量計 (残留熱除去系熱交換器)	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * 	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
緊急用海水系流量計 (残留熱除去系熱交換器) (FT-SA21-N011)	差圧伝送器（流量） (EDR-N6L)	水平		
		鉛直		

V-2-6-7-19 緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）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。

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	The diagram illustrates the structural plan of the detector assembly. It includes three views: a top view (平面) showing the detector mounted on a base; a front view (正面) showing the detector, mounting plate, and meter station (計器スタンション) assembly; and a side view (側面) showing the detector, mounting plate, and base assembly. Labels indicate the detector (検出器), meter station (計器スタンション), mounting plate (取付板), mounting plate mounting bolt (取付板取付ボルト), detector mounting bolt (計器取付ボルト), and base (基礎). The side view also shows the base bolt (基礎ボルト) and the base wall (基礎(壁面)).

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の構造は壁掛形計器スタンションであるため，構造強度評価は，「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の許容応力を表 3-2 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	緊急用海水系流量計 (残留熱除去系補機)	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用海水系流量計（残留熱除去系補機）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
緊急用海水系流量計 (残留熱除去系補機) (FT-SA21-N015)	差圧伝送器（流量） (EDR-N6L)	水平	
		鉛直	

V-2-6-7-20 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

2.1 構造計画 2

3. 応力評価 3

3.1 基本方針 3

3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

4.1 機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計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、応力評価及び機能維持評価により行う。

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
計装ラック	計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで固定する。	垂直自立形	正面 側面

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は添付書類「付録 8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の使用材料の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御設備	常設高圧代替注水系 ポンプ吐出圧力計 ^{*2}	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ^{*4}

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

*2 : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3 : 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

*4 : $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界* ¹ (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau b)\}$
V _A S* ³	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau b)\}$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : その他の支持構造物においてはS_yを1.2・S_yと読み替える。

*3 : V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
取付ボルト	SS400	周囲環境温度	56	229	391

4. 機能維持評価

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力計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、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	3
鉛直	3

V-2-6-7-21 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震性に
ついての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	位置	1
2.2	構造の概要	1
2.3	評価方針	2
2.4	適用規格	2
3.	固有値解析	3
3.1	基本方針	3
3.2	固有振動数の計算方法	3
3.2.1	計器スタンションの固有振動数の計算	3
3.2.2	記号の説明	4
3.2.3	固有値解析結果	4
3.2.3.1	計器スタンションの固有振動数の計算条件	4
3.2.3.2	固有振動数の計算結果	4
4.	応力評価	5
4.1	基本方針	5
4.2	耐震評価箇所	5
4.3	荷重の組合せ及び許容応力	5
4.3.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	5
4.3.2	許容応力	5
4.3.3	使用材料の許容応力	5
4.4	設計用地震力	8
4.5	応力計算方法	9
4.5.1	記号の説明	9
4.5.2	応力計算	10
4.5.3	計器スタンションの応力計算条件	12
5.	電氣的機能維持評価	13
5.1	機能維持評価方法	13
6.	評価結果	13
6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	13
6.1.1	基準地震動 S_s に対する評価	13
6.1.2	機能維持に対する評価	13

1. 概要

本計算書は、常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震計算について、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、固有値解析及び応力評価並びに電氣的機能維持について説明するものである。常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下に、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

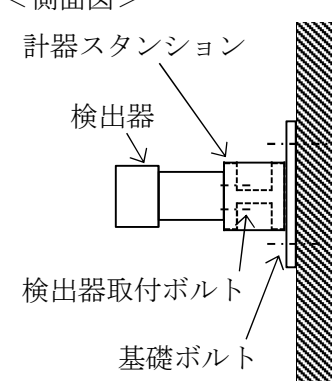
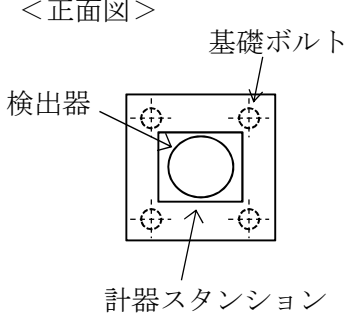
2.1 位置

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計は、常設低圧代替注水系ポンプ室 EL. -11.0 m に 2 台を設置する。

2.2 構造の概要

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の構造計画を第 2-1 表に示す。なお、構造は設置する 2 台とも同様である。

第 2-1 表 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の構造計画

設備名称	計画の概要		説 明 図
	主体構造	支持構造	
常設低圧代替 注水系ポンプ 吐出圧力計	弾性圧力 検出器	検出器を壁面に基礎ボルトにて固定された計器スタンションに検出器取付ボルトにより取付ける。	計器スタンション（壁掛形） <側面図>  <正面図> 

2.3 評価方針

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」で設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造の概要」にて示す常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の部位を踏まえて「4.2 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「3. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく応力等が許容値限界内に収まることを付録 9「計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」で示す計算方法に基づき、「4. 応力評価」にて確認することで実施する。また、常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 電氣的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

2.4 適用規格

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年，昭和 62 年及び平成 3 年）に準拠して評価する。

3. 固有値解析

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の固有振動数算定方法について以下に示す。

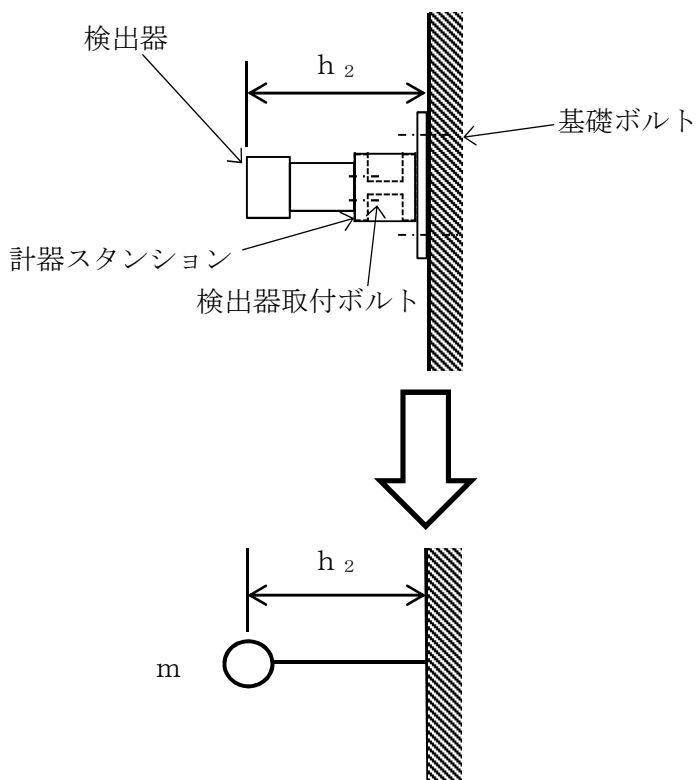
3.1 基本方針

- (1) 固有振動数計算モデルは1質点系モデルとし、検出器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。なお、保守的な評価とするため、重心位置は検出器の先端とする。
- (2) 固有振動数の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.2 固有振動数の計算方法

検出器及び検出器取付ボルトは製造者による加振試験により、固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認しているため、検出器及び検出器取付ボルトは剛とし、計器スタンションの脚部に質量が均等にかかるとして、以下の固有振動数計算モデルにて算出する。

3.2.1 計器スタンションの固有振動数の計算



固有振動数計算モデル

計器スタンションの固有振動数は以下による。

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot 10^3}{m \cdot h_2^3}} \dots \dots \dots (3.2.1)$$

3.2.2 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単位
m	計器スタンション（検出器含む）の質量	kg
h ₂	取付面から重心までの距離（壁掛形）	mm
E	計器スタンションの縦弾性係数	MPa
I	計器スタンションの断面二次モーメント	mm ⁴
f	計器スタンションの固有振動数	Hz

3.2.3 固有値解析結果

3.2.3.1 計器スタンションの固有振動数の計算条件

項目	記号	単位	入力値
材質（計器スタンション）	—	—	SS400
計器スタンション（検出器含む）の質量	m	kg	15
取付面から重心までの距離（壁掛形）	h ₂	mm	297
計器スタンションの縦弾性係数	E	MPa	2.00×10 ⁵
計器スタンションの断面二次モーメント	I	mm ⁴	7.31×10 ⁵
雰囲気温度条件	—	℃	66

3.2.3.2 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を以下に示す。

据付方法	計器スタンションの固有振動数（Hz）
壁掛形	168

4. 応力評価

4.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、検出器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。なお、保守的な評価とするため、重心位置は検出器の先端とする。
- (2) 許容応力について、J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
- (3) 耐震評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 耐震評価箇所

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震評価は、応力集中箇所である計器スタンションの基礎ボルトを選定して実施する。常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4.3 荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処設備の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.3.2 許容応力

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の許容応力を第4-2表に示す。

4.3.3 使用材料の許容応力

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の使用材料の許容応力について、重大事故等対処設備の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	低圧代替 注水設備	常設低圧代替注水系 ポンプ吐出圧力計	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*3}$

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

9

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等） ^{*1}		
	一次応力		
	引張	せん断	組合せ
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
$V_A S^{*2}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

第 4-3 表 使用材料の許容応力

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400	周囲環境温度	66	234	385	—	269

4.4 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4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V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

地震動	据付場所 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 (%)	
基準地震動 S_s	常設低圧代替 注水系ポンプ室 EL. -11.0	常設低圧代替 注水系ポンプ室 EL. -4.0	水平方向 鉛直方向	1.0 1.0	水平方向，鉛 直方向ともに S_s -1～8 の包 絡曲線を用い る。

注記 *：検出器は壁面取付であるため、据付フロア上階の設計用床応答曲線を使用する。

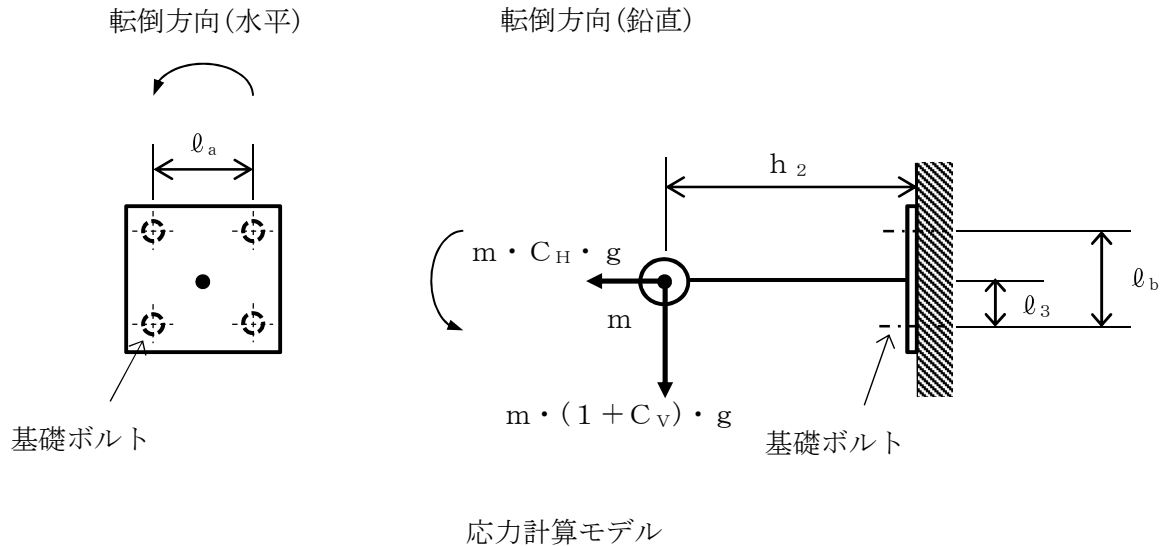
4.5 応力計算方法

4.5.1 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単位
m	計器スタンション（検出器含む）の質量	kg
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
A_b	ボルトの軸断面積	mm ²
F_b	ボルトに作用する引張力（1本あたり）	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本あたり）（壁掛形）	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本あたり）（壁掛形）	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_2	取付面から重心までの距離（壁掛形）	mm
ℓ_3	重心と下側基礎ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）	mm
ℓ_a	左側基礎ボルトと右側基礎ボルト間の距離（壁掛形）	mm
ℓ_b	上側基礎ボルトと下側基礎ボルト間の距離（壁掛形）	mm
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）（壁掛形）	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）（壁掛形）	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

4.5.2 応力計算

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、応力計算モデルで片側の列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

・引張力 F_b の算出

左右方向の引張力 F_{b1}

$$F_{b1} = \frac{m \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_b} \quad \dots (4.5.2.1)$$

前後方向の引張力 F_{b2}

$$F_{b2} = \frac{m \cdot C_H \cdot \ell_3 \cdot g + m \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_b} \quad \dots (4.5.2.2)$$

より、引張力 F_b は

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \quad \dots (4.5.2.3)$$

・引張応力 σ_b の算出

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots (4.5.2.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_b は

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots \dots \dots (4.5.2.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

・せん断力 Q_b の算出

左右方向のせん断力 Q_{b1}

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.5.2.6)$$

前後方向のせん断力 Q_{b2}

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.5.2.7)$$

より、せん断力 Q_b は

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.8)$$

・せん断応力 τ_b の算出

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.9)$$

4.5.3 計器スタンションの応力計算条件

(1) 検出器関係

項目	記号	単位	入力値
計器スタンション(検出器含む)の質量	m	kg	15
重力加速度	g	m/s ²	9.80665
取付面から重心までの距離(壁掛形)	h_2	mm	297
重心と下側基礎ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)	l_3	mm	90
左側基礎ボルトと右側基礎ボルト間の距離(壁掛形)	l_a	mm	180
上側基礎ボルトと下側基礎ボルト間の距離(壁掛形)	l_b	mm	180

(2) 基礎ボルト関係

項目	記号	単位	入力値
ボルトの呼び径	d	mm	12
ボルトの軸断面積	A_b	mm ²	113.1
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)(壁掛形)	n_{fH}	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)(壁掛形)	n_{fV}	—	2
ボルトの本数	n	—	4

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平震度	C_H	2.40
鉛直震度	C_V	1.11

注) 固有値解析結果より, 計器スタンションの固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため, 設計用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

5. 電氣的機能維持評価

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計は、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、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計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、検出器単体の正弦波加振試験において、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 5-1 表に示す。

第 5-1 表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	4
鉛直	3.5

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

6.1.1 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を次ページ以降に示す。

6.1.2 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を次ページ以降に示す。

【常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての計算結果】

1. 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
常設低圧代替 注水系ポンプ 吐出圧力計	－ (S_s 機能維持)	常設低圧代替 注水系ポンプ室 EL. －11.0 (EL. －4.0) *	0.006	－	－	2.40	1.11	66

注記 *：評価に用いる基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_a (mm)		ℓ_b (mm)		A_b (mm ²)	n	n_f	
			弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s			弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	15	297	－	180	－	180	113.1	4	－	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	234	385	－	269	－	水平

3. 計算結果

ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	547.3	—	470.1

4. 結論

4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	5	201
		せん断	—	—	2	154

すべて許容応力以下である。

4.2 電氣的機能維持の評価結果

(単位：×9.8m/s²)

	評価用加速度	機能確認済加速度
水平方向	2.40	4
鉛直方向	1.11	3.5

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-6-7-22 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計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。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力計	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力計に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力計 (PT-SA17-N005)	圧力伝送器 (EPR-N6L)	水平		
		鉛直		

V-2-6-7-23 原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

2.1 構造計画 2

3. 応力評価 3

3.1 基本方針 3

3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

4.1 機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計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、応力評価及び機能維持評価により行う。

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
計装ラック	計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで固定する。	垂直自立形	正面 側面

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は添付書類「付録 8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の使用材料の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ吐出圧力計 ^{*2}	常設／防止	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ^{*4}

注記 *1 ：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

 *2 ：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

 *3 ：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

 *4 ： $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S*3	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。
*2 : その他の支持構造物においてはS_yを1.2・S_yと読み替える。
*3 : V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
取付ボルト	SS400	周囲環境温度	225	386

4. 機能維持評価

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力計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、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	☐
鉛直	☐

V-2-6-7-24 高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

 2.1 構造計画 2

3. 応力評価 3

 3.1 基本方針 3

 3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

 4.1 機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計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、応力評価及び機能維持評価により行う。

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
計装ラック	計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで固定する。	垂直自立形	正面 側面

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は添付書類「付録 8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の使用材料の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	高圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力計 ^{*2}	常設／防止	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ^{*4}

注記 *1 ：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

 *2 ：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

 *3 ：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

 *4 ： $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S*3	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。
*2 : その他の支持構造物においてはS_yを1.2・S_yと読み替える。
*3 : V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
取付ボルト	SS400	周囲環境温度		225	386

4. 機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計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、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	
鉛直	

V-2-6-7-25 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

 2.1 構造計画 2

3. 応力評価 3

 3.1 基本方針 3

 3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

 4.1 機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計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、応力評価及び機能維持評価により行う。

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計は、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
計装ラック	計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで固定する。	垂直自立形	正面 側面

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は添付書類「付録 8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	低圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力計*	S	—	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 * : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	低圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力計* ²	常設／防止	—	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S * ⁴

注記 *¹ : 「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

*² : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*³ : 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

*⁴ : V_A S としてⅣ_A S の許容限界を用いる。

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t, (2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S*3	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。
*2 : その他の支持構造物においてはS_yを 1.2・S_yと読み替える。
*3 : V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

4. 機能維持評価

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力計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、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	☐
鉛直	☐

V-2-6-7-26 残留熱除去系ポンプ吐出圧力計の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

 2.1 構造計画 2

3. 応力評価 3

 3.1 基本方針 3

 3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

 4.1 機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ吐出圧力計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、応力評価及び機能維持評価により行う。

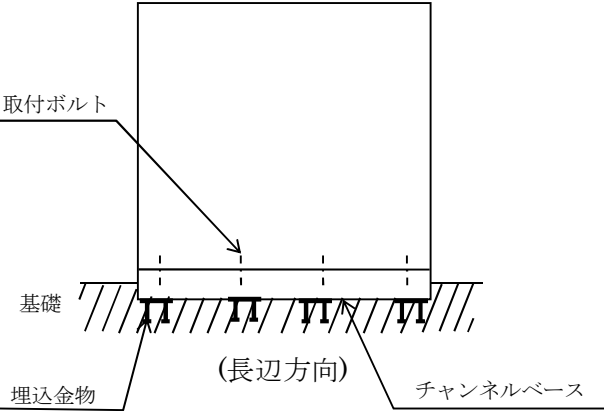
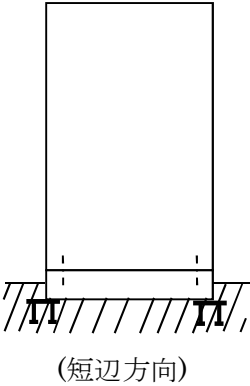
残留熱除去系ポンプ吐出圧力計は、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ吐出圧力計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
計装ラック	計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで固定する。	垂直自立形	正面  側面 

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は添付書類「付録 8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ吐出圧力計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に, 重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプ吐出圧力計の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力計*	S	—	$D + P_D + M_D + S_d$ *	$III_A S$
					$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記 * : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御設備	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力計* ²	常設／防止	—	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ * ⁴

注記 *¹ : 「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

*² : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*³ : 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

*⁴ : $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界* ¹ (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t, (2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S* ³	$1.5 \cdot f_t^{**2}$	$1.5 \cdot f_s^{**2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{**2}, (2.1 \cdot f_t^{**2} - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記 *1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。

*3 : V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

4. 機能維持評価

残留熱除去系ポンプ吐出圧力計の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力計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、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	
鉛直	

V-2-7 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性についての計算書

V-2-7-1 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果

目次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、放射性廃棄物の廃棄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

放射性廃棄物の廃棄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。既設の設計基準対象施設については、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差異の有無を整理した。また、重大事故等対処施設のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

放射性廃棄物の廃棄施設の設備の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載することとする。また、表 2-1 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差異がない施設の耐震計算は、工事計画認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

なお、既設の設備における弾性設計用地震動 S_d による耐震計算については、基準地震動 S_s による評価結果が弾性設計用地震動 S_d の許容限界を満足する場合、省略することとし、省略せず耐震評価を実施する場合は、静的地震力についても考慮することとする。

表 2-1 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（注 1）	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
放射性廃棄物の廃棄施設	排気筒	主排気筒	C	有	資料 V-2-7-2-1	—	—	—
		非常用ガス 処理系排気筒	S	有	資料 V-2-7-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	資料 V-2-7-2-2

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／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

V-2-7-2 気体，液体又は固体廃棄物処理設備の耐震性についての計算書

V-2-7-2-2 非常用ガス処理系排気筒の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 準拠規格・基準等	6
3. 評価方法	7
3.1 評価方針	7
3.2 荷重及び荷重の組合せ	8
3.2.1 荷重	8
3.2.2 荷重の組合せ	9
3.3 許容限界	10
3.4 評価方法	11
3.4.1 応力評価方法	11
3.4.2 断面の評価方法	11

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、非常用ガス処理系排気筒の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価により行う。

非常用ガス処理系排気筒は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

非常用ガス処理系排気筒の設置位置を図 2-1 に示す。

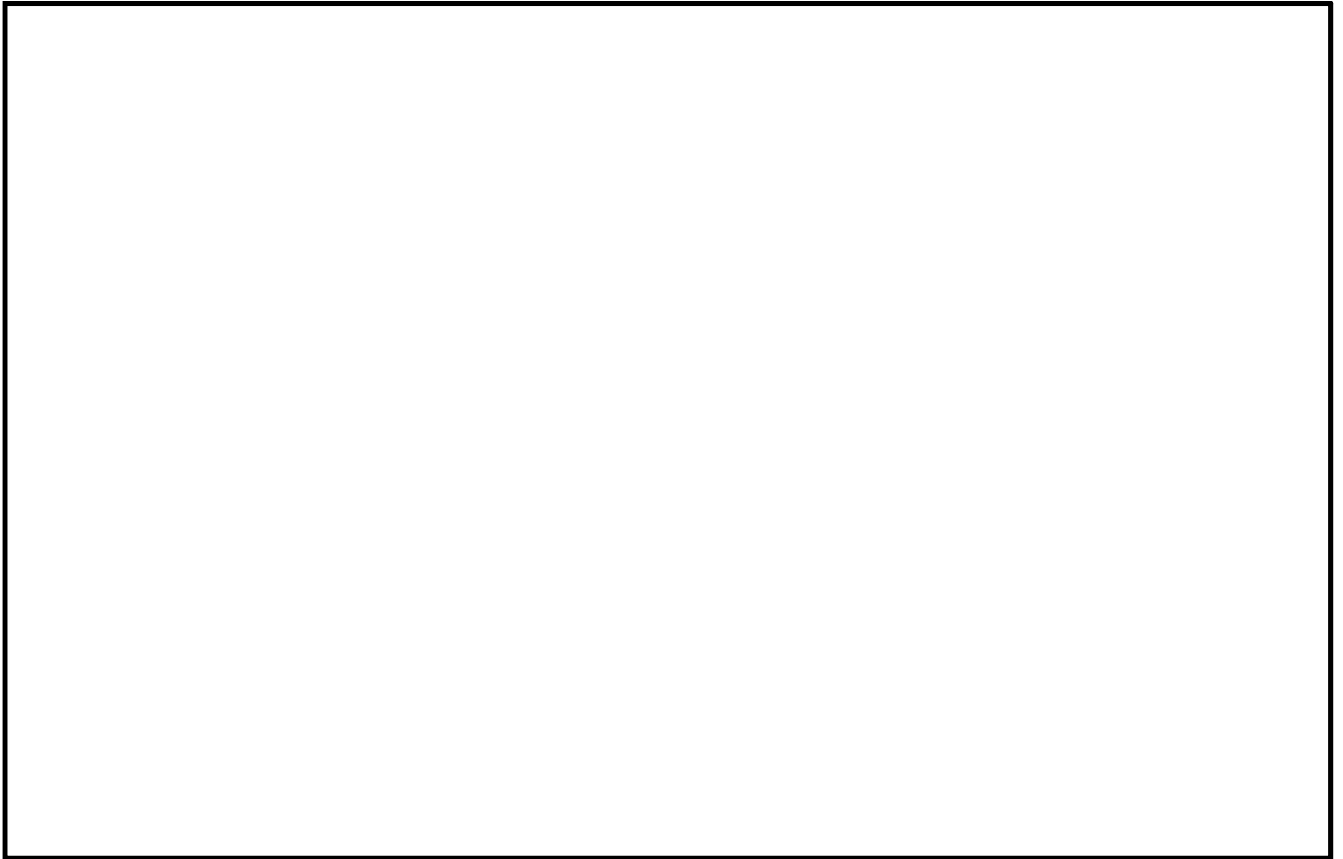


図 2-1 非常用ガス処理系排気筒の設置位置

2.2 構造概要

非常用ガス処理系排気筒は、EL. 36m 付近から、主排気筒の外側に沿って EL. 148.000m まで立ち上がる。

非常用ガス処理系排気筒は、外径 457.2mm、板厚 14.3mm の鋼管である。非常用ガス処理系排気筒の自重は、EL. 52.618m の位置で主排気筒に取付けられた自重サポートで支持する。また風及び地震による水平力は、主排気筒に約 5.0m ピッチで取付けられた水平サポートで支持する。

以下に、非常用ガス処理系排気筒の筒身及びサポートの構造概要を示し、構造概要図を図 2-2～図 2-4 に示す。

構造概要

- ・ 構造形式 主排気筒支持型鋼製
- ・ 筒身高さ EL. 148.000 m
- ・ 筒身径 ϕ 428.6 mm (内径)
- ・ 支持点位置 EL. 147.500m, EL. 142.950m, EL. 138.400m, EL. 133.000m,
EL. 128.000m, EL. 123.000m, EL. 118.000m, EL. 113.000m,
EL. 108.000m, EL. 103.000m, EL. 98.000m, EL. 93.000m,
EL. 88.000m, EL. 83.000m, EL. 78.000m, EL. 73.000m,
EL. 68.000m, EL. 63.000m, EL. 58.000m, EL. 52.618m,
EL. 48.000m, EL. 43.000m, EL. 38.000m
- ・ 接続方法 U ボルト接合 (水平サポート) , 溶接接合 (自重サポート)

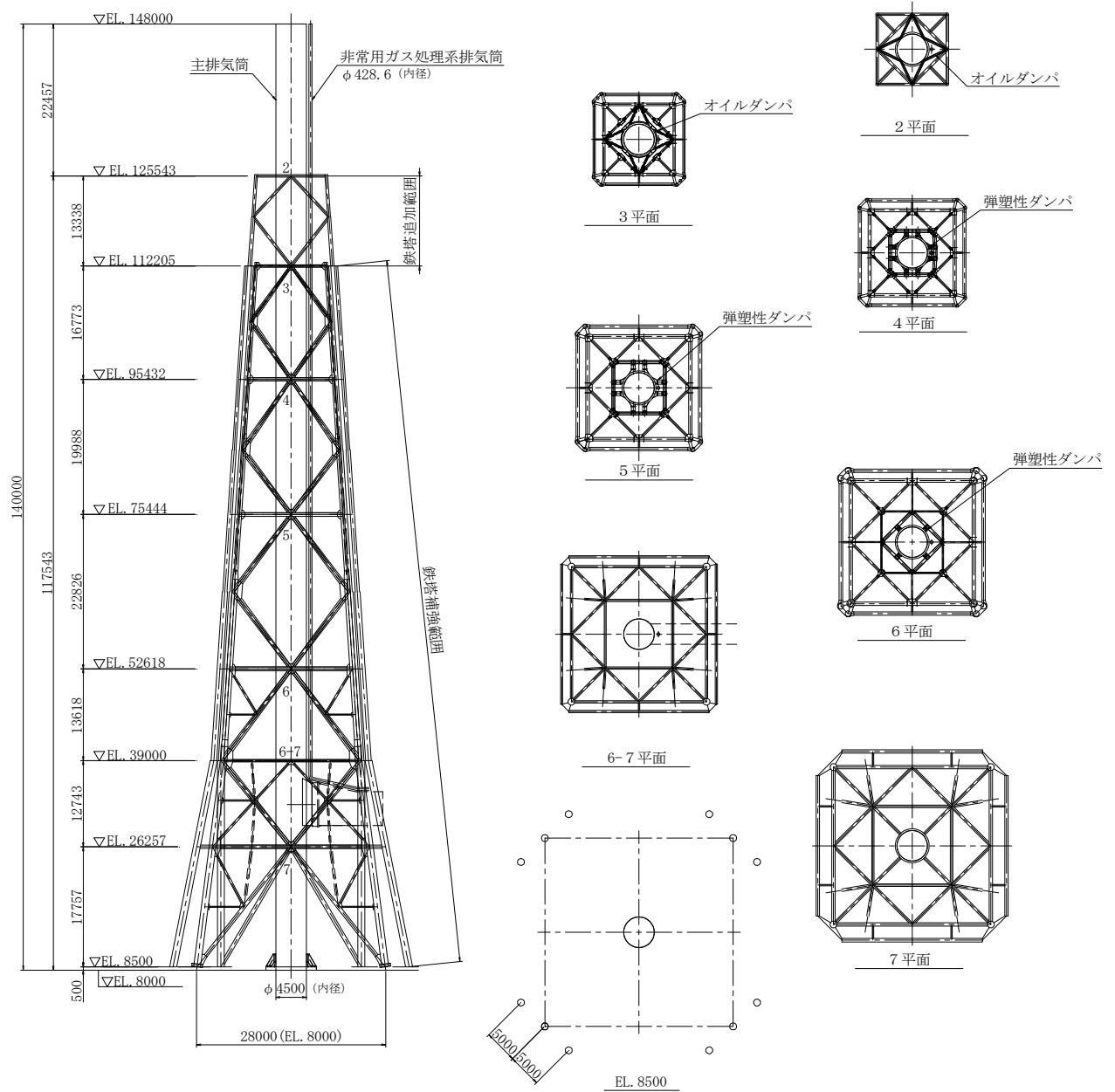


図 2-2 主排気筒及び非常用ガス処理系排気筒の構造概要図 (単位: mm)

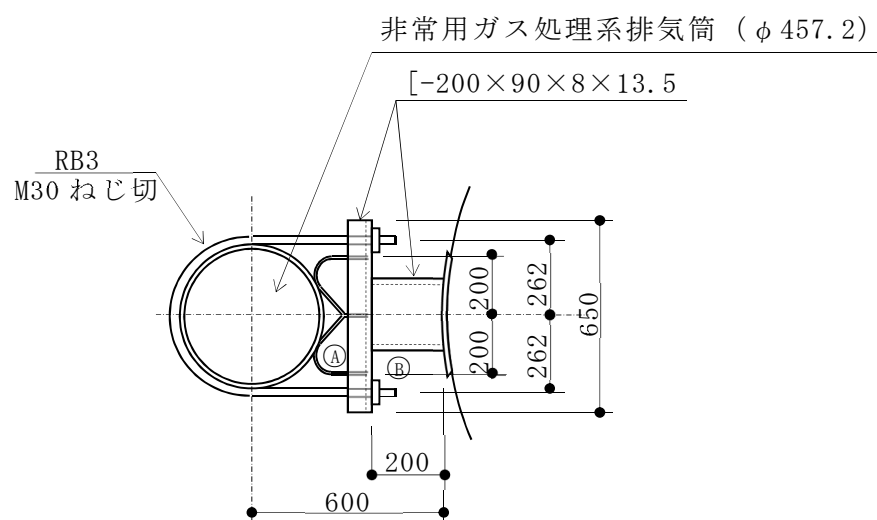


図 2-3 水平サポート構造概要図 (単位 : mm)

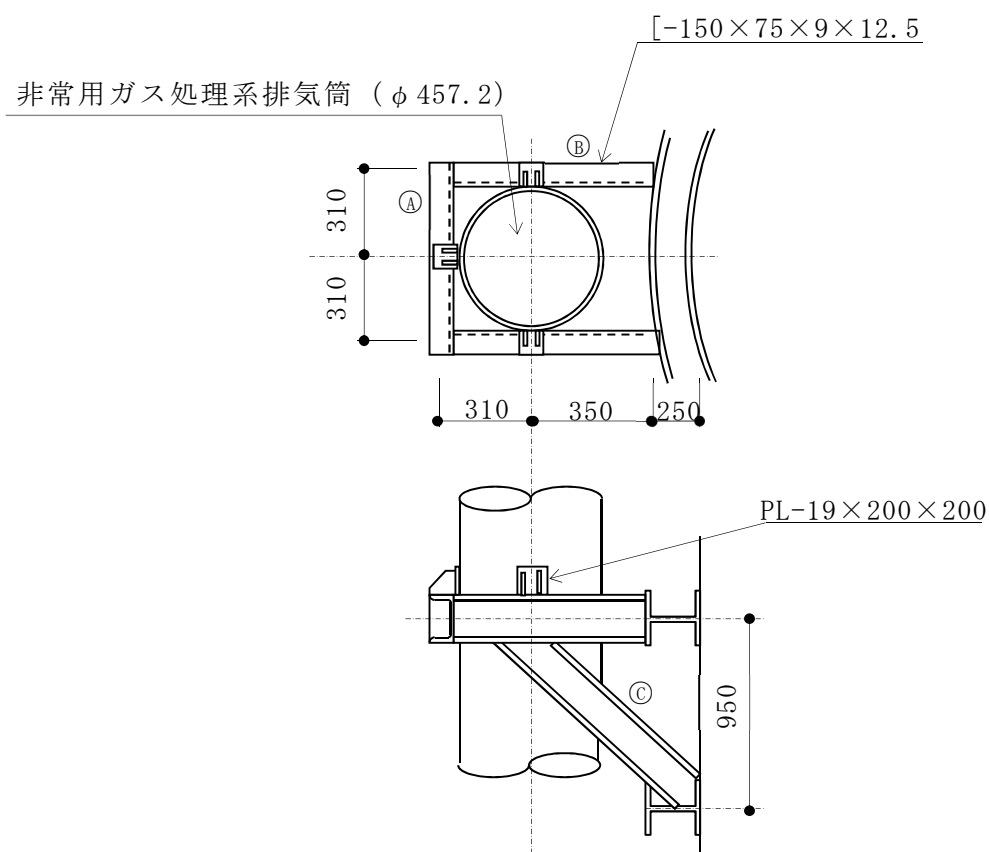


図 2-4 自重サポート構造概要図 (単位 : mm)

2.3 準拠規格・基準等

非常用ガス処理系排気筒の評価において，準拠する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法- ((社) 日本建築学会, 2005)
- (3) 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年度版 (2007 年追補版を含む))
＜第Ⅰ編 軽水炉規格＞ J S M E S N C 1 -2005/2007)」(社) 日本機械学会
- (4) 日本工業規格 (J I S)

3. 評価方法

3.1 評価方針

非常用ガス処理系排気筒は、「2.2 構造概要」に示す位置で主排気筒に支持されている。また非常用ガス処理系排気筒は剛性が主排気筒筒身に比較して小さいため、主排気筒の変形に追従する。したがって、主排気筒筒身の変位を非常用ガス処理系排気筒に与えることにより応力を算出し、最大応力で断面の算定を行う。

非常用ガス処理系排気筒を支持する自重サポート及び水平サポートは、非常用ガス処理系排気筒からサポートへ伝わる応力が最大となるものについて発生応力度を確認する。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重

(1) 固定荷重

非常用ガス処理系排気筒筒身の他に、降灰対策カバーの重量を考慮する。

(2) 積載荷重

非常用ガス処理系排気筒には積載物はない。よって積載荷重は考慮しない。

(3) 積雪荷重

非常用ガス処理系排気筒の降灰対策カバー部に対し、建築基準法施行令に基づいた積雪荷重を考慮する。

(4) 風荷重

平12建告第1461号第三号イに規定される算出法に基づいた風方向荷重によって生じる主排気筒の筒身の変形が、非常用ガス処理系排気筒に与える影響を考慮する。評価に用いる変位を表3-1に示す。

(5) 地震荷重

地震による主排気筒の筒身の変形が、非常用ガス処理系排気筒に与える影響を考慮する。この際、基準地震動 S_s による地震力（以下「 S_s 地震力」という。）、静的地震力及び弾性設計用地震動 S_d による地震力（以下「 S_d 地震力」という。）によって生じる主排気筒筒身部の変位を与える。ここで、静的地震力による主排気筒筒身部の変位は、地震層せん断力係数（ $3.0C_i$ ）を震度と読み替えて算定することとする。主排気筒の変位を表3-1に示す。なお、静的地震力及び S_d 地震力では、静的地震力の方が大きいことから、静的地震力による主排気筒の変位を代表として記載した。

(6) 使用圧力，温度

最高使用圧力 0.62MPa，最高使用温度 200℃を考慮する。

表 3-1 主排気筒の変位

EL. (m)	変位 (cm)					
	風荷重		地震荷重			
			S _s 地震力		静的地震力	
	正面方向	斜め方向	正面方向	斜め方向	正面方向	斜め方向
148.000	10.51	11.02	48.58	48.70	120.34	120.34
138.000	8.66	9.13	38.72	38.80	97.53	97.53
125.543	6.40	6.81	27.38	27.47	69.81	69.81
112.205	4.16	4.52	18.43	18.49	43.04	43.04
95.432	2.02	2.32	11.98	11.99	18.62	18.62
75.444	1.08	1.29	7.20	7.15	8.28	8.28
52.618	0.61	0.73	3.12	3.10	4.13	4.13
26.257	0.17	0.20	0.22	0.22	0.96	0.96
8.500	0.00	0.00	0.09	0.09	0.00	0.00

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは以下の表 3-2 による。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震力	$G + K_s^{*1} + 0.35 S + W$
S _d 地震力 及び 静的地震力	$G + K_d^{*1} + 0.35 S + W$

[記号の説明]

G : 固定荷重

K_s : S_s 地震力

K_d : S_d 地震力又は静的地震力

S : 建築基準法の算出法に基づいた積雪荷重

W : 建築基準法の算出法に基づいた風荷重

*1: 地震荷重は、水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は組合せ係数法による。水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。

3.3 許容限界

応力解析による評価における非常用ガス処理系排気筒の許容限界を，表 3-3 及び表 3-4 のとおり設定する。

表 3-3 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度を 有すること	S_s 地震力	筒身， サポート	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度
	S_d 地震力 及び 静的地震力	筒身， サポート	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度

表 3-4 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度を 有すること	S_s 地震力	筒身， サポート	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度
	S_d 地震力 及び 静的地震力	筒身， サポート	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度

3.4 評価方法

3.4.1 応力評価方法

非常用ガス処理系排気筒について、3次元FEMを用いた弾性応力解析を実施する。得られたサポート位置反力を用いて、サポートの検討を実施する。

3.4.2 断面の評価方法

非常用ガス処理系排気筒の断面の評価に用いる応力は、3次元FEMモデルを用いた応力解析により得られた各荷重による断面力（軸力、曲げモーメント、せん断力）を組み合わせることにより算定する。

(1) 非常用ガス処理系排気筒に対する断面の評価方法

応力検定

短期許容応力度に対する断面算定は、鋼構造設計規準に準拠して行う。

なお、断面性能の算定に腐食代2mm（外側：1mm，内側：1mm）を控除した値を用いる。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここで

σ_c : 平均圧縮応力度 ($\sigma_c = N \cdot 10^3 / A$) (N/mm²)

N : 圧縮力 (kN)

A : 非常用ガス処理系排気筒の断面積 (mm²)

σ_b : 曲げ応力度 ($\sigma_b = M \cdot 10^6 / Z$) (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Z : 断面係数 (mm³)

f_c : 短期許容圧縮応力度 (N/mm²)

f_b : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

(f_c , f_b は次項による。)

(2) サポートに対する断面の評価方法

応力検定

短期許容応力度に対する断面算定は、鋼構造設計規準に準拠して行う。

なお、断面性能の算定に腐食代 1 mm（表面：1mm）を控除した値を用いる。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここで

σ_c : 平均圧縮応力度 ($\sigma_c = N \cdot 10^3 / A$) (N/mm²)

σ_b : 曲げ応力度 ($\sigma_b = M \cdot 10^6 / Z$) (N/mm²)

f_c : 短期許容圧縮応力度 (N/mm²)

f_b : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

N : 圧縮力 (kN)

A : 断面積 (mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Z : 断面係数 (mm³)

(f_c , f_b は次項による。)

V-2-7-2-3 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本計算書は、「付録 6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

V-2-8 放射線管理施設の耐震性についての計算書

V-2-8-1 放射線管理施設の耐震計算結果

目次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、放射線管理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

放射線管理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。既設の設計基準対象施設については、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差異の有無を整理した。また、重大事故等対処施設のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。

放射線管理施設の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差異がない施設の耐震計算は、工事計画認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

なお、既設の設備における弾性設計用地震動 S_d による耐震計算については、基準地震動 S_s による評価結果が弾性設計用地震動 S_d の許容限界を満足する場合、省略することとし、省略せず耐震評価を実施する場合は、静的地震力についても考慮することとする。

V-2-8-2 放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書

V-2-8-2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 一般事項 1

2.1 構造計画 1

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、主蒸気管放射線モニタ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。

主蒸気管放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2ー1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，検出器取付金具により，検出器用ウェルに固定され，検出器用ウェルはプレートを紹介し，埋込金物に溶接で設置する。	放射線モニタ	

V-2-8-2-2 格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要 1

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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。

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

V-2-8-2-3 格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)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。

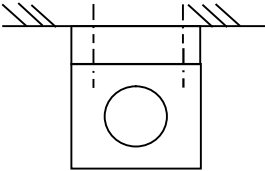
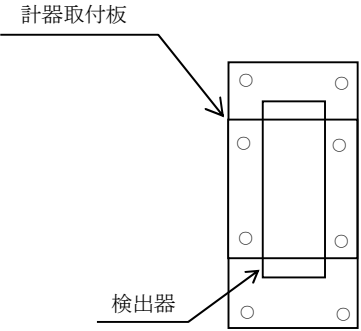
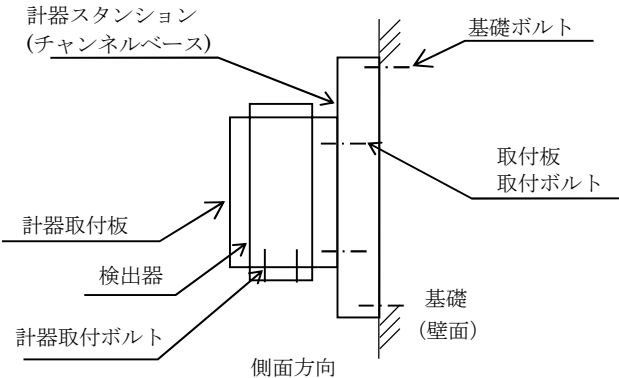
格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は, 計器取付ボルトにより計器取付板に固定され, 取付板は, 取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは, 基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	平面  正面  側面  平面方向 側面方向

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2 許容応力

格納容器雰囲気放射線モニタ(S/C)の許容応力を表3-3に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理 用計測装置	格納容器雰囲気放射線 モニタ(S/C)	S	— *	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記＊：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。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理 用計測装置	格納容器雰囲気放射線 モニタ(S/C)	常設耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*³：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1,*2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

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

V-2-8-2-4 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの
耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 一般事項 1

2.1 構造計画 1

3. 構造強度評価 3

3.1 構造強度評価方法 3

3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3

4. 機能維持評価 6

4.1 電氣的機能維持評価方法 6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ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。

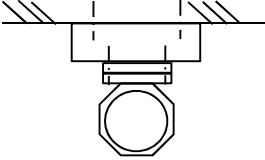
原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は, 計器ステーションに固定され, 取付ボルトにより計器取付板に固定される。 計器取付板は, 基礎に基礎ボルトで設置する。	半導体検出器	平面  正面 計器取付板 検出器 平面方向 側面 計器ステーション 検出器 基礎ボルト 取付ボルト 基礎 (壁面) 側面方向

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	原子炉建屋換気系 （ダクト）放射線モニタ	S	— *	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記＊：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。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

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

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

V-2-8-2-5 フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造の概要	1
2.3 評価方針	2
2.4 適用規格	2
3. 固有値解析	2
4. 応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 耐震評価箇所	3
4.3 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.3.2 許容応力	3
5. 電氣的機能維持評価	5
5.1 機能維持評価方法	5

1. 概要

本計算書は、フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震計算について、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、固有値解析及び応力評価並びに電氣的機能維持について説明するものである。フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下に、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

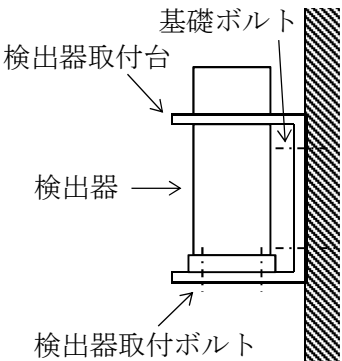
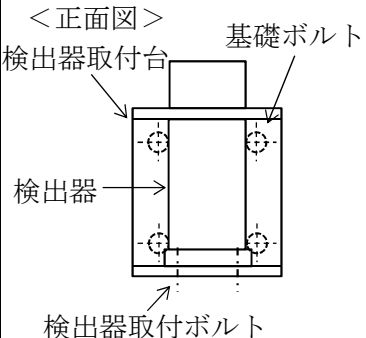
2.1 位置

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）は、原子炉建屋付属棟の1階に1台を設置する。

2.2 構造の概要

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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	
フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	イオンチェンバ検出器	検出器を壁面に基礎ボルトにて固定された検出器取付台に検出器取付ボルトにより取付ける。	検出器取付台（壁掛形） <側面図>  <正面図> 

2.3 評価方針

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」で設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造の概要」にて示すフィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の部位を踏まえて「4.2 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「3. 固有値解析」で検証した固有振動数に基づく応力等が許容値限界内に収まることを付録 9「計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」で示す計算方法に基づき、「4. 応力評価」にて確認することで実施する。また、フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 電氣的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

2.4 適用規格

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年, 昭和 62 年及び平成 3 年）に準拠して評価する。

3. 固有値解析

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の検出器及び検出器取付台は、組合せ状態にて製造者による加振試験により固有振動数が 20 Hz 以上であることを確認している。したがって、検出器及び検出器取付台の組合せ状態で一つの剛体とみなせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

4. 応力評価

4.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、検出器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力について、J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
- (3) 耐震評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 耐震評価箇所

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価は、応力集中箇所である検出器取付台の基礎ボルトを選定して実施する。フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4.3 荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.3.2 許容応力

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の許容応力を第4-2表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力

施設区分	機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	フィルタ装置出口放射線 モニタ（低レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*3}$

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

4

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等） ^{*1}		
	一次応力		
	引張	せん断	組合せ
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
$V_A S^{*2}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

5. 電氣的機能維持評価

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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、検出器単体の正弦波加振試験において、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 5-1 表に示す。

第 5-1 表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	3
鉛直	3

V-2-8-2-6 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造の概要	1
2.3 評価方針	2
2.4 適用規格	2
3. 固有値解析	2
4. 応力評価	3
4.1 基本方針	3
4.2 耐震評価箇所	3
4.3 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.3.2 許容応力	3
5. 電氣的機能維持評価	5
5.1 機能維持評価方法	5

1. 概要

本計算書は、フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震計算について、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、固有値解析及び応力評価並びに電氣的機能維持について説明するものである。フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下に、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

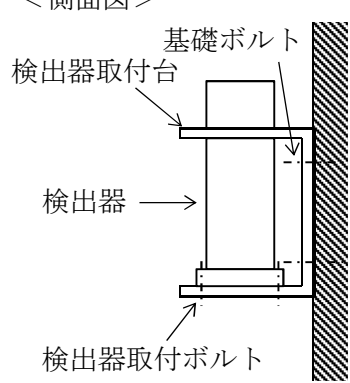
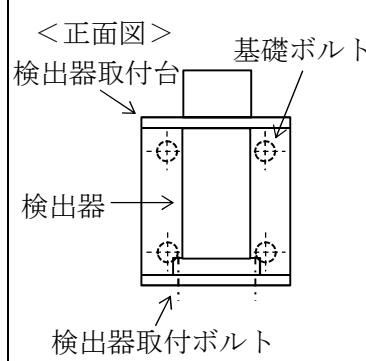
2.1 位置

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）は、原子炉建屋付属棟の1階、屋外壁面に各1台ずつ計2台を設置する。

2.2 構造の概要

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の構造計画を第2-1表に示す。なお、構造は設置する2台とも同様である。

第2-1表 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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	
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	イオンチェンバ検出器	検出器を壁面に基礎ボルトにて固定された検出器取付台に検出器取付ボルトにより取付ける。	検出器取付台（壁掛形） ＜側面図＞  ＜正面図＞ 

2.3 評価方針

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」で設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造の概要」にて示すフィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の部位を踏まえて「4.2 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「3. 固有値解析」で検証した固有振動数に基づく応力等が許容値限界内に収まることを、付録 9「計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」で示す計算方法に基づき、「4. 応力評価」にて確認することで実施する。また、フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 電氣的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

2.4 適用規格

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年，昭和 62 年及び平成 3 年）に準拠して評価する。

3. 固有値解析

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の検出器及び検出器取付台は、組合せ状態にて製造者による加振試験により固有振動数が 20Hz 以上であることを確認している。したがって、検出器及び検出器取付台の組合せ状態で一つの剛体とみなせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

4. 応力評価

4.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、検出器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力について、J S M E S N C 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
- (3) 耐震評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 耐震評価箇所

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価は、応力集中箇所である検出器取付台の基礎ボルトを選定して実施する。フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4.3 荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.3.2 許容応力

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の許容応力を第4-2表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力

施設区分	機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	フィルタ装置出口放射線 モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*3}$

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

4

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等） ^{*1}		
	一次応力		
	引張	せん断	組合せ
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
$V_A S^{*2}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

5. 電氣的機能維持評価

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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、検出器単体の正弦波加振試験において、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5-1表に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	3
鉛直	3

V-2-8-2-7 耐圧強化ベント系放射線モニタの
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、耐圧強化ベント系放射線モニタ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。

耐圧強化ベント系放射線モニタは、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

耐圧強化ベント系放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は取付板取付ボルトにより取付金物に固定され，取付金物は金物取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	計器スタンション	平面 基礎ボルト 計器スタンション (チャンネルベース) 取付金物 取付ボルト 正面 取付金物 取付ボルト穴 側面 取付金物 (計器収納箱) 取付板 取付ボルト 計器取付板 検出器 取付金物 取付ボルト 基礎ボルト 基礎 (壁面) 側面方向 平面方向

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

耐圧強化ベント系放射線モニタの構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

耐圧強化ベント系放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

耐圧強化ベント系放射線モニタの許容応力を表3-2に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	耐圧強化ベント系 放射線モニタ	常設耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*³：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

V-2-8-2-8 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 適用基準	3
3. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）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。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

2. 一般事項

2.1 評価方針

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の評価部位を踏まえ、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確認することで実施する。また、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

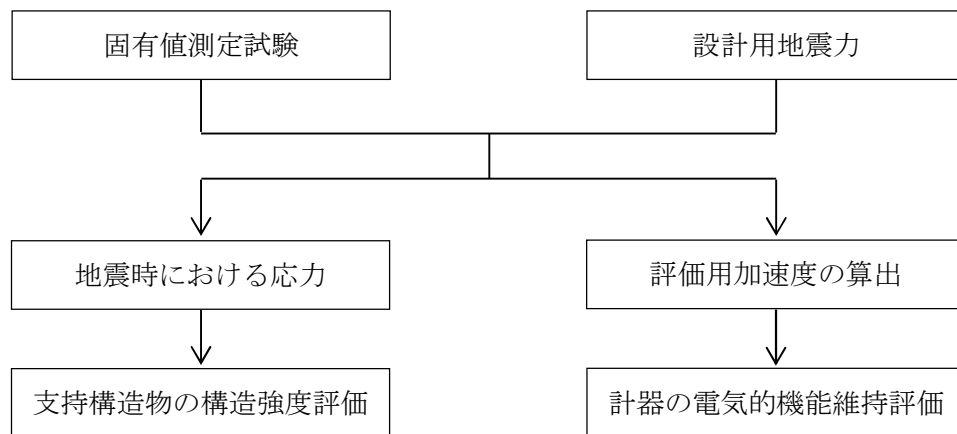


図2-1 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984，J E A G 4 6 0 1 －1987 及び J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の許容応力を表 3-2 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	放射線 管理用 計測装置	使用済燃料プール エリア放射線モニタ (低レンジ)	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

V-2-8-2-9 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 適用基準	3
3. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）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。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

2. 一般事項

2.1 評価方針

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の評価部位を踏まえ、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確認することで実施する。また、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

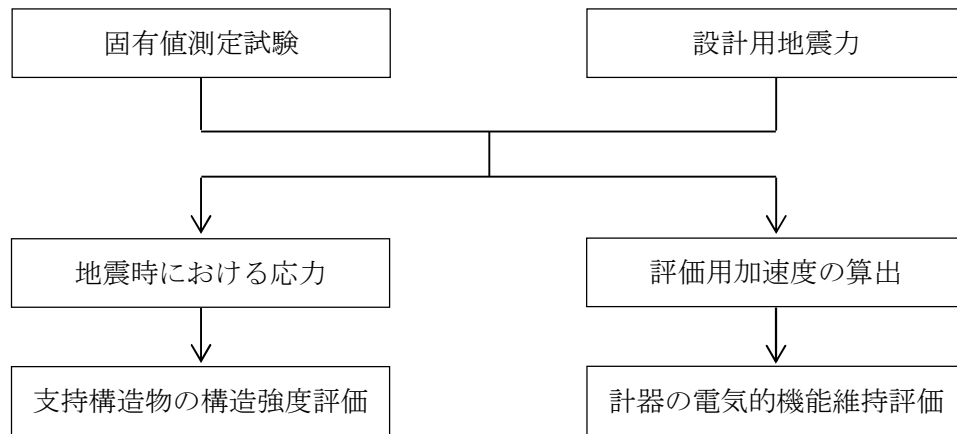


図2-1 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フロー

2.2 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984，J E A G 4 6 0 1 －1987 及び J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の許容応力を表 3-2 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	放射線 管理用 計測装置	使用済燃料プール エリア放射線モニタ (高レンジ)	常設耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

V-2-8-3 換気設備の耐震性についての計算書

V-2-8-3-1 中央制御室換気系の耐震性についての計算書

V-2-8-3-1-1 中央制御室換気系空気調和機ファン，中央制御室換気系フィルタ系ファンの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 応力評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 荷重の組合せ及び許容応力	1

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動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、応力評価及び機能維持評価により行う。

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンは、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 応力評価

2.1 基本方針

構造強度評価は、付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

2.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-2に示す。

2.2.2 許容応力

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの許容応力を表2-3に示す。

表2-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	中央制御室換気系 空気調和機ファン	S	—	$D + P_D + M_D + S_d^*$	$III_A S$
		中央制御室換気系 フィルタ系ファン			$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

表2-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	中央制御室換気系 空気調和機ファン	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s^{*2}$	$IV_A S$
		中央制御室換気系 フィルタ系ファン			$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*3}$

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

*2：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

*3： $V_A S$ として， $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表2-3 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許 容 限 界* ¹ (ボ ル ト 等)		
	一 次 応 力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, 2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b\}$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, 2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b\}$
V _A S ^{*3}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, 2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：支持構造物においてF値の算出時， S_y 及び $S_y(RT)$ をそれぞれ $1.2 \cdot S_y$ 及び $1.2 \cdot S_y(RT)$ と読み替える。

ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

*3：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

V-2-8-3-1-3 中央制御室換気系ダクトの耐震支持設計方針

目次

1. 概要	1
2. 耐震設計の原則	1
3. ダクト及び支持構造物の設計手順	1
4. ダクト設計の基本方針	3
4.1 重要度別による設計方針	3
4.2 荷重の組合せ	3
4.3 設計震度	3
4.4 ダクト支持点の設計方法	4
4.4.1 手法1の支持間隔算定法	4
4.4.2 手法2の支持間隔算定法	4
4.5 耐震支持間隔	6
4.5.1 矩形ダクトの固有振動数	6
4.5.2 矩形ダクトの座屈評価	7
4.5.3 円形ダクトの固有振動数	8
4.5.4 円形ダクトの座屈評価	9
4.5.5 中央制御室換気系ダクトの耐震支持間隔	10
4.6 ダクトの構造	11
4.7 伸縮継手の使用	11
5. 支持構造物設計の基本方針	13
5.1 支持構造物の構造及び種類	13
5.2 支持方法	13

1. 概要

本方針は、中央制御室換気系ダクトに適用し、ダクト支持について耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

2. 耐震設計の原則

- (1) ダクト及びその支持構造物は、耐震設計上の重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。
- (2) ダクトが建屋又は構造物相互間を通過する場合は、建屋又は構造物の相対変位を考慮し、これに対して支障ない構造とする。

3. ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建屋の形状、機器の配置、配管、ケーブルトレイ等の経路を考慮し、耐震性を加味して決定する。また、建屋及び構造物間の相対変位に十分耐えられるようにする。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて、ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

ダクト支持構造物の設計、製作、据付までの作業の流れを概念的に図 3-1 に示す。

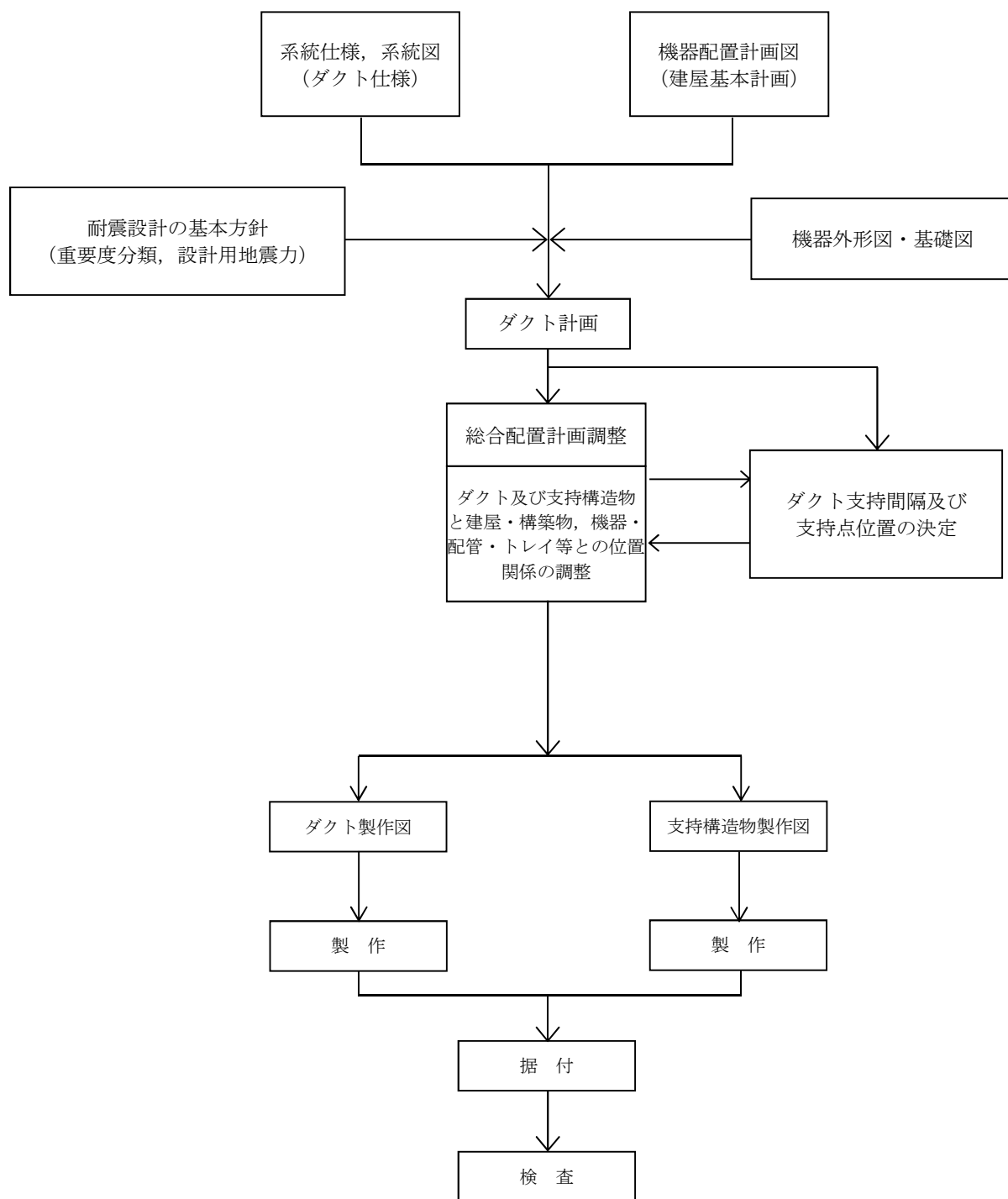


図 3-1 ダクト及び支持構造物の設計作業手順

4. ダクト設計の基本方針

4.1 重要度別による設計方針

ダクトは、耐震設計上の重要度分類に応じてクラス分類し、表 4-1 に示す設計方針とする。

表 4-1 重要度分類と設計方針

重要度分類	設計方針
S クラス	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるよう支持間隔を許容座屈長さ以下に設定する。
B クラス	
C クラス	

4.2 荷重の組合せ

$$D + P_D + M_D + S_S \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで、

D : 死荷重

P_D : 最高使用圧力による機械的荷重

M_D : 設計上定められた機械的荷重

S_S : 設計地震力

4.3 設計震度

設計震度は、機器・配管系の値に準じる。

4.4 ダクト支持点の設計方法

ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有するとともに、許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。

支持間隔の算定は、ダクトの固有振動数（ f_d ）が十分剛（20 Hz 以上）となるよう算定する手法とダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する手法が有り、このうち前者を手法 1、後者を手法 2 と呼び、この 2 つの手法を用いて支持間隔を決定する。

また、ダクトの支持点は施工性及びダクトの周囲条件等を考慮して位置を決定する。

以上 2 つの方法による支持点決定までの設計手順を図 4-1 に示す。

4.4.1 手法 1 の支持間隔算定法

ダクトの固有振動数が 20 Hz 以上となる支持間隔と静的設計震度によりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し、いずれか小さい方を支持間隔とする。

4.4.2 手法 2 の支持間隔算定法

静的設計震度と設計用床応答スペクトルから地震力を算定し、ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるように支持間隔を算定する。

ただし、支持間隔はダクトの固有振動数が、建屋・構築物の一次固有振動数の 以上となるように定めるものとし、固有振動数から定まる支持間隔と許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔のうち、いずれか小さい方とする。

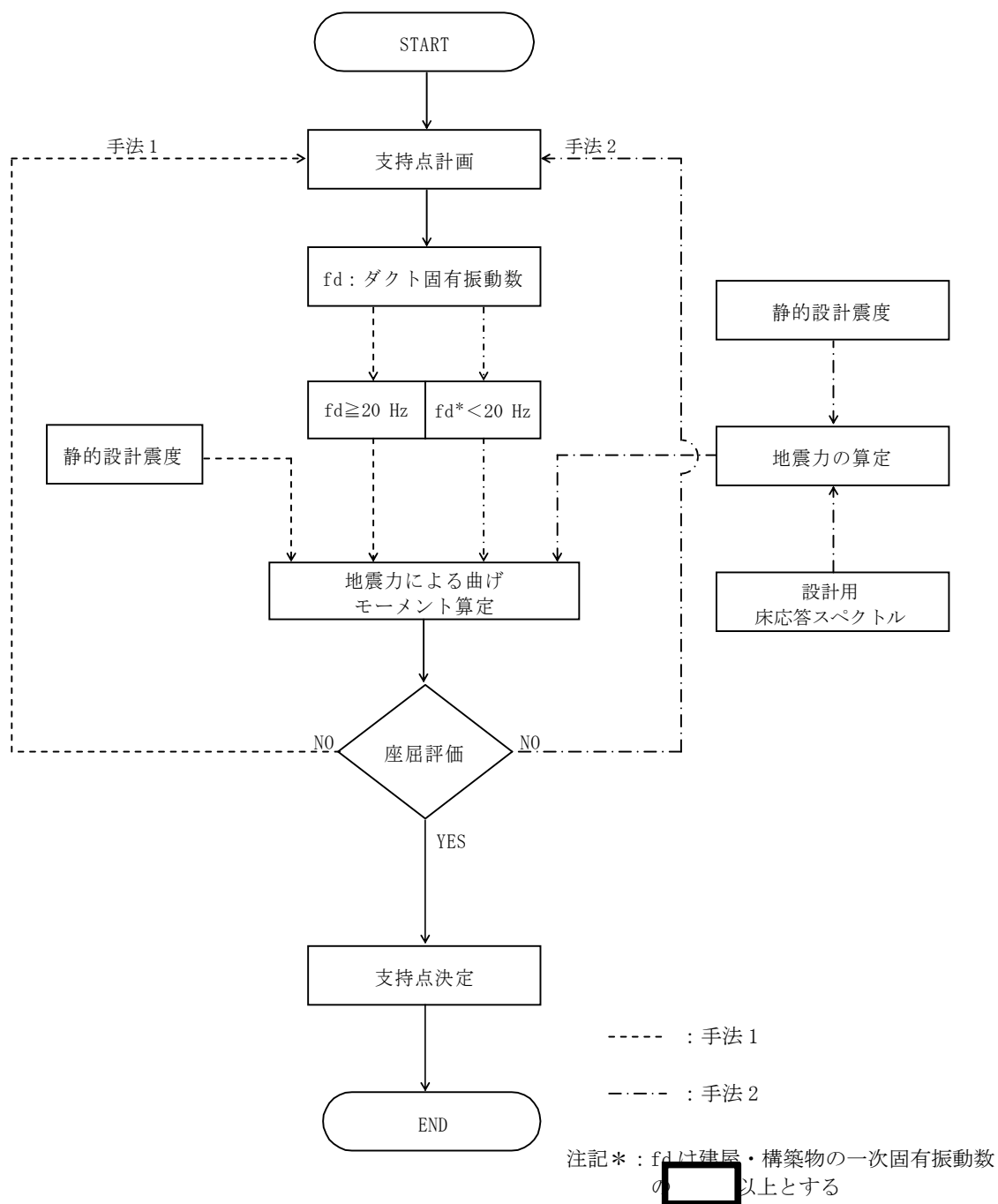


図 4-1 ダクト支持点設計手順

4.5 耐震支持間隔

ダクトの耐震支持間隔は、ダクトが薄板構造であることを考慮した剛性評価及び座屈強度に基づき定める。

4.5.1 矩形ダクトの固有振動数

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \lambda^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、

$$I = \boxed{\hspace{10em}} \dots\dots\dots (4.3)$$

ここで、

- f : 固有振動数 (Hz)
- π : 円周率 (ー)
- λ : 両端単純支持間隔 (mm)
- E : 縦弾性係数 (N/mm²)
- g : 重力加速度 $\boxed{\hspace{1em}}$ (mm/s²)
- I : 断面二次モーメント (mm⁴)
- W : ダクト単位長さ重量 (N/mm)
- β : 断面二次モーメントの安全係数 (ー)

$$\boxed{\hspace{15em}}$$



- a : ダクト長辺寸法 (mm)
- b : ダクト短辺寸法 (mm)
- ae : ダクトフランジの有効幅 (mm)
- be : ダクトウェブの有効幅 (mm)
- t : ダクト板厚 (mm)
- a/b : アスペクト比 (ー)

図 4-2 矩形ダクトの断面図

4.5.3 円形ダクトの固有振動数

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \lambda^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

ここで、

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^4 - d_1^4) \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

ここで、

f : 固有振動数 (Hz)

π : 円周率 (—)

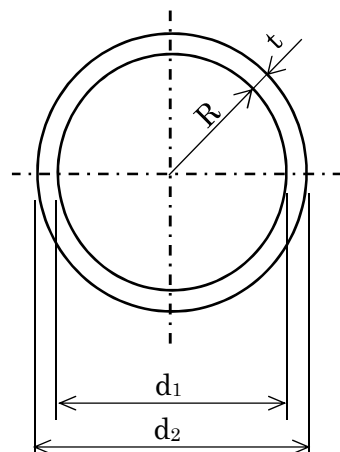
λ : 両端単純支持間隔 (mm)

E : 縦弾性係数 (N/mm²)

g : 重力加速度 (mm/s²)

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

W : ダクト単位長さ重量 (N/mm)



d_1 : ダクト内径寸法 (mm)

d_2 : ダクト外径寸法 (mm)

t : ダクト板厚 (mm)

R : ダクト内半径寸法 (mm)

図 4-3 円形ダクトの断面図

4.5.4 円形ダクトの座屈評価

地震時，両端単純支持された円形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \lambda^2}{8} \dots\dots\dots (4.12)$$

ここで，

M_0 : 発生曲げモーメント (N・mm)
 α : 設計震度 (－)

ここで，矩形ダクトの座屈による大変形を防ぐために矩形ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (4.13)$$

ここで，

M : 許容座屈曲げモーメント (N・mm)

(4.12)，(4.13) 式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\lambda = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (4.14)$$

ここで，

$$M = \boxed{} \dots\dots\dots (4.15)$$

$$M_T = \boxed{} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$\sigma_{cr} = \boxed{} \dots\dots\dots (4.17)$$

$$M_{cr} = \boxed{} \dots\dots\dots (4.18)$$

$$Z = \frac{\pi \cdot d_2^4 - d_1^4}{32 \cdot d_2} \dots\dots\dots (4.19)$$

S : 座屈曲げモーメントの安全係数 $\boxed{}$ (－)

M_T : 限界曲げモーメント (N・mm)

σ_{cr} : 弾性座屈応力 (N/mm²)

σ_y : 降伏点 (N/mm²)

M_{cr} : 弾性座屈曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

β : 補正係数 $\boxed{}$ (－)

ν : ポアソン比 (=0.3) (－)

4.5.5 中央制御室換気系ダクトの耐震支持間隔

中央制御室換気系ダクトの耐震支持間隔は、手法1または手法2から定めており、支持間隔を表4-2に示す。

表4-2 中央制御室換気系ダクトの耐震支持間隔

(単位：mm)

ダクト 種別 ^{*1}	ダクト		板厚	手法1より定まる 支持間隔 ($f_d \geq 20$ Hz)	手法2より定まる 支持間隔 ^{*2} ($f_d < 20$ Hz)
	長辺	短辺			
溶接矩形ダクト	460	460	1.2	5000	5100
	500	350	1.2	4300	5200
	560	460	1.2	4900	—
	560	560	1.2	5500	—
	610	510	1.2	5200	—
	710	410	1.2	4500	4600
	760	360	1.2	3600	—
	760	760	1.2	6000	—
	810	410	1.2	3900	—
	890	600	1.2	4800	—
	900	450	1.2	4500	—
	900	670	1.2	5700	—
	920	460	1.2	4600	—
	960	360	1.2	3900	4200
	1000	880	1.2	6300	—
	1015	215	1.2	2900	4300
	1015	490	1.2	4700	—
	1015	545	1.2	5000	—
	1015	615	1.2	5400	—
	1015	760	1.2	5700	—
	1015	810	1.2	4700	—
	1580	910	1.2	3700	—
	1800	1600	1.2	3100	—
	2600	1000	1.2	3000	—

注記 *1:

*2:

表 4-2 中央制御室換気系ダクトの耐震支持間隔（つづき）

（単位：mm）

ダクト 種別 ^{*1}	ダ ク ト		板 厚	手法 1 より定まる 支持間隔 ($f_d \geq 20$ Hz)	手法 2 より定まる 支持間隔 ^{*2} ($f_d < 20$ Hz)
	長辺	短辺			
 矩形ダクト	900	450	2.3	4400	7600
	900	670	2.3	5500	6900
	1000	880	2.3	6300	6400
 ハゼ折矩形ダクト	460	460	0.8	4600	—
	890	600	1.2	4800	—
 溶接丸ダクト	ϕ 450		6.0	6900	12100

注記 *1 :

*2 :

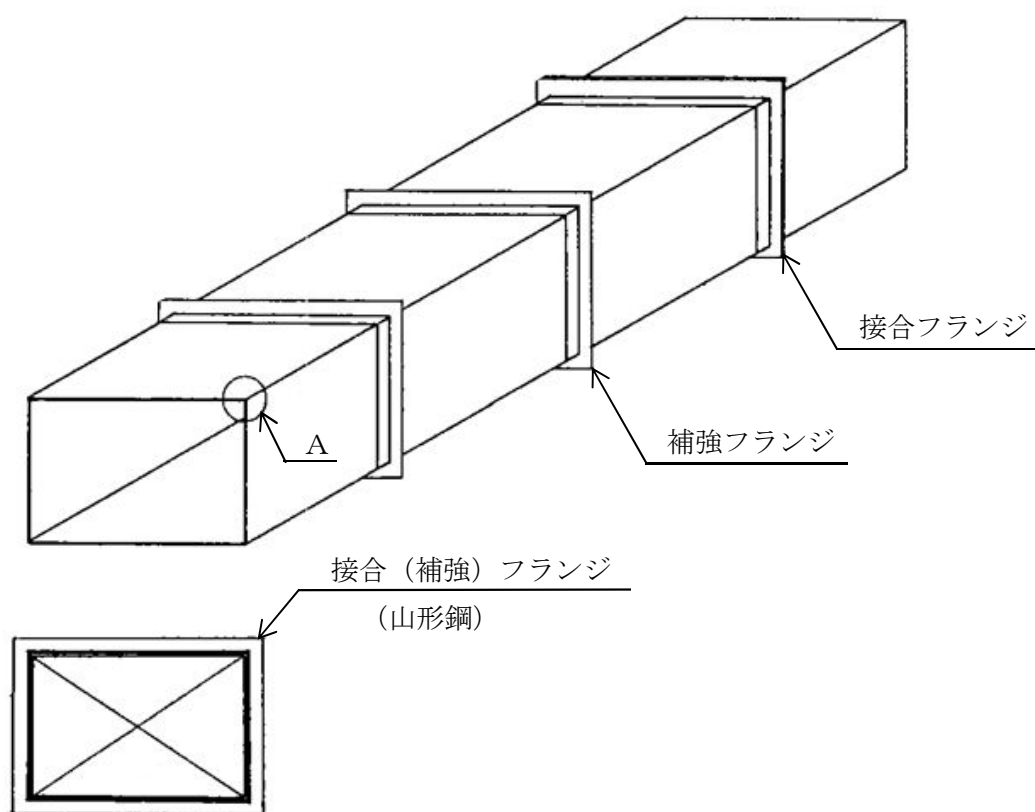
4.6 ダクトの構造

ここでは、主要な矩形ダクトについて記述する。矩形ダクトは、溶接ダクトとハゼ折ダクトがある。

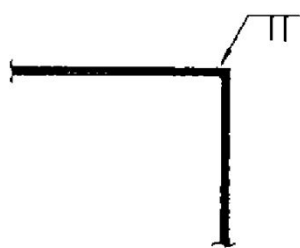
- (1) 溶接ダクトは、二隅あるいは四隅を溶接継手とする。補強は、定ピッチで全周を形鋼で囲い、ダクトに断続溶接する。
- (2) ハゼ折ダクトの補強は、定ピッチで全周を形鋼で囲いダクトにリベット止めする。
ダクト構造の代表例を図 4-4 に示す。

4.7 伸縮継手の使用

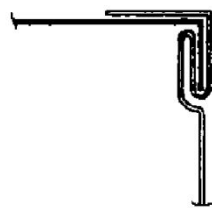
- (1) ダクトが建屋又は構築物相互間を通過する場合は、必要に応じて相対変位を吸収できる伸縮継手を設ける。
- (2) ダクトを他の機器類に接続する場合は、必要に応じて相互作用を吸収できる伸縮継手を設ける。



ダクトコーナー部（図中A）



溶接ダクト



ハゼ折ダクト

図4-4 ダクト構造の代表例

5. 支持構造物設計の基本方針

5.1 支持構造物の構造及び種類

支持構造物は，形鋼を組み合わせた溶接構造を原則とし，その用途に応じて以下に大別する。

- (1) ダクト軸直角の2方向を拘束するもの
- (2) ダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの

図5-1～図5-4に支持構造物の代表例を示す。

5.2 支持方法

(1) 直管部

ダクトの直管部は，4.5節で求まる支持間隔以下で支持するものとする。また，直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設けるものとする。

(2) 曲管部及び分岐部

曲管部及び分岐部は，これらの近傍を支持することを原則とする。

(3) 重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ等の重量物を取り付く場合は，重量物自体を支持するものとする。

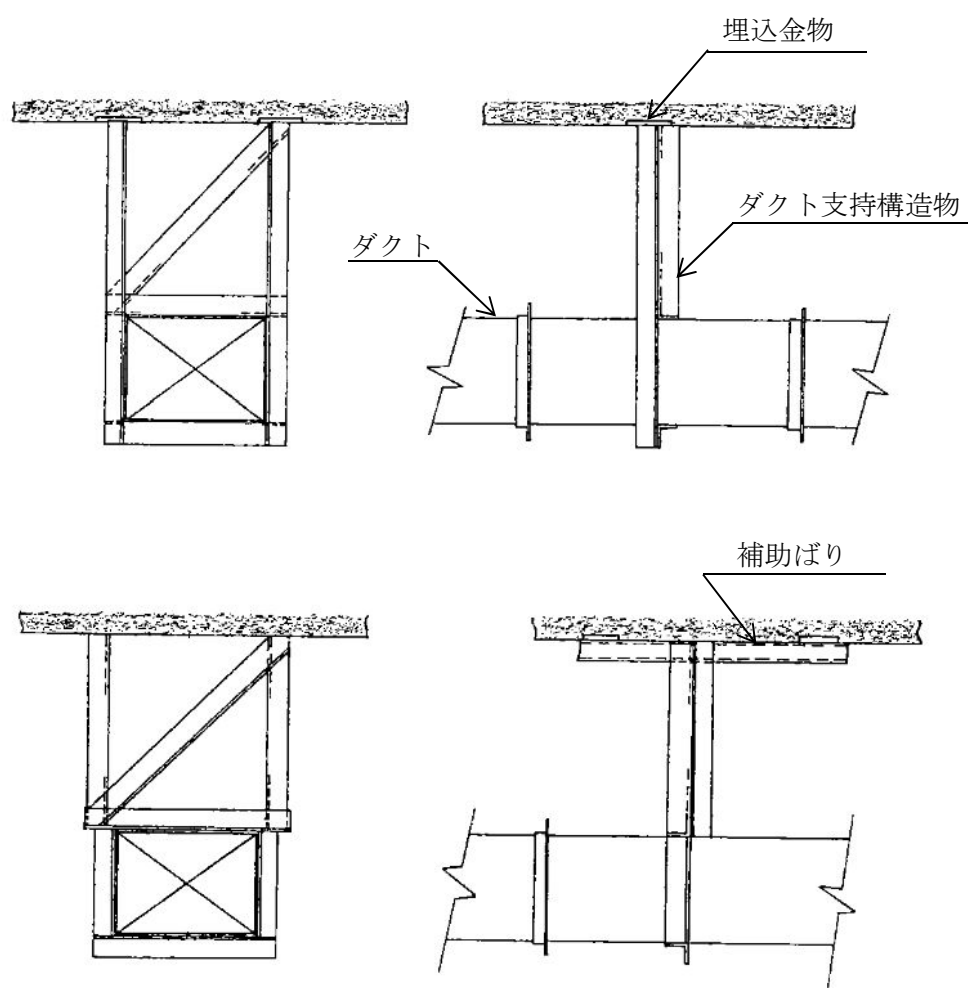


図 5-1 2 方向（軸直角方向）拘束の代表例

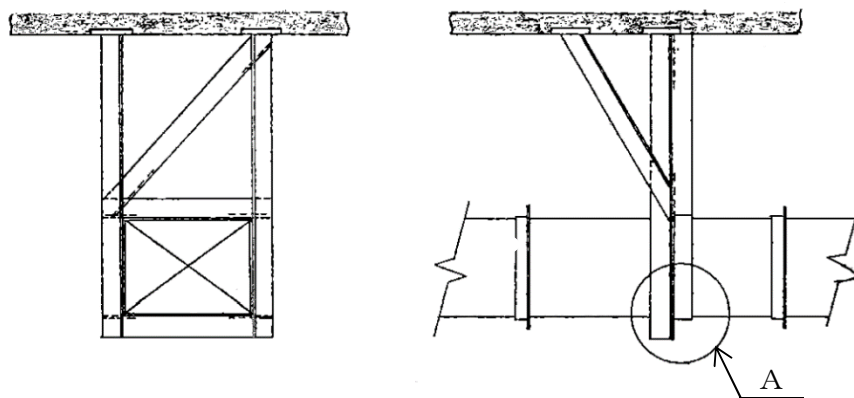
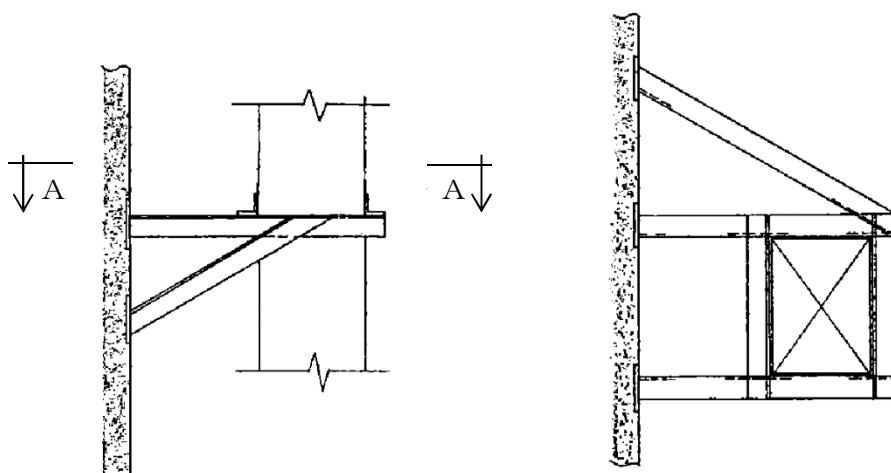


図 5-2 3 方向（軸方向及び軸直角方向）拘束の代表例

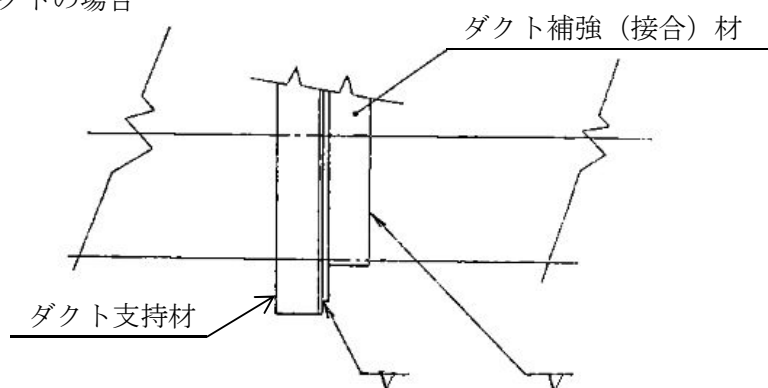


A-A 矢視図

図 5-3 垂直ダクトの支持の代表例

図 5-2 における A 部

溶接ダクトの場合



ハゼ折ダクトの場合

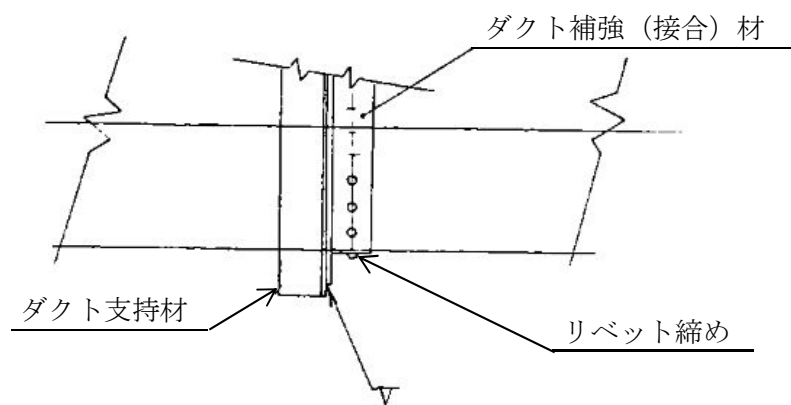


図 5-4 ダクトと支持構造物の接合

V-2-8-3-1-4 弁の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 適用基準 1

3. 動的機能維持評価 1

 3.1 評価方針 1

 3.2 評価対象弁 1

 3.3 評価結果 1

1. 概要

本計算書は、中央制御室換気系に属する弁のうち、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震後に動的機能維持が要求される弁について、評価結果をまとめたものである。

2. 適用基準

弁の動的機能維持評価については、以下に示す適用基準による。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984）
（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 ・追補版－1991）
（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成 3 年 12 月）

3. 動的機能維持評価

3.1 評価方針

弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s の動的機能維持評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。

3.2 評価対象弁

評価対象弁は、耐震 S クラスの設計基準対象施設に属する弁、及び重大事故等対処設備に属する弁のうち、重大事故等時機能が要求される弁とする。

3.3 評価結果

弁駆動部の応答加速度（評価用加速度）と機能確認済加速度の比較を表 3-1 に示す。

応答加速度（評価用加速度）は機能確認済加速度以下であり、動的機能維持が要求される弁について、地震後においても動的機能維持が確保されることを確認した。

表 3-1 動的機能維持評価結果

（単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ）

型式	弁番号	要求機能*1	評価用加速度*2				機能確認済 加 速 度		詳細 評価
			弾性設計用 地震動 S _d		基準地震動 S _s				
			水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	
一般弁	SB2-18A	β (S _s)					6.0	6.0	—
	SB2-18B	β (S _s)					6.0	6.0	—
	SB2-19A	β (S _s)					6.0	6.0	—
	SB2-19B	β (S _s)					6.0	6.0	—
	SB2-20A	β (S _s)					6.0	6.0	—
	SB2-20B	β (S _s)					6.0	6.0	—

注記 *1：要求機能の分類は以下による。

α (S_s)：基準地震動 S_s ，弾性設計用地震動 S_d 時に動的機能が要求されるもの

β (S_s)：基準地震動 S_s ，弾性設計用地震動 S_d 後に動的機能が要求されるもの

β (S_d)：弾性設計用地震動 S_d 後に動的機能が要求されるもの

$\alpha \beta$ (S_s)： α (S_s)， β (S_s) 両方の機能が要求されるもの

*2：弾性設計用地震動 S_d ，基準地震動 S_s と同等以上の設計震度から求められる応答加速度

V-2-8-3-2 中央制御室待避室の耐震性についての計算書

V-2-8-3-2-1 中央制御室待避室空気ポンプユニット配管
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録 6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

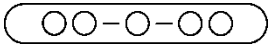
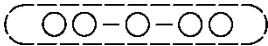
(2) 支持装置

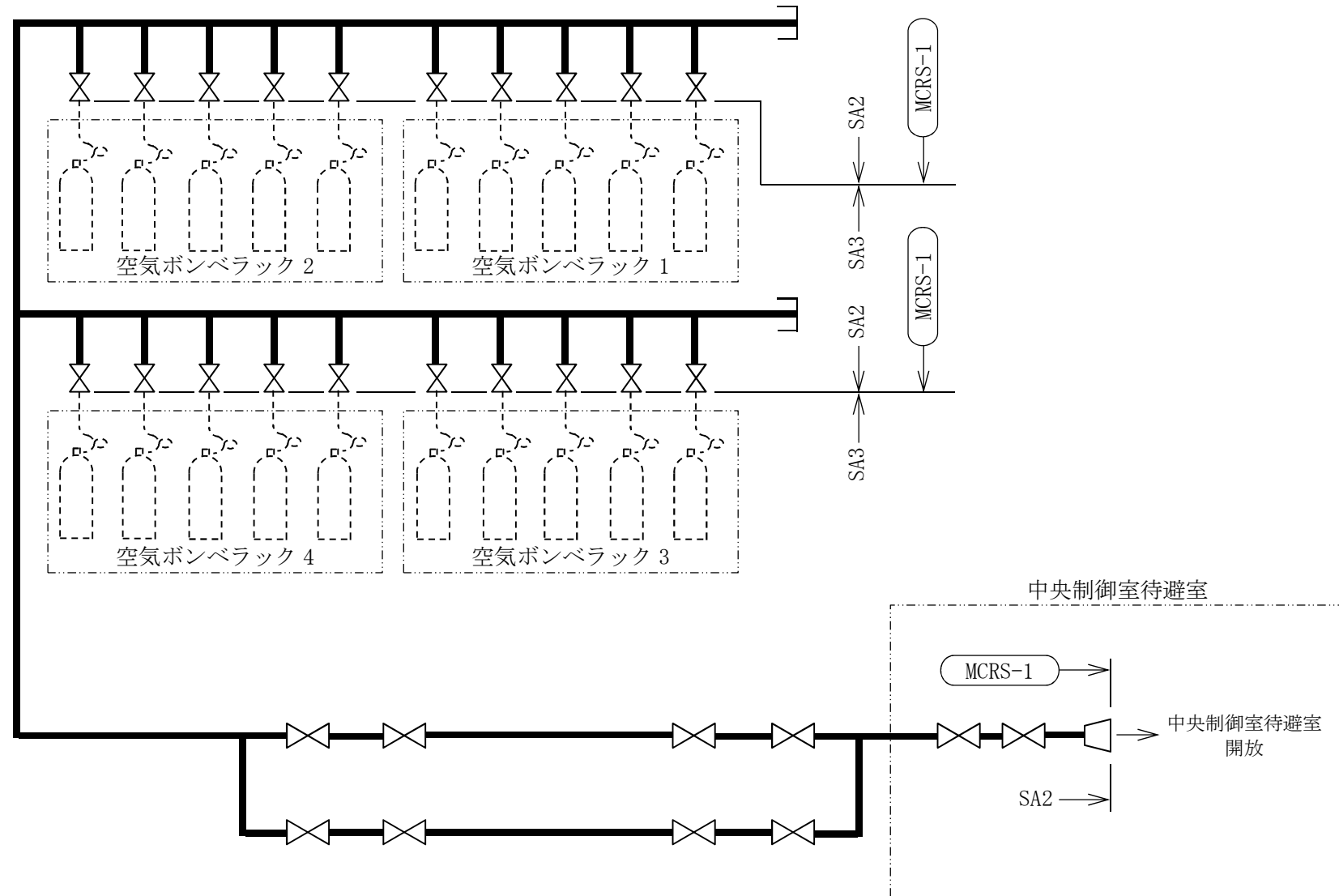
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



中央制御室待避室空気ポンベユニット配管概略系統図

V-2-8-3-2-2 差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、差圧計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。

差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
計器は、計器取付ネジにより計器取付板に固定され、取付板は、溶接より計器ステーションに固定される。計器ステーションは、基礎ボルトにより壁面に設置する。	壁掛形計器ステーション	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

差圧計の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

差圧計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

差圧計の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	差圧計	常設／その他	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_S$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

注記＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400	周囲環境温度		241	394	—

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

差圧計の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

差圧計の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

V-2-8-3-3 緊急時対策所換気系の耐震性についての計算書

V-2-8-3-3-1 緊急時対策所非常用送風機の耐震性 についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 構造説明	1
2.1 構造計画	1
3. 応力評価	1
3.1 基本方針	1
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	1
3.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	1
3.2.2 許容応力	1
3.2.3 使用材料の許容応力	1
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価方法	4

1. 概要

本資料は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所非常用送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

緊急時対策所非常用送風機は、重大事故等対処施設であるため常設重大事故緩和設備に分類される。以下、耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

緊急時対策所非常用送風機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
横軸ポンプ	ファンはファンベースに固定され、ファンベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式	

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は、「付録 4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

緊急時対策所非常用送風機の荷重組合せ及び供用状態を表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策所非常用送風機の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所非常用送風機の使用材料の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処施設）

施 設 区 分		機器名称	設備区分 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)
放射線管理施設	緊急時対策所 換気系	緊急時対策所 非常用送風機 ^{*2}	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	D (IV _A S)
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	E (V _A S) ^{*4}

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び供用状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

*4：E (V_A S) としてD (IV_A S) の許容限界を用いる。

表 3-2 許容応力（支持構造物）

供用状態 (許容応力状態)	許容限界（ボルト等）		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
D (IV _A S)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
E (V _A S) *			

注記＊：E (V_AS) としてD (IV_AS) の許容限界を用いる。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

部材	材料	温度条件 (℃)	S_{yi}	S_{ui}	F_i	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)			198	504	—	205
原動機 取付ボルト ($i=3$)			241 (径 $\leq 16\text{mm}$)	394	—	241

4. 機能維持評価

緊急時対策所非常用送風機の地震時及び地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

緊急時対策所非常用送風機の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。緊急時対策所非常用送風機は地震時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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」表 4-1 に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
ファン		水平	2.6
		鉛直	1.0
電動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

V-2-8-3-3-2 緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震性
についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 構造説明	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
3. 固有値解析	3
3.1 基本方針	3
3.2 記号説明	3
3.3 固有値解析	3
3.3.1 固有周期計算方法	3
3.3.2 固有周期	3
4. 応力評価	4
4.1 基本方針	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力	4

1. 概要

本資料は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所非常用フィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その評価は、固有値解析及び応力評価により行う。

緊急時対策所非常用フィルタ装置は、重大事故等対処施設であるため常設重大事故緩和設備に分類される。以下、耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

緊急時対策所非常用フィルタ装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	支持構造	主体構造	
緊急時対策所 非常用 フィルタ装置	建屋の床に基礎 ボルトにて据え 付ける。	形鋼骨組及び 鋼板外板によ る溶接構造	

2.2 評価方針

緊急時対策所非常用フィルタ装置の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す緊急時対策所非常用フィルタ装置の部位を踏まえ、「3. 固有値解析」で算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 評価結果」に示す。

緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

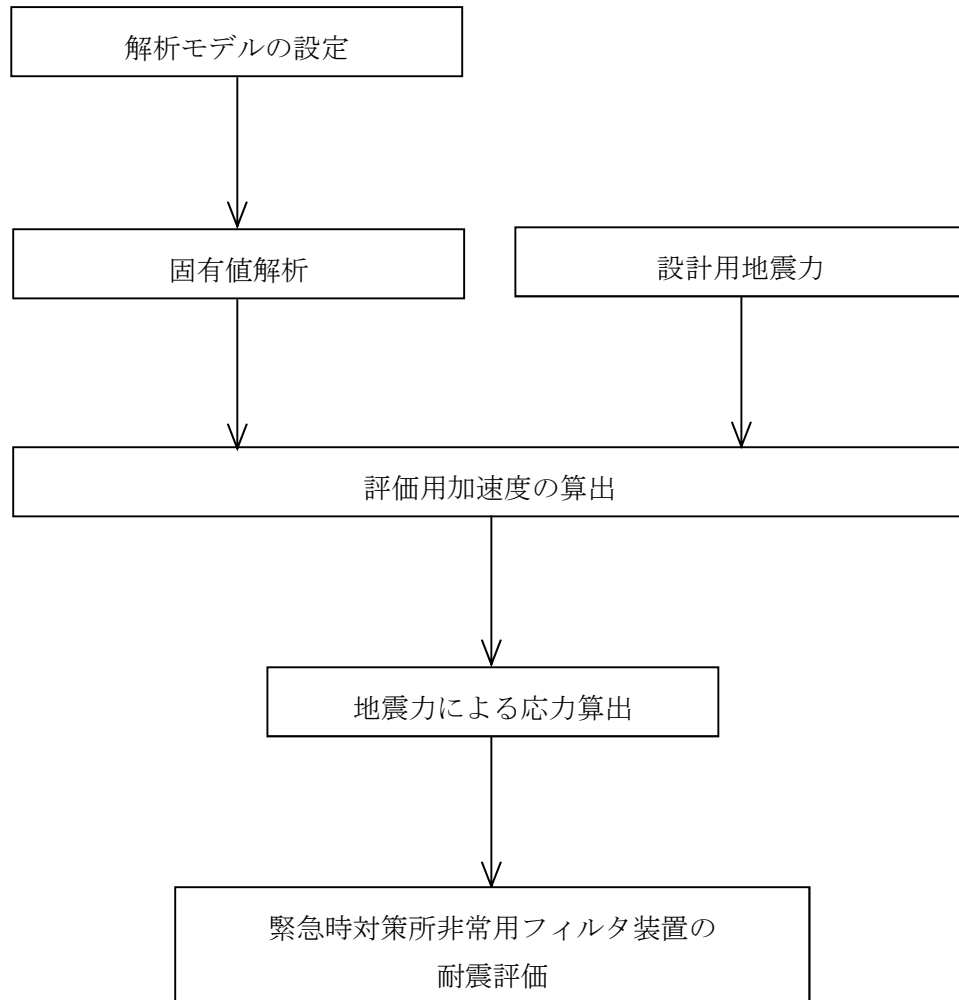


図 2-1 緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震評価フロー

3. 固有値解析

3.1 基本方針

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有値解析は、据付面に固定された1質点系モデルとする。固有値解析の計算モデルを図3-1に示す。

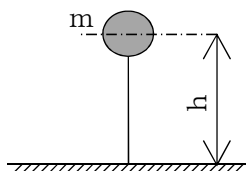


図3-1 固有値解析の計算モデル

3.2 記号説明

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有値解析に用いる記号を表3-1に示す。

表3-1 固有値解析に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_s	有効せん断断面積	mm^2
E	縦弾性係数	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
m	質量	kg
T	固有周期	s

3.3 固有値解析

3.3.1 固有周期計算方法

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有周期の計算式を示す。

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots\dots\dots (3.3.1.1)$$

3.3.2 固有周期

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有周期を表3-2に示す。

表3-2 固有周期

(単位：s)

固有周期
0.019

4. 応力評価

4.1 基本方針

応力評価は、「付録4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

緊急時対策所非常用フィルタ装置の荷重組合せ及び供用状態を表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所非常用フィルタ装置の許容応力を表4-2に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所非常用フィルタ装置の使用材料の許容応力を表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処施設）

施 設 区 分		機器名称	設備区分 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)
放射線管理施設	緊急時対策所 換気系	緊急時対策所 非常用フィルタ 装置 ^{*2}	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	D (IV _A S)
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	E (V _A S) ^{*4}

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び供用状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

*4：E (V_A S) としてD (IV_A S) の許容限界を用いる。

表 4-2 許容応力（支持構造物）

供用状態 (許容応力状態)	許容限界（ボルト等）		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
D (IV _A S)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
E (V _A S) *			

注記＊：E (V_AS) としてD (IV_AS) の許容限界を用いる。

表 4-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

部材	材料	温度条件 (℃)	S_{yi}	S_{ui}	F_i	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)			198	504	—	205
取付ボルト (i=2)			764	906	—	634

V-2-8-3-3-3 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

V-2-8-3-3-4 緊急時対策所用差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用差圧計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。

緊急時対策所用差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。 計器ステーションは、基礎ボルトにより壁面に設置する。	壁掛形計器ステーション	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用差圧計の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策所用差圧計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所用差圧計の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	緊急時対策所用差圧計	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

注記＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400	周囲環境温度		241	394	—

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用差圧計の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用差圧計の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

V-2-8-3-4 第二弁操作室の耐震性についての計算書

V-2-8-3-4-1 第二弁操作室空気ポンプユニット配管
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録 6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

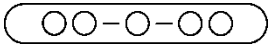
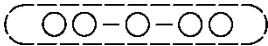
(2) 支持装置

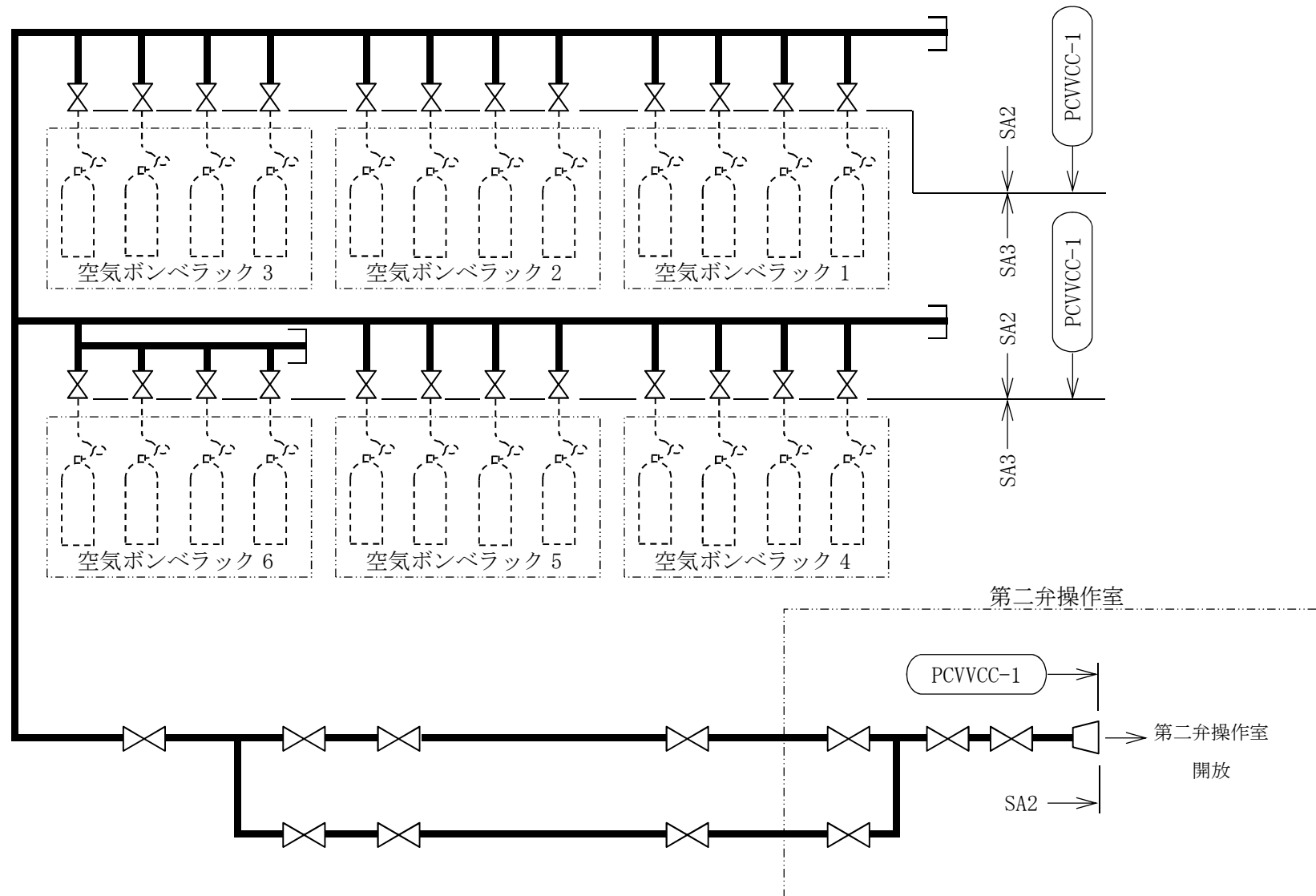
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



第二弁操作室空気ポンベユニット配管概略系統図

V-2-8-3-4-2 差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、差圧計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。

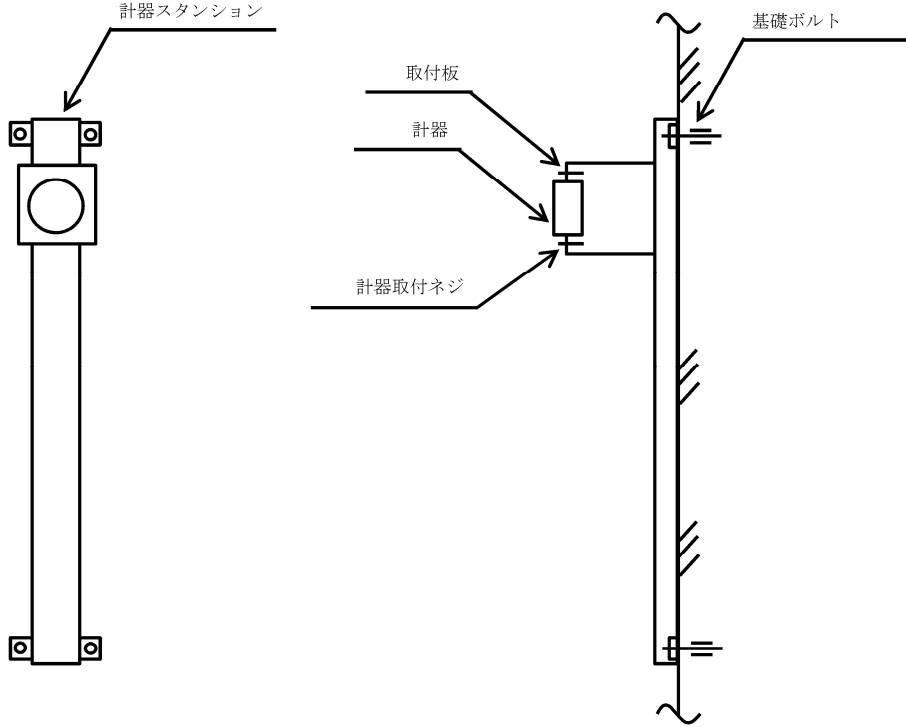
差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
計器は、計器取付ネジにより計器取付板に固定され、取付板は、溶接より計器ステーションに固定される。計器ステーションは、基礎ボルトにより壁面に設置する。	壁掛形計器ステーション	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

差圧計の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「付録 9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

差圧計の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

差圧計の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	差圧計	常設／その他	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_S$ ^{*3}	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

注記*：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400	周囲環境温度		241	394	—

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

差圧計の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「付録9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

差圧計の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

V-2-8-4 生体遮蔽の耐震性についての計算書

V-2-8-4-1 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 地震応答解析による評価方法	10
4. 応力解析による評価方法	12
4.1 評価対象部位及び評価方針	12
4.2 荷重及び荷重の組合せ	15
4.3 許容限界	17
4.4 解析モデル及び諸元	21
4.5 評価方法	22

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」第38条において設置することが要求されている中央制御室について、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

2. 基本方針

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2.1 位置

中央制御室遮蔽は、原子炉建屋の一部を構成している。中央制御室遮蔽を含む原子炉建屋の位置を図2-1に示す。

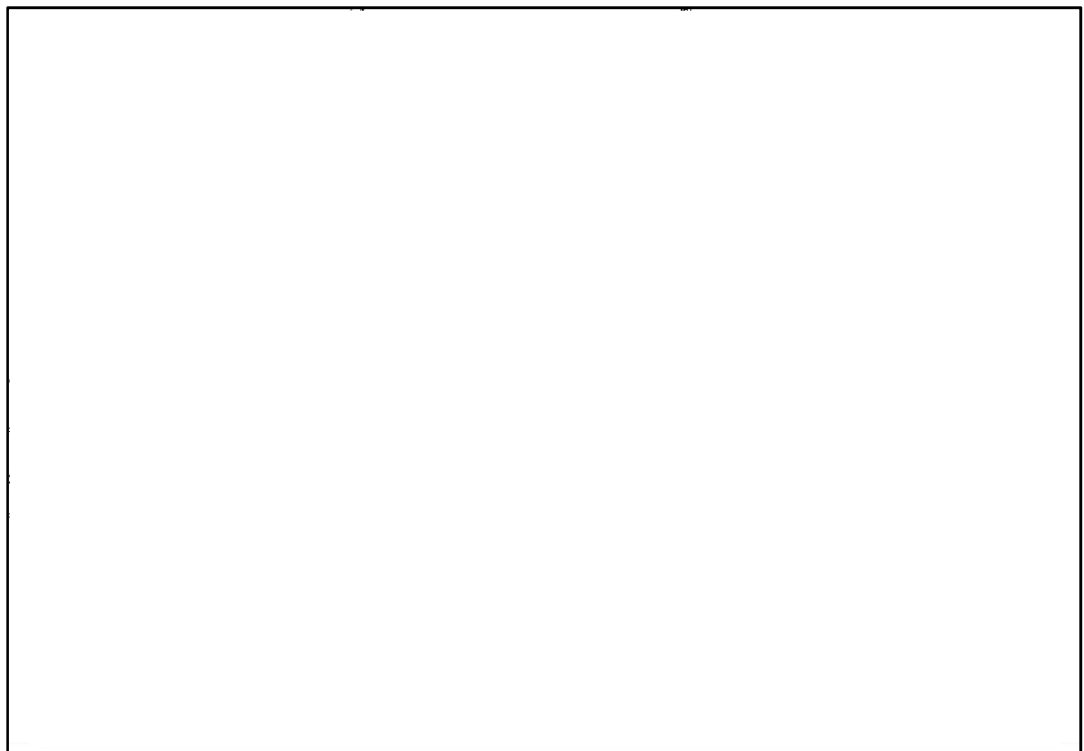


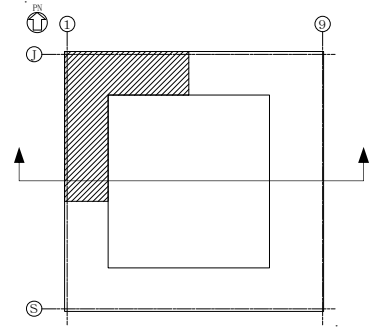
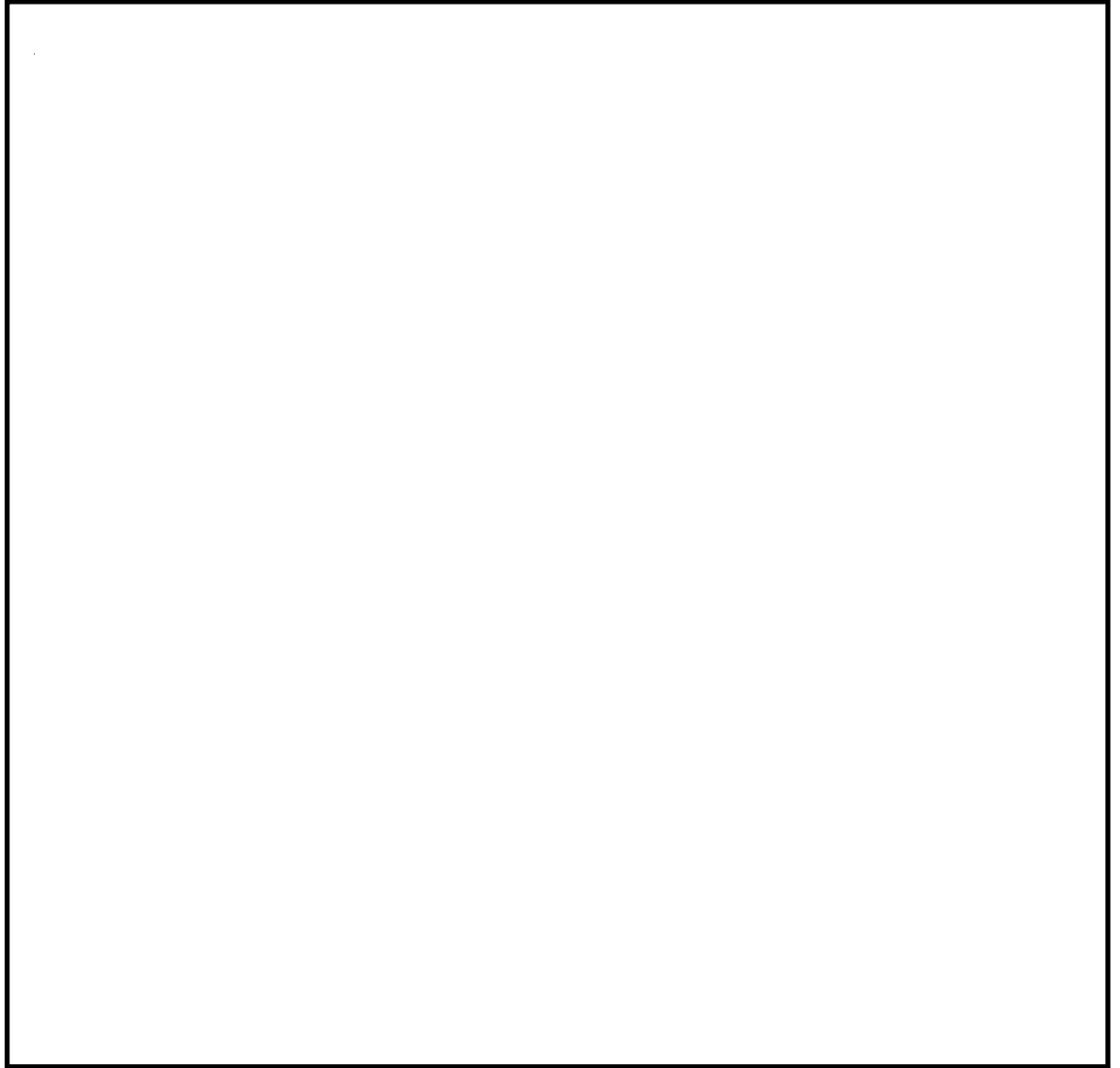
図2-1 中央制御室遮蔽を含む原子炉建屋の設置位置

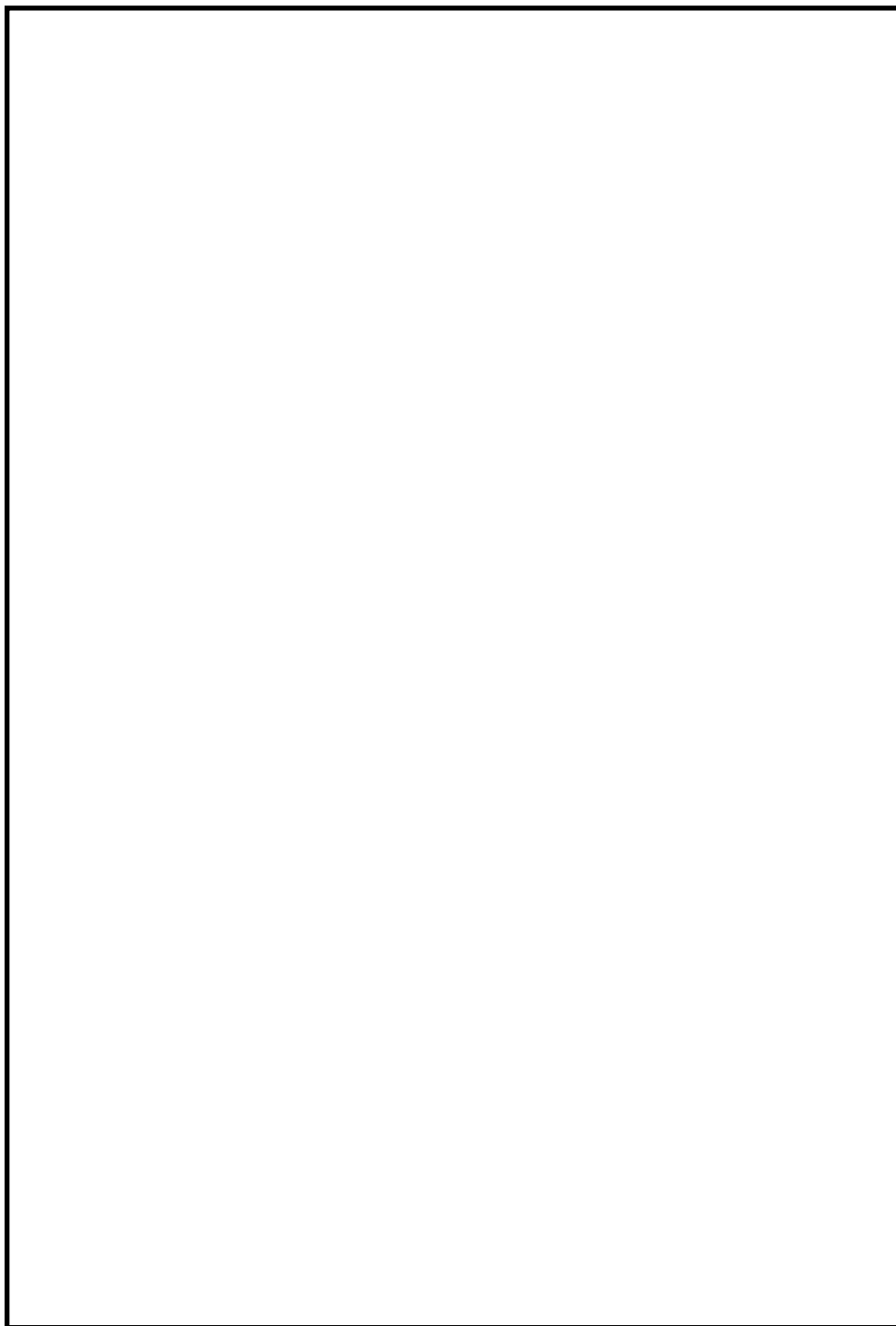
2.2 構造概要

原子炉建屋は、主体構造が鉄筋コンクリート造で、鉄骨造陸屋根をもつ地下2階、地上6階の建物である。中央部には、平面が南北方向45.5 m、東西方向42.5 mの原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）があり、その周囲には、平面が南北方向68.5 m、東西方向68.25 mの原子炉建屋附属棟（以下「附属棟」という。）を配置している。

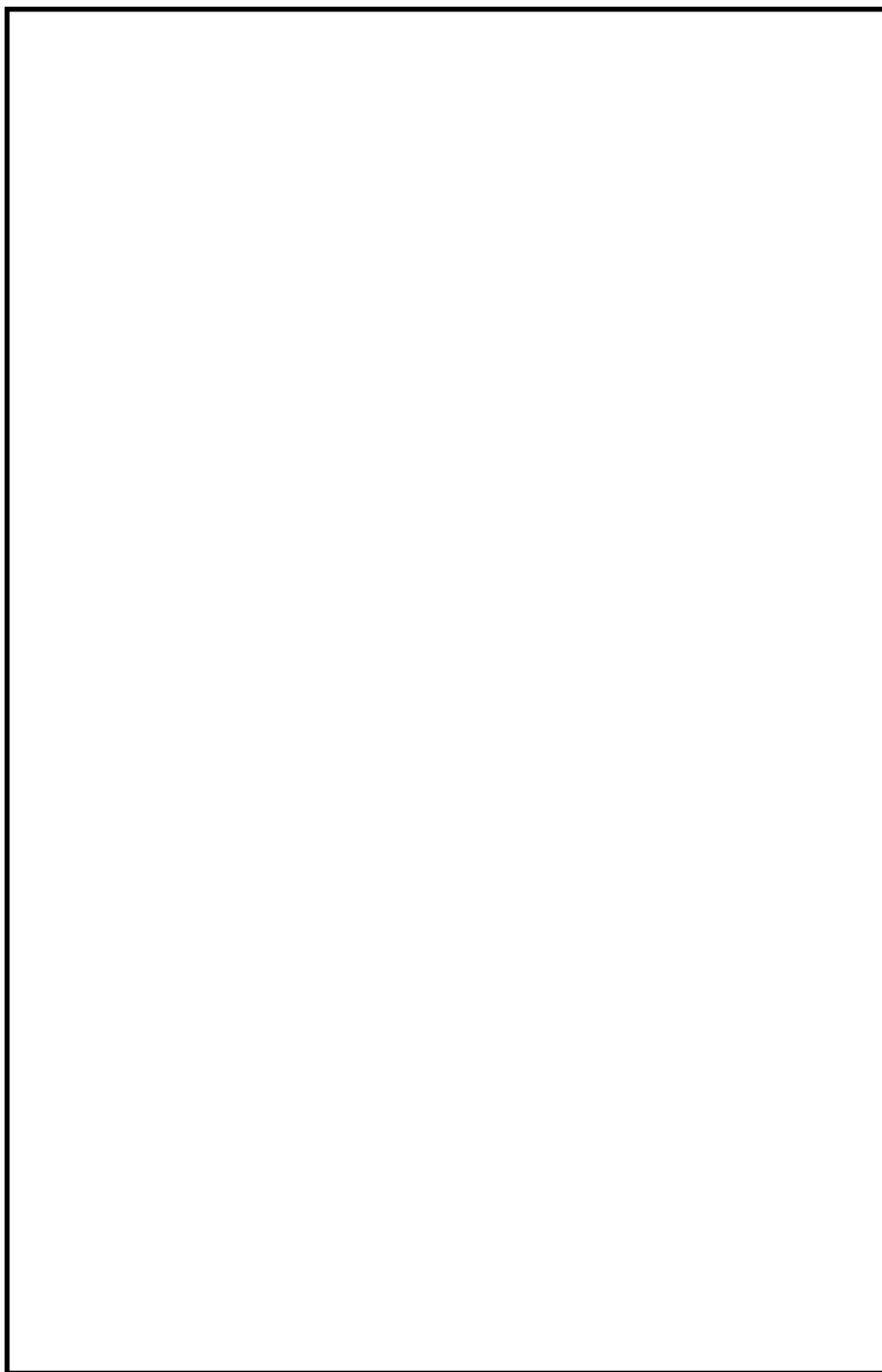
中央制御室は原子炉建屋附属棟のEL. 18.0 m～EL. 23.0 mに位置しており、平面規模は、南北方向39.5 m、東西方向27.0 mである。中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む壁、床スラブ及び天井スラブで構成されており、壁の厚さは90 cm～120 cm、床スラブ及び天井スラブの厚さは50 cmである。

中央制御室遮蔽の概略平面図及び概略断面図を図2-2～図2-5に示す。





NT2 補② V-2-8-4-1 R0



2.3 評価方針

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「S クラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

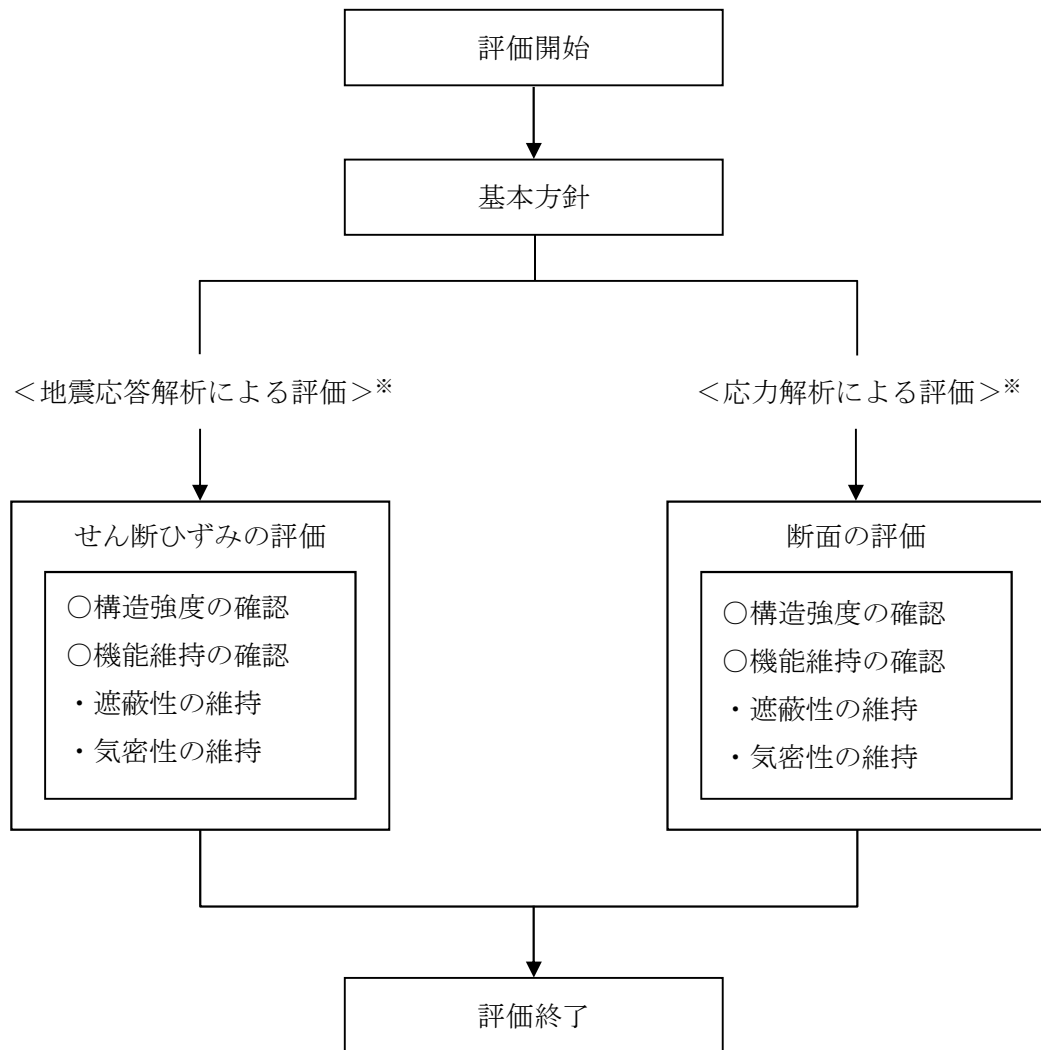
中央制御室遮蔽の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 S_d 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行う。

中央制御室遮蔽の評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。それぞれの評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。ただし、耐震壁については、常時荷重が設計時と同一であること、また、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 S_d による地震力及び静的地震力がいずれも設計時の地震荷重よりも小さいことから、新たな S_d 地震時に対する評価は行わない。

なお、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、中央制御室遮蔽が原子炉建屋の一部であることから、中央制御室遮蔽を含む原子炉建屋全体としての評価結果を資料V-2-2-2「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行う。ここで、中央制御室遮蔽では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室遮蔽の評価フローを図2-6に示す。



※：資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-6 中央制御室遮蔽の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

中央制御室遮蔽の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補－1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説―許容応力度設計法― ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所) (以下「技術基準解説書」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

中央制御室遮蔽の構造強度については、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また、遮蔽性及び気密性の維持については、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における中央制御室遮蔽の許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}※2$

※1：建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

※2：事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部 位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を 有すること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
遮蔽性	遮蔽体の損傷 により遮蔽性 を損なわない こと	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが 遮蔽性を維持するた めの許容限界を超え ないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
気密性	換気性能とあ いまって気密 機能を維持す ること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが 気密性を維持するた めの許容限界を超え ないことを確認	最大せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}※2$

※1：建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

※2：事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

中央制御室遮蔽の応力解析による評価対象部位は、中央制御室遮蔽を構成する天井スラブ及び床スラブとし、弾性応力解析により評価を行う。弾性応力解析にあたっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

(1) S_d 地震時に対する評価

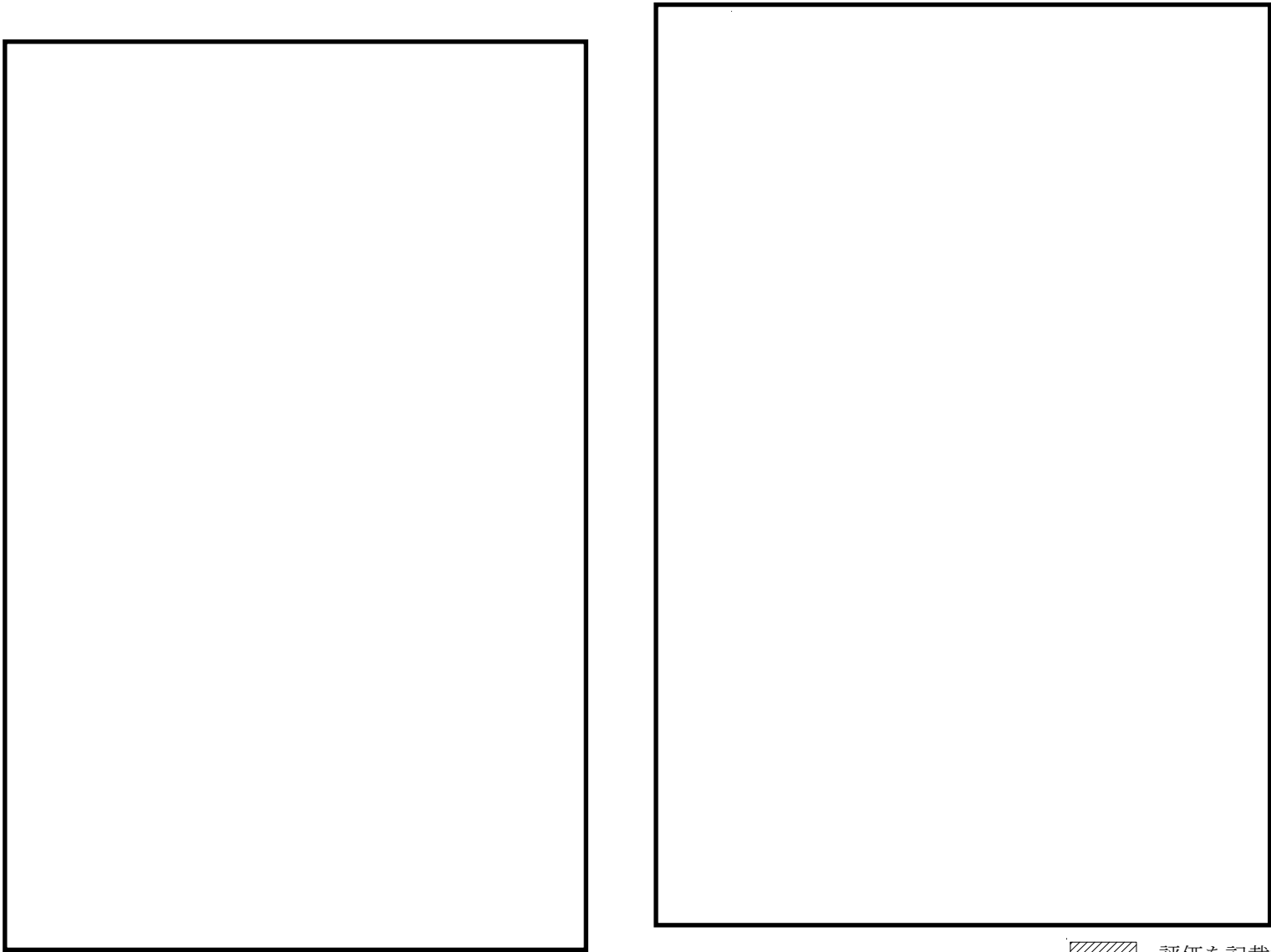
S_d 地震時に対する評価は、地盤物性のばらつきを考慮した鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) S_s 地震時に対する評価

S_s 地震時に対する評価は、地盤物性のばらつきを考慮した鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N規準」及び「技術基準解説書」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

評価については、各断面についてスラブのスパンが最も大きい部材を選定して示す。選定した部材を図4-1に、応力解析による評価フローを図4-2に示す。

なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建屋全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、「3. 地震応答解析による評価方法」に含まれる。



 : 評価を記載する部位

図 4-1 スラブの評価を記載する部材の位置

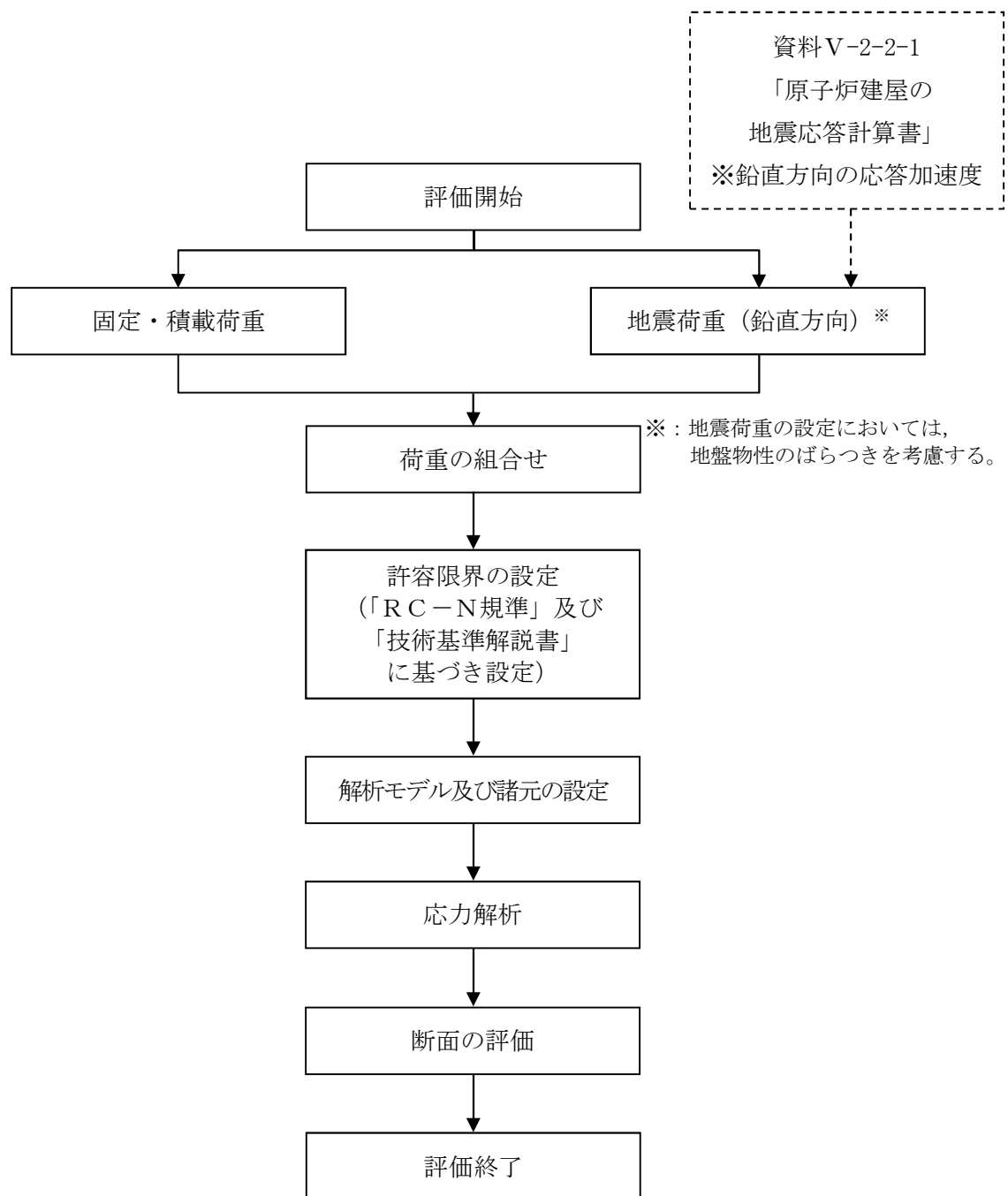


図 4-2 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (DL) 及び積載荷重 (LL)

応力解析において考慮する固定荷重及び積載荷重を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 固定荷重

部位	固定荷重 (kN/m ²)
天井スラブ	12.0
床スラブ	21.6

表 4-2 積載荷重

部位	積載荷重 (kN/m ²)
天井スラブ	12.3
床スラブ	12.3

(2) 地震荷重 (S_d , S_s)

鉛直地震力は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

天井スラブ及び床スラブが、長辺方向約 10.6 m、短辺方向 3.35 m～7.0 m スパンで厚さ 50 cm の鉄筋コンクリート造スラブであることから剛とみなす。なお、スラブの固有値を踏まえ応答増幅を考慮しても安全上支障がないことを確認している。

地震荷重は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する質点系モデルの中央制御室天井直上階レベル (EL. 29.0 m, 質点番号 6) 及び中央制御室床直上階レベル (EL. 20.3 m, 質点番号 7) の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _d 地震時	DL+LL+S _d
S _s 地震時	DL+LL+S _s

DL : 固定荷重

LL : 積載荷重

S_d : S_d地震荷重

S_s : S_s地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における中央制御室遮蔽の許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-4 及び表 4-5 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

表 4-4 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	弾性設計用 地震動 S_d 及び 静的地震力	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度
		基準地震動 S_s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 終局強度
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	弾性設計用 地震動 S_d 及び 静的地震力	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度
		基準地震動 S_s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 終局強度
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	弾性設計用 地震動 S_d 及び 静的地震力	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度※ ¹
		基準地震動 S_s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 終局強度※ ²

※1：事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

※2：支配的な応力である曲げモーメントにより生じるひび割れは貫通しないため、短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した終局強度を許容限界とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

表 4-5 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局強度
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S _s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局強度
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S _s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局強度※

※：支配的な応力である曲げモーメントにより生じるひび割れは貫通しないため、短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した終局強度を許容限界とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

表 4-6 コンクリートの許容応力度

Fc (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
22.1	14.7	1.06

表 4-7 鉄筋の許容応力度

引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345※	SD345※
345	345

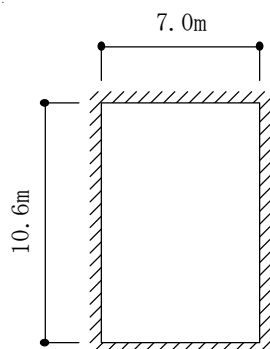
※：建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル及び諸元

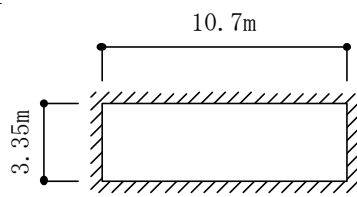
4.4.1 モデル化の基本方針

スラブにおいて，柱，壁及び梁で囲まれた範囲について鉛直地震動による影響に対する検討としてモデル化する。

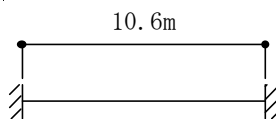
スラブの解析モデルは，天井スラブ及び床スラブ①については，四辺固定版として評価する。床スラブ②及び床スラブ③については，梁方向に連続した開口を有するため，単位幅について壁で支持された両端固定梁として評価する。スラブの解析モデルを図 4-3 に示す。



(a) 天井スラブ



(b) 床スラブ①



(c) 床スラブ②及び床スラブ③

図 4-3 解析モデル

4.4.2 解析諸元

使用材料（鉄筋コンクリート）の物性値を表 4-8 に示す。

表 4-8 鉄筋コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
22.1	2.21×10^4	0.2

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

作用荷重のうち地震荷重は、固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、地震荷重は鉛直下向きの場合のみ考慮する。

(2) 長期荷重の算出方法

長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力の算出方法は下式の通り算出する。長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 4-9 に示す。

(4 辺固定版)

- ・長期荷重時の短辺の端部モーメント (M_{x1})

$$M_{x1} = -\frac{1}{12} w_x \cdot l_x^2$$

- ・長期荷重時の短辺の中央モーメント (M_{x2})

$$M_{x2} = \frac{1}{18} w_x \cdot l_x^2$$

- ・長期荷重時の短辺のせん断力 (Q_x)

$$Q_x = 0.52 w \cdot l_x$$

- ・長期荷重時の長辺の端部モーメント (M_{y1})

$$M_{y1} = -\frac{1}{24} w \cdot l_x^2$$

- ・長期荷重時の長辺の中央モーメント (M_{y2})

$$M_{y2} = \frac{1}{36} w \cdot l_x^2$$

- ・長期荷重時の長辺のせん断力 (Q_y)

$$Q_y = 0.46 w \cdot l_x$$

ここで,

l_x : 短辺有効スパン (m)

l_y : 長辺有効スパン (m)

w : 単位面積あたりの長期荷重 (kN/m^2)

$$w_x = \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} w$$

(両端固定梁)

- ・長期荷重時の端部モーメント (M_E)

$$M_E = -\frac{1}{12} w \cdot l^2$$

- ・長期荷重時の中央モーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{24} w \cdot l^2$$

- ・長期荷重時の端部せん断力 (Q_E)

$$Q_E = 0.5 w \cdot l$$

ここで,

l : 有効スパン (m)

w : 単位面積あたりの長期荷重 (kN/m^2)

表 4-9 長期荷重時の端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力

部 位	スラブ厚 (mm)	方 向	端部モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m/m}$)	中央モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m/m}$)	せん断力 (kN/m)
天井スラブ	500	短辺 (EW)	83.4	55.6	88.5
		長辺 (NS)	49.6	33.1	78.2
床スラブ①	500	短辺 (NS)	31.4	20.9	59.1
		長辺 (EW)	15.9	10.6	52.2
床スラブ②	500	長辺 (NS)	317.4	158.7	179.7
床スラブ③	500	長辺 (EW)	317.4	158.7	179.7

(3) 応力の算出方法

「(2) 長期荷重の算出方法」における長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を、中央制御室天井直上階レベル (EL. 29.0 m, 質点番号 6) 及び中央制御室床直上階レベル (EL. 20.3 m, 質点番号 7) の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度により係数倍することで算出する。鉛直方向最大応答加速度を表 4-10 に、算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 4-11 に示す。

表 4-10 地震応答解析による最大応答加速度

(a) 弾性設計用地震動 S_d

部 位	質点番号	基 本 ^{※1} (cm/s^2)	地盤+ σ ^{※2} (cm/s^2)	地盤- σ ^{※2} (cm/s^2)	最大値 (cm/s^2)
天 井	6	334	359	305	359
床	7	291	315	278	315

※1: S_d-D1 , S_d-11 , S_d-12 , S_d-13 , S_d-14 , S_d-21 , S_d-22 及び S_d-31 の最大値

※2: S_d-D1 , S_d-21 , S_d-22 及び S_d-31 の最大値

(b) 基準地震動 S_s

部 位	質点番号	基 本 ^{※1} (cm/s^2)	地盤+ σ ^{※2} (cm/s^2)	地盤- σ ^{※2} (cm/s^2)	最大値 (cm/s^2)
天 井	6	633	690	556	690
床	7	547	603	510	603

※1: S_s-D1 , S_s-11 , S_s-12 , S_s-13 , S_s-14 , S_s-21 , S_s-22 及び S_s-31 の最大値

※2: S_s-D1 , S_s-21 , S_s-22 及び S_s-31 の最大値

表 4-11 鉛直震度より算出した端部モーメント，中央モーメント及びせん断力

(a) 弾性設計用地震動 S_d

部 位	検討用 鉛直震度	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
天井スラブ	1.37	短辺 (EW)	114.3	76.2	121.2
		長辺 (NS)	68.0	45.3	107.1
床スラブ①	1.33	短辺 (NS)	41.8	27.8	78.6
		長辺 (EW)	21.1	14.1	69.4
床スラブ②	1.33	長辺 (NS)	422.1	211.1	239.0
床スラブ③	1.33	長辺 (EW)	422.1	211.1	239.0

(b) 基準地震動 S_s

部 位	検討用 鉛直震度	方 向	端部モーメント (kN・m/m)	中央モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
天井スラブ	1.71	短辺 (EW)	142.6	95.1	151.3
		長辺 (NS)	84.8	56.6	133.7
床スラブ①	1.62	短辺 (NS)	50.9	33.9	95.7
		長辺 (EW)	25.8	17.2	84.6
床スラブ②	1.62	長辺 (NS)	514.2	257.1	291.1
床スラブ③	1.62	長辺 (EW)	514.2	257.1	291.1

4.5.2 断面の評価方法

(1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、 S_d 地震時に対する評価については短期許容曲げモーメントを超えないことを、 S_s 地震時に対する評価については曲げ終局強度を超えないことを確認する。

a. 短期許容曲げモーメント

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

- M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)
- a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)
- f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)
- j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

b. 曲げ終局強度

$$M_u = 0.9 a_t \cdot \sigma_y \cdot d$$

ここで、

- M_u : 曲げ終局強度 (N・mm)
- a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)
- σ_y : 引張鉄筋の材料強度で、表 4-7 に示す値の 1.1 倍とする。 (N/mm²)
- d : 断面の有効せい (mm)

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

- Q_A : 許容面外せん断力 (N)
- b : 断面の幅 (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
- α : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- Q : せん断力 (N)
- d : 断面の有効せい (mm)
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm²)

V-2-8-4-2 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書

添付資料V-2-8-4-2「緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書」は、
添付資料V-2-2-10-1「緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」に倣うものとする。

V-2-8-4-3 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 設計方針	1
2.1 設計条件	1

1. 概要

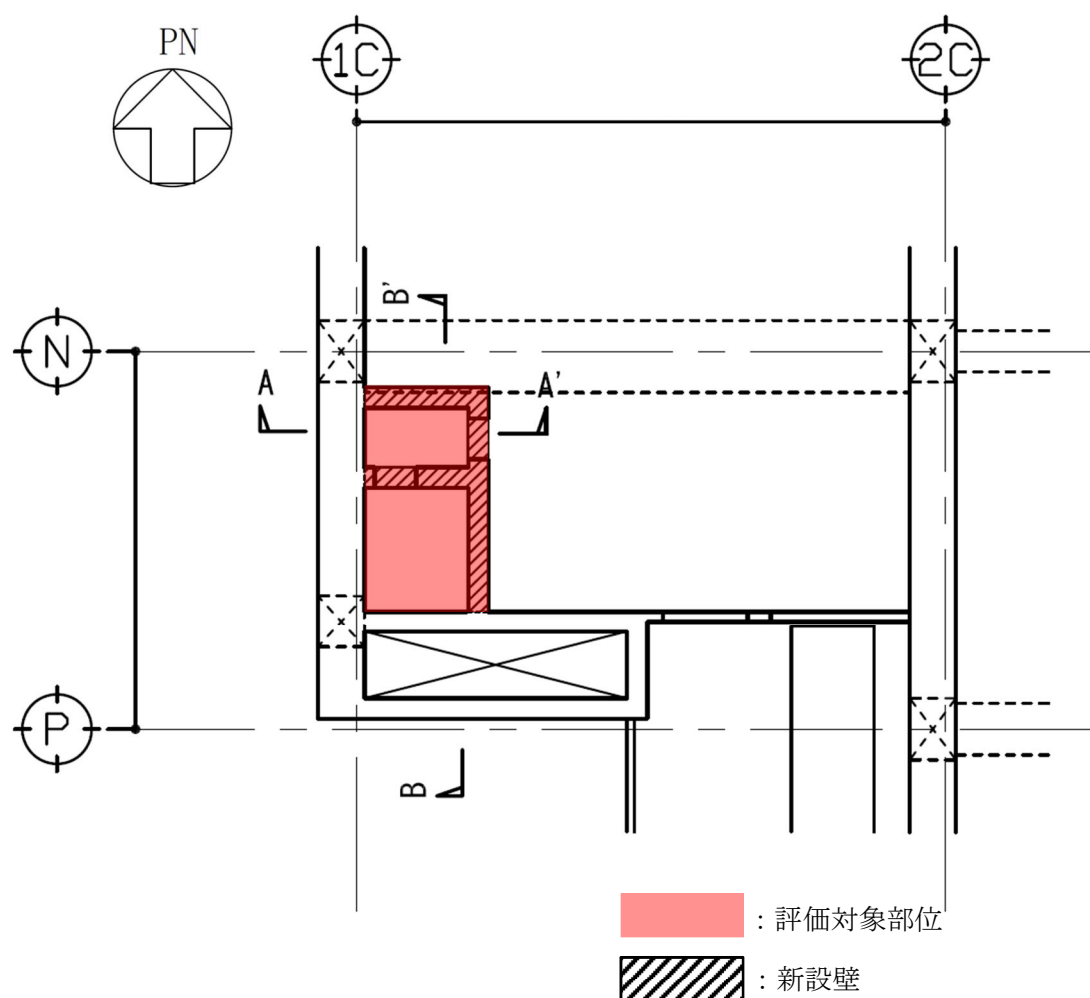
本資料は，中央制御室待避室の遮蔽壁が，地震荷重に対して十分な裕度を有することを確認するための計算方法及び結果について示すものである。

2. 設計方針

2.1 設計条件

遮蔽壁に対して地震時に生じる地震荷重は，既設のコンクリート床スラブやコンクリート壁から後施工鉄筋を介して躯体に伝達されることから，地震荷重に対する評価対象部位は，コンクリート壁，コンクリート床スラブ及び後施工鉄筋とする。

図 2-1 に概念図を示す。



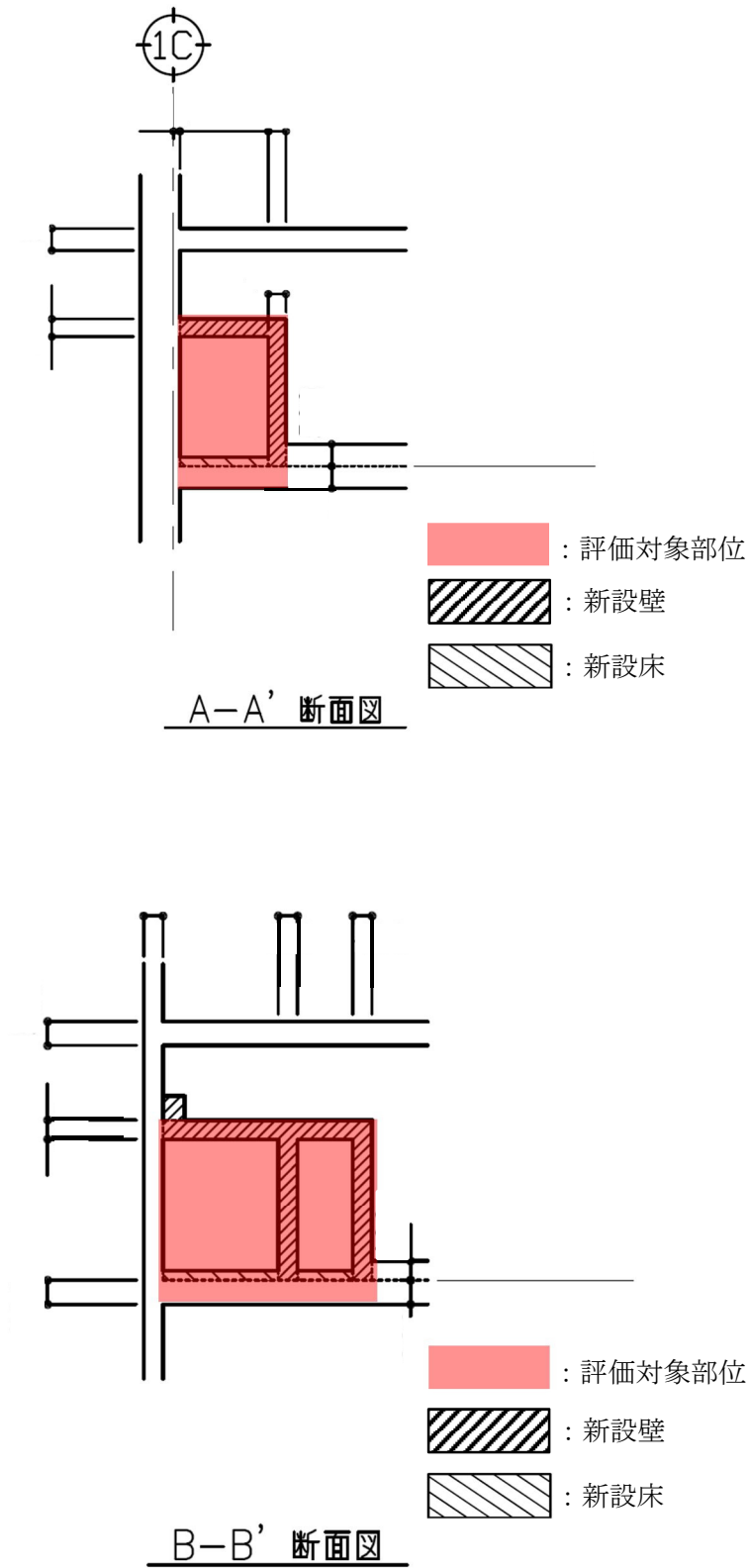


図 2-1 (2/2) 中央制御室待避室 遮蔽壁設置概要図

V-2-8-4-4 第二弁操作室遮蔽の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 設計方針	1
2.1 設計条件	1
3. 基本事項	3
3.1 適用法令等	3
4. 床スラブの設計	4
4.1 モデル化の基本方針	4
5. 遮蔽壁の設計	5
5.1 モデル化の基本方針	5

1. 概要

本資料は、第二弁操作室の遮蔽壁が、地震荷重に対して十分な裕度を有することを確認するための計算方法及び結果について示すものである。

2. 設計方針

2.1 設計条件

遮蔽壁に対して地震時に生じる地震荷重は、既設のコンクリート床スラブやコンクリート壁から後施工鉄筋を介して躯体に伝達されることから、地震荷重に対する評価対象部位は、コンクリート壁、コンクリート床スラブ及び後施工鉄筋とする。

図 2-1 に概念図を示す。

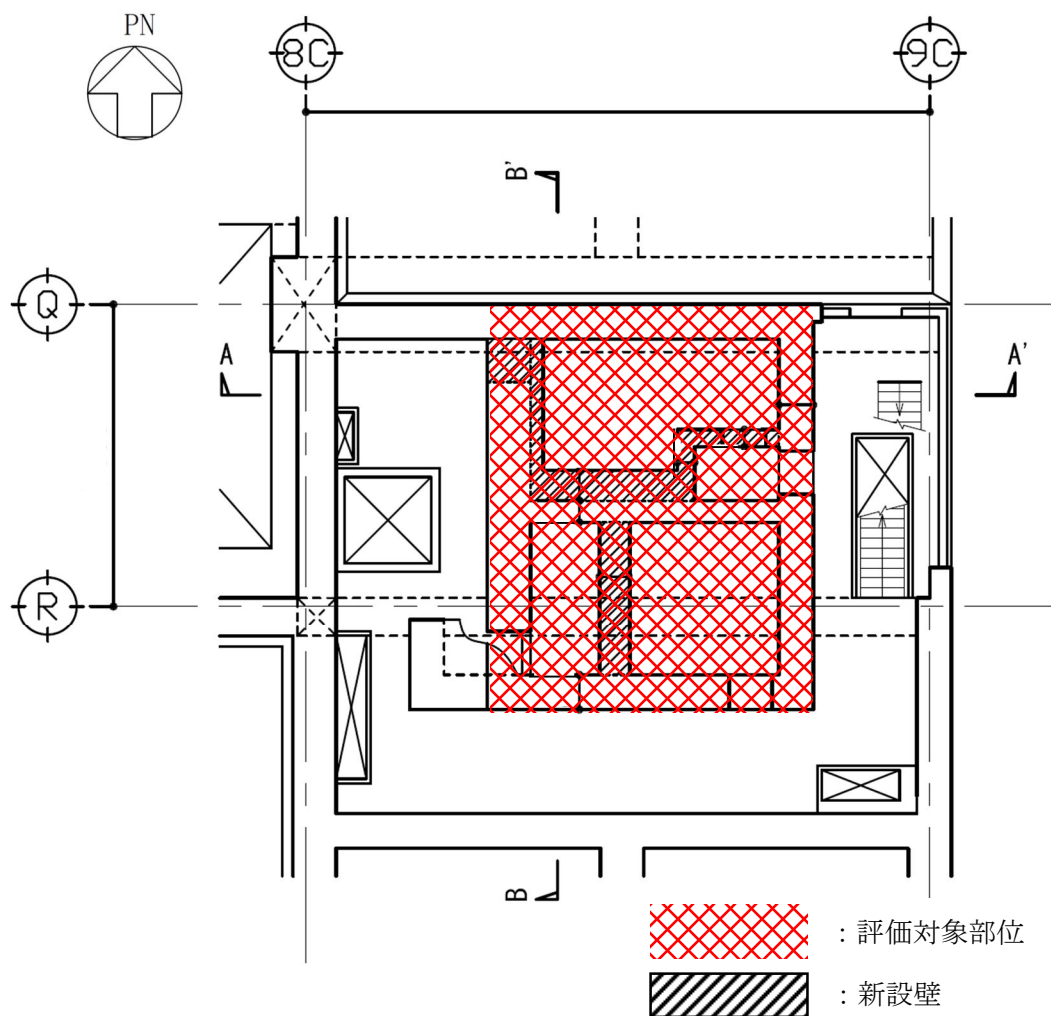


図 2-1 (1/2) 第二弁操作室 遮蔽壁設置概念図

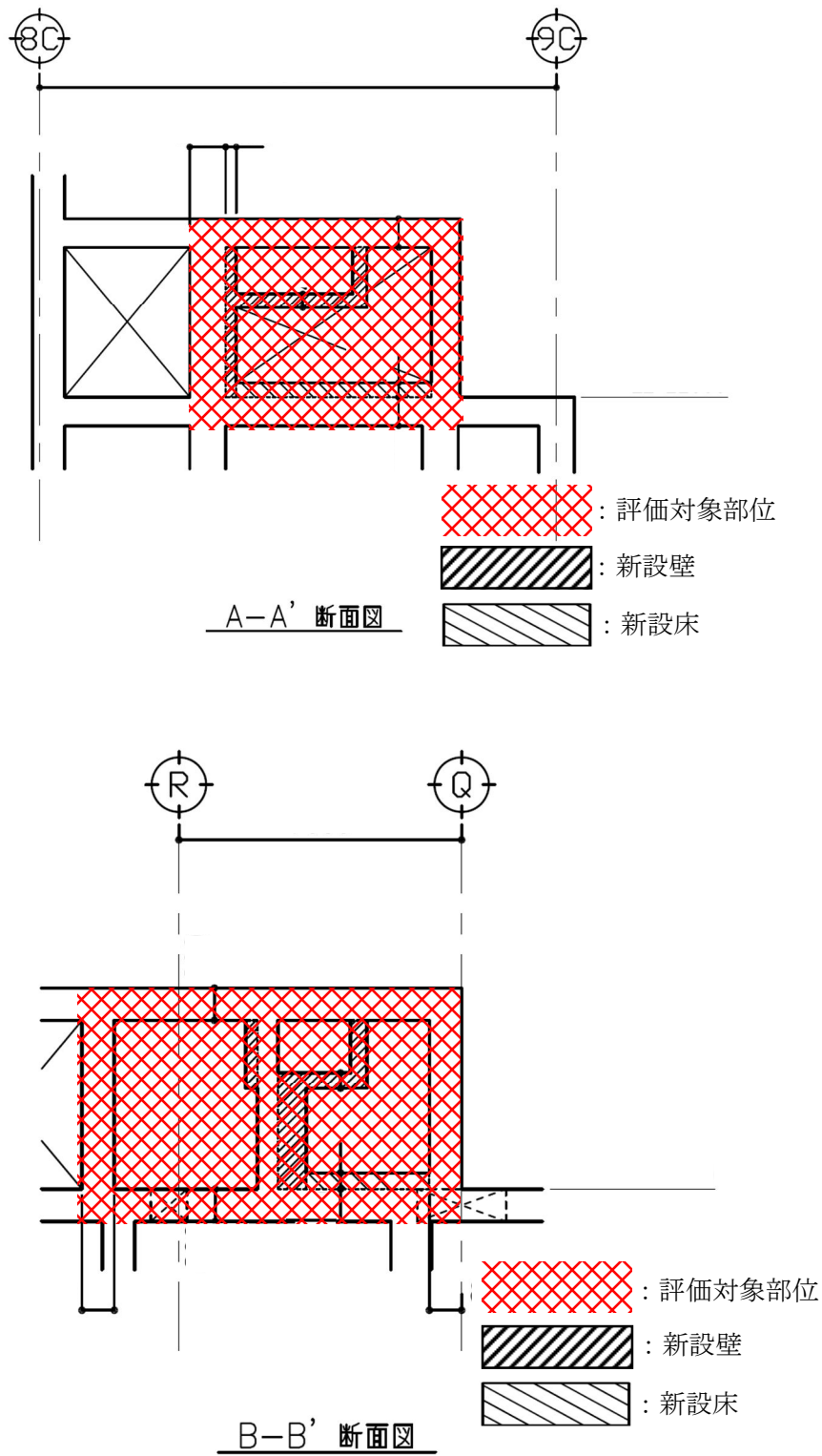


図 2-1 (2/2) 第二弁操作室 遮蔽壁設置概要図

3. 基本事項

3.1 適用法令等

検討は以下の関連諸法規，規準及び規格に準拠する。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601-2008) (日本電気協会)
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準 (日本建築学会 2010 年改定)
- (4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準 (日本建築学会 2005 年改定)
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010 年改定)

4. 床スラブの設計

4.1 モデル化の基本方針

スラブにおいて、壁及び梁で囲まれた範囲のうち鉛直地震動による影響に対する対象として、図 4-1 に示す範囲をモデル化する。

スラブの解析モデルは、4 辺固定スラブとして評価する。スラブの解析モデルを図 4-2 示す。

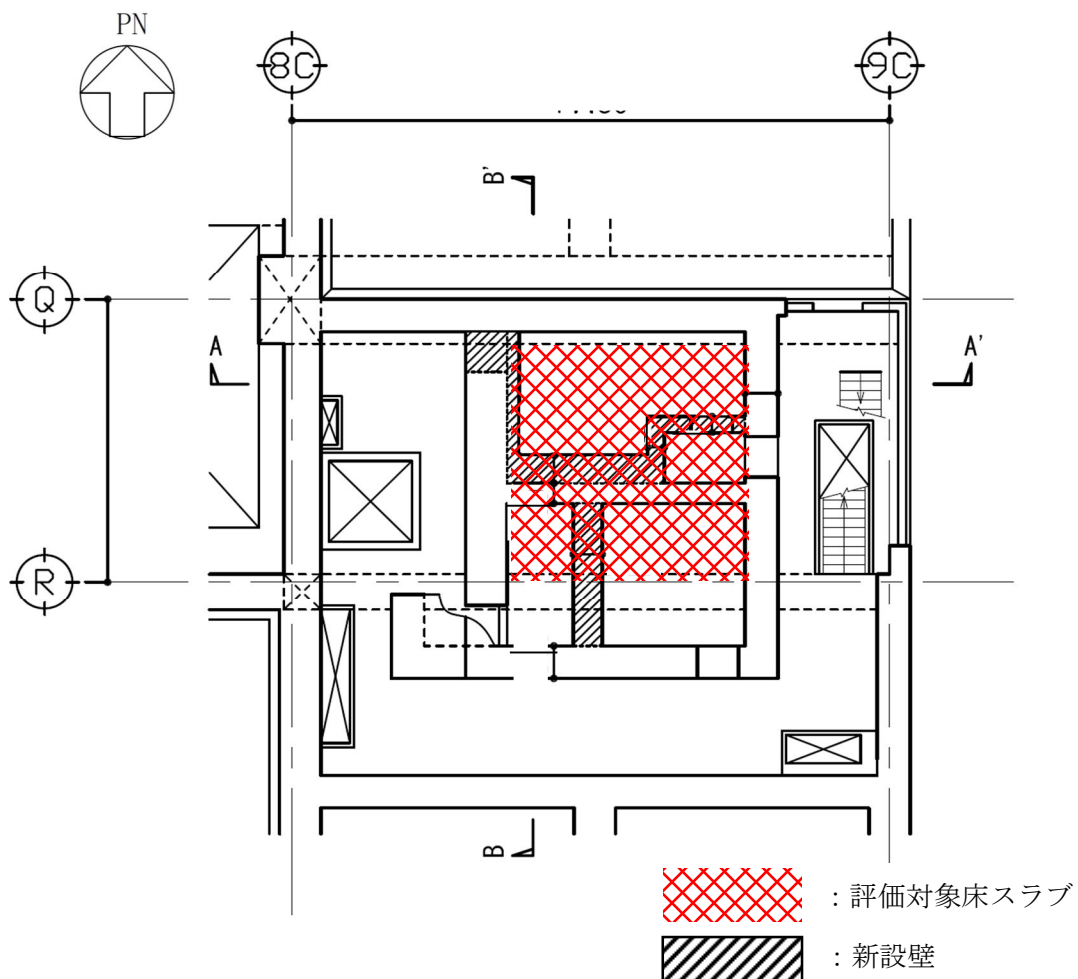


図 4-1 床スラブ評価対象範囲図

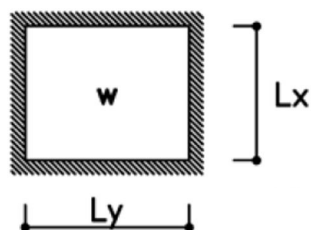


図 4-2 床スラブ解析モデル

5. 遮蔽壁の設計

5.1 モデル化の基本方針

基準地震動 S_s による地震応答解析によって求めた該当階のせん断力が，各方向の遮蔽壁に作用するものとする。各方向の考慮する遮蔽壁を図 5-1 に示す。

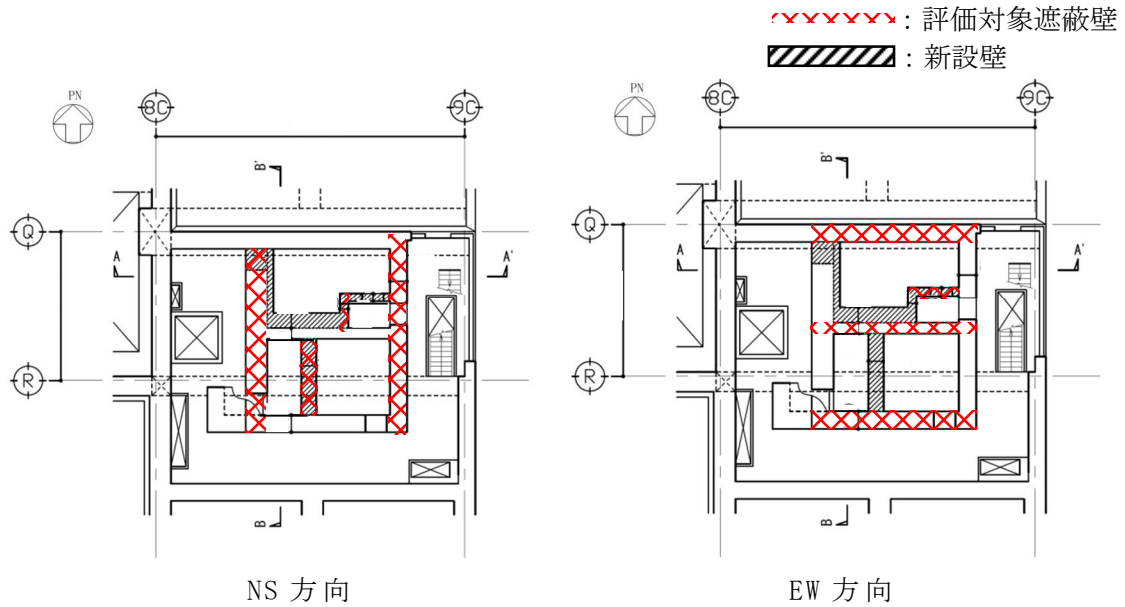


図 5-1 遮蔽壁の検討対象部位

V-2-9 原子炉格納施設の耐震性についての計算書

V-2-9-1 原子炉格納施設の耐震計算結果

目次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、原子炉格納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

原子炉格納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。既設の設計基準対象施設については、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差異の有無を整理した。また、重大事故等対処施設のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。

原子炉格納施設の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差異がない施設の耐震計算は、工事計画認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

なお、既設の設備における弾性設計用地震動 S_d による耐震計算については、基準地震動 S_s による評価結果が弾性設計用地震動 S_d の許容限界を満足する場合、省略することとし、省略せず耐震評価を実施する場合は、静的地震力についても考慮することとする。

V-2-9-1-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	6
4.1 設計荷重	6
5. 応力計算	8
5.1 応力評価点	8
5.2 計算方針	9

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は原子炉格納容器の地震応答解析、応力評価により行う。

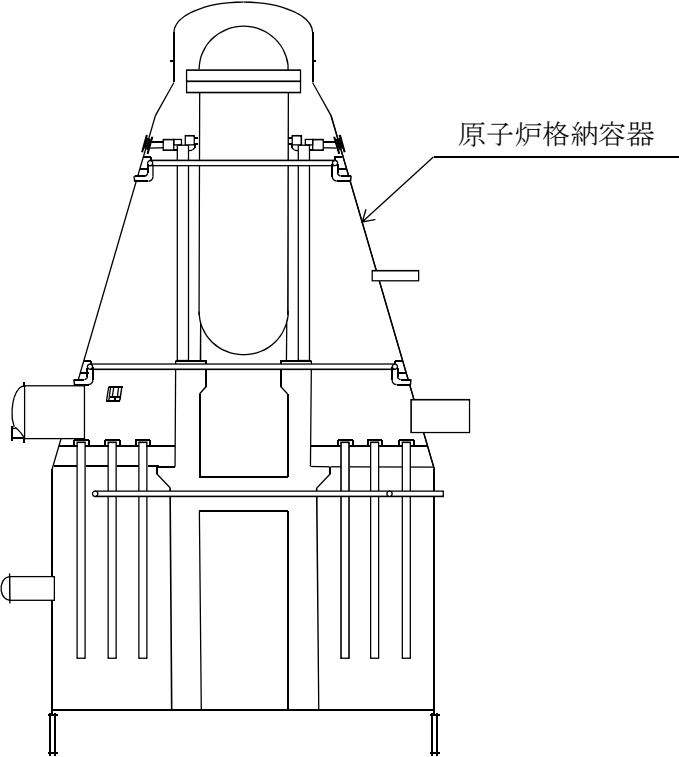
原子炉格納容器は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

原子炉格納容器の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・EL0.49 m 以下においてコンクリートに埋設されており、ドライウエル外側壁及び原子炉建物の基礎と一体となっている。	・上部円錐胴部円筒形の鋼製容器（胴部内径 全高 であり、板厚は である。 ドライウエルの水平地震力はシアラグ及びドライウエル下部より原子炉建物に伝達される。	

2.2 評価方針

- (1) 原子炉格納容器胴の応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは N A S T R A N を用いる。なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N 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. 形状及び主要寸法

原子炉格納容器胴の形状及び主要寸法を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

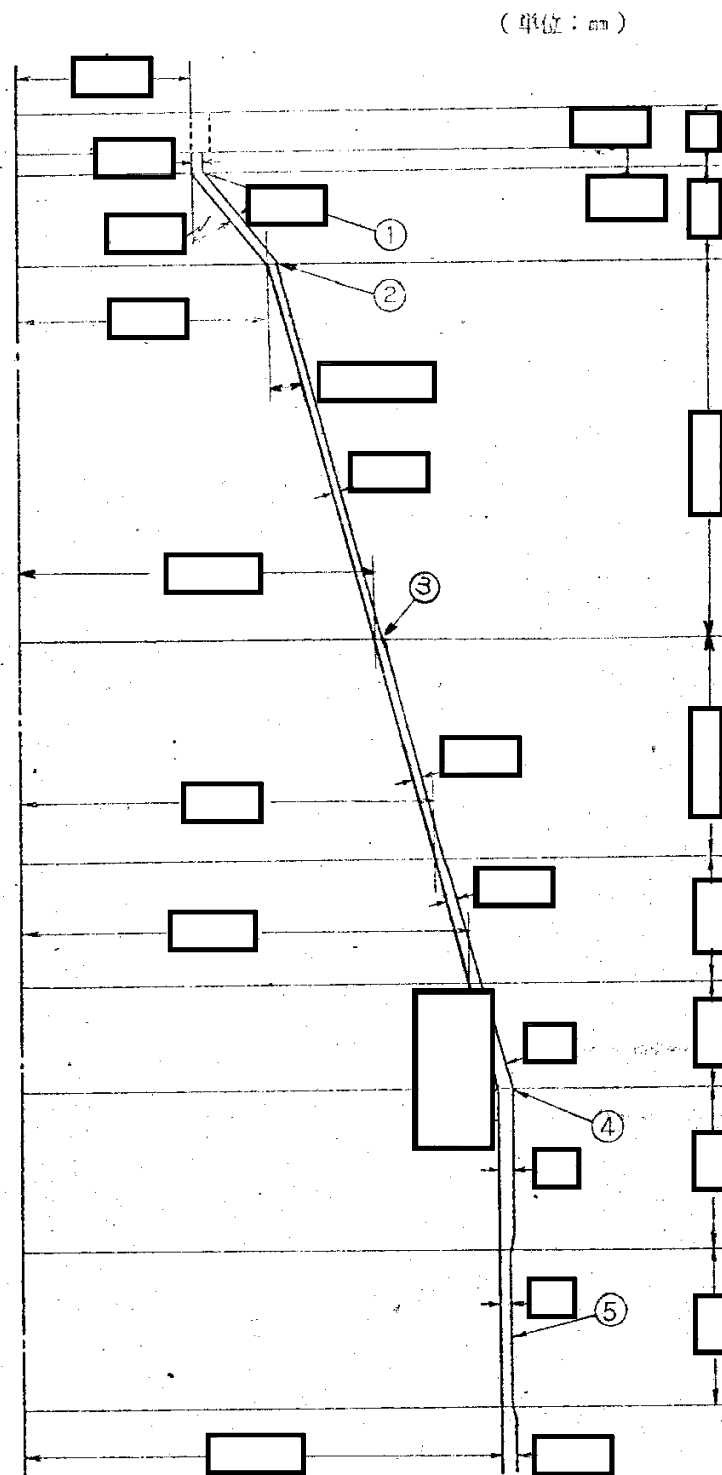


図 3-1 ドライウェル円錐部, サプレッションチェンバ円筒部の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

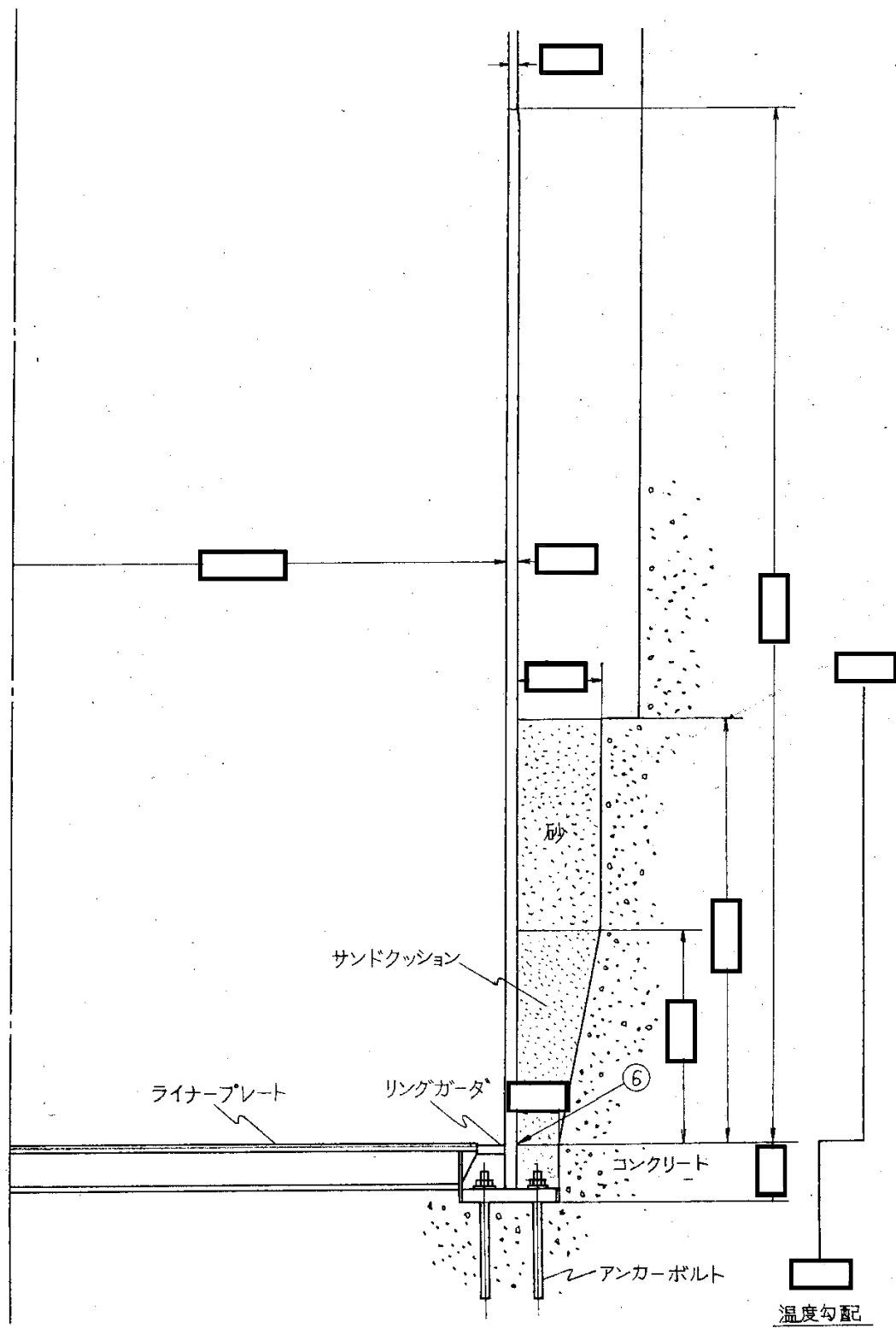


図 3-2 サプレッションチェンバ円筒部, サンドクッション部の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

a. ドライウエル

内圧 P_D	310 kPa
外圧 P_{D0}	14 kPa
温度 T_D	171 °C

b. サプレッションチェンバ

内圧 P_D	310 kPa
外圧 P_{D0}	14 kPa
温度 T_D	104.5 °C

(2) 冷却材喪失事故後の最大内圧 P_{DBA}

ドライウエル	255 kPa
サプレッションチェンバ	196 kPa

(3) 重大事故等対処施設としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SA(L)}$	465 kPa (SA 後長期)
内圧 $P_{SA(LL)}$	200 kPa (SA 後長々期)
温度 $T_{SA(L)}$	171 °C (SA 後長期)
温度 $T_{SA(LL)}$	150 °C (SA 後長々期)

(4) 死荷重

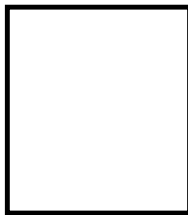
死荷重はドライウエル及びサプレッションチェンバ容器の自重及びシェルに取付くアタッチメントの重量を考慮したものである。死荷重の値が大きく変化する代表的応力評価点に対して荷重の大きさを示す。

点③

点④

点⑤

点⑥



(5) 活荷重

内部機器支持ビームから加わる荷重 (燃料交換時以外)

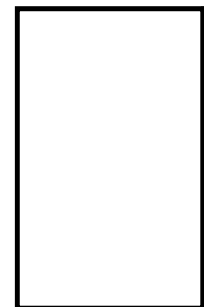
内部機器支持ビームから加わる荷重 (燃料交換時)

イクイプメントハッチ床に加わる荷重

パーソネルエアロック床に加わる荷重

サプレッションチェンバ内のキャットウォークに加わる荷重

溶接パッドの支持荷重



(6) 水荷重

ドライウェル下フランジ・シールプレートに加わる荷重（燃料交換時）

リングガーターにかかるサプレッションチェンバ内保有水重量

スプレイヘッダ内保有水重量

重大事故等対処施設の評価に用いる水荷重として，下記の冠水水位による水頭圧を考慮する。

冠水水位

5. 応力計算

5.1 応力評価点

原子炉格納容器胴の形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1、図 3-1 及び図 3-2 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
①	円筒部と円錐部の接合部
②	円錐部の角度変化部
③	円錐部の板厚変化部
④	円錐部と円筒部の接合部
⑤	円筒部（中央部）
⑥	底部のフランジプレートとの接合部

5.2 計算方針

各荷重により原子炉格納容器胴に生じる応力は、解析コードN A S T R A Nを使用して計算する。原子炉格納容器の計算モデルを図 5-1 に示す。

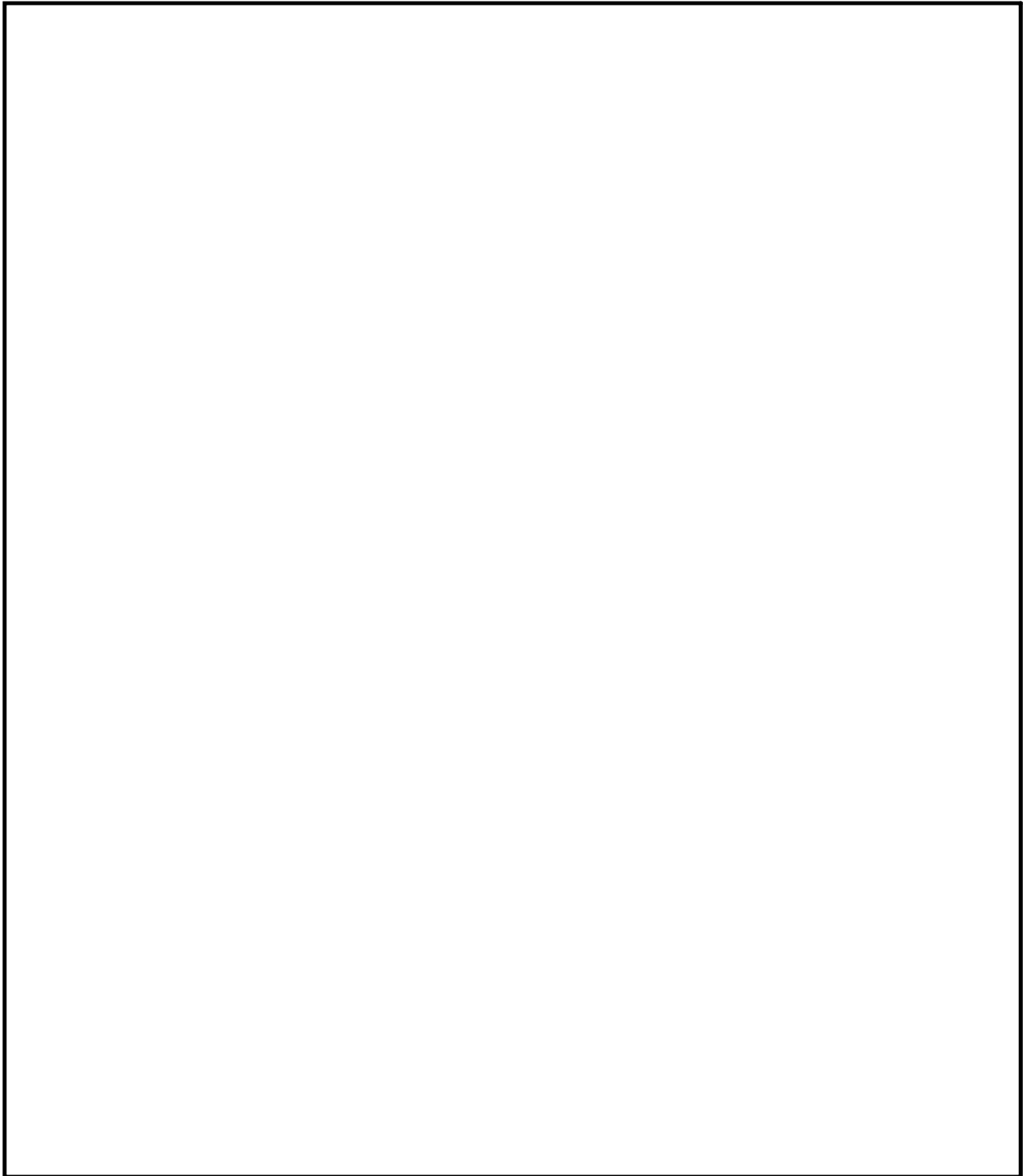


図 5-1 計算モデル

V-2-9-1-1-1 原子炉格納容器底部コンクリートマットの
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	10
3. 応力解析による評価方法	11
3.1 評価対象部位及び評価方針	11
3.2 荷重及び荷重の組合せ	13
3.3 許容限界	16
3.4 解析モデル及び諸元	19
3.5 評価方法	21

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉格納容器底部（以下「原子炉格納容器底部コンクリートマット」という。）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「S クラスの施設」及び「S クラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、原子炉建屋の一部を構成している。原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

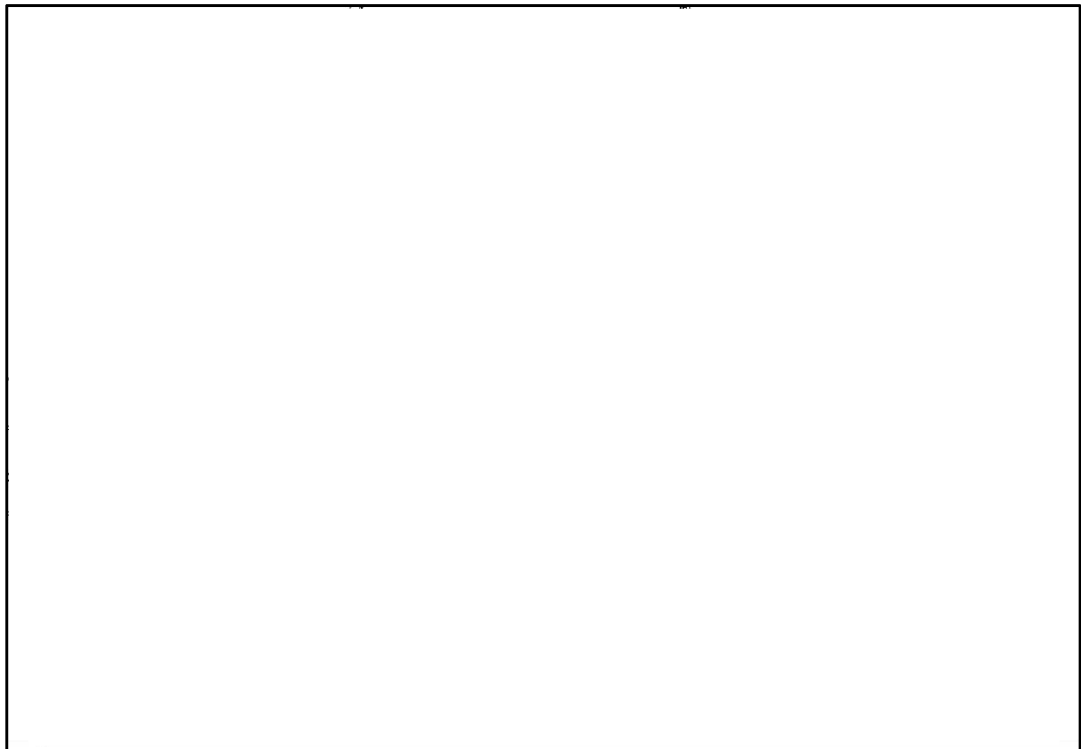


図 2-1 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋の設置位置

2.2 構造概要

原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤は、鉄筋コンクリート造で、底面位置における平面規模は、南北方向 68.5 m、東西方向 68.25 m、厚さ 5.0 m である。また、この基礎盤は、原子炉本体の基礎（以下「RPV 基礎」という。）、原子炉格納容器（以下「PCV」という。）、その周囲の 1 次遮蔽壁（以下「シェル壁 (S/W)」という。）、原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の外壁（以下「内部ボックス壁 (I/W)」という。）及び原子炉建屋付属棟（以下、「付属棟」という。）の外壁（以下「外部ボックス壁 (O/W)」という。）を支持している。

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、原子炉格納容器底部の圧力バウンダリを構成する厚さ 5.0 m の鉄筋コンクリート造の構造体であり、その上面には耐漏洩性を持たせるために鋼製ライナが設けられている。また、この底部コンクリートマットは、原子炉棟基礎及び付属棟基礎と一体となっている。

原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

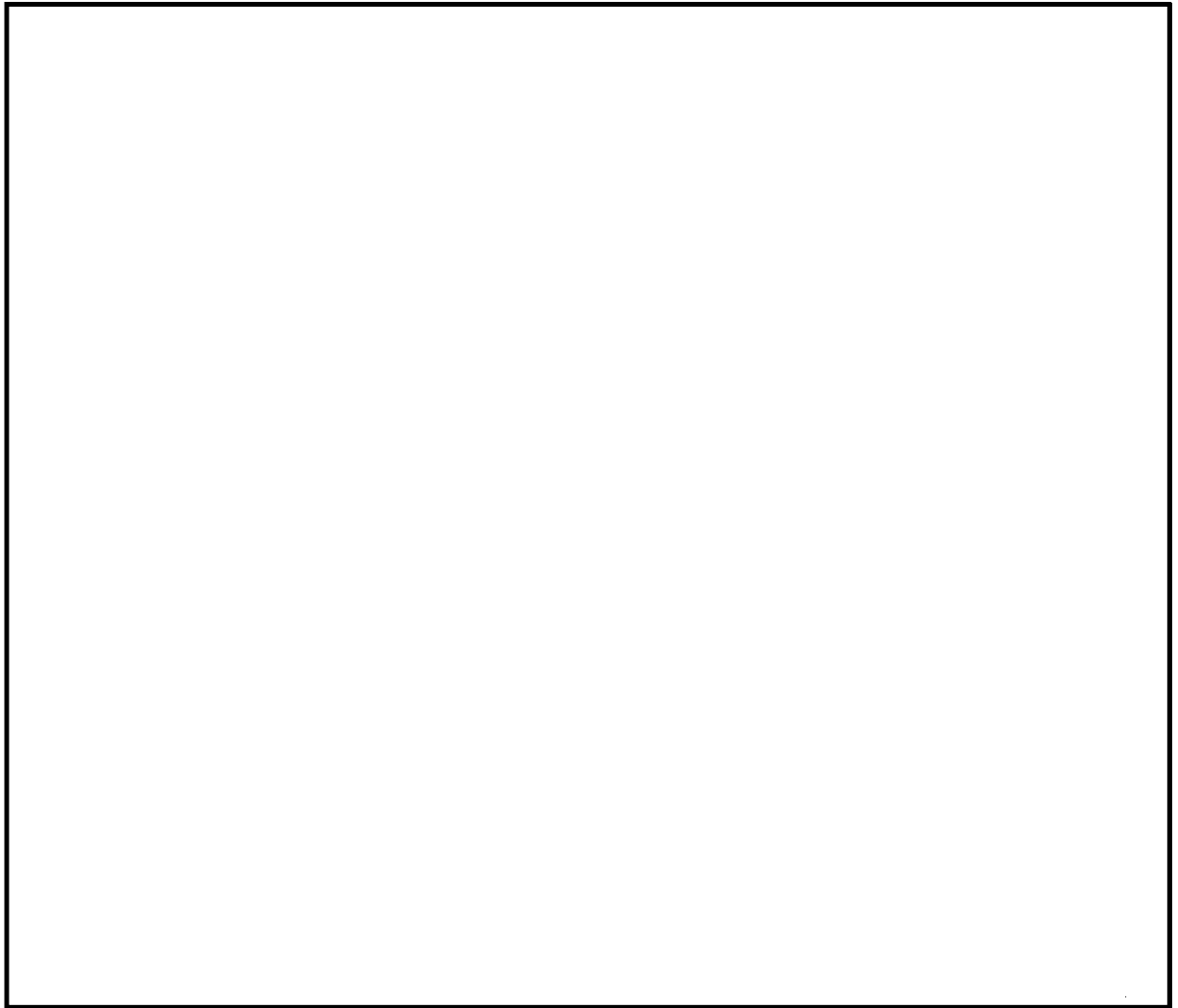


図 2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の
概略平面図 (EL. -4.0 m)

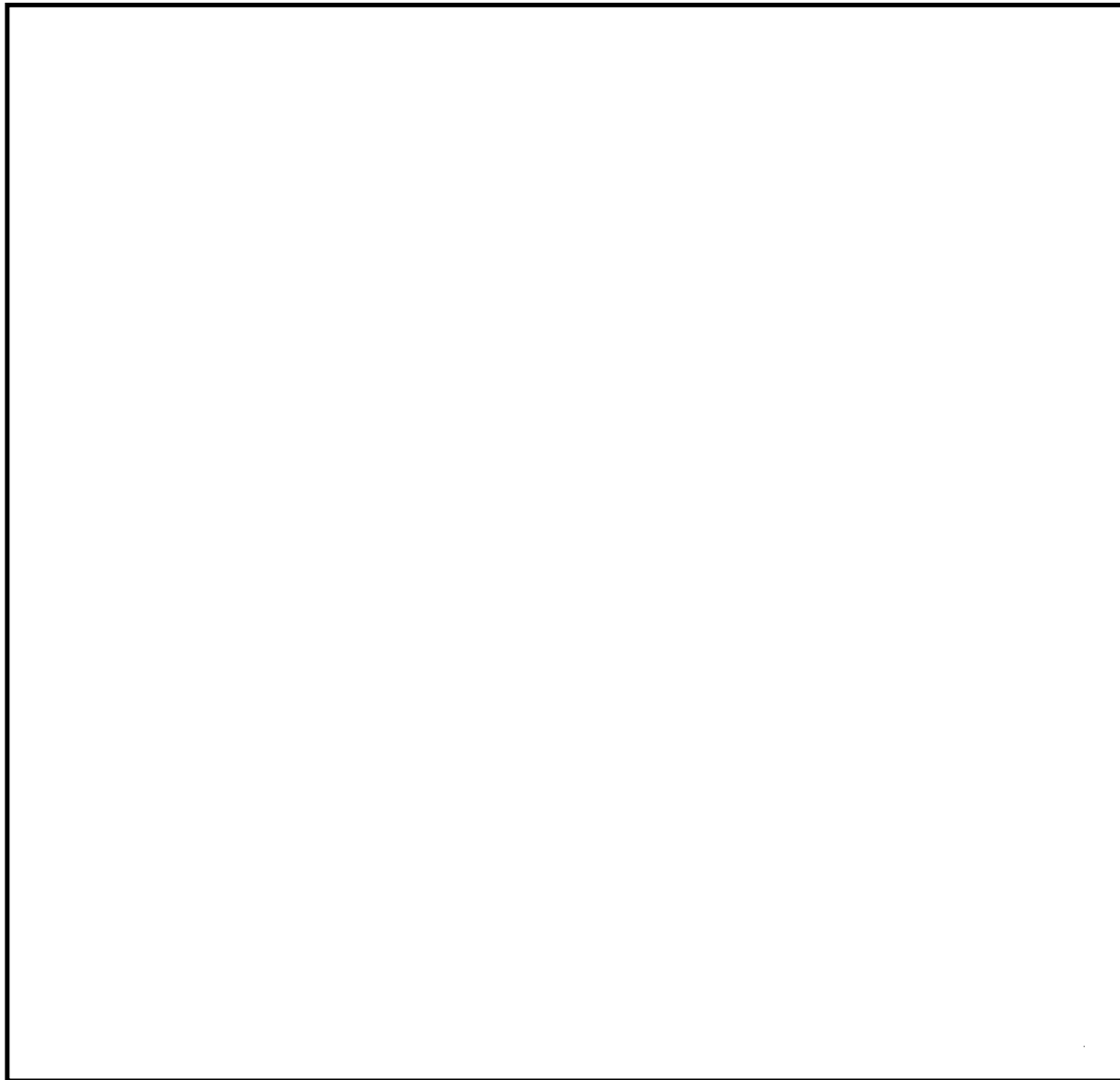


図 2-3 (1/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の
概略断面図 (A-A 断面)

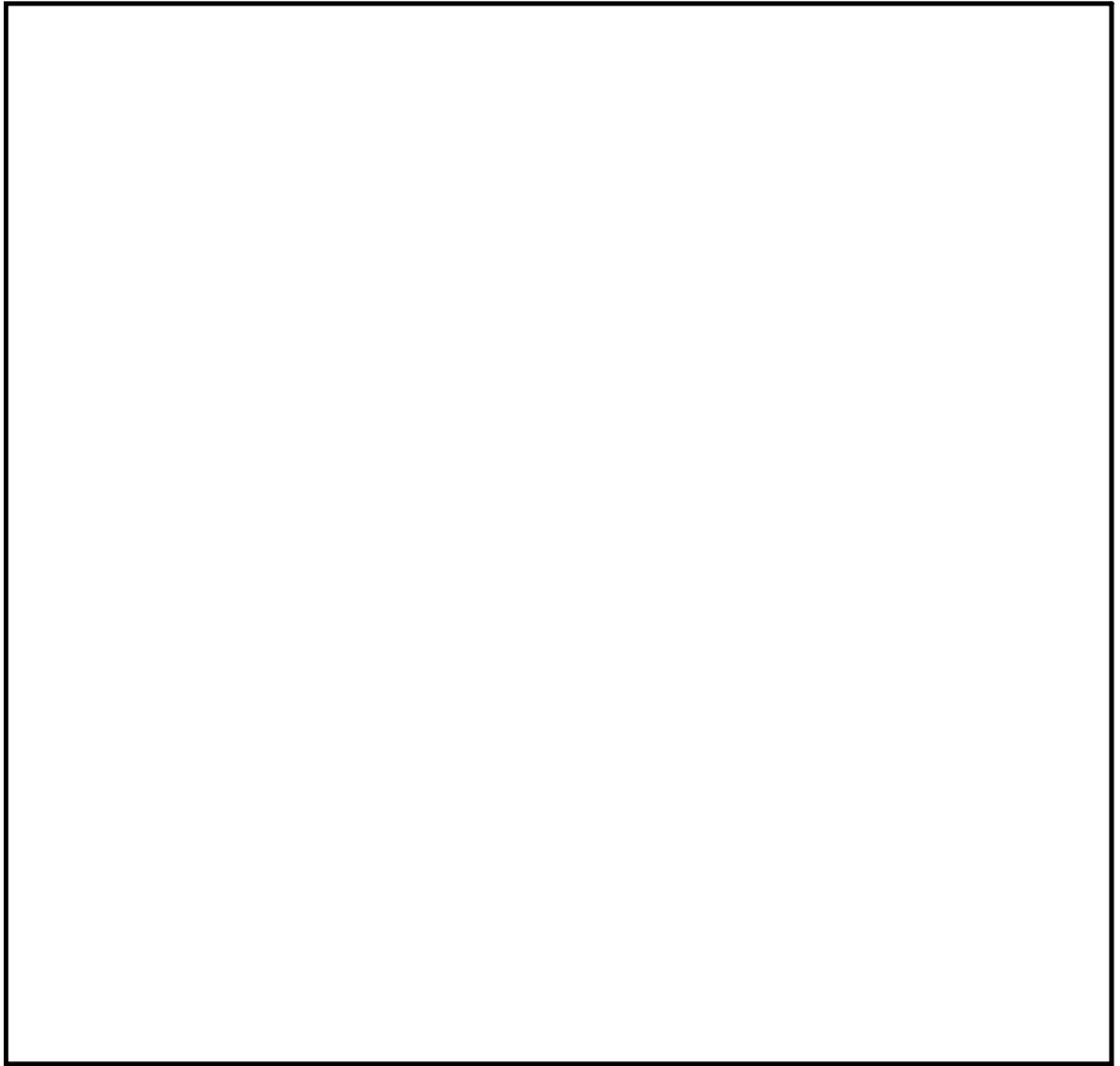


図 2-3 (2/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の
概略断面図 (B-B 断面)

2.3 評価方針

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

原子炉格納容器底部コンクリートマットの設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価及び基準地震動 S_s による地震力に対する評価を行うこととし、それぞれの評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて考慮すべき荷重は、通常荷重、運転時荷重、事故時荷重及び地震荷重等種類が多く、性質を異にしている。また、これらの荷重はその発生確率、他の荷重発生との同時性等が各々異なっているため、以下の4つの荷重状態に分類する。

本評価では、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している通常荷重、運転時荷重及び事故時荷重が工事計画認可申請書（47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可）（以下「既工事計画」という。）と同一であること、更に、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 S_d による地震力及び静的地震力が既工事計画の地震荷重よりも小さいことから、荷重状態Ⅳの地震時に関する荷重の組合せについて評価を行う。

- (1) 荷重状態Ⅰ：通常運転時の状態
- (2) 荷重状態Ⅱ：逃し安全弁作動時、試験時または積雪時の状態
- (3) 荷重状態Ⅲ：荷重状態Ⅰ、荷重状態Ⅱ及び荷重状態Ⅳ以外の状態
- (4) 荷重状態Ⅳ：格納容器の安全設計上想定される異常な状態が生じている状態

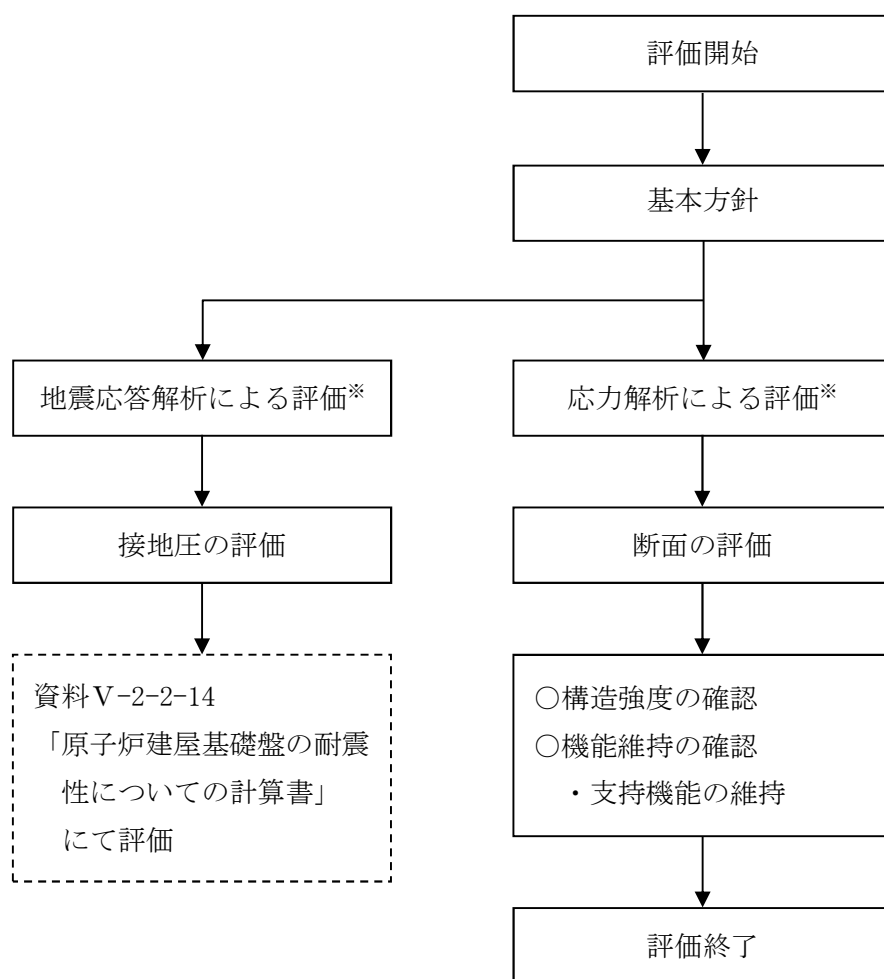
原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉格納容器底部コンクリートマットの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。なお、接地圧は、原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに原子炉棟基礎及び付属棟基礎を一体として扱い、原子炉建屋基礎盤全体として評価する。機能維持の確認においては、支持機能を確認する。なお、気密性の確認については、ライナープレートの変形が原子炉格納容器底部コンクリートマットの変形に追従する形で制限されていることから、その構造強度を確認することで間接的に気密性を担保する。評価にあたっては、 S_s 地震時に対する評価で、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による地盤物性のばらつきを考慮する。なお、接地圧の評価においては、原子炉格納容器底部コンクリートマットを含めた原子炉建屋基礎盤に対する評価を資料V-2-9-1-13「原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」に示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、上記の荷重状態ⅠからⅣに以下の荷重状態Ⅴを加えた5つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅴの地震時における評価に関する荷重の組合せに対する評価を行う。

- (5) 荷重状態Ⅴ：発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、または重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる状態

ここで、原子炉格納容器底部コンクリートマットにおける荷重状態Ⅲ及びⅣでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なる。コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられること、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価フローを図 2-4 に示す。



※：資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格((社)日本機械学会, 2003) (以下「CCV規格」という。)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 応力解析による評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉格納容器底部コンクリートマットの応力解析による評価対象部位は、底部とし、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析により評価を行う。3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析にあたっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。

荷重状態Ⅳ及びⅤに対しては、以下の方針に基づき断面の評価を行う。また、応力解析による評価フローを図3-1に示す。

(1) 荷重状態Ⅳに対する評価

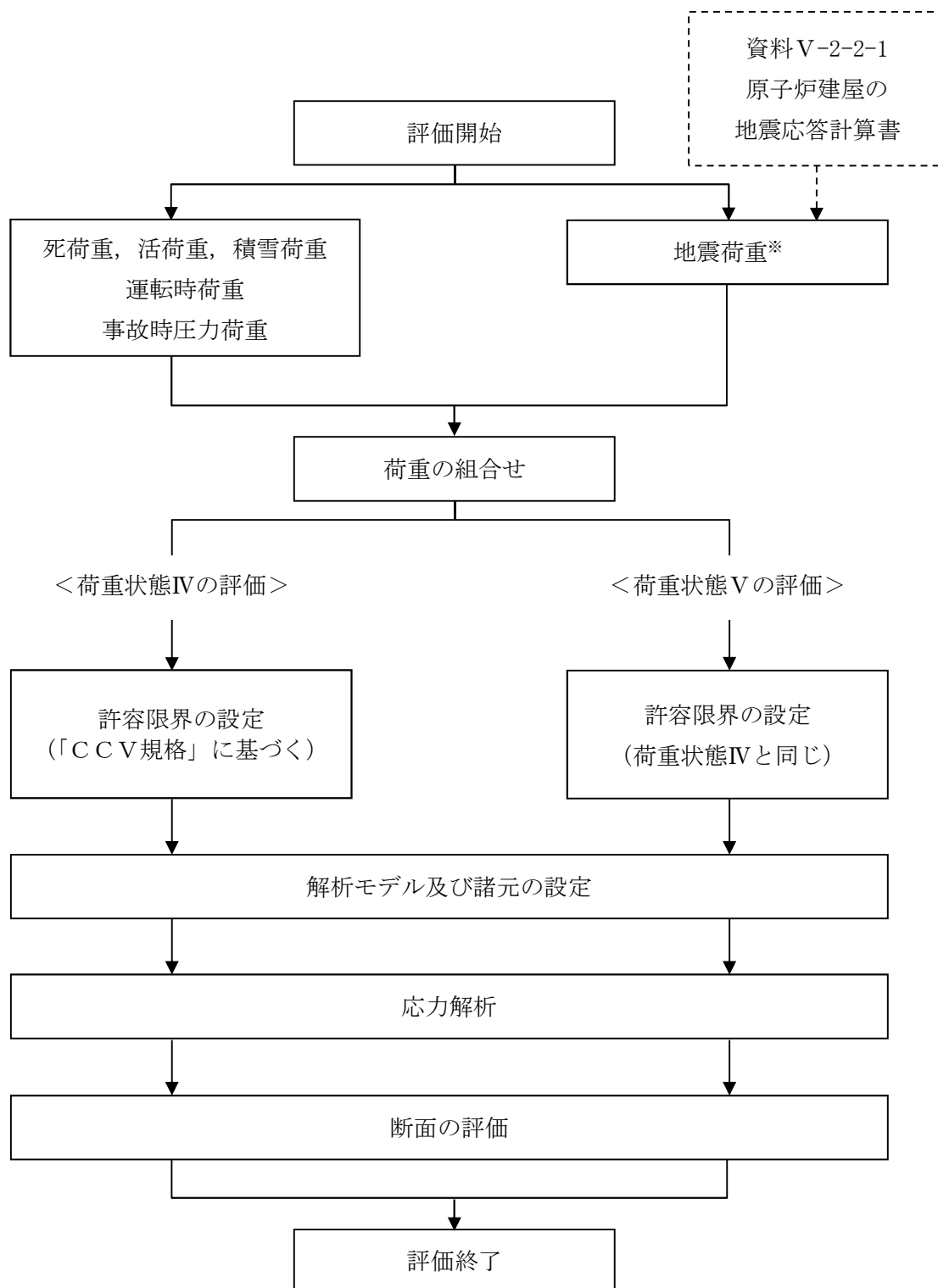
荷重状態Ⅳに対する評価は、原子炉格納容器底部コンクリートマットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力またはひずみが、「CCV規格」に基づいて設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、S_s地震時において地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行う。

(2) 荷重状態Ⅴに対する評価

荷重状態Ⅴに対する評価は、原子炉格納容器底部コンクリートマットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力またはひずみが、荷重状態Ⅳと同じものとして設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、S_s地震時及びS_d地震時において、地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行うこととする。



※：ばらつきについては，資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づく。

図 3-1 応力解析による評価フロー

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

3.2.1 荷重

(1) 通常荷重（死荷重（D）、活荷重（L））

原子炉格納容器底部コンクリートマットの底部に作用する通常荷重は表 3-1 の通り設定する。

表 3-1 通常荷重

部位	通常荷重 (kN)
O/W	397800
I/W	392300
S/W	309900
PCV	20900
RPV 基礎	66457
基礎スラブ上	149863
基礎スラブ自重	561020

(2) 運転時荷重（ P_1 , H_1 ）

原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて、運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。

a. 運転時圧力（ P_1 ）

運転時圧力による荷重は次のとおりである。

- ・ 2741 kN（圧力 5.2 kPa）

b. 運転時水圧荷重（ H_1 ）

運転時の静水圧による荷重は次のとおりである。

- ・ 34700 kN

(3) 重大事故等時荷重 (P_{SAL} , H_{SAL} , P_{SALL} , H_{SALL})

原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて、重大事故等時(以下「SA 時」という。)の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。

a. SA 時の状態で長期的に作用する荷重

SA 時の状態で長期的(以下「SA (L) 時」という。)に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (L) 時圧力 (P_{SAL})

(b) SA (L) 時水圧荷重 (H_{SAL})

b. SA 時の状態で SA (L) 時より更に長期的に作用する荷重

SA 時の状態で SA (L) 時より更に長期的(以下「SA (LL) 時」という。)に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (LL) 時圧力 (P_{SALL})

(b) SA (LL) 時水圧荷重 (H_{SALL})

(4) 地震荷重 (K_{SAd} , K_s)

a. S_d 地震荷重 (K_{SAd}) 及び S_s 地震荷重 (K_s)

水平地震力及び鉛直地震力は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

(5) 積雪荷重 (S)

積雪荷重 (S) は、資料 V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せ及び資料 V-2-9-1-10「原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」に基づき表 3-2 のように設定する。なお、本資料において「3.3 許容限界」以降で積雪荷重は、活荷重に含めて評価する。

表 3-2 積雪荷重

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
S_s 地震時	210 N/m ²

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重時	荷重の組合せ
IV	地震時	$D + L + P_1 + H_1 + K_S$
V	(異常＋地震) 時	$D + L + P_{SAL} + H_{SAL} + K_{SAd}$
		$D + L + P_{SALL} + H_{SALL} + K_S$

- D : 死荷重
- L : 活荷重 (地震時の積雪荷重を含む)
- P_1 : 運転時圧力
- H_1 : 運転時水圧荷重
- P_{SAL} : SA (L) 時圧力
- H_{SAL} : SA (L) 時水圧荷重
- P_{SALL} : SA (LL) 時圧力
- H_{SALL} : SA (LL) 時水圧荷重
- K_{SAd} : 弾性設計用地震動 S_d による地震力
- K_S : 基準地震動 S_s による地震力

3.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉格納容器底部コンクリートマットの許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表3-4及び表3-5のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-6及び表3-7に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表3-8に示す。

表3-4 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	荷重状態	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	荷重状態Ⅳ	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値
支持機能 ※	機器・配管系などの設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態Ⅳ	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値

※：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 3-5 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求 機能	機能設計上の 性能目標	荷重状態	部 位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を 有すること	荷重状態Ⅴ	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	荷重状態Ⅴの許容値※2
		荷重状態Ⅳ 地震時	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値
支持 機能 ※1	機器・配管系などの設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態Ⅴ	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	荷重状態Ⅴの許容値※2
		荷重状態Ⅳ 地震時	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値

※1：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

※2：荷重状態Ⅴの許容値として、荷重状態Ⅳの許容値と同じ許容値を適用する。

表 3-6 コンクリートの許容応力度

荷重 状態	F_c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
Ⅲ	22.1	14.7	1.06

表 3-7 鉄筋の許容応力度

荷重 状態	引張及び圧縮 (N/mm ²)	面外せん断補強 (N/mm ²)
	SD345※	SD345※
Ⅲ	345	345

※：既工事計画の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

表 3-8 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

荷重 状態	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
Ⅳ	0.003	0.005
Ⅴ	0.003	0.005

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、付録15「計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

基礎スラブについては、EL. -9.0 m～EL. -4.0 mをモデル化する。上部構造については、EL. -4.0 m～EL. 14.0 mをモデル化し、剛性を考慮する。人工岩盤については、EL. -17.0 m～EL. -9.0 mをモデル化する。解析モデルを図3-2に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、基礎盤についてはシェル要素、人工岩盤についてはソリッド要素とする。また、基礎盤より立ち上がっている耐震壁については、梁要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は5844、要素数は5078である。

(3) 境界条件

支持地盤として、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを人工岩盤の下端に設ける。3次元FEMモデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。なお、基礎盤と人工岩盤の境界部にはギャップ要素を設け、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。

3.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表3-9に示す。

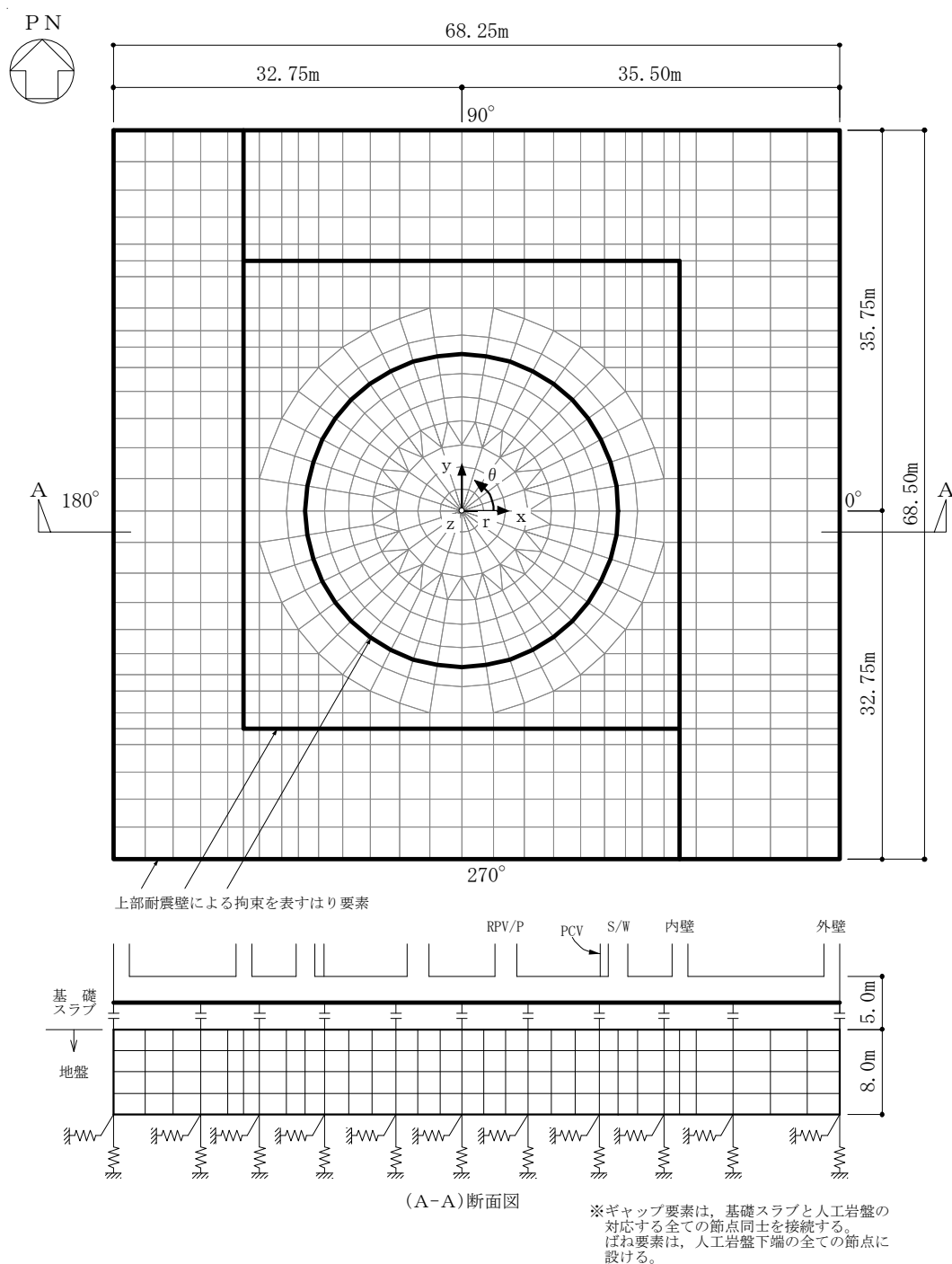


図 3-2 解析モデル

表 3-9 使用材料の物性値

部 位	コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
基礎版	22.1	2.21×10^4	0.2
人工岩盤	13.7	1.88×10^4	0.2

3.5 評価方法

3.5.1 応力解析方法

原子炉建屋基礎盤について、荷重状態Ⅳ及び荷重状態Ⅴに対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

各荷重状態で考慮する S_d 地震時及び S_s 地震時の応力は、組合せるべき荷重を全て同時に作用させて応力解析を行う。

単独荷重の記号を以下に示す。

DL	: 通常荷重
P_1	: 運転時圧力
H_1	: 運転時水压荷重
$K_{SdWE}^{※}$	: W→E 方向 S_d 地震荷重
$K_{SdSN}^{※}$	: S→N 方向 S_d 地震荷重
$K_{SdDU}^{※}$	: 鉛直方向 S_d 地震荷重
$K_{SsWE}^{※}$	: W→E 方向 S_s 地震荷重
$K_{SsSN}^{※}$	: S→N 方向 S_s 地震荷重
$K_{SsDU}^{※}$	: 鉛直方向 S_s 地震荷重
P_{SAL}	: SA (L) 時圧力
H_{SAL}	: SA (L) 時水压荷重
P_{SALL}	: SA (LL) 時圧力
H_{SALL}	: SA (LL) 時水压荷重

※: 加力方向による絶対値の差異はないため、計算上の座標軸を基本として、EW 方向は W→E 方向加力、NS 方向は S→N 方向加力、鉛直方向は上向き加力を記載している。

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表3-10に示す。水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 - 2008 ((社) 日本電気協会, 2008 年)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。

表 3-10 (1/3) 荷重の組合せケース

荷重 状態	荷重時 名称	ケース No.	荷重の組合せ
IV	地震時	1-1	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		1-2	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		1-3	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		1-4	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		1-5	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		1-6	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		1-7	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		1-8	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		1-9	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		1-10	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		1-11	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		1-12	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		1-13	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		1-14	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
		1-15	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		1-16	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$

表 3-10 (2/3) 荷重の組合せケース

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時	2-1	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdWE} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-2	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdWE} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-3	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdWE} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-4	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdWE} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-5	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdSN} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-6	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdSN} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-7	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdSN} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-8	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdSN} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-9	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdWE} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-10	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdWE} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-11	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdWE} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-12	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdWE} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-13	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdSN} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-14	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdSN} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-15	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdSN} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-16	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdSN} + 1.0K_{SAdDU}$

表 3-10 (3/3) 荷重の組合せケース

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時	3-1	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		3-2	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		3-3	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		3-4	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		3-5	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		3-6	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		3-7	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		3-8	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		3-9	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		3-10	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		3-11	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		3-12	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		3-13	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		3-14	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
		3-15	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		3-16	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$

(3) 荷重の入力方法

a. 通常荷重，運転時荷重及び事故時荷重

モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

b. 地震荷重

上部構造物である RPV 基礎，PCV 及び各耐震壁からの地震時反力を考慮する。

水平地震力は，上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントとし，せん断力は水平力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力し，曲げモーメントは鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

鉛直地震力は，上部構造物からの軸力とし，鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

また，基礎スラブ内に作用する荷重については，地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を F E Mモデルの各要素の大きさに応じて分配し，節点力として入力する。

なお，弾性設計用地震動 S_d による地震力については，全 8 波による地震力を包絡した地震力 S_d を設定する。また，基準地震動 S_s による地震力については， S_s-D1 による地震力 S_s^*-1 ， $S_s-11 \sim S_s-22$ の 6 波による地震力を包絡した地震力 S_s^*-2 及び S_s-31 による地震力 S_s^*-3 の 3 つの地震力を設定する。

水平方向の地震荷重を表 3-11 に，鉛直方向の地震荷重を表 3-12 に示す。

表 3-11 (1/2) 水平方向の地震荷重 (NS 方向)

部位	せん断力 (kN)			
	S_d	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	111000	164000	170000	207000
O/W (西側)	106000	162000	164000	208000
I/W (東側)	68600	105000	105000	137000
I/W (西側)	67900	103000	104000	134000
S/W	110000	168000	167000	219000
PCV	23200	39800	39800	39800
RPV 基礎	19300	33300	33300	33300
基礎版	66000	208900	115900	141900

部位	曲げモーメント (kN・m)			
	S_d	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	2240000	3620000	3720000	4160000
O/W (西側)	2550000	3940000	4120000	4620000
I/W (東側)	3570000	5400000	6060000	6070000
I/W (西側)	3490000	5270000	5930000	5920000
S/W	3750000	5600000	6120000	6540000
PCV	436000	849000	849000	849000
RPV 基礎	317000	570000	570000	570000
基礎版	2047000	2551000	1231000	4571000

表 3-11 (2/2) 水平方向の地震荷重 (EW 方向)

部位	せん断力 (kN)			
	S_d	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	117000	168000	139000	213000
O/W (南側)	113000	170000	137000	213000
I/W (北側)	69700	104000	83000	134000
I/W (南側)	65800	98500	78300	126000
S/W	114000	170000	135000	218000
PCV	23200	39800	39800	39800
RPV 基礎	19300	33300	33300	33300
基礎版	52000	198400	104600	132900

部位	曲げモーメント (kN・m)			
	S_d	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	3550000	5420000	4780000	6160000
O/W (南側)	1580000	2400000	1950000	2810000
I/W (北側)	3380000	5230000	4910000	5740000
I/W (南側)	3550000	5490000	5140000	6040000
S/W	3850000	5820000	5170000	6720000
PCV	436000	849000	849000	849000
RPV 基礎	317000	570000	570000	570000
基礎版	1837000	2321000	31000	4411000

表 3-12 鉛直方向の地震荷重

部位	軸力 (kN)			
	S_d	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W	131274	202878	250614	93881
I/W	129459	200073	247149	92583
S/W	102267	158049	195237	73136
PCV	5080	7550	7550	7550
RPV 基礎	33100	62900	62900	62900
基礎版	156820	262550	326550	58950

3.5.2 断面の評価方法

原子炉格納容器底部コンクリートマットの底部について、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度を算定し、「CCV規格」に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

荷重状態Ⅳ及びⅤにおいて、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみを算定する際は、「CCV規格」の CVE-3521.2 に基づき、表 3-8 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。ここで、鉄筋のひずみ算定において、発生応力が鉄筋の降伏応力度を超える場合は、エネルギー一定側に基づきひずみを算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみを算定する際のコンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図を図 3-3 に示す。

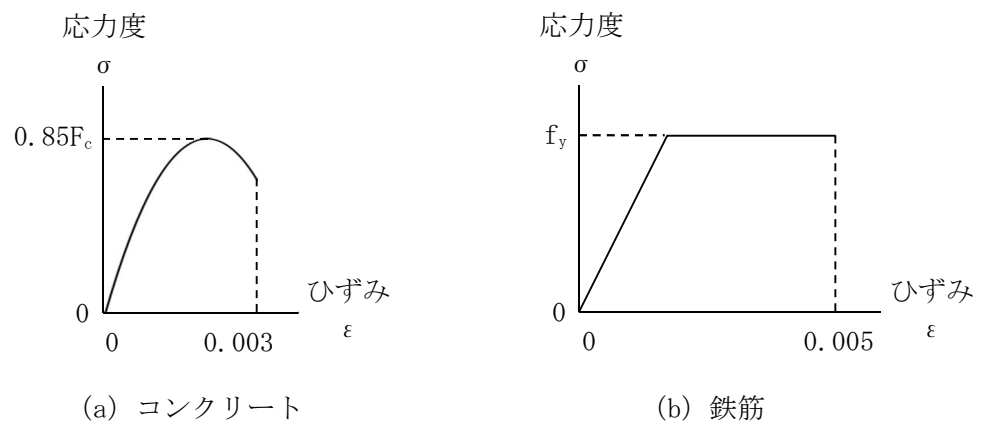


図 3-3 コンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「C C V規格」の CVE-3522 に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力度が、次式をもとに計算した許容面外せん断応力度を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 3-6 に示す値 (N/mm²)

V-2-9-1-2 上部シアラグ及びスタビライザの耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	6
4.1 設計荷重	6
4.2 材料及び許容応力	7

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、上部シアラグ及びスタビライザが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は上部シアラグ及びスタビライザの地震応答解析、応力評価により行う。

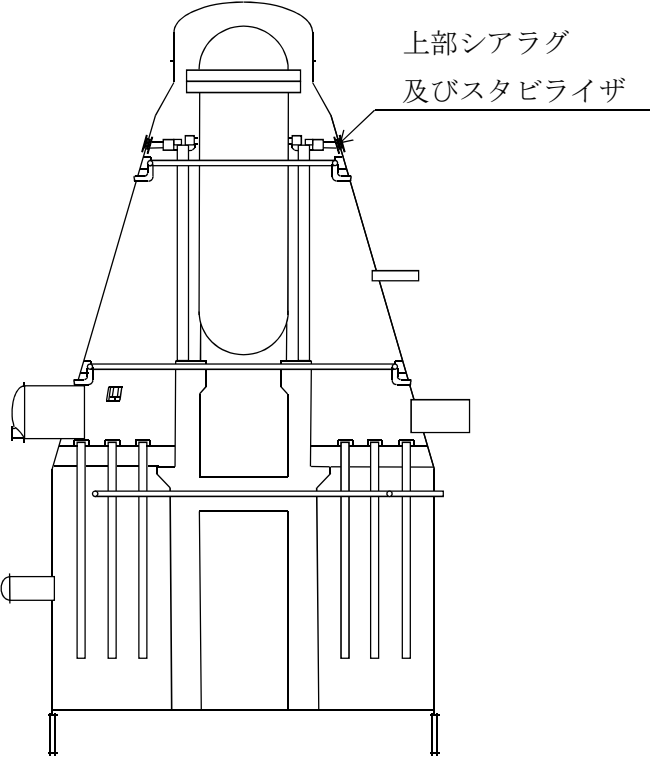
上部シアラグ及びスタビライザは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に分類され、以下、基準地震動の策定に伴う耐震評価を行う。

2. 構造説明

2.1 構造計画

上部シアラグ及びスタビライザの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・メイルシアラグは原子炉格納容器胴に溶接され、フィメイルシアラグは原子炉建屋にアンカーボルトで固定される。	・ドライウェルの水平地震力をシアラグにより、原子炉建屋に伝達する。	

2.2 評価方針

- (1) 上部シアラグ及びスタビライザの応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードはN A S T R A Nを用いる。なお、評価に用いる解析コードN A S T R A N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. 形状及び主要寸法

原子炉格納容器の上部シアラグ及びスタビライザの形状及び主要寸法を図3-1及び図3-2に示す。

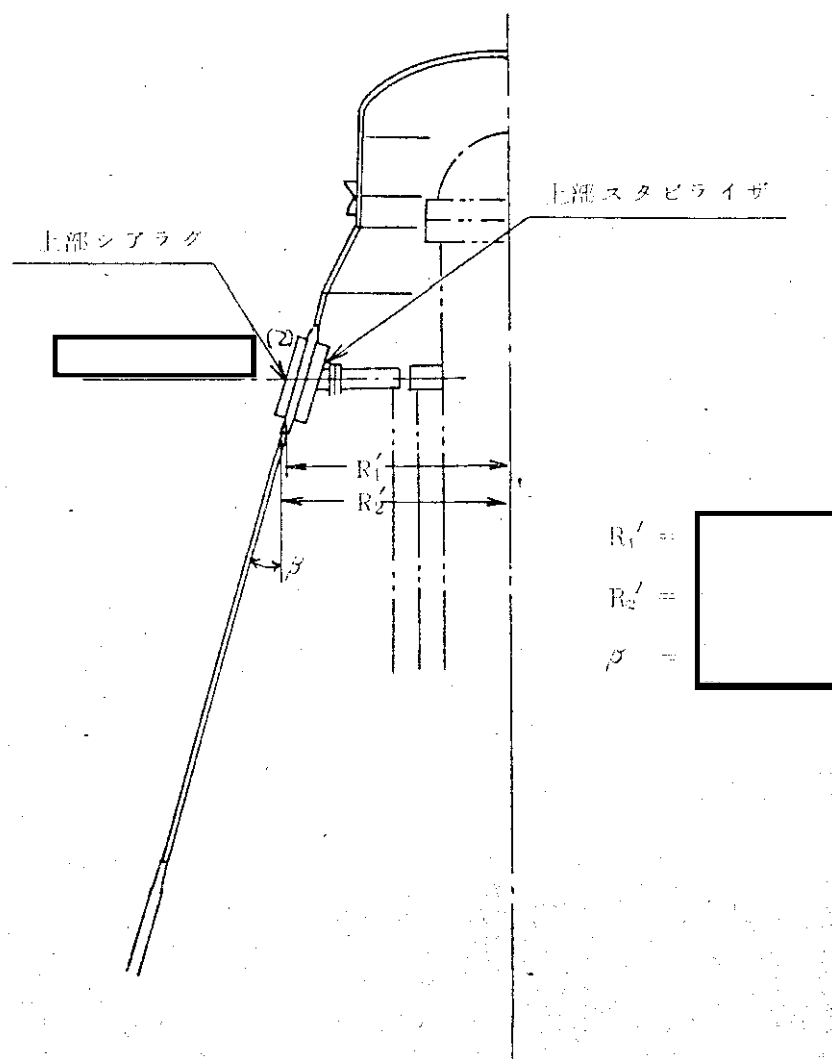


図3-1 上部シアラグ及びスタビライザの形状及び主要寸法（単位：mm）

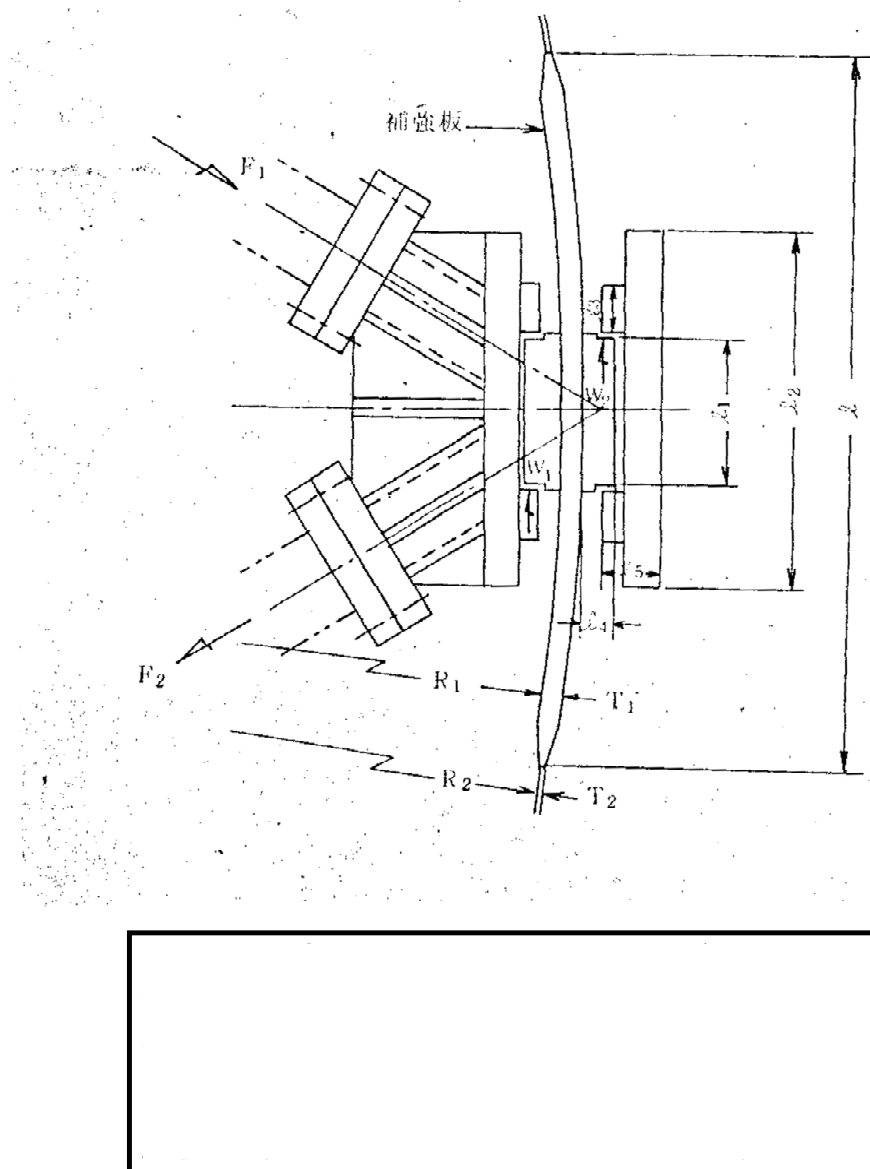


図 3-2 上部シアラグ及びスタビライザの形状及び主要寸法（単位：mm）

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

ドライウェル円錐部シェル
メイルシアラグ
フィメイルシアラグ
スタビライザ
ウェブ
フランジ
アンカーボルト



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-1に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力を表4-2及び表4-3に示す。

表4-1 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	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
—		上部 シアラグ	S	—	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
原子炉 本体	原子炉 圧力容器 付属構造 物	原子炉 格納容器 スタビ ライザ	S	—	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	上部シア ラグと格 納容器胴 との接合 部	S	クラス MC容器	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d$	Ⅳ _A S

表4-2 上部シアラグ取付部の許容応力

(単位：MPa)

材料	許容応力 状態	許容応力		
		一次応力		一次＋二次応力
		P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	Ⅲ _A S	—	344	393
	Ⅳ _A S	—	380	393

表4-3 上部シアラグ及びスタビライザの許容応力

(単位：MPa)

材料	許容応力 状態	基準応力 F	許容応力（一次応力）			
			引張 f_t	曲げ f_b	せん断 f_s	組合せ f_t
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	Ⅲ _A S	229	229	229 (264)	132	229
	Ⅳ _A S	275	275	275 (317)	158	275
SCM435	Ⅲ _A S	592	444	—	342	—
	Ⅳ _A S		444	—	342	—

注記 * : () 内の値は，面外に曲げを受ける板の許容応力を示す。

V-2-9-1-3 下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	7
4.1 設計荷重	7
4.2 材料及び許容応力	10
5. 応力計算	12
5.1 応力評価点	12
5.2 計算方針	13

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの地震応答解析、応力評価により行う。

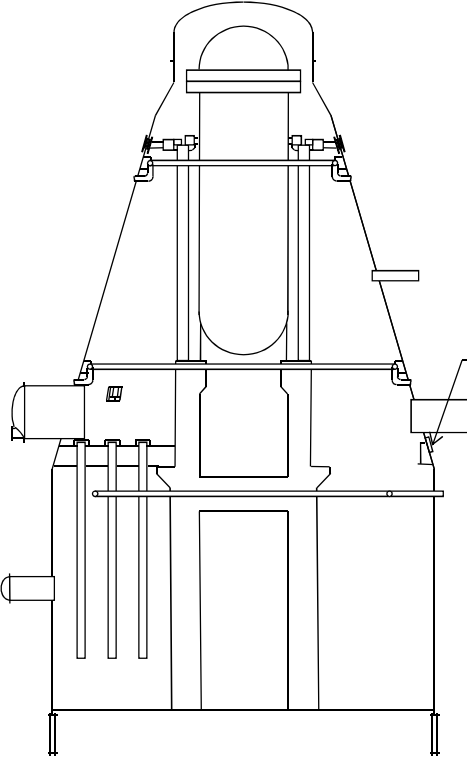
下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に分類され、以下、基準地震動の策定に伴う耐震評価を行う。

2. 構造説明

2.1 構造計画

下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・メイルシアラグは原子炉格納容器胴に溶接され、フィメイルシアラグは原子炉建屋にアンカーボルトで固定される。	・ドライウェルの水平地震力をシアラグにより、原子炉建屋に伝達する。	 下部シアラグ及び ダイヤフラムブラケット

2.2 評価方針

- (1) 下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは N A S T R A N を用いる。なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N 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. 形状及び主要寸法

原子炉格納容器の下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの形状及び主要寸法を図 3-1, 図 3-2 及び図 3-3 に示す。

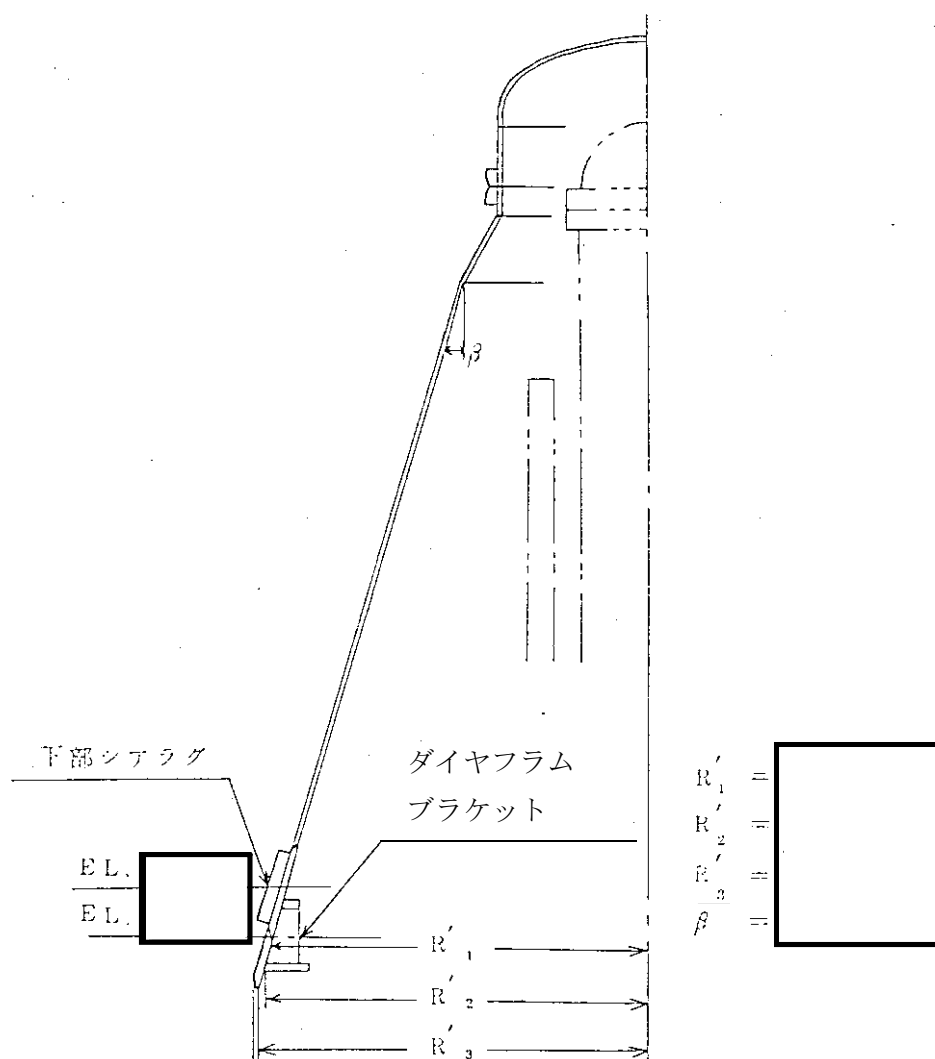


図 3-1 下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの形状及び主要寸法 (単位: mm)

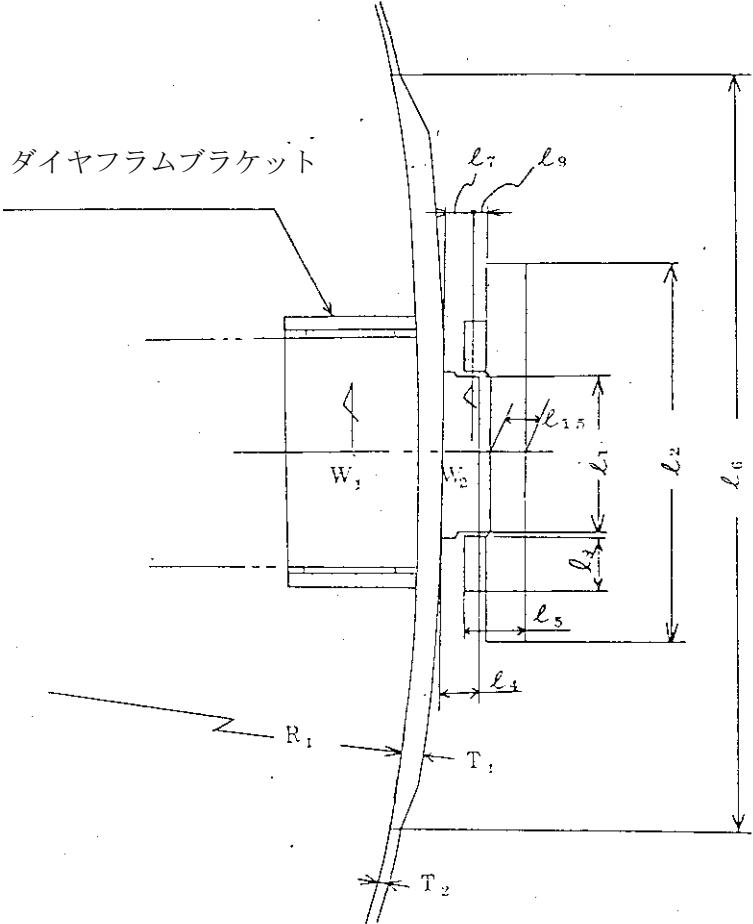


図 3-2 下部シアラグの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

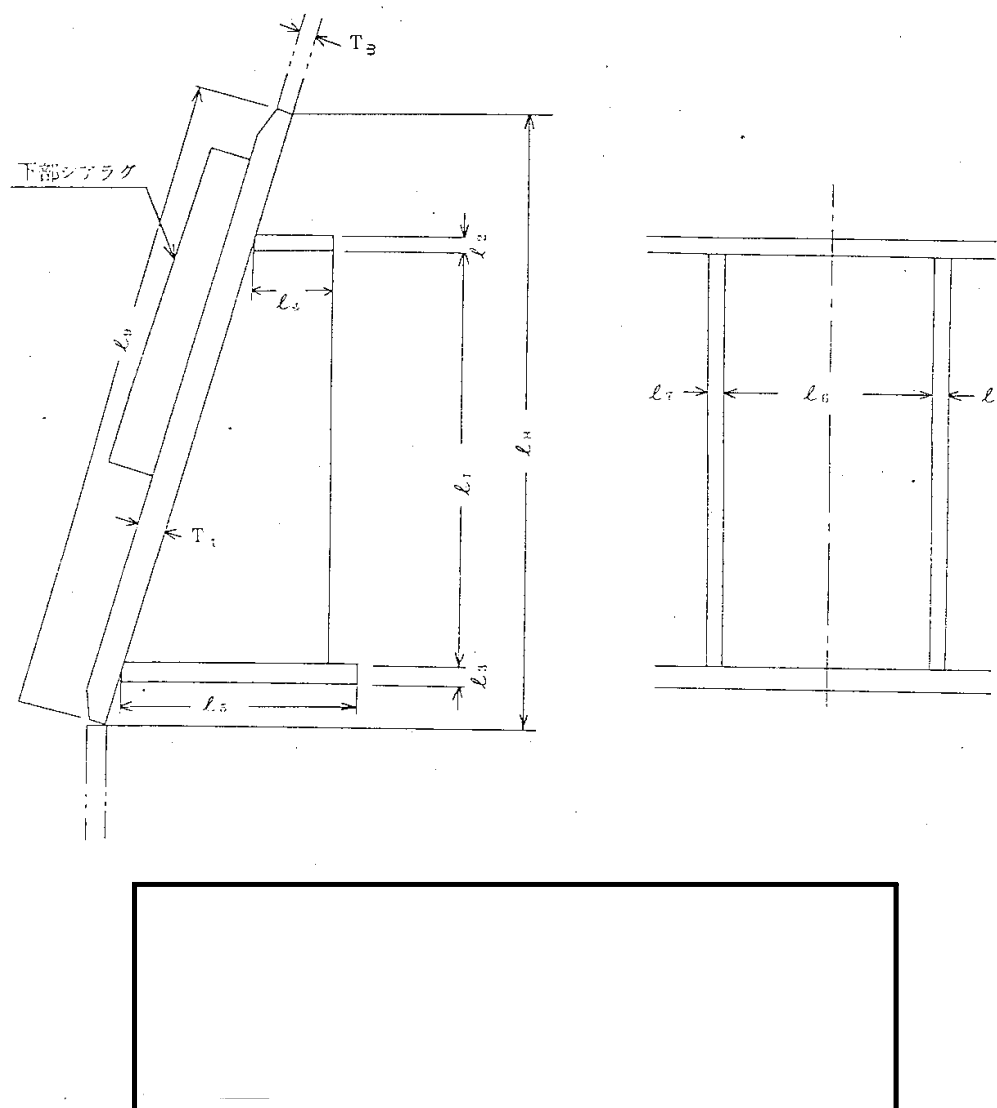


図 3-3 ダイヤフラムブラケットの形状及び主要寸法 (単位: mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

- (1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

内圧 P_D 310kPa

外圧 P_{D0} 14kPa

温度 T_D 171℃

- (2) 冷却材喪失事故後の最大内圧 P_{DBA} 255kPa

- (3) ジェット反力

下部シアラグ全体に作用するジェット反力 W_j

下部シアラグ及びダイヤフラムフロアと水平荷重の作用方向の関係を図 4-1 に示す。水平荷重が加わる場合の各位置における荷重の分配は次式で示される。

$$W_{1j} = \frac{1}{9} W_j = \text{ }$$

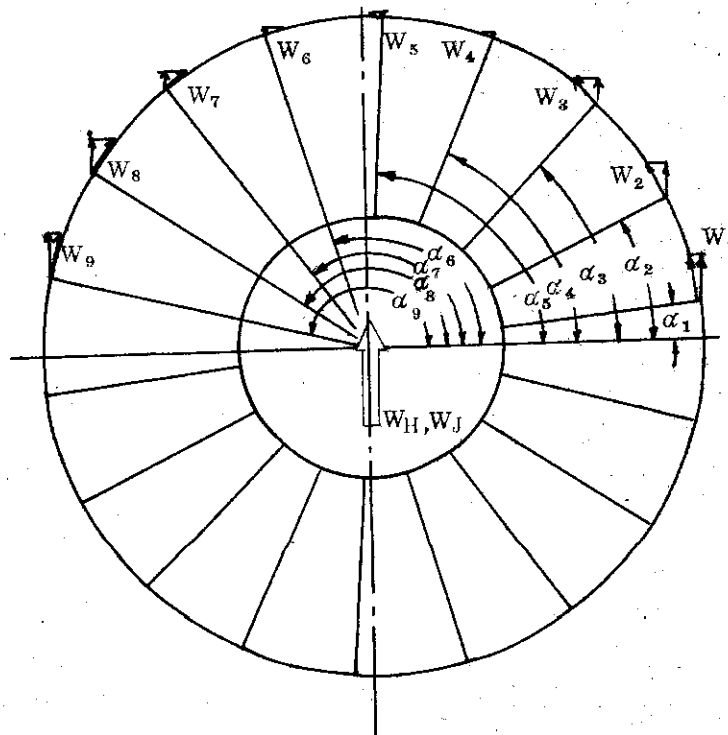


図 4-1 荷重の分配

(4) 地震荷重

a. 原子炉格納容器及び原子炉建屋からの地震荷重

原子炉格納容器及び原子炉建屋からの地震荷重を表 4-1 に示す。

表 4-1 原子炉格納容器及び原子炉建屋からの水平方向地震荷重
(単位：N)

	S d	S s
水平方向地震荷重 W_{HS}		
$W_{IS} = \frac{1}{9} \cdot W_{HS}$		

b. ダイヤフラムフロアからの地震荷重

ダイヤフラムフロアからの地震荷重を表 4-2 に示す。

表 4-2 ダイヤフラムフロアからの水平方向地震荷重
(単位：N)

	S d	S s
水平方向地震荷重 W_{HD}		
$W_{ID} = \frac{1}{9} \cdot W_{HD}$		

(5) 設計荷重

荷重は水平方向地震荷重とジェット反力を考える。格納容器内部にある部材はダイヤフラムフロアから水平方向地震荷重，ジェット反力，外側にある部材は原子炉建屋からの水平方向地震荷重がそれぞれの部材の重心に加わるものとする。安全側の計算として，内側，外側の荷重が同時に加わるものとするならば 1 組当りのシアラグ及びダイヤフラムブラケットに加わる設計荷重は 4.1(3)，(4) 項より表 4-3 に示すように与えられる。

表 4-3 シアラグ及びダイヤフラムブラケットに加わる設計荷重

部材 \ 荷重条件	4. $D + O + S_s$	5. $D + O + L + S_d$
シアラグ	$W_1 = W_{1S} = \boxed{}$	$W_1 = W_{1S} = \boxed{}$
ダイヤフラムブラケット	$W_2 = W_{1D} = \boxed{}$	$W_2 = W_{1D} + W_{1j} = \boxed{}$
	$W = W_1 + W_2 = \boxed{}$	$W = W_1 + W_2 = \boxed{}$

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

ドライウェル円錐部シェル
 メールシアラグ
 フィメールシアラグ
 ダイヤフラムブラケット
 アンカーボルト



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-4に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力を表4-5及び表4-6に示す。

表4-4 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	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
—		下部シア ラグ及び ダイヤフ ラムブラ ケット	S	—	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	下部シア ラグと格 納容器胴 との接合 部	S	クラス MC容器	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d$	Ⅳ _A S

表4-5 下部シアラグ取付部の許容応力

(単位：MPa)

材料	許容応力 状態	許容応力		
		一次応力		一次＋二次応力
		P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	Ⅲ _A S	—	344	393
	Ⅳ _A S	—	380	393

表4-6 下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの許容応力

(単位：MPa)

材料	許容応力 状態	基準応力 F	許容応力（一次応力）			
			引張 f_t	曲げ f_b	せん断 f_s	組合せ f_t
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	Ⅲ _A S	229	—	229	132	229
	Ⅳ _A S	275	—	275	158	275
SCM435	Ⅲ _A S	592	444	—	342	—
	Ⅳ _A S		444	—	342	—

5. 応力計算

5.1 応力評価点

下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	メイルシアラグ
P 2	フィメイルシアラグ
P 3	アンカーボルト
P 4	ベースプレート
P 5	シアプレート
P 6	ダイヤフラムブラケット
P 7	下部シアラグと格納容器胴との接合部

5.2 計算方針

5.2.1 下部シアラグ

(1) メールシアラグ

a. 寸法

メールシアラグの寸法及び応力評価位置を図 5-1 に示す。

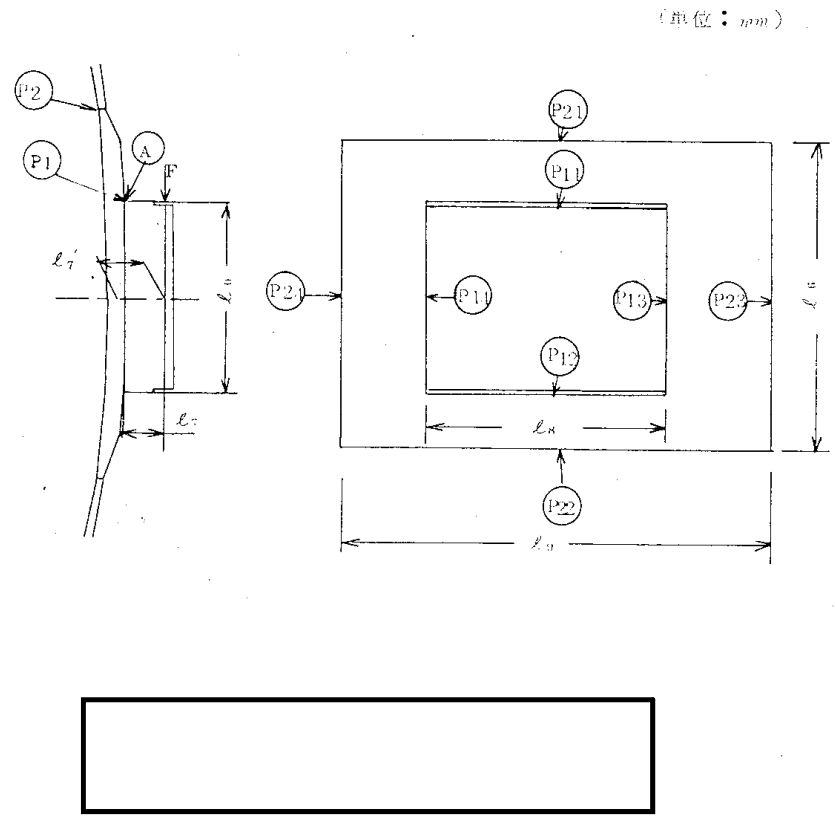


図 5-1 メールシアラグ (単位 : mm)

b. せん断力及び曲げモーメント

メイルシアラグのせん断力及び曲げモーメントの荷重計算を表 5-2 に示す。

表 5-2 メイルシアラグの荷重計算

荷重の 組合せ	荷重 ①部せん断力 F (N)	①部曲げモーメント M_c (N・mm)
4. D + O + S s	$F = W =$	$M_c = F \cdot \lambda_l$ $=$ $\lambda_l =$
5. D + O + L + S d	$F = W =$	$M_c = F \cdot \lambda_l$ $=$ $\lambda_l =$

c. ①部の応力

(a) 断面の形状

①部の断面の形状及び寸法は図 5-2 に示すような溶接部の断面である。

接部の断面である。(単位 mm)

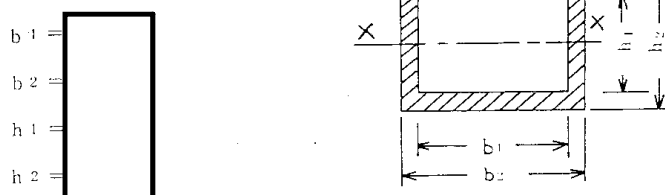


図 5-2 溶接部の断面 (単位 : mm)

(b) せん断応力

$$\tau = \frac{F}{A_w}$$

ここに,

$$A_w : \text{断面積} = \text{$$

(c) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_c}{Z}$$

ここに,

Z : X-X軸に関する断面係数=

(d) 組合せ応力

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

(2) フィメイルシアラグ

a. 寸法

フィメイルシアラグの寸法を図 5-3 に示す。

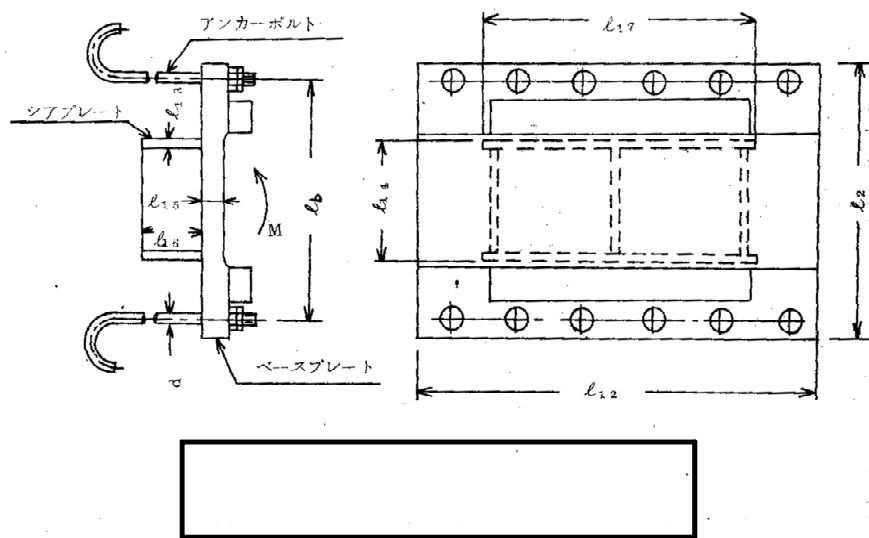


図 5-3 フィメイルシアラグ (単位 : mm)

b. せん断力及び曲げモーメント

フィメイルシアラグのせん断力及び曲げモーメントの荷重計算を表 5-3 に示す。

表 5-3 フィメイルシアラグの荷重計算

荷重の 組合せ	荷重 ③部せん断力 F (N)	③部曲げモーメント M (N・mm)
4. D + O + S s	F = W =	M = F · λ ₉ = λ ₉ =
5. D + O + L + S d	F = W =	M = F · λ ₉ = λ ₉ =

c. ㊦部の応力

(a) 断面の形状

㊦部の断面の形状及び寸法を図 5-4 に示す。

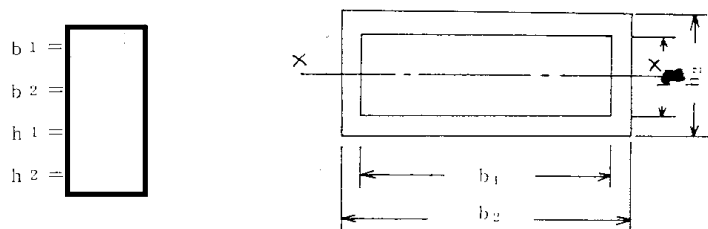


図 5-4 ㊦部の溶接部 (単位 : mm)

(b) せん断応力

$$\tau = \frac{F}{A_w}$$

ここに,

A_w : 断面積 =

(c) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここに,

Z : X-X軸に関する断面係数 =

(d) 組合せ応力

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

(3) ベースプレート及びアンカーボルト

a. 寸法

ベースプレート及びアンカーボルトの形状及び寸法を図 5-5 に示す。

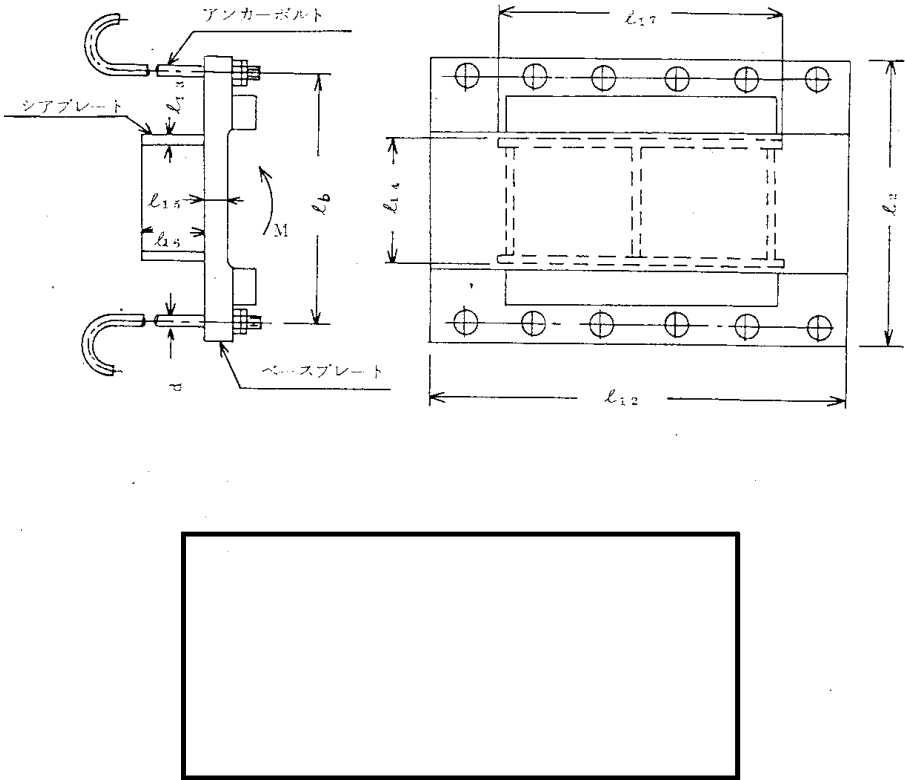


図 5-5 ベースプレート及びアンカープレート (単位 : mm)

b. せん断力及び曲げモーメント

5.2.1(2)b. 表 5-3 より求めたベースプレート及びアンカープレートに加わる荷重を表 5-4 に示す。

表 5-4 ベースプレート及びアンカープレートに加わる荷重

荷重の 組合せ	荷重	せん断力 F (N)	曲げモーメント M (N・mm)
4. D + O + S s		F =	M =
5. D + O + L + S d		F =	M =

c. アンカーボルトの応力

(a) 計算上の仮定

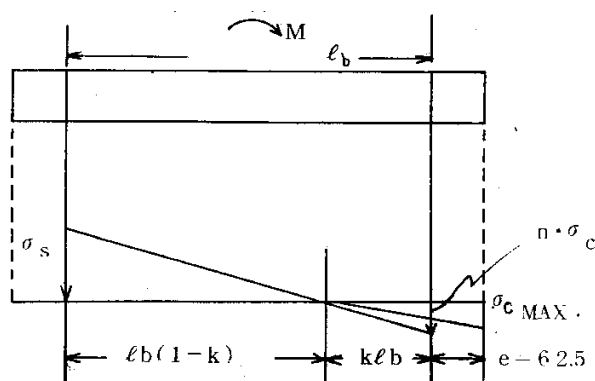
イ. アンカーボルトを鉄筋とするベースプレートの形状の断面をもつ鉄筋コンクリート柱として計算する。

ロ. シアプレートはアンカーとしての働きはもたないものとする。

(b) 計算方法

文献「S.P.Timoshenko : Strength of Materials Part.1, D Van Nostrand Co. Inc. (1955)」の ChapterⅦ (48) と同様な方法で計算を行なう。

(c) コンクリートの支圧応力及びアンカーボルトの引張応力



上図の計算モデルより力のつり合いとモーメントとのつり合いからボルト引張応力 σ_s 及びボルトの下コンクリート圧縮応力 σ_c を求める。

・力のつり合い

$$6 \cdot A_b \cdot \sigma_s - 6 \cdot A_b (n \cdot \sigma_c) - \frac{1}{2} A_c \cdot \sigma_{cmax} = 0$$

・モーメントのつり合い

$$M - 6 \cdot A_b \cdot \sigma_s (1 - k) \lambda_b - 6 \cdot A_b \cdot n \cdot \sigma_c \cdot k \lambda_b - \frac{1}{2} \sigma_{cmax} \cdot A_c \cdot \frac{2}{3} (k \lambda_b + 62.5) = 0$$

ここに、

M : 最大曲げモーメント

W_d : 最大圧縮荷重

$$\sigma_{cmax} : \text{コンクリートの最大圧縮応力} = \frac{(k \lambda_b + e) \sigma_c}{k \lambda_b}$$

k : 係数 $= 1 / (1 + \sigma_s / n \sigma_c)$

E_s : ボルトの縦弾性係数

E_c : コンクリートの縦弾性係数

n : $E_s / E_c = \boxed{}$

A_b : ボルト 1 本の最小断面積 $= \boxed{}$

A_c : 圧縮側ベースプレート面積 $= (k \lambda_b + e) \times \lambda_{12}$

(d) アンカーボルトのせん断応力

イ. せん断力

$$F_s = \frac{N_b d}{N_b d + N_P \lambda_{17}} \times F$$

ここに,

N_b : アンカーボルト数=12

N_P : シアプレート数=2

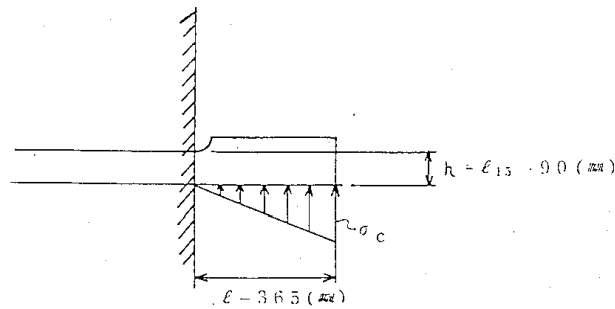
ロ. せん断応力

$$\tau = \frac{F_s}{N_b A_b}$$

d. ベースプレートの曲げ応力

ベースプレートにはモーメントによる反力がシアプレートによって区分された長方形板に加わるものとする。

このことは安全側の計算となる。



ベースプレート応力計算モデル

(a) 固定点の曲げモーメント

$$M = \frac{1}{3} \sigma_c l^2$$

(b) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここに,

Z : 断面係数=

c. シアプレート

ベースプレートに加わるせん断力はアンカーボルトとシアプレートに分配されるものとする。

また、ベースプレートとシアプレートの溶接部の脚長はシアプレートの厚さ (λ_{13}) より大きいので以下シアプレートの厚さの断面をもつ梁と仮定して計算する。

(a) 寸法

シアプレートの寸法を図 5-6 に示す。

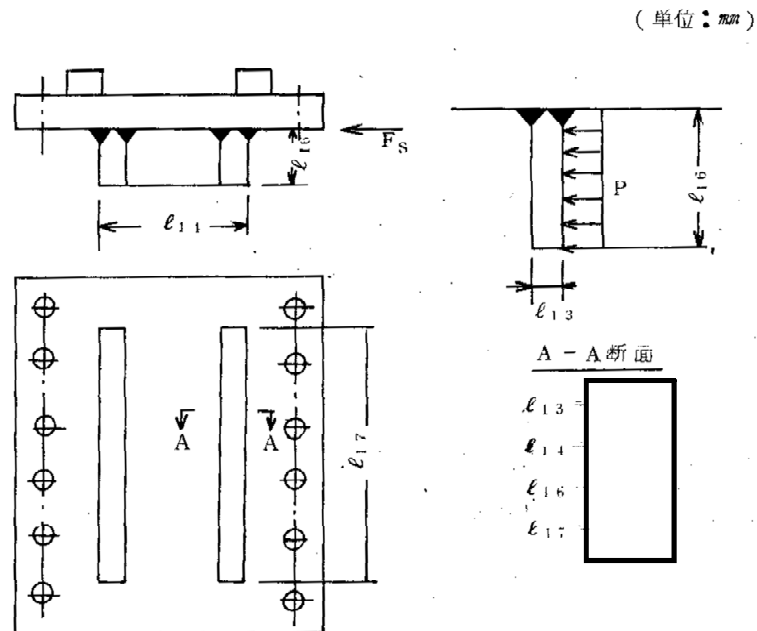


図 5-6 シアプレート

(b) せん断力及び曲げモーメント

イ. せん断力

$$F_s = F' / N_P$$

ここに,

$$F' = \frac{N_P \lambda_{17}}{N_{bd} + N_P \lambda_{17}} \times W_1$$

ロ. 曲げモーメント

$$M = \frac{F_s \lambda_{18}}{2}$$

(c) シアプレートの応力

イ. せん断応力

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

ここに,

$$A = \boxed{}$$

ロ. 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここに,

$$Z = \boxed{}$$

ハ. 組合せ応力

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

5.2.2 ダイヤフラムブラケット

(1) 寸法

ダイヤフラムブラケットの寸法及び応力評価位置を図 5-7 に示す。

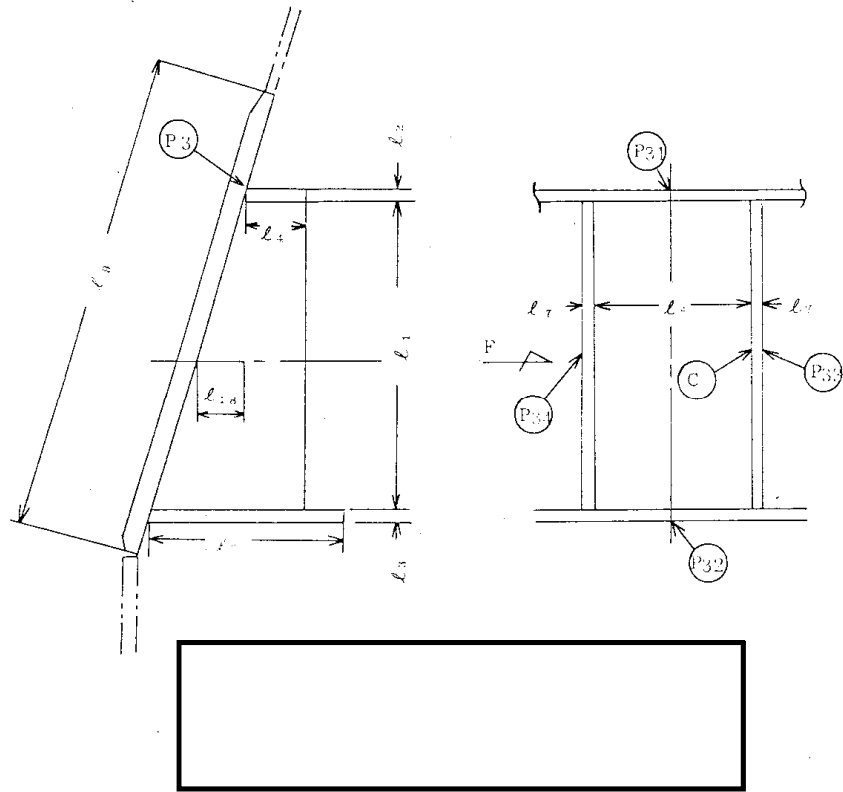


図 5-7 ダイヤフラムブラケット (単位 : mm)

(2) せん断力

ダイヤフラムブラケットのせん断力の荷重計算を表 5-5 に示す。

表 5-5 ダイヤフラムブラケットの荷重計算

荷重 組合せ	荷重 F (N)
4. D + O + S s	F = W ₂ =
5. D + O + L + S d	F = W ₂ =

(3) ㉔部の応力

a. 形状及び寸法

㉔部の形状及び寸法を図 5-8 に示す。

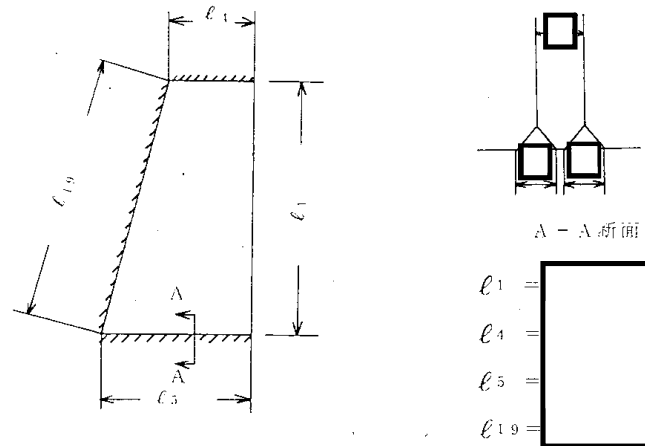


図 5-8 溶接部の形状 (単位 : mm)

b. せん断応力

$$\tau = \frac{F}{A_w}$$

ここに,

$$A_w = \boxed{}$$

5.2.3 下部シアラグと格納容器胴との接合部

各荷重により下部シアラグと格納容器胴との接合部に生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。下部シアラグと格納容器胴との接合部の計算モデルを図5-9に示す。

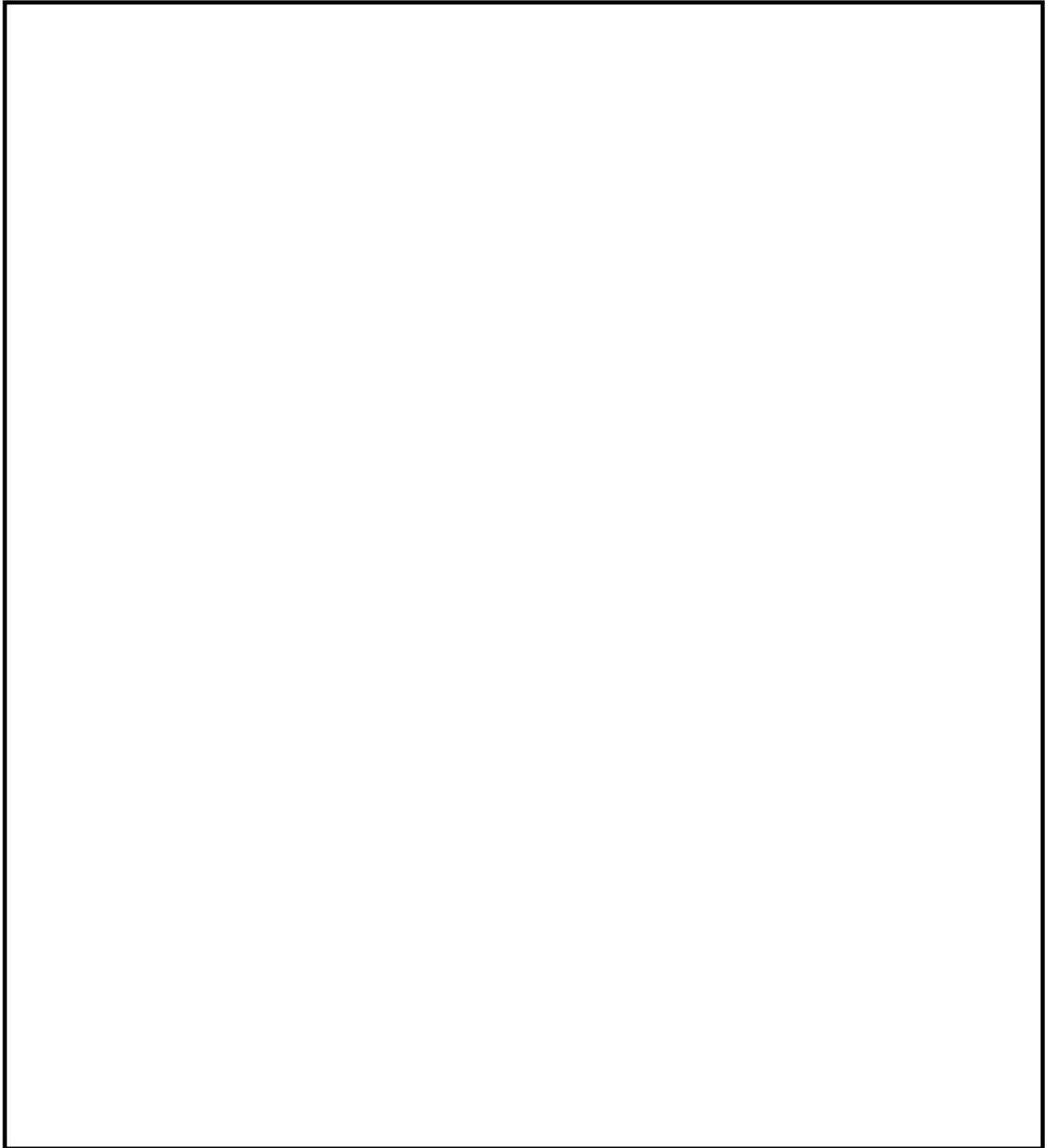


図 5-9 計算モデル

V-2-9-1-5 機器搬入用ハッチの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 設計荷重	5
4.2 材料及び許容応力	8
5. 応力計算	10
5.1 応力評価点	10
5.2 計算方針	12
6. 評価結果	13
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	13
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	16

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、機器搬入用ハッチが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は機器搬入用ハッチの地震応答解析、応力評価により行う。

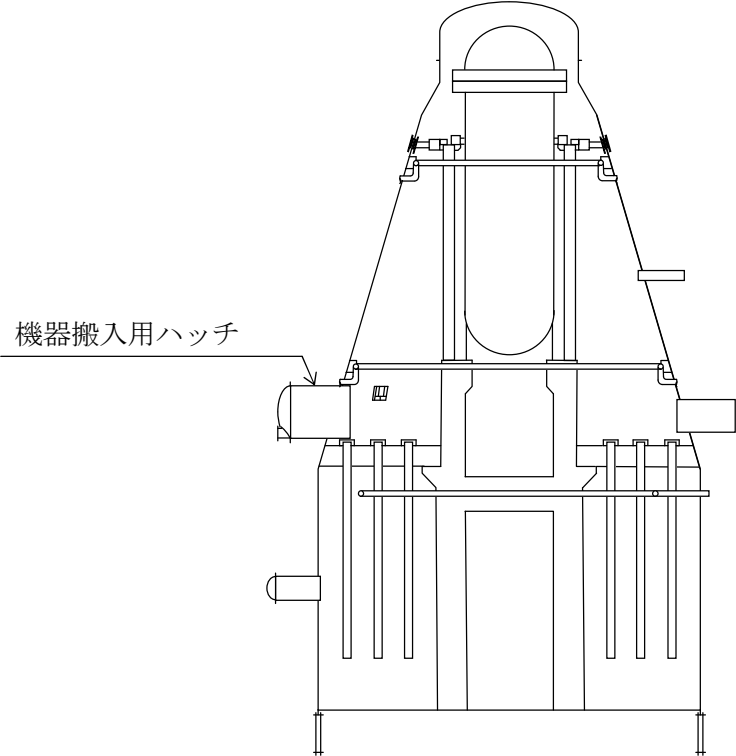
機器搬入用ハッチは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

機器搬入用ハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

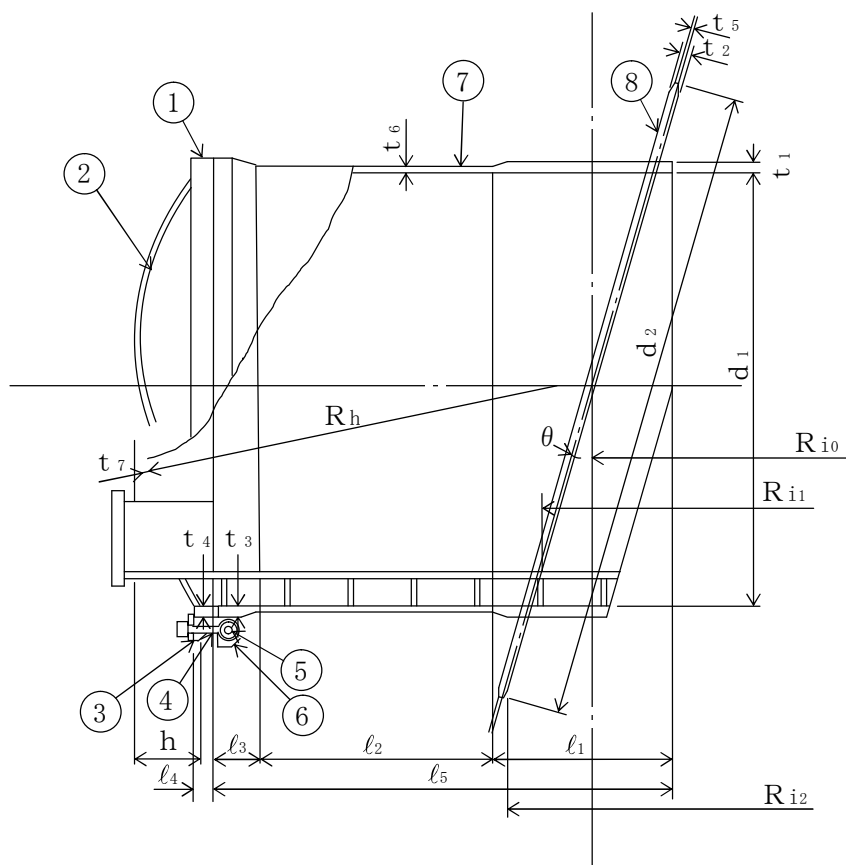
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・機器搬入用ハッチは原子炉格納容器に支持される。	・内径 板厚 長さ の円筒胴及び板厚 の鏡板で構成される鋼製 構造物である。	

2.2 評価方針

- (1) 機器搬入用ハッチの応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは N A S T R A N を用いる。なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N 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. 形状及び主要寸法

機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。



- ①フランジ ②鏡板 ③ブラケット ④ヒンジボルト ⑤ピン ⑥ブラケット ⑦円筒胴 ⑧補強板

図 3-1 機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法（単位：mm）

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

内圧 P_D 310kPa

外圧 P_{D0} 14kPa

温度 T_D 171℃

(2) 冷却材喪失事故後の最大内圧 P_{DBA} 255kPa

(3) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SA(L)}$ 465kPa (SA 後長期)

内圧 $P_{SA(LL)}$ 200kPa (SA 後長々期)

温度 $T_{SA(L)}$ 171℃ (SA 後長期)

温度 $T_{SA(LL)}$ 150℃ (SA 後長々期)

(4) 死荷重

a. 機器搬入用ハッチの自重 (補強板重量含む)

b. ドライウエルの自重

機器搬入用ハッチより上部の原子炉格納容器の自重及び付加物の重量を死荷重とする。

(5) 活荷重

a. 床に加わる荷重

b. ドライウエルの荷重

機器搬入用ハッチより上部の活荷重を考慮する。

(6) 地震力による荷重

a. 機器搬入用ハッチ

機器搬入用ハッチの設計震度について、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

表 4-1 設計震度 (設計基準対象施設)

方向	S_d	S_s
鉛直方向		
水平方向		

表 4-2 設計震度 (重大事故等対処設備)

方向	S_d	S_s
鉛直方向		
水平方向		

b. 原子炉格納容器

原子炉格納容器に加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による水平方向地震荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表 4-3 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

通常運転時			燃料交換時		
鉛直荷重	地震荷重		鉛直荷重	地震荷重	
	S_d	S_s		S_d	S_s

表 4-4 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）

(単位：N)

重大事故等時		
鉛直荷重	地震荷重	
	S_d	S_s

表 4-5 水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

弾性設計用地震動 S_d による地震荷重		基準地震動 S_s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)

表 4－6 水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

弾性設計用地震動 S d による地震荷重		基準地震動 S s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

ドライウェル円錐部シェル
補強板



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-8 に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-9 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-10 に示す。

表4-7 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要 度分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	機器搬入 用ハッチ	S	クラス MC 容器	$D + P + M + S_d$	$III_A S$
					$D + P + M + S_s$	$IV_A S$
					$D + P_L + M_L + S_d$	$IV_A S$

表4-8 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	機器搬入 用ハッチ	常設耐震 ／防止 常設 ／緩和	重大事故 等クラス 2 容器	$D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ と して $IV_A S$ の許容限 界を用い る。)
					$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$	$V_A S$ ($V_A S$ と して $IV_A S$ の許容限 界を用い る。)

注記 * : 「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。

表4-9 許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度 (℃)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	171	Ⅲ _A S	—	344	393
		Ⅳ _A S	—	380	393

表4-10 許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度 (℃)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	150	Ⅳ _A S	—	381	393
	171	Ⅳ _A S	—	380	393

5. 応力計算

5.1 応力評価点

機器搬入用ハッチの形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 5	機器搬入用ハッチ本体と補強板との結合部 (P 5-1 ~ P 5-3)
P 6	ドライウェル円錐胴と補強板との接合部 (P 6-1 ~ P 6-3)

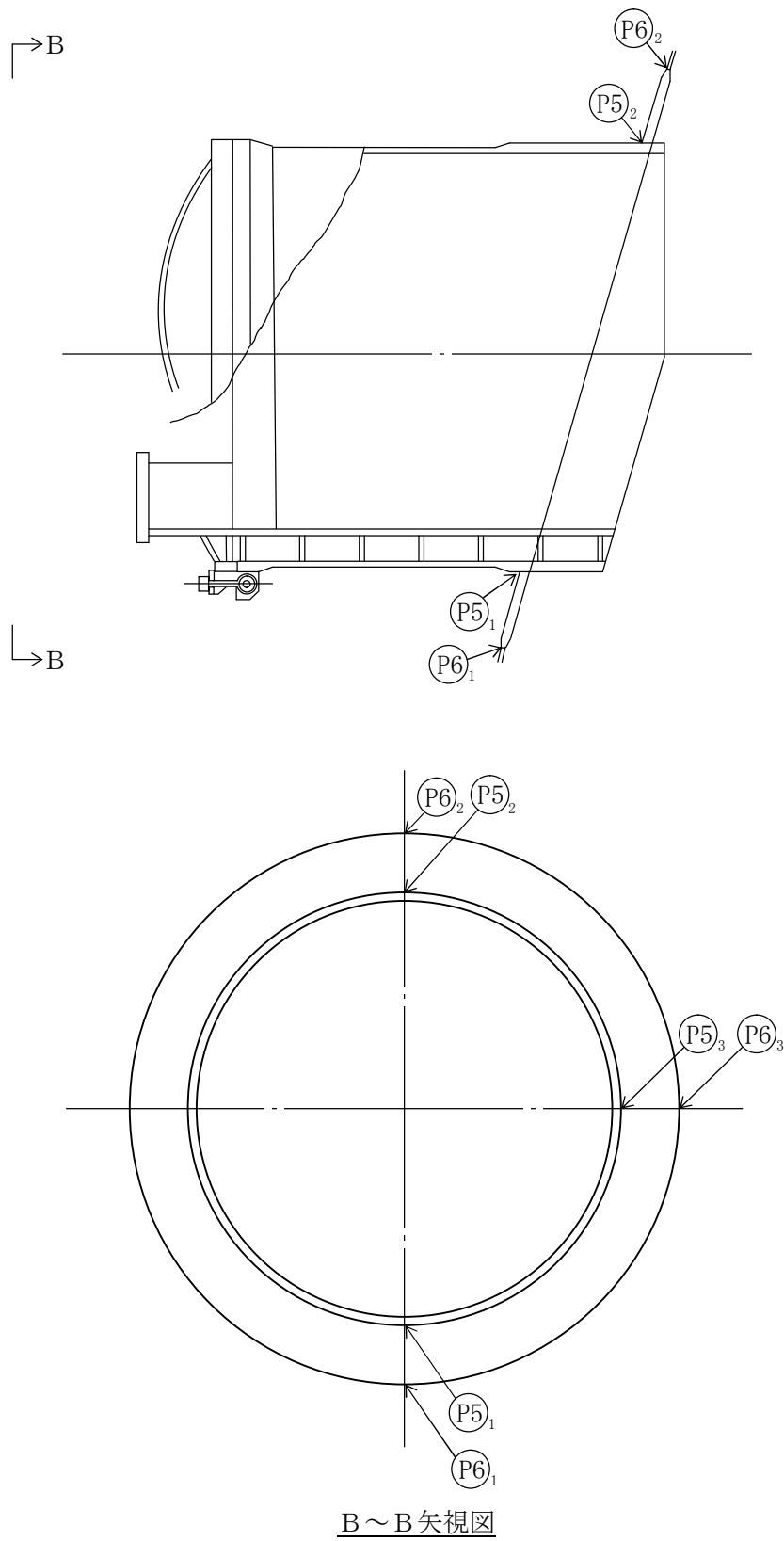


図 5-1 機器搬入用ハッチの応力評価点

5.2 計算方針

各荷重により機器搬入用ハッチに生じる応力は、解析コードN A S T R A Nを使用して計算する。機器搬入用ハッチの計算モデルを図 5-2 に示す。

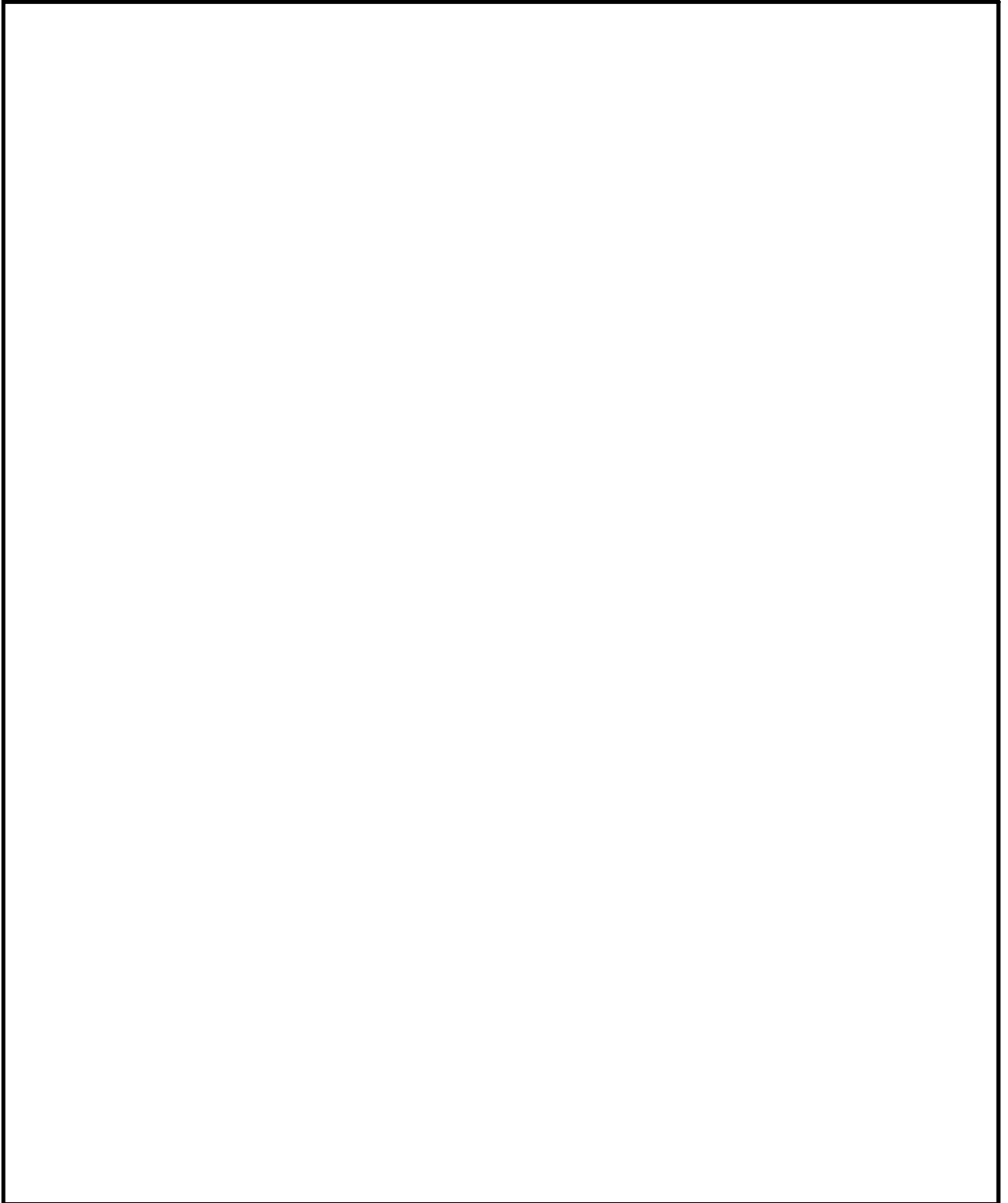


図 5-2 解析モデル

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

機器搬入用ハッチの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-7 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P + M + S_s$ 及び $D + P_L + M_L + S_d$ の評価について、それぞれ発生値が高い方の評価を記載している。

(2) 許容応力状態ⅢASに対する評価

許容応力状態ⅢASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-7 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P + M + S_d$ の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態ⅣAS に対する評価結果 (D + P + M + S_s 又は D + P_L + M_L + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅣAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5-1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	113	380	○	②*
			一次+二次応力	362	393	○	①*
	P 5-2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	115	380	○	②*
			一次+二次応力	232	393	○	①*
	P 5-3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	118	380	○	①*
			一次+二次応力	462	393	×*	①*
			疲労評価	0.269	1	○	単位なし
	P 6-1	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	116	380	○	①*
			一次+二次応力	336	393	○	①*
	P 6-2	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	113	380	○	②*
			一次+二次応力	178	393	○	①*
	P 6-3	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	112	380	○	②*
			一次+二次応力	718	393	×*	①*
			疲労評価	0.392	1	○	単位なし

注記 * : ① : D + P + M + S_s / ② : D + P_L + M_L + S_d における結果を示す。

P 5-3 及び P 6-3 の一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、設計・建設規格 (J S M E S N C 1-2005/2007)

PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。

表 6-2 許容応力状態ⅢAS に対する評価結果 (D + P + M + S d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅣAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5-1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	53	344	○	
			一次+二次応力	198	393	○	
	P 5-2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	51	344	○	
			一次+二次応力	128	393	○	
	P 5-3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	72	344	○	
			一次+二次応力	272	393	○	
	P 6-1	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	71	344	○	
			一次+二次応力	184	393	○	
	P 6-2	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	49	344	○	
			一次+二次応力	98	393	○	
	P 6-3	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	62	344	○	
			一次+二次応力	424	393	×*	
			疲労評価	0.022	1	○	単位なし

注記 * : P 6-3 の一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、設計・建設規格 (J S M E S N C 1-2005/2007) PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

機器搬入用ハッチの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-8 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ 及び $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$ の評価について、それぞれ評価基準値に対する発生値の割合が高い方の評価を記載している。

表 6-3 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果 ($D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ 又は $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5-1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	194	380	○	②*
			一次+二次応力	228	393	○	①*
	P 5-2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	196	380	○	②*
			一次+二次応力	162	393	○	①*
	P 5-3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	膜応力+曲げ応力	185	380	○	②*
			一次+二次応力	254	393	○	①*
	P 6-1	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	189	380	○	②*
			一次+二次応力	214	393	○	①*
	P 6-2	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	194	380	○	②*
			一次+二次応力	128	393	○	①*
	P 6-3	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	膜応力+曲げ応力	193	380	○	②*
			一次+二次応力	390	393	○	①*

注記 * : ① : $D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ / ② : $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$ における結果を示す。

V-2-9-1-6 サプレッション・チェンバアクセスハッチの耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 応力計算	5
4.1 応力評価点	5
4.2 計算方針	7

1. 概要

本資料は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、サプレッション・チェンバアクセスハッチが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価はサプレッション・チェンバアクセスハッチの地震応答解析、応力評価により行う。

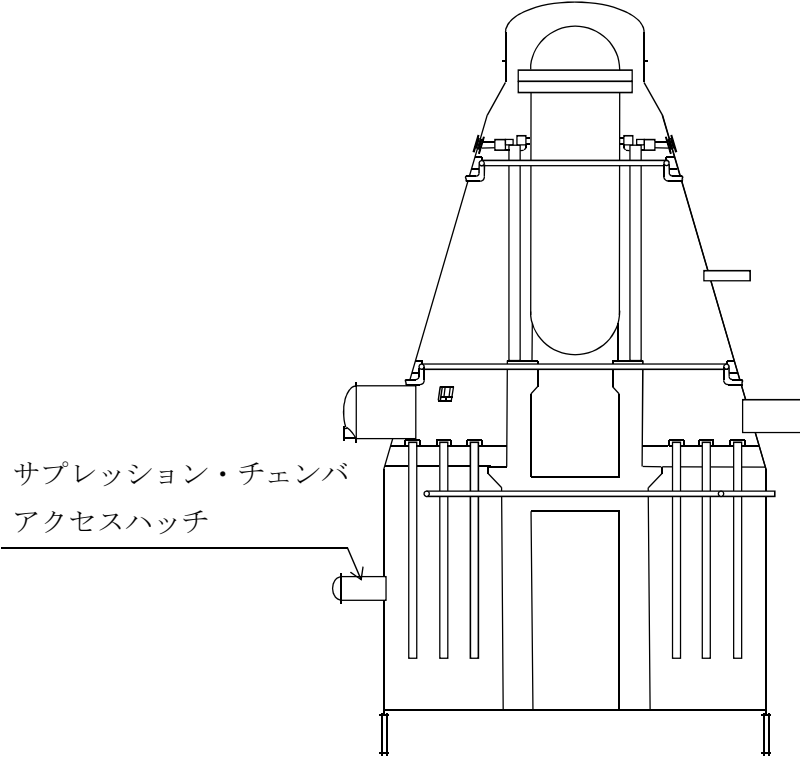
サプレッション・チェンバアクセスハッチは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

サプレッション・チェンバアクセスハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・サプレッション・チェンバアクセスハッチは原子炉格納容器に支持される。	・内径 [] 板厚 [] 長さ [] の円筒胴及び板厚 [] の鏡板で構成される鋼製構造物である。	

2.2 評価方針

- (1) サプレッション・チェンバアクセスハッチの応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは N A S T R A N を用いる。なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N 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. 形状及び主要寸法

サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

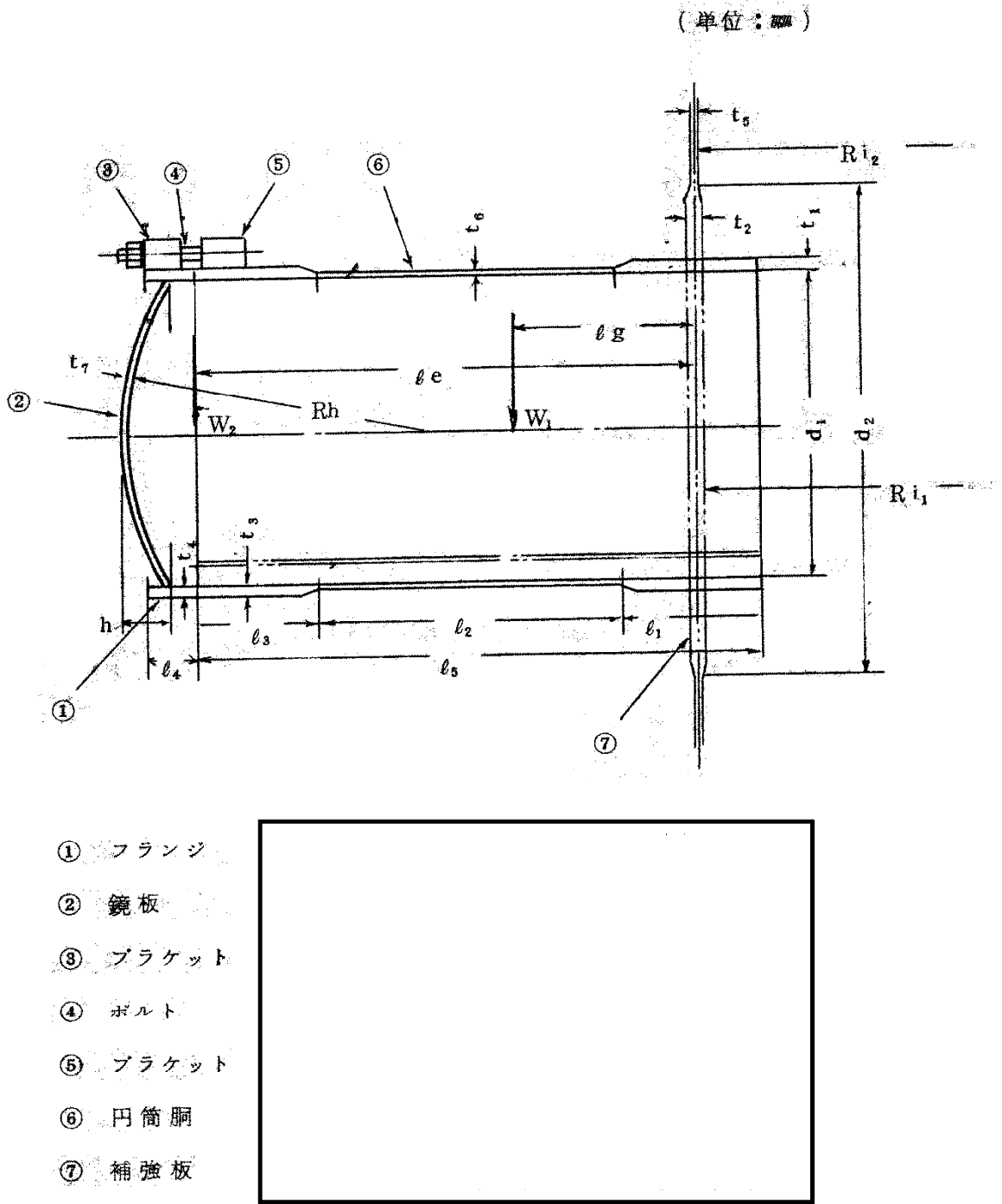


図 3-1 サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び主要寸法 (単位: mm)

4. 応力計算

4.1 応力評価点

サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 4-1 及び図 4-1 に示す。

表 4-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 5	サプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部（P 5 - 1 ～ P 5 - 3）
P 6	サプレッション・チェンバ円筒胴と補強板との結合部（P 6 - 1 ～ P 6 - 3）

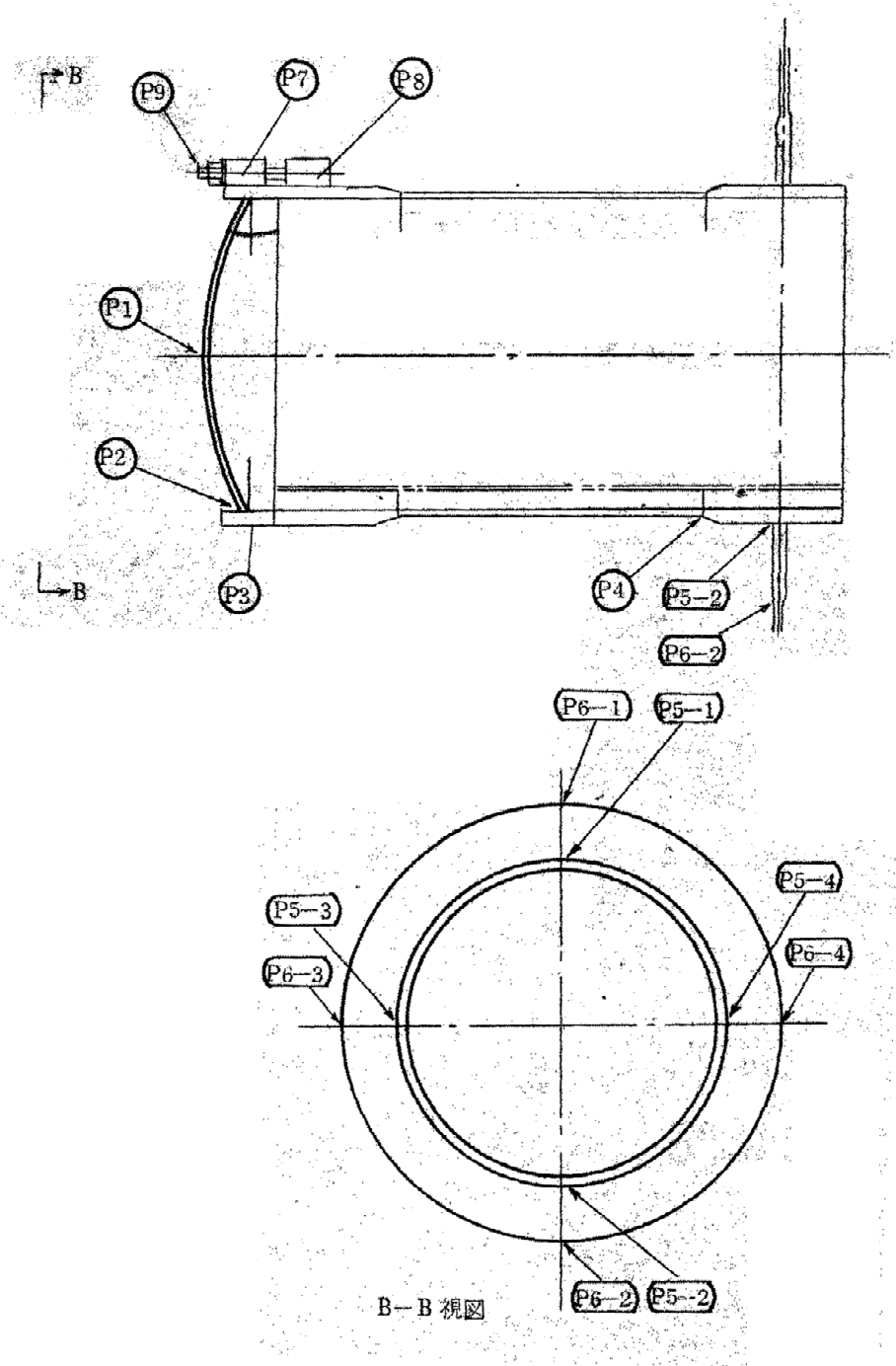


図 4-1 サプレッション・チェンバアクセスハッチの応力評価位置

4.2 計算方針

各荷重によりサプレッション・チェンバアクセスハッチに生じる応力は、解析コードN A S T R A Nを使用して計算する。サプレッション・チェンバアクセスハッチの計算モデルを図 4-2 に示す。

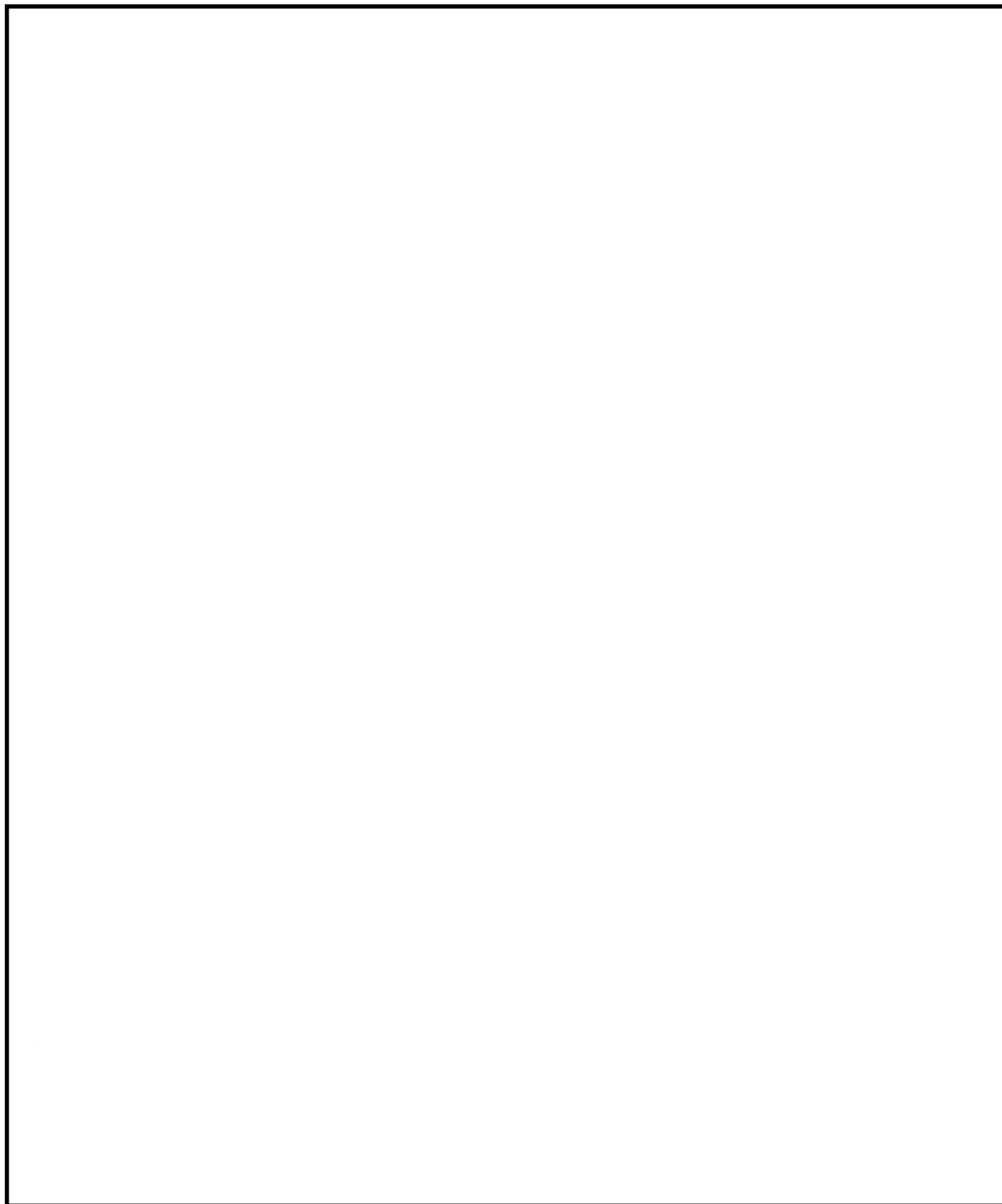


図 4-2 解析モデル

V-2-9-1-7 所員用エアロックの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 材料及び許容応力	5
5. 応力計算	6
5.1 応力評価点	6
5.2 計算方針	8

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、所員用エアロックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は所員用エアロックの地震応答解析、応力評価により行う。

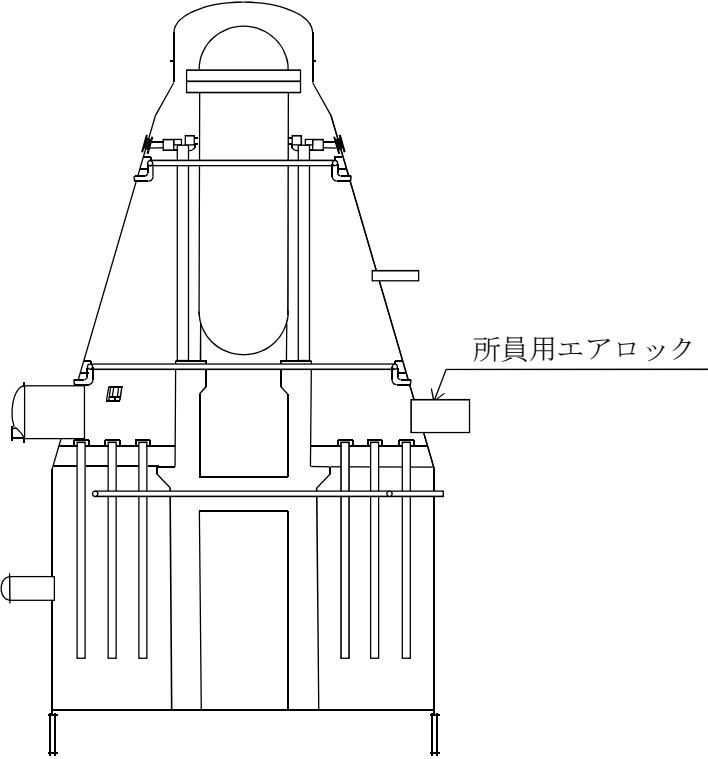
所員用エアロックは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

所員用エアロックの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・所員用エアロックは原子炉格納容器に支持される。	・内径 [] 板厚 [] 長さ [] の円筒胴及び板厚 [] のとびら板で構成される鋼製構造物である。	

2.2 評価方針

所員用エアロックの応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。地震力による応力は、既工認での地震力による応力値に地震荷重の割り増しを考慮して算出する。

3. 形状及び主要寸法

所員用エアロックの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

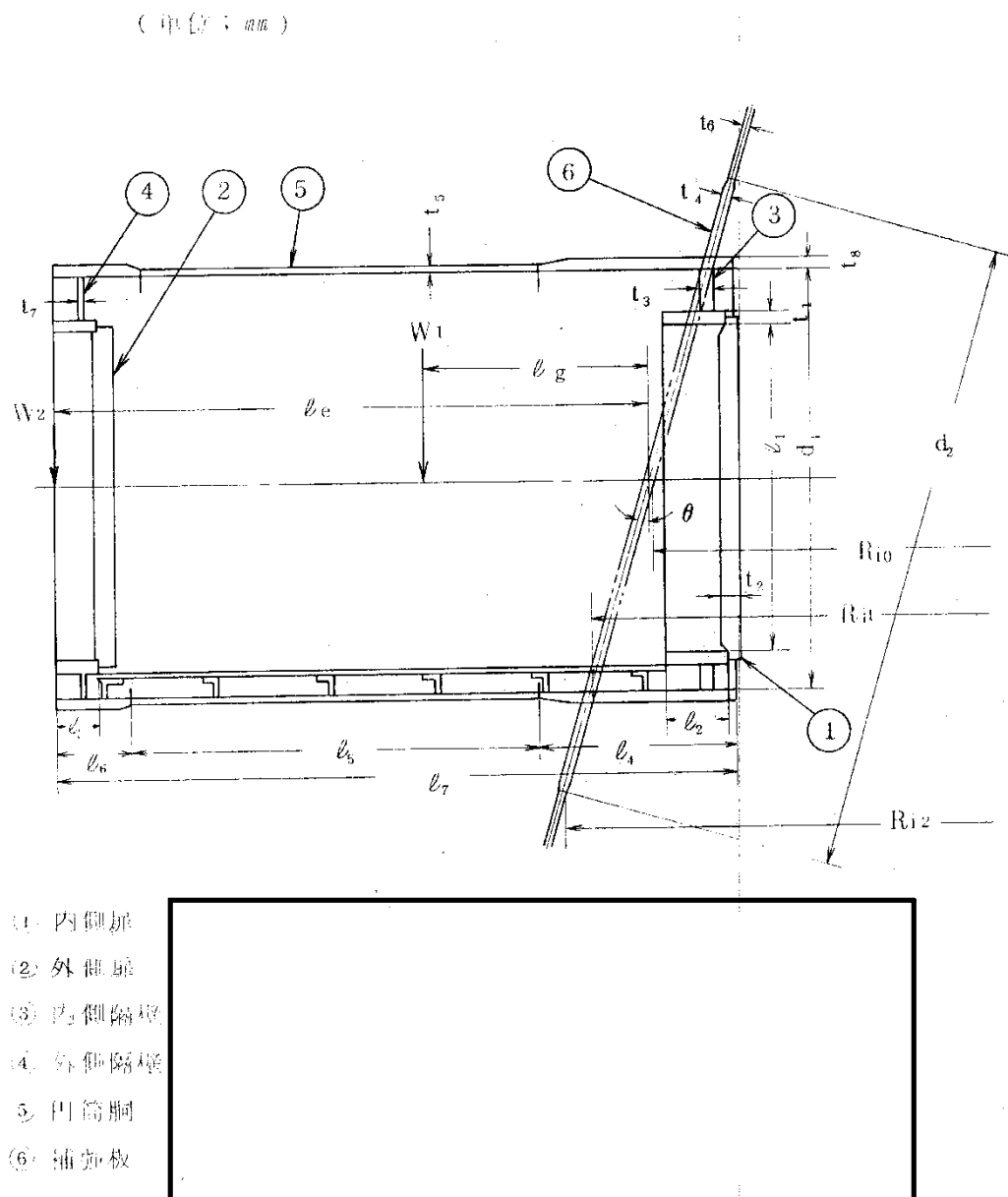


図 3-1 所員用エアロックの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 設計条件

4.1 材料及び許容応力

(1) 材料

ドライウェル円錐部シェル
補強板



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要 度分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	所員用エ アロック	S	クラス MC 容器	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d$	Ⅳ _A S

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	所員用エ アロック	常設耐震 ／防止 常設 ／緩和	重大事故 等クラス 2 容器	$D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$	V _A S (V _A Sと してⅣ _A S の許容限 界を用い る。)
					$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$	V _A S (V _A Sと してⅣ _A S の許容限 界を用い る。)

注記 * : 「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。

5. 応力計算

5.1 応力評価点

所員用エアロックの形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1 2	所員用エアロック本体と補強板との結合部 (P 1 2 - 1 ~ P 1 2 - 3)
P 1 3	ドライウエル円錐胴と補強板との接合部 (P 1 3 - 1 ~ P 1 3 - 3)

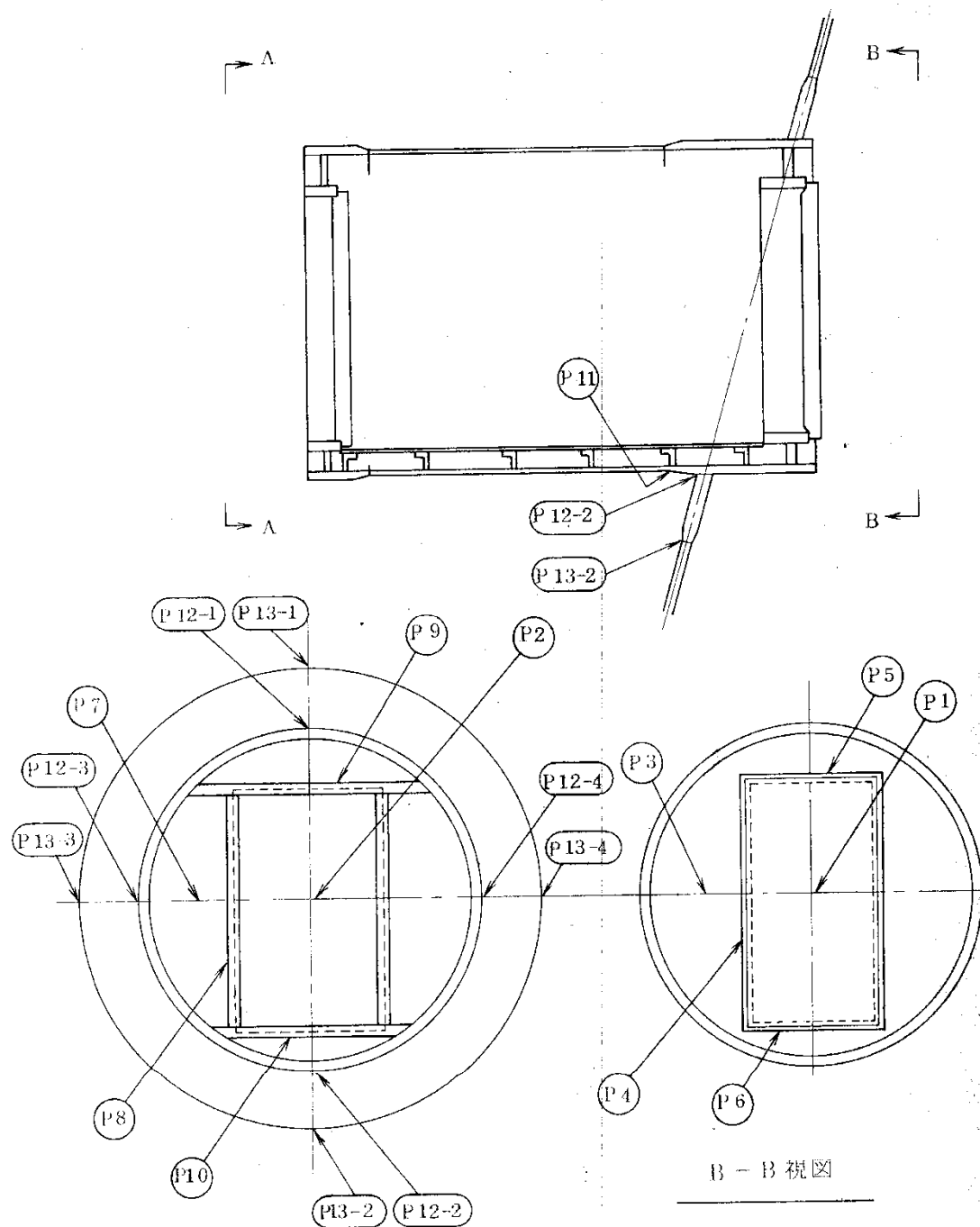


図 5-1 所員用エアロックの応力評価点

5.2 計算方針

各荷重により所員用エアロックに生じる応力は、解析コードN A S T R A Nを使用して計算する。所員用エアロックの計算モデルを図 5-2 に示す。

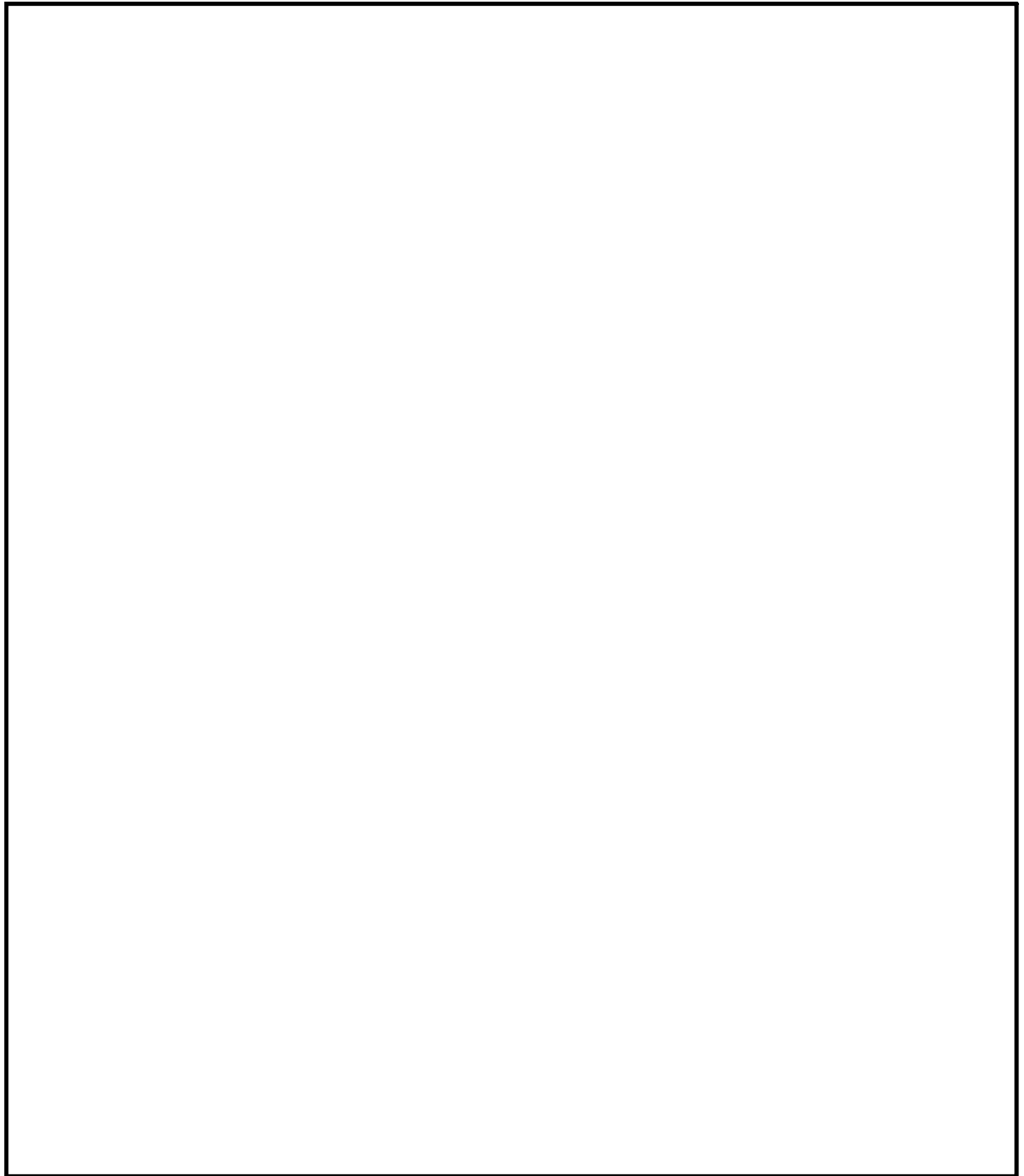


図 5-2 解析モデル

V-2-9-1-8 配管貫通部の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 材料及び許容応力	5
5. 応力計算	6
5.1 応力評価点	6
5.2 計算方針	8
6. 引用図書	10

1. 概要

本資料は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、配管貫通部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は配管貫通部の地震応答解析、応力評価により行う。

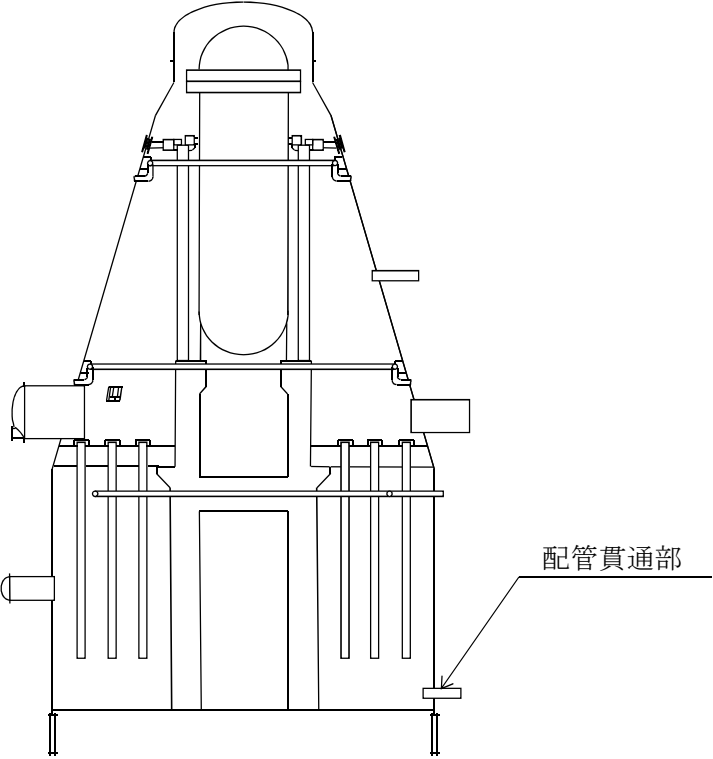
配管貫通部は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

配管貫通部の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・配管貫通部は原子炉格納容器により支持される。	・円筒形	

2.2 評価方針

- (1) 配管貫通部の応力評価のうち、原子炉格納容器側の応力については、原子炉格納容器に作用する荷重（死荷重、圧力、地震荷重）による応力と、貫通部に作用する荷重（配管反力）による応力を組み合わせて評価する。原子炉格納容器に作用する荷重による応力は、引用図書(1)で計算した応力を用い、貫通部に作用する荷重による応力は、実績のある3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードはNASTRANを用いる。なお、評価に用いる解析コードNASTRAN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. 形状及び主要寸法

配管貫通部の形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に示す。

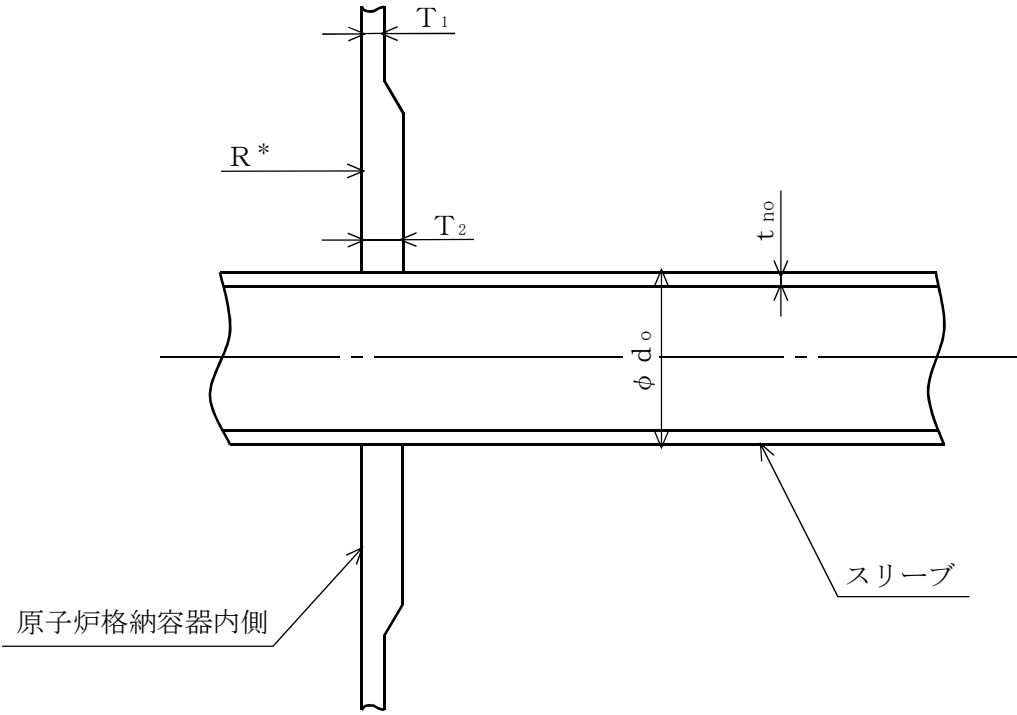


図3-1 配管貫通部の形状

表3-1 配管貫通部の主要寸法

(単位：mm)

貫通部番号	T ₁	T ₂	d _o	t _{no}	R [*]
X-31					
X-34					

注記＊：原子炉格納容器中心から原子炉格納容器内側までの距離

4. 設計条件

4.1 材料及び許容応力

(1) 材料

原子炉格納容器胴

補強板



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	配管貫通部	S	クラスMC容器	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d$	Ⅳ _A S

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	配管貫通部	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$	V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)
					$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$	V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)

注記 * : 「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。

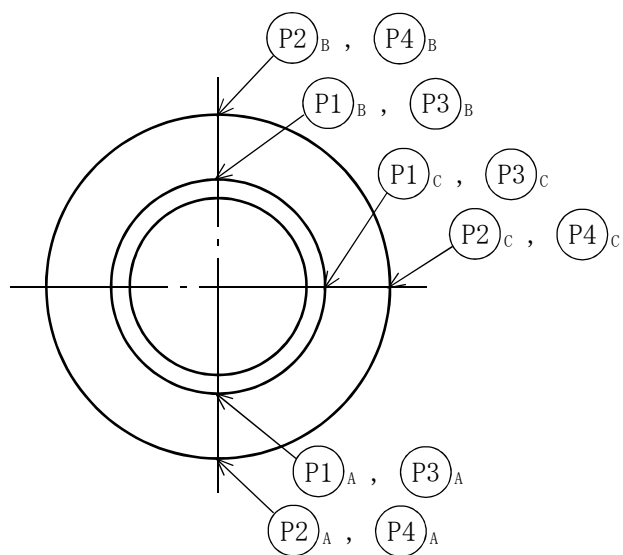
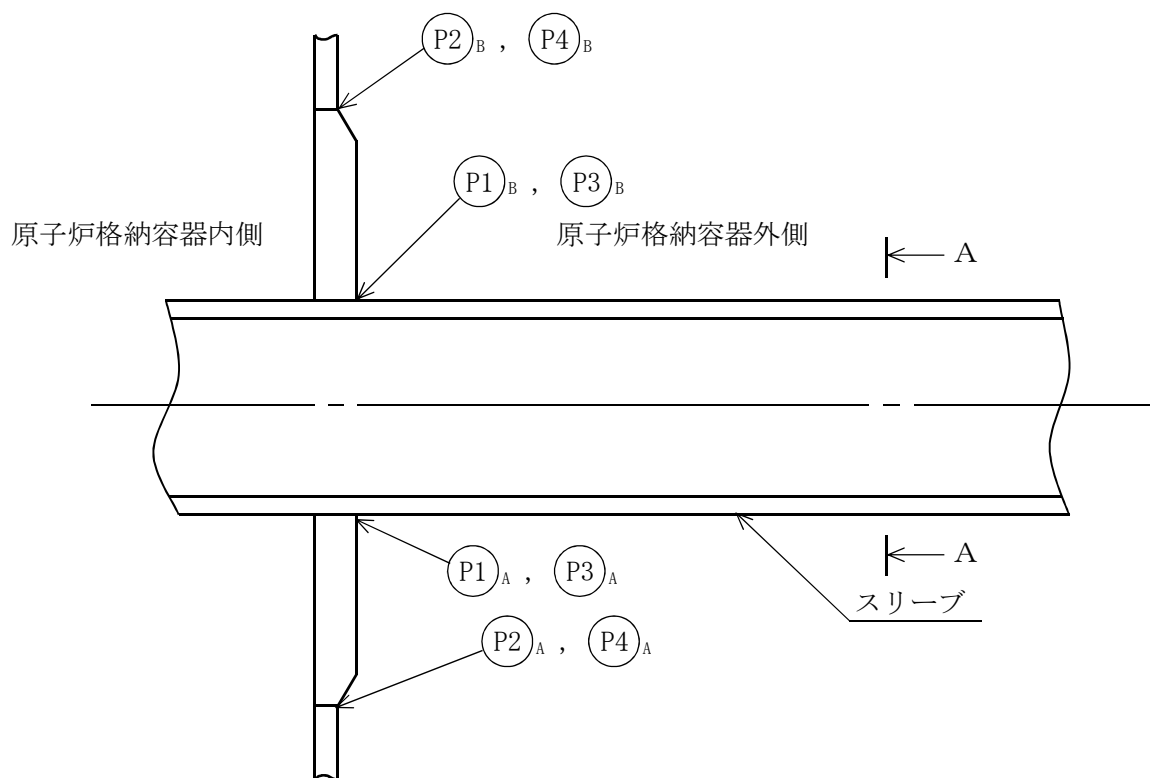
5. 応力計算

5.1 応力評価点

貫通部の形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

貫通部番号	応力評価点番号	応力評価点
X-31	P 1	原子炉格納容器胴とスリーブとの取付部 (P 1 - A ~ P 1 - C)
	P 2	補強板取付部 (P 2 - A ~ P 2 - C)
X-34	P 3	原子炉格納容器胴とスリーブとの取付部 (P 3 - A ~ P 3 - C)
	P 4	補強板取付部 (P 4 - A ~ P 4 - C)



A～A矢視図

図 5-1 応力評価点 (○ : 応力評価点)

5.2 計算方針

5.2.1 原子炉格納容器に作用する荷重による応力

原子炉格納容器に作用する最高使用圧力(内圧)、最高使用圧力(外圧)、死荷重及び地震荷重による応力は、引用図書(1)で計算した応力を用いる。

5.2.2 貫通部に作用する荷重による応力

貫通部に作用する死荷重、地震荷重による応力は、解析コードNASTRANを用いて計算する。

貫通部番号 X-31 及び X-34 の計算モデルを図 5-2 及び図 5-3 に示す。

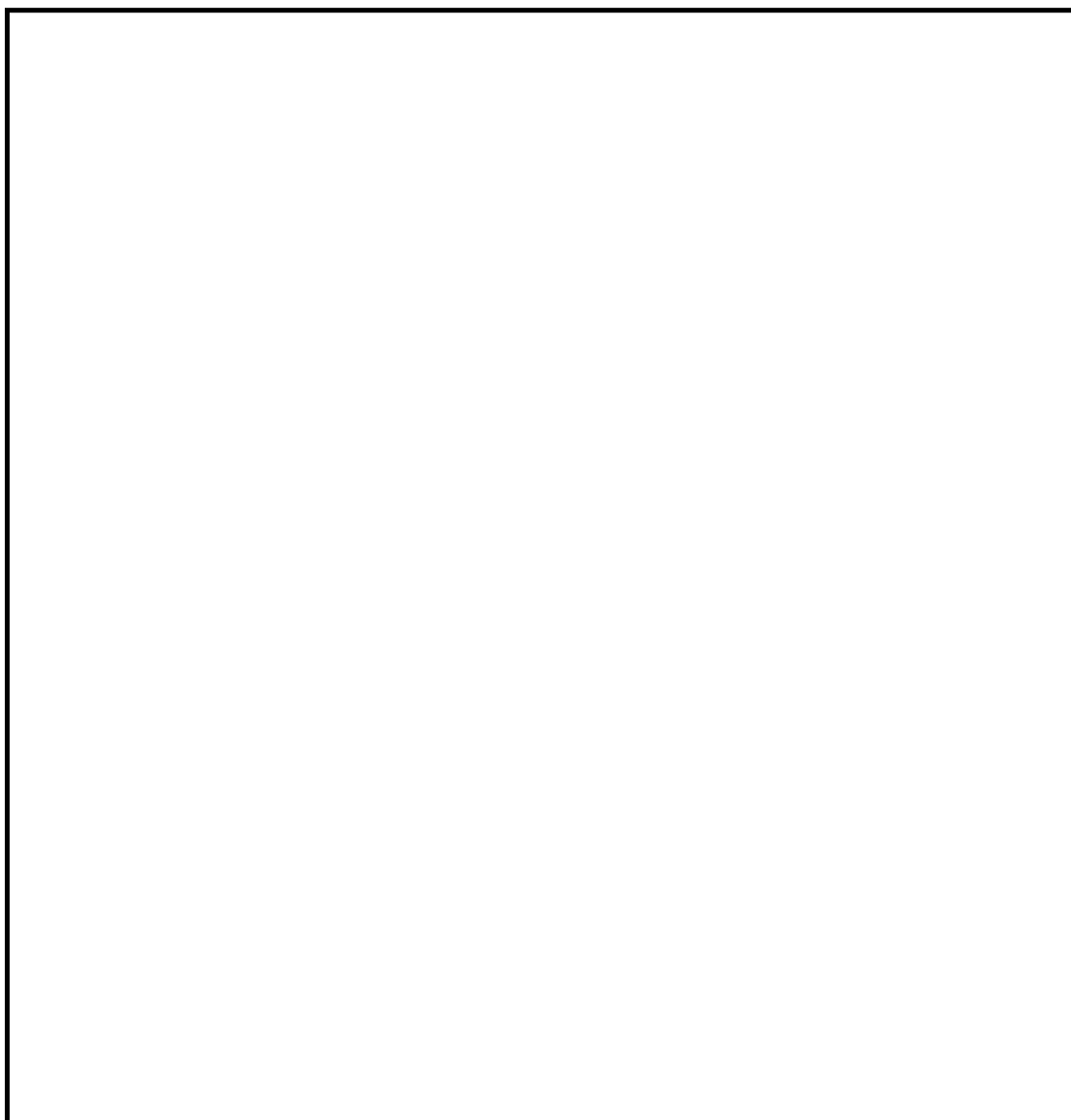


図 5-2 貫通部番号 X-31 の計算モデル

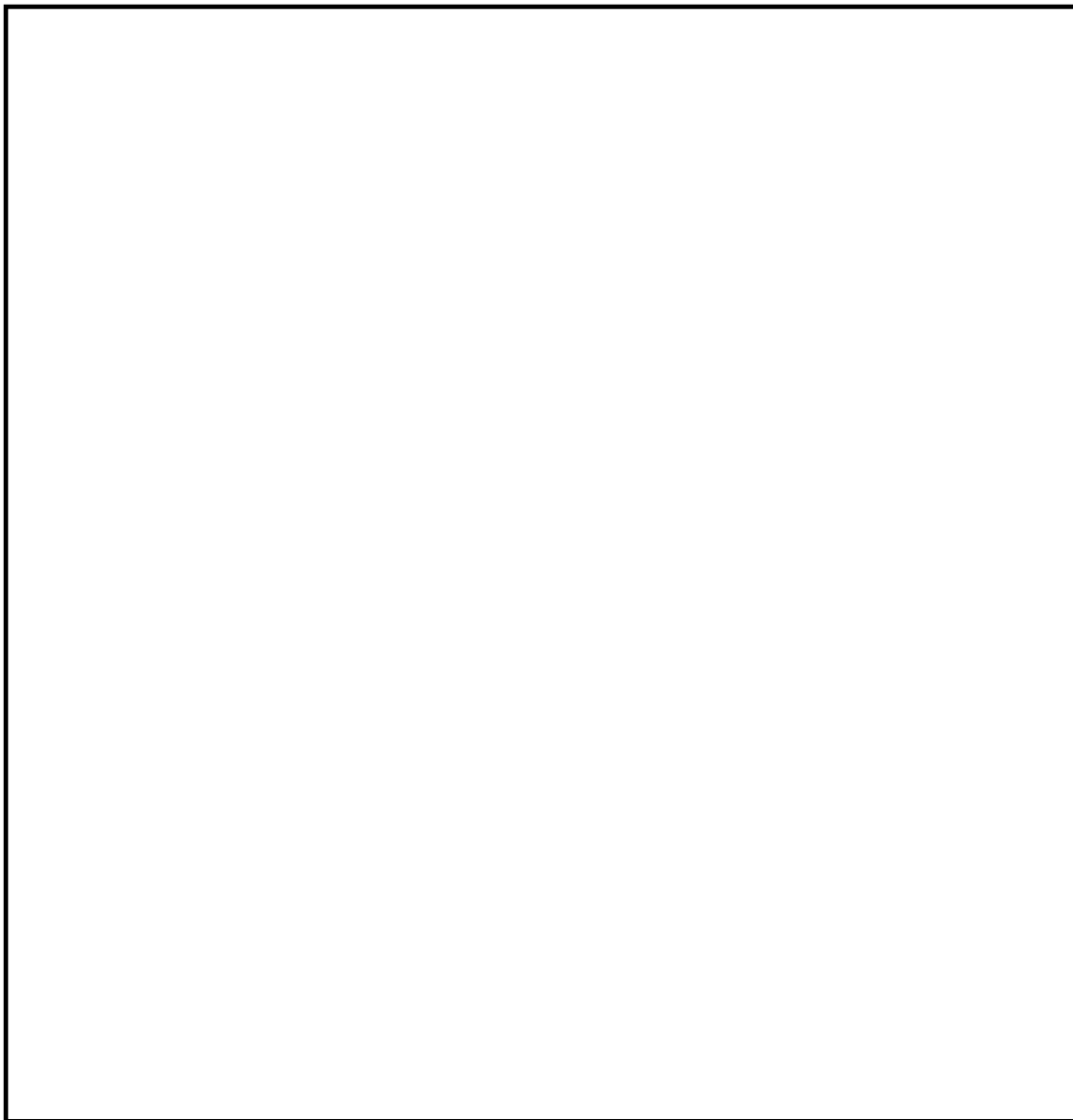


図 5-3 貫通部番号 X-34 の計算モデル

6. 引用図書

- (1) V-2-9-1-1 「原子炉格納容器の耐震性についての計算書」

V-2-9-1-9 電気配線貫通部の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 設計荷重	5
4.2 材料及び許容応力	7
5. 応力計算	8
5.1 応力評価点	8
5.2 計算方針	9
6. 引用図書	10

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、電気配線貫通部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は電気配線貫通部の地震応答解析、応力評価により行う。

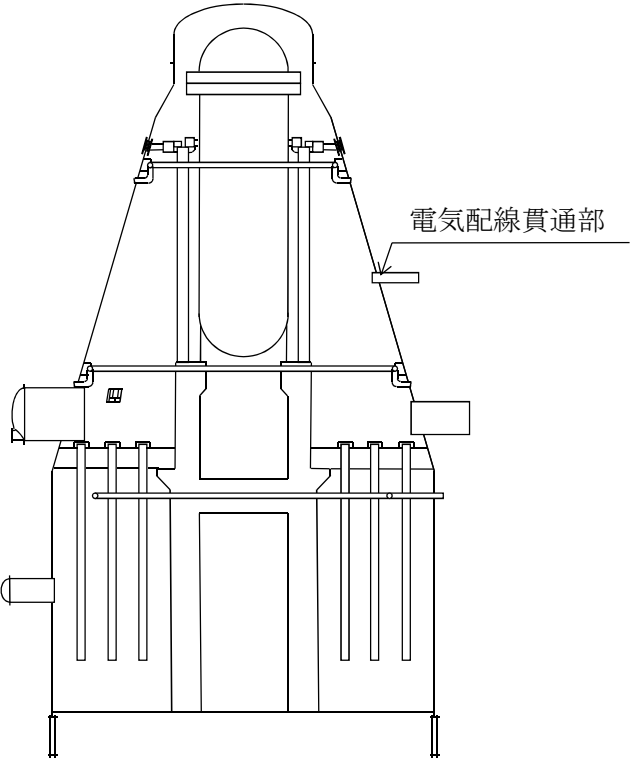
電気配線貫通部は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

電気配線貫通部の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・原子炉格納容器電気配線貫通部のうちスリーブは原子炉格納容器に、アダプタ・ヘッダはスリーブに溶接に取り付けるものである。	・円筒形	

2.2 評価方針

- (1) 電気配線貫通部の応力評価は、原子炉格納容器側の応力については、原子炉格納容器に作用する荷重（死荷重、圧力、地震荷重）による応力と、貫通部に作用する荷重（配管反力）による応力を組み合わせて評価する。原子炉格納容器に作用する荷重による応力は、引用図書(1)で計算した応力を用い、貫通部に作用する荷重による応力は、実績のある 3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは NASTRAN を用いる。なお、評価に用いる解析コード NASTRAN の検証及び妥当性確認等の概要については、付録 15「計算機プログラム（解析コード）の概要・NASTRAN」に示す。

3. 形状及び主要寸法

電気配線貫通部の形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に示す。

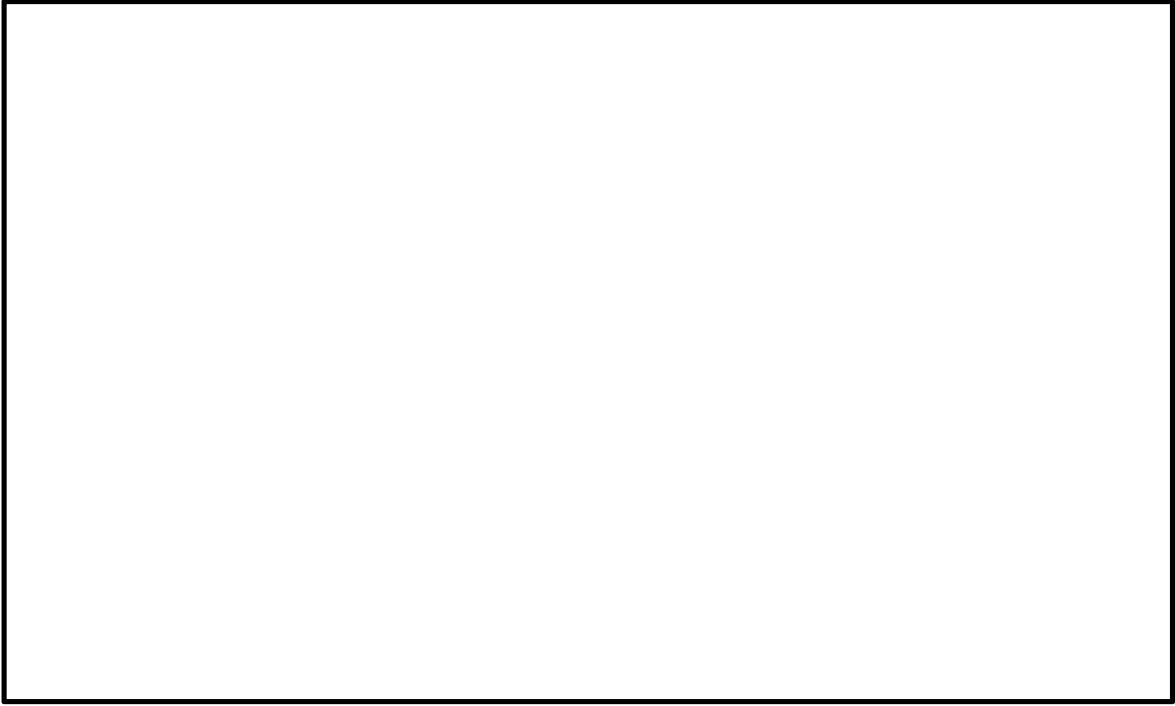


図 3-1 電気配線貫通部の形状

表 3-1 電気配線貫通部の寸法

(単位：mm)

貫通部番号	取付位置 (EL.)	D _o	t	T ₁	T ₂	L _{SL}	L _i	L _o

4. 設計条件

4.1 設計荷重

- (1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

内圧 P_D	310 kPa
外圧 P_{D0}	14 kPa
温度 T_D	171 °C

- (2) 冷却材喪失事故後の最大内圧 P_{DBA} 255 kPa

- (3) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SA(L)}$	465 kPa (SA 後長期)
内圧 $P_{SA(LL)}$	200 kPa (SA 後長々期)
温度 $T_{SA(L)}$	171 °C (SA 後長期)
温度 $T_{SA(LL)}$	150 °C (SA 後長々期)

- (4) 死荷重

- a. 電気配線貫通部の自重

X-101D



- (5) 地震荷重

電気配線貫通部に加わる地震荷重について、資料V-2-1-6「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。表4-1及び表4-2に示す設計震度により電気配線貫通部に加わる荷重を解析コード NASTRAN を使用して計算する。計算モデルを図4-1に示す。



節点数 19

要素数 18

接続箱中心位置に接続箱質量を設定し、スリーブは等分布質量を設定
格納容器との接合はシェルバネを考慮

図 4-1 計算モデル

表 4-1 設計震度（設計用床応答曲線）（設計基準対象施設）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S _d	原子炉格納容器 EL. 21. 420～ EL. 24. 422	鉛直	1. 0	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1. 0	
S _s	原子炉格納容器 EL. 21. 420～ EL. 24. 422	鉛直	1. 0	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1. 0	

表 4-2 設計震度（設計用床応答曲線）（重大事故等対処施設）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S _d	原子炉格納容器 EL. 21. 420～ EL. 24. 422	鉛直	1. 0	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1. 0	
S _s	原子炉格納容器 EL. 21. 420～ EL. 24. 422	鉛直	1. 0	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1. 0	

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

原子炉格納容器胴

補強板



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表4-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要 度分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	電気配線 貫通部	S	クラス MC 容器	$D + P + M + S_d$	$III_A S$
					$D + P + M + S_s$	$IV_A S$
					$D + P_L + M_L + S_d$	$IV_A S$

表4-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	電気配線 貫通部	常設耐震 ／防止 常設 ／緩和	重大事故 等クラス 2 容器	$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ と して $IV_A S$ の許容限 界を用い る。)
					$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$	$V_A S$ ($V_A S$ と して $IV_A S$ の許容限 界を用い る。)

注記 * : 「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。

5. 応力計算

5.1 応力評価点

電気配線貫通部の形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

貫通部番号	応力評価点番号	応力評価点
X-101D	P 1	原子炉格納容器胴とスリーブとの取付部（胴側） （P 1－A～P 1－C）
	P 2	補強板取付部（胴側） （P 2－A～P 2－C）

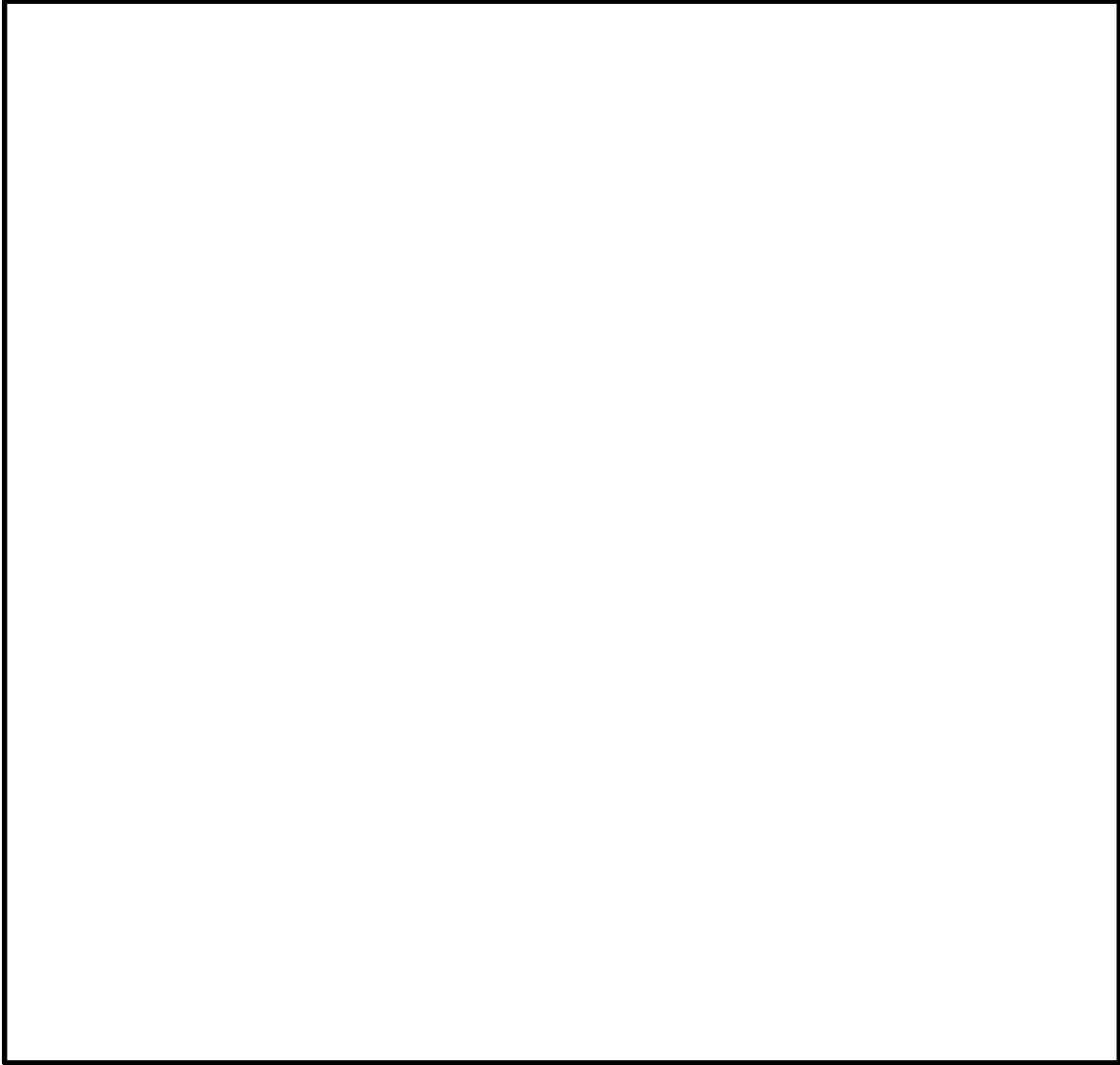


図 5-1 応力評価点

5.2 計算方針

5.2.1 原子炉格納容器に作用する荷重による応力

原子炉格納容器に作用する最高使用圧力(内圧), 最高使用圧力(外圧), 死荷重及び地震荷重による応力は, 引用図書(1)で計算した応力を用いる。

5.2.2 貫通部に作用する荷重による応力

貫通部に作用する死荷重, 地震荷重による応力は, 解析コード NASTRAN を用いて計算する。

計算モデルを図 5-2 に示す。

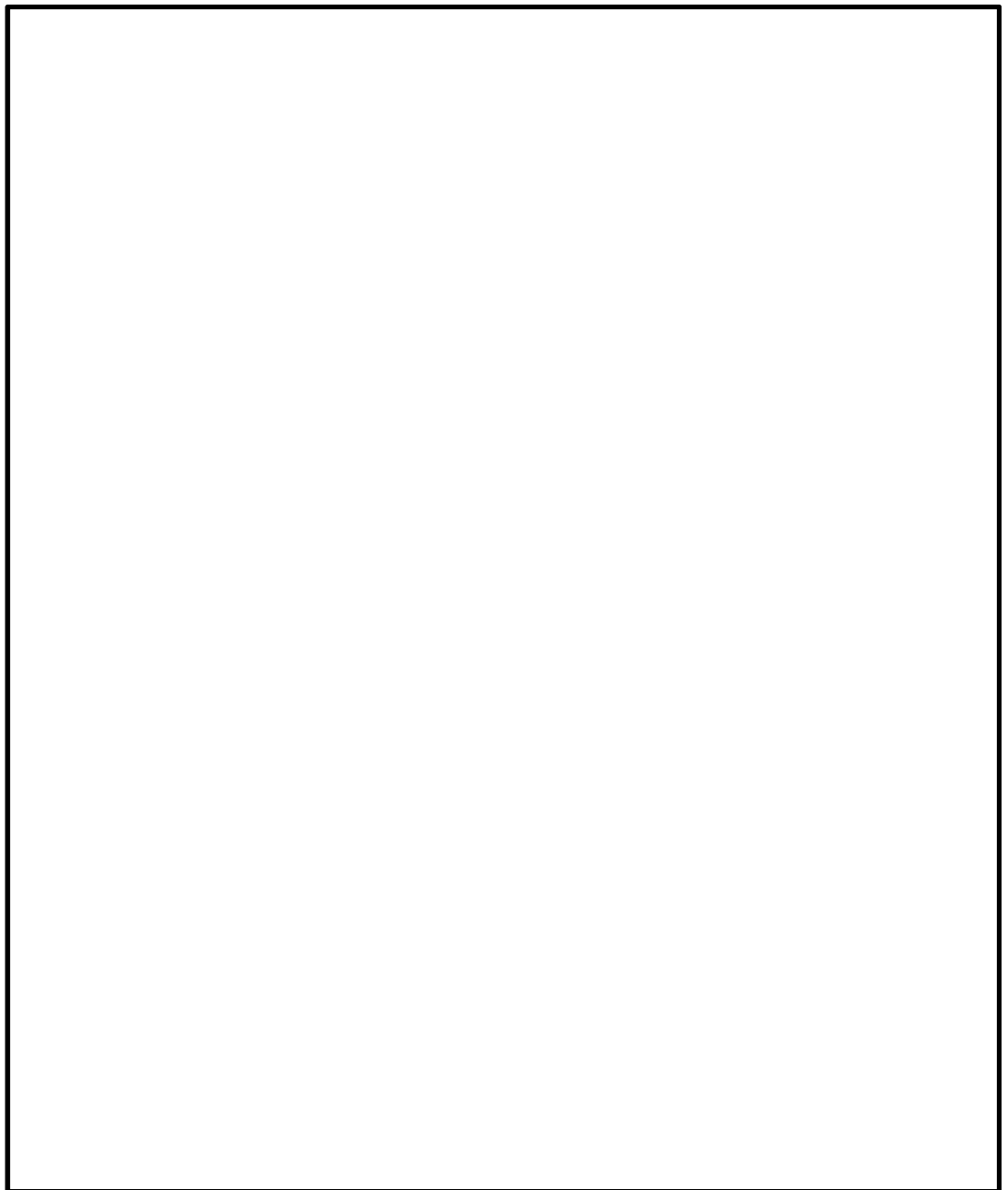


図 5-2 計算モデル (X-101D)

6. 引用図書

- (1) 資料V-2-9-1-1「原子炉格納容器の耐震性についての計算書」

V-2-9-1-10 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	10
3. 地震応答解析による評価方法	11
4. 応力解析による評価方法	13
4.1 評価対象部位及び評価方針	13
4.2 荷重及び荷重の組合せ	17
4.3 許容限界	92
4.4 解析モデル及び諸元	96
4.5 評価方法	99

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋のうち二次格納施設となる原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉棟は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

原子炉棟は原子炉建屋の一部を構成している。原子炉棟を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

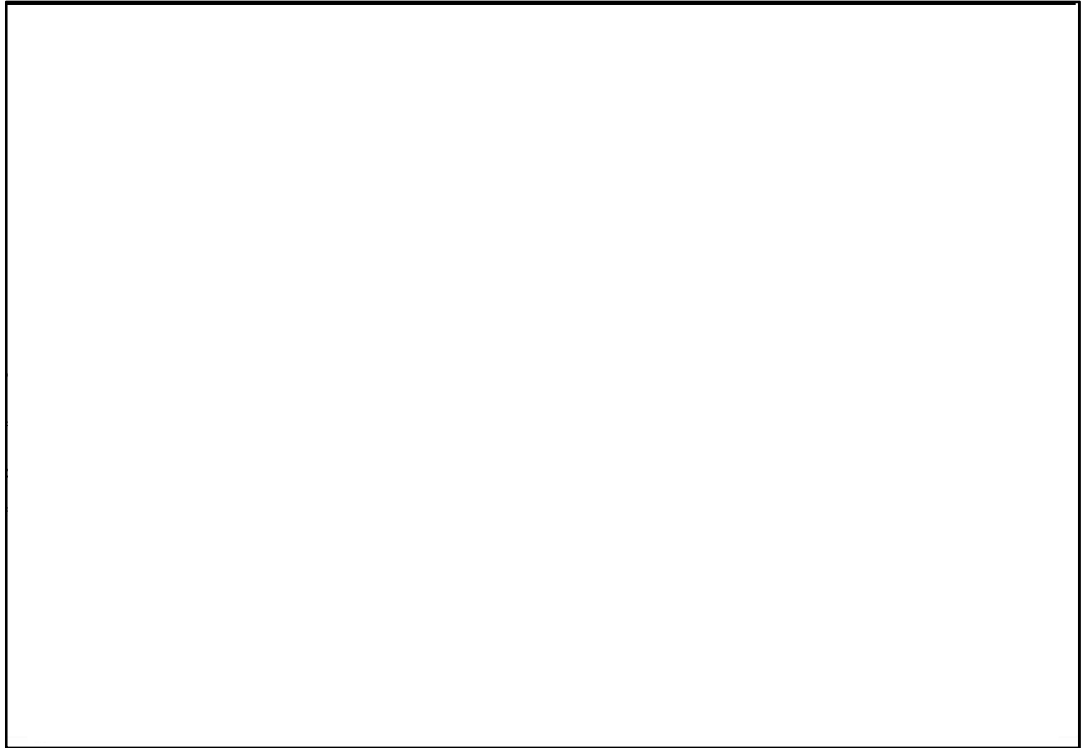


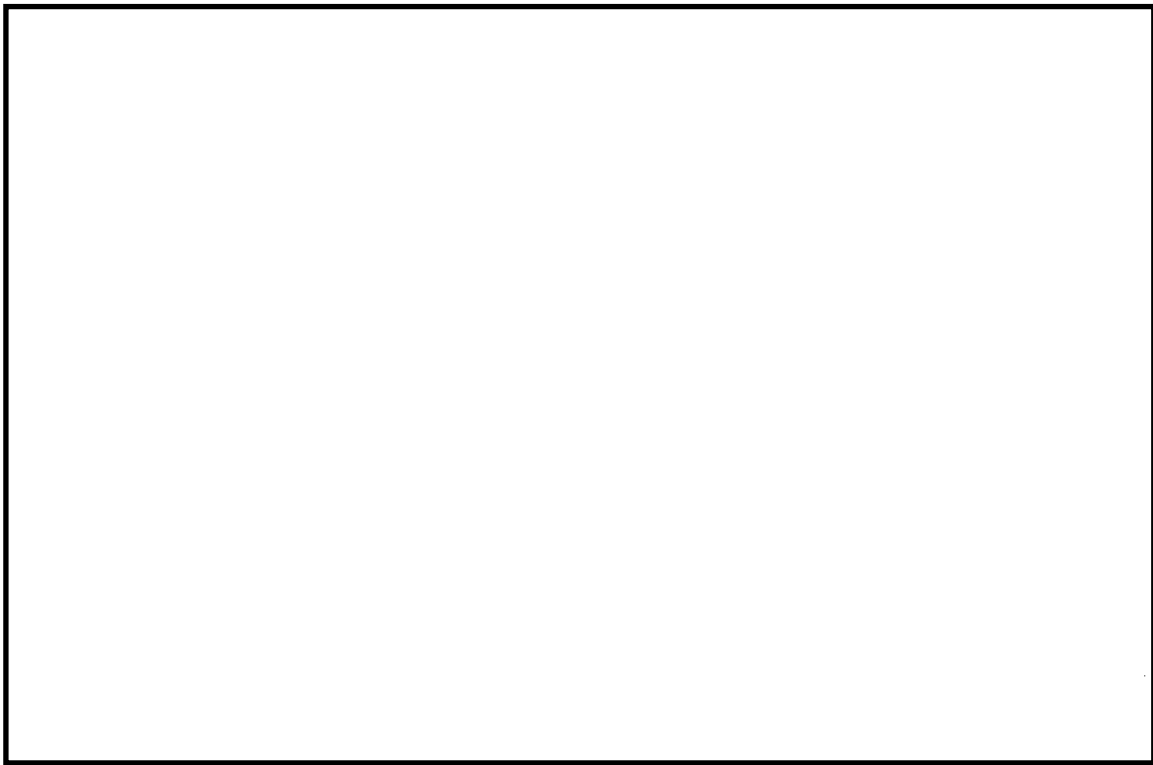
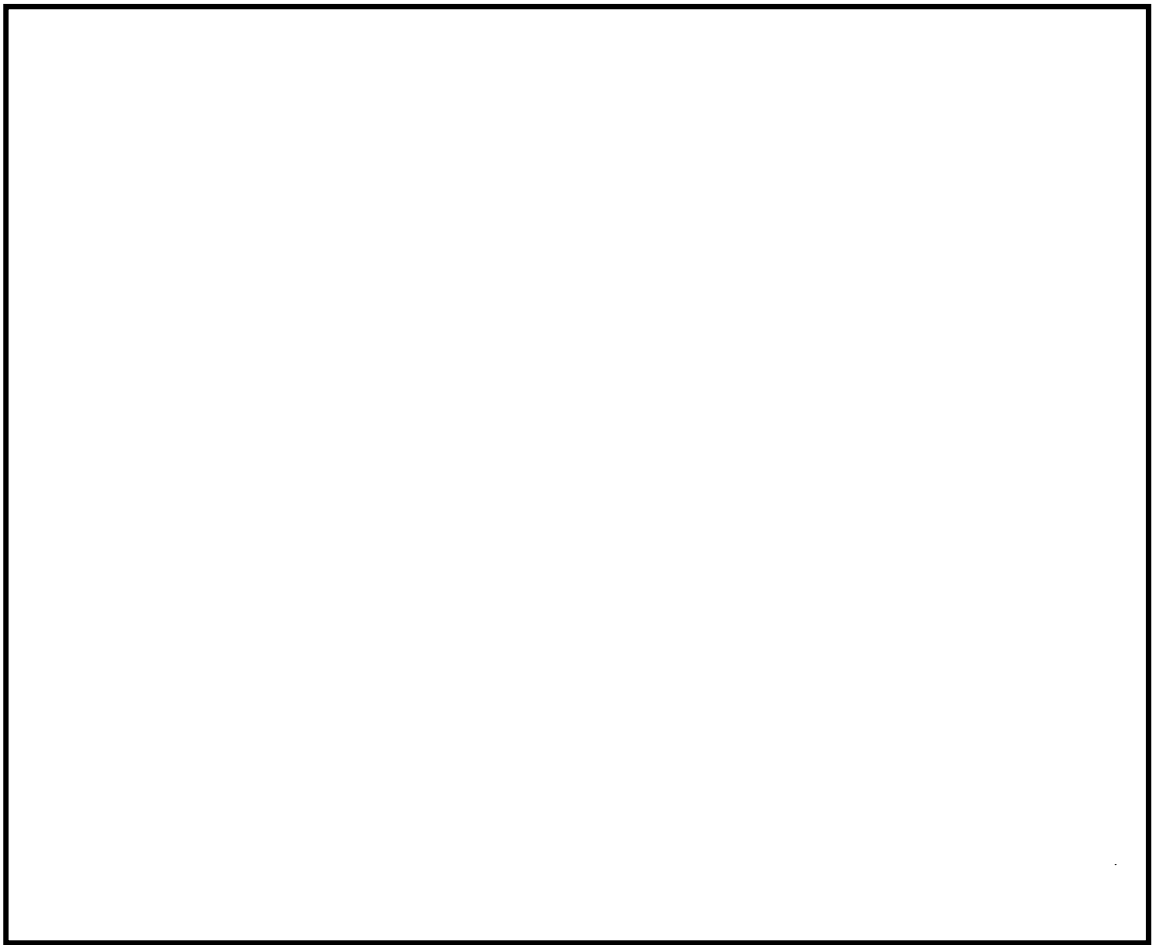
図 2-1 原子炉棟を含む原子炉建屋の設置位置

2.2 構造概要

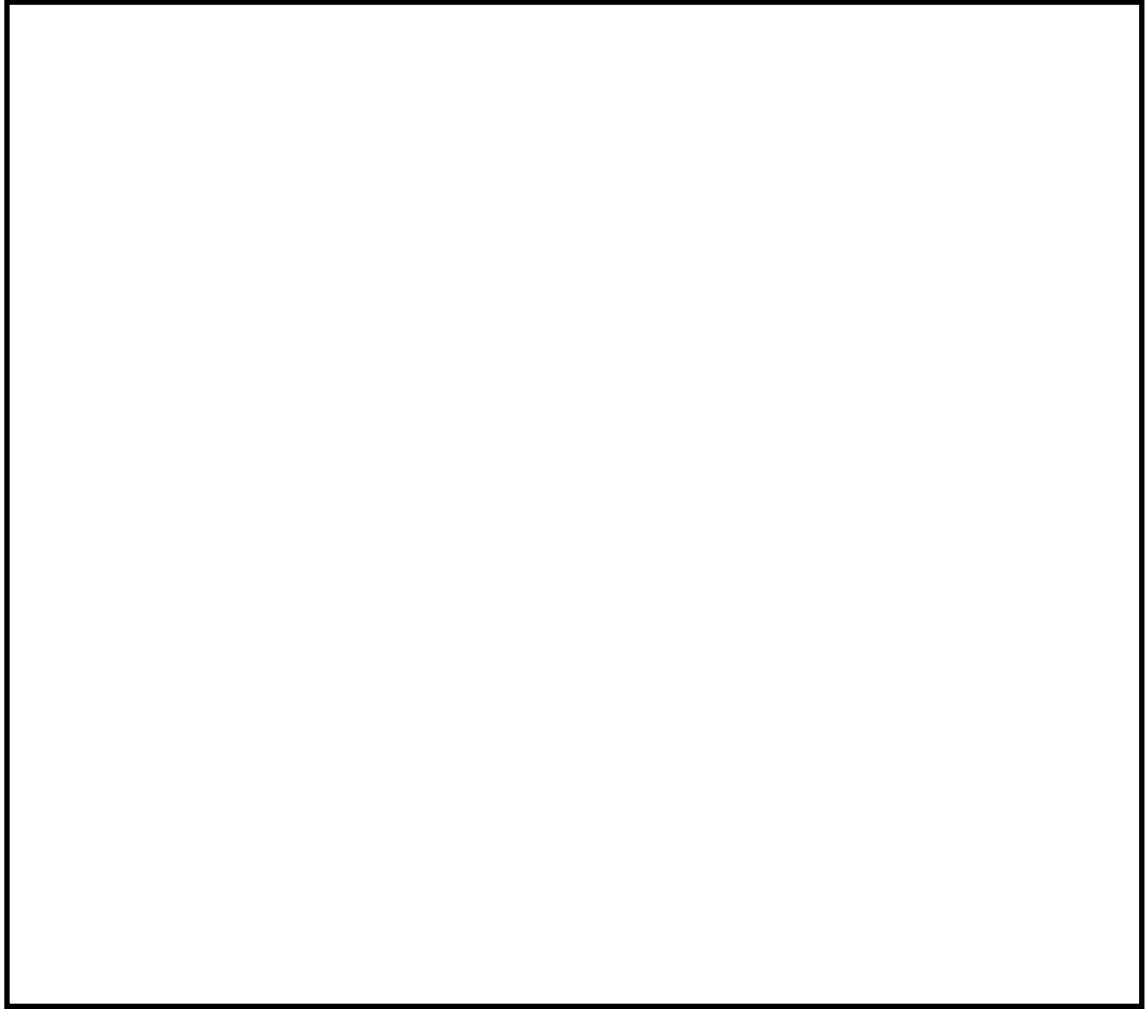
原子炉建屋は、主体構造が鉄筋コンクリート造で、鉄骨造陸屋根をもつ地下2階、地上6階の建物である。中央部には、平面が南北方向45.5 m、東西方向42.5 mの原子炉棟があり、その周囲には、平面が南北方向68.5 m、東西方向68.25 m原子炉建屋付属棟（以下「付属棟」という。）を配置している。

原子炉棟は、基礎スラブから屋根面まで連続した、壁厚1.5 m～0.3 mの耐震壁（以下「内部ボックス壁（I/W）」という。）、厚さ約10 cmの鉄筋コンクリート造のスラブ（以下「屋根スラブ」という。）及び鉄骨架構（以下「屋根トラス」という。）で構成される。

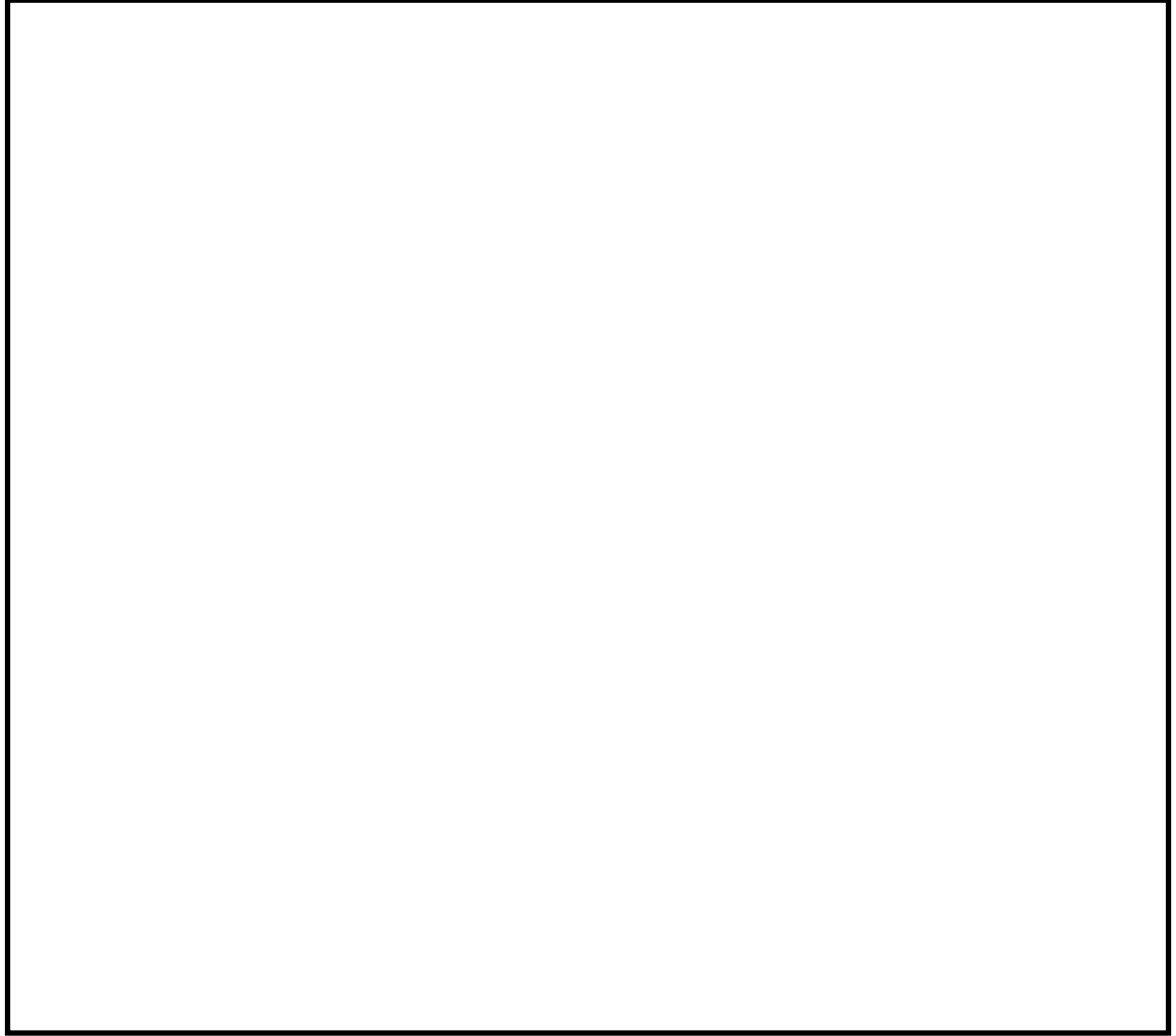
原子炉棟を含む原子炉建屋の概略平面図を図2-2に、概略断面図を図2-3に、屋根伏図を図2-4に示す。



NT2 補② V-2-9-1-10 R0



NT2 補② V-2-9-1-10 R0



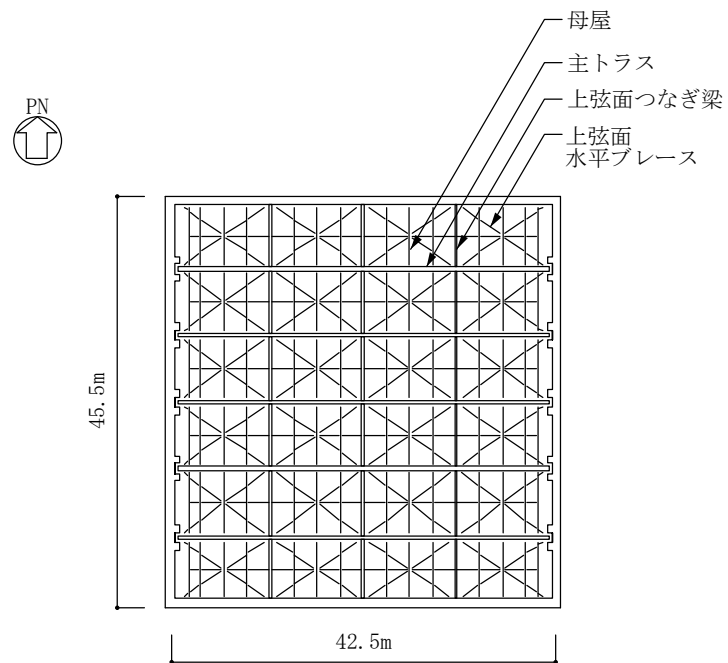


図 2-4 原子炉棟を含む原子炉建屋の屋根伏図 (EL. 64.08 m)

2.3 評価方針

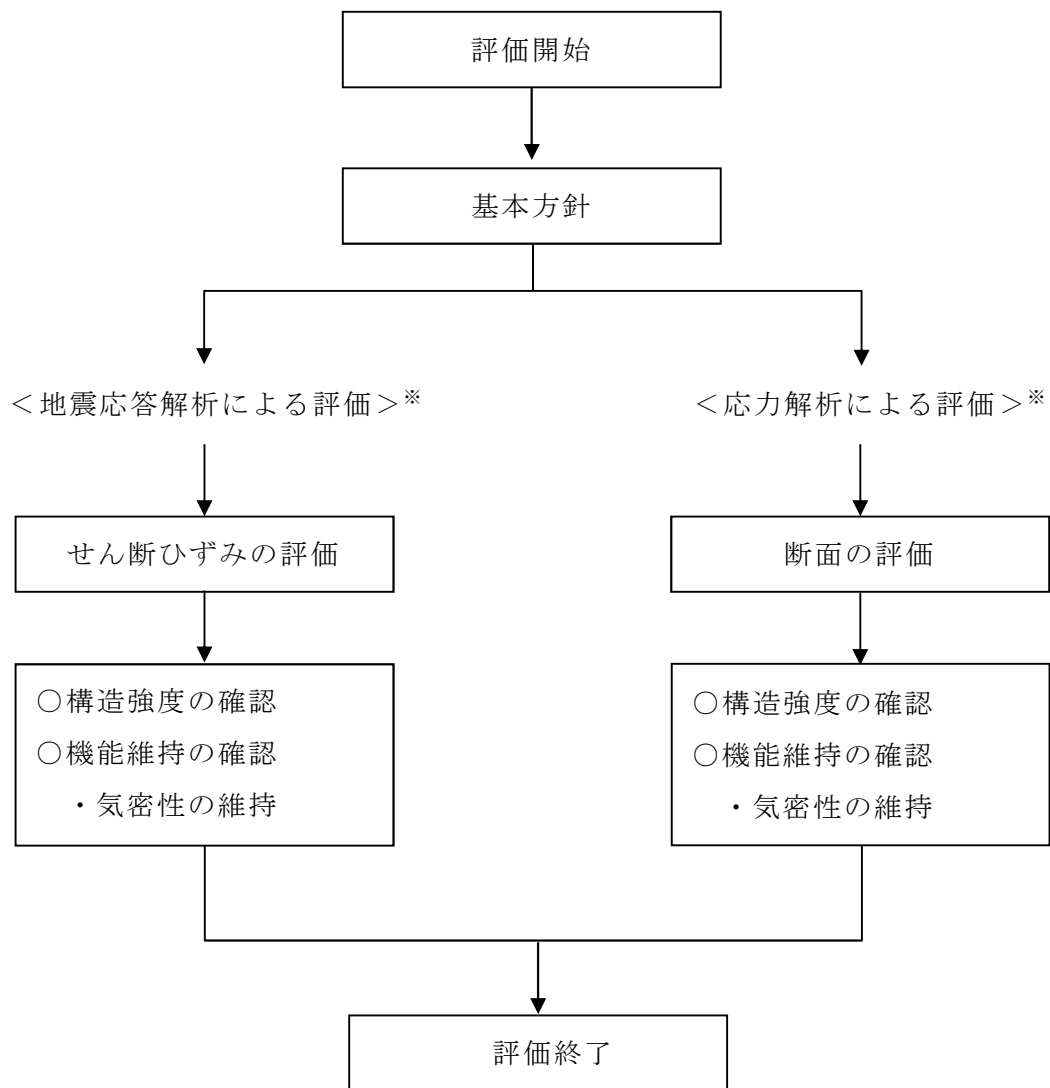
原子炉棟は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉棟の設計基準対象施設としての地震時の評価は、弾性設計用地震動 S_d による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 S_d 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。ただし、耐震壁については、常時荷重が設計時と同一であること、また、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 S_d による地震力及び静的地震力がいずれも『既工事計画認可申請書第1回 資料Ⅲ-1-4「原子炉建屋の地震応答計算書」（47公第12076号 昭和48年4月9日認可）』の設計用地震力よりも小さいことから、 S_d 地震時に対する評価は行わない。

原子炉棟の評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉棟の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては、地盤物性のばらつきを考慮する。なお、保有水平耐力の評価については、原子炉棟が原子炉建屋の一部であることを踏まえ、原子炉棟を含む原子炉建屋全体としての評価結果を資料V-2-2-2「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。

また、重大事故等対処施設として評価においては、 S_s 地震時に対する評価及び保有水平耐力に対する評価を行う。ここで、原子炉棟では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

原子炉棟の評価フローを図2-5に示す。



※：資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-5 原子炉棟の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

原子炉棟の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「R C - N 規準」という。)
- ・ 鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「S 規準」という。)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所) (以下「技術基準解説書」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、原子炉棟の構造強度については、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また、気密性の維持については、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉棟の許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表3-1のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	耐震壁※ ¹	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁※ ¹	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} ※ ²

※¹：建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

※²：事故時に原子炉格納容器から漏洩した空気を非常用ガス処理系で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S_s	耐震壁※1	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} ※2

※1：建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

※2：事故時に原子炉格納容器から漏洩した空気を非常用ガス処理系で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉棟の応力解析による評価対象部位は、屋根スラブ及び屋根トラスとする。屋根トラスについては、屋根スラブを支持するつなぎばりの上弦材、母屋及び主トラスを評価対象部位とする。屋根スラブについては、つなぎばりの上弦材もしくは母屋で支持されたスパンでモデル化した梁により評価を行う。屋根トラスのうち、つなぎばりの上弦材及び母屋については、主トラスで支持されたスパンでモデル化した梁により評価を行い、主トラスについては燃料取替床（EL.46.5 m）より上部を取り出した、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析により評価を行う。3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析に当たっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4-1に示す。なお、つなぎばりの上弦材及び母屋の評価については、母屋の断面がつなぎばりの上弦材よりも小さいことから、支配面積の大きい母屋の部材を選定して示す。選定した部材の位置を図4-2及び図4-3に示す。

4.1.1 S_d地震時に対する評価

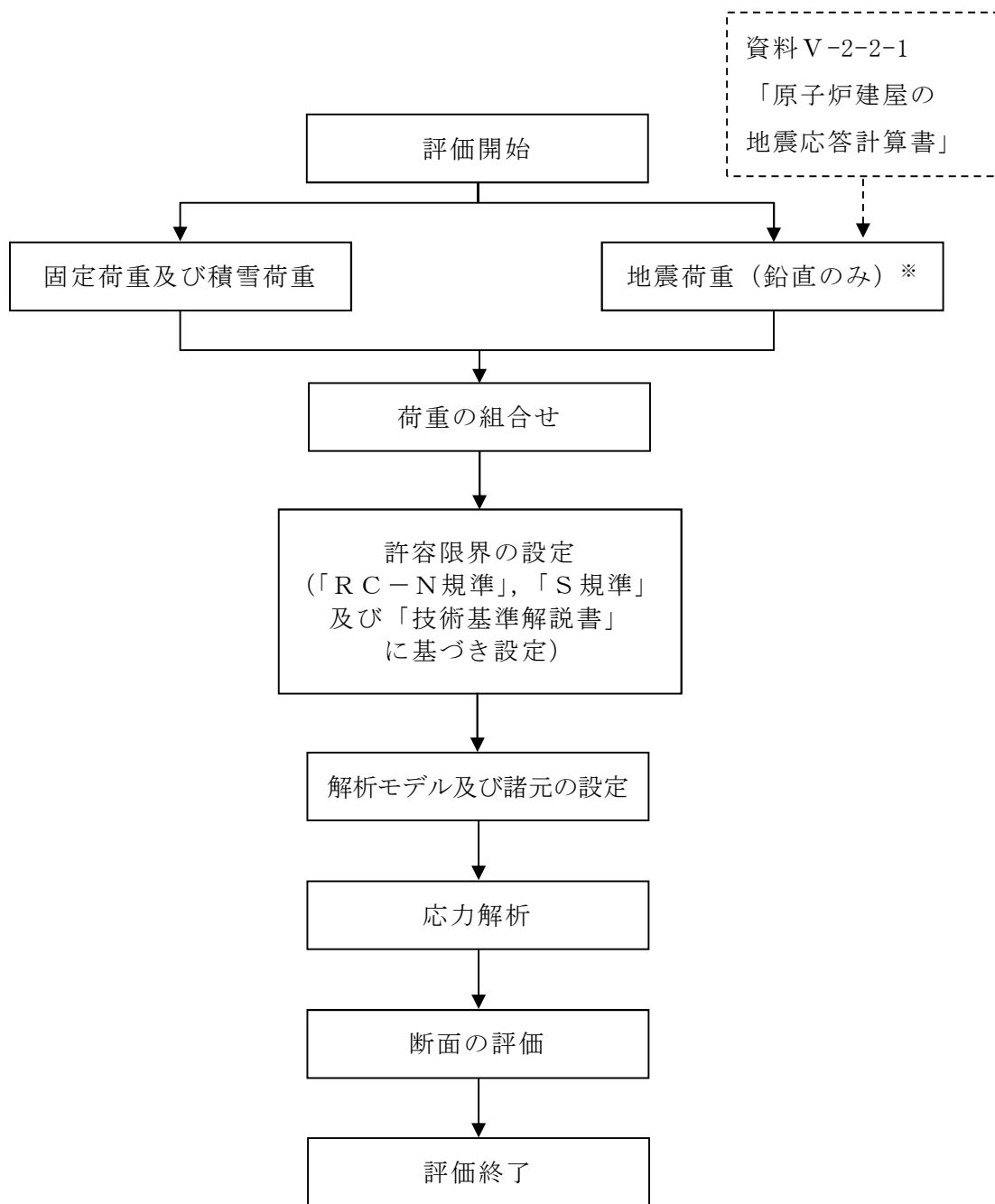
S_d地震時に対する評価は、屋根スラブ及び屋根トラスについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N規準」及び「S規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行うこととする。

4.1.2 S_s地震時に対する評価

S_s地震時に対する評価は、屋根スラブ及び屋根トラスについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N規準」、「S規準」及び「技術基準解説書」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

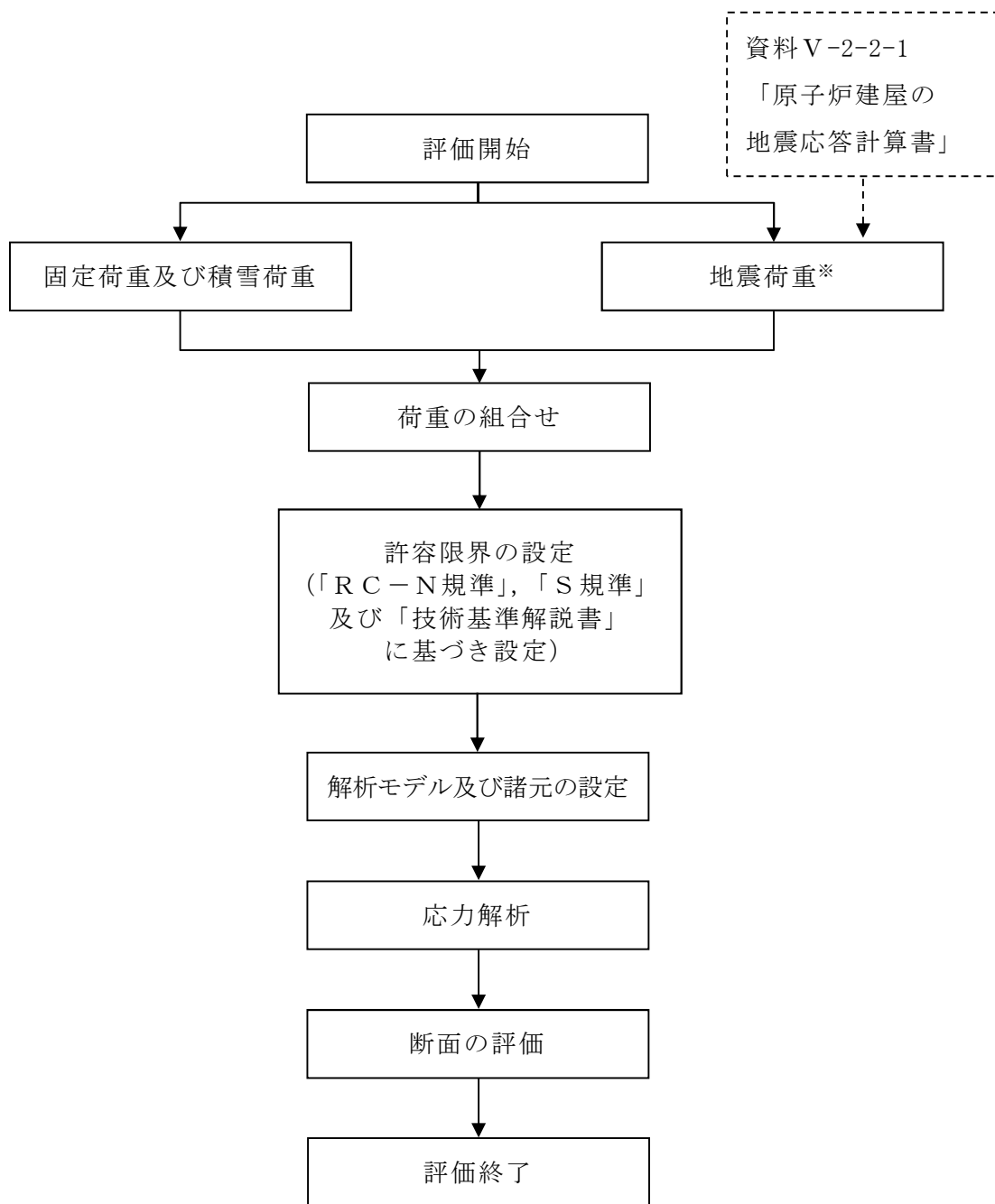
また、断面の評価については、地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行うこととする。



※：地盤物性のばらつきを考慮する。

(a) 屋根スラブ

図4-1 (1/2) 応力解析による評価フロー



※：地盤物性のばらつきを考慮する。

(b) 屋根トラス

図 4-1 (2/2) 応力解析による評価フロー

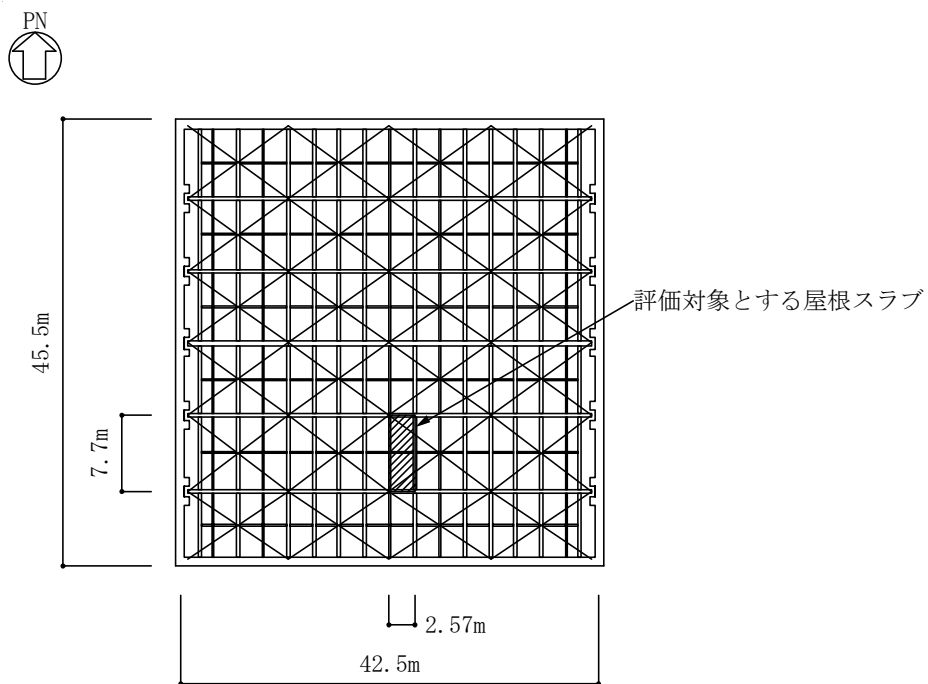


図4-2 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (EL. 64.08 m)

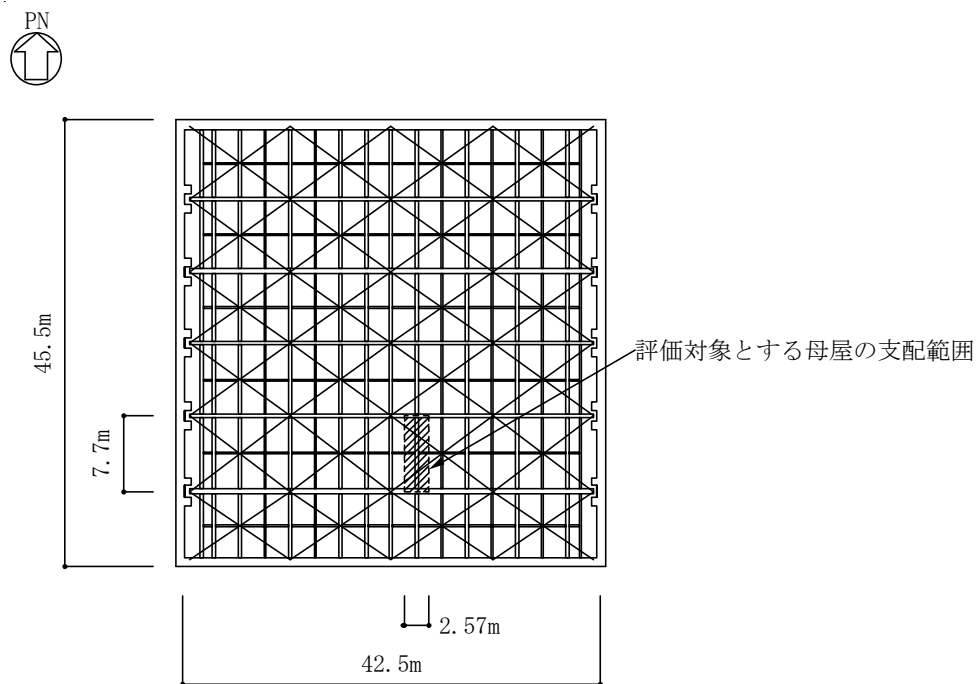


図4-3 つなぎばりの上弦材及び母屋の評価を記載する部材の位置 (EL. 64.08 m)

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

4.2.1 屋根スラブ及び母屋

(1) 荷重

a. 固定荷重 (G)

屋根スラブ及び母屋に作用する固定荷重を表4-1に示す。

表4-1 (1/2) 固定荷重 (屋根スラブ)

部 位	仕 上 げ	固 定 荷 重
屋根スラブ	防水シート	3 kgf/m ²
	アスファルト防水層	37 kgf/m ²
	コンクリート (t=100 mm)	240 kgf/m ²
	デッキプレート部コンクリート	45 kgf/m ²
	デッキプレート	18 kgf/m ²
	合 計	343 kgf/m ² →3400 N/m ²

表4-1 (2/2) 固定荷重 (母屋)

部 位	自 重
母屋 (H-390×300×10×16)	1050 N/m

b. 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は，資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せに基づき，表4-2のとおり設定する。

表4-2 積雪荷重 (SNL)

外力の状態	積雪荷重
地震時	210 N/m ²

c. 地震荷重 (S_d , S_s)

鉛直地震力は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力に地盤物性のばらつきを考慮して設定する。

屋根スラブが、EW 方向 2.57 m、NS 方向 7.7 m スパンで支持され、厚さ約 10 cm の鉄筋コンクリート造スラブであることから剛とみなす。

地震荷重は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する質点系モデルの屋根トラス部 (EL. 63.65 m、質点番号 22～質点番号 25) の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。屋根スラブについては S_d 地震時及び S_s 地震時、母屋については S_s 地震時の荷重の組合せを用いる。

表 4-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S_d 地震時	$G + SNL + S_d$
S_s 地震時	$G + SNL + S_s$

G : 固定荷重

SNL : 積雪荷重 (地震時)

S_d : S_d 地震荷重

S_s : S_s 地震荷重

4.2.2 屋根トラス

(1) 荷重

d. 固定荷重 (G)

屋根トラスの応力解析において考慮する固定荷重は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデルの重量に基づき設定する。固定荷重を表4-4に示す。

表4-4 固定荷重（屋根トラス）

部 位	部 材	固定荷重
屋根面 (EL. 64.08 m)	屋根スラブ トラス鋼材	343 kgf/m ² 204 kgf/m ²
	合 計	547 kgf/m ² →5370 N/m ²
EL. 64.08 m	外周梁	33790 N/m
EL. 57.00 m	外周梁	78700 N/m
	天井クレーン	2750 kN

e. 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せに基づき、表4-5のとおり設定する。

表4-5 積雪荷重 (SNL)

外力の状態	積雪荷重
地震時	210 N/m ²

f. 地震荷重 (S_d, S_s)

水平地震力及び鉛直地震力は、弾性設計用地震動S_d及び基準地震動S_sに対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

地震荷重は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す質点系モデルのうち、3次元FEMモデルの脚部にあたる燃料取替床レベル(EL. 46.5 m, 質点番号3)におけるS_d地震時及びS_s地震時の水平方向及び鉛直方向の動的応答(時刻歴応答加速度)とする。なお、水平方向の地震荷重には、並進成分と回転成分を考慮する。また、地震荷重については、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。

弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する燃料取替床レベル
(EL. 46.5 m, 質点番号 3) の基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮した
ケースの加速度応答スペクトル及び加速度時刻歴波形を図 4-4～図 4-63 に
示す。

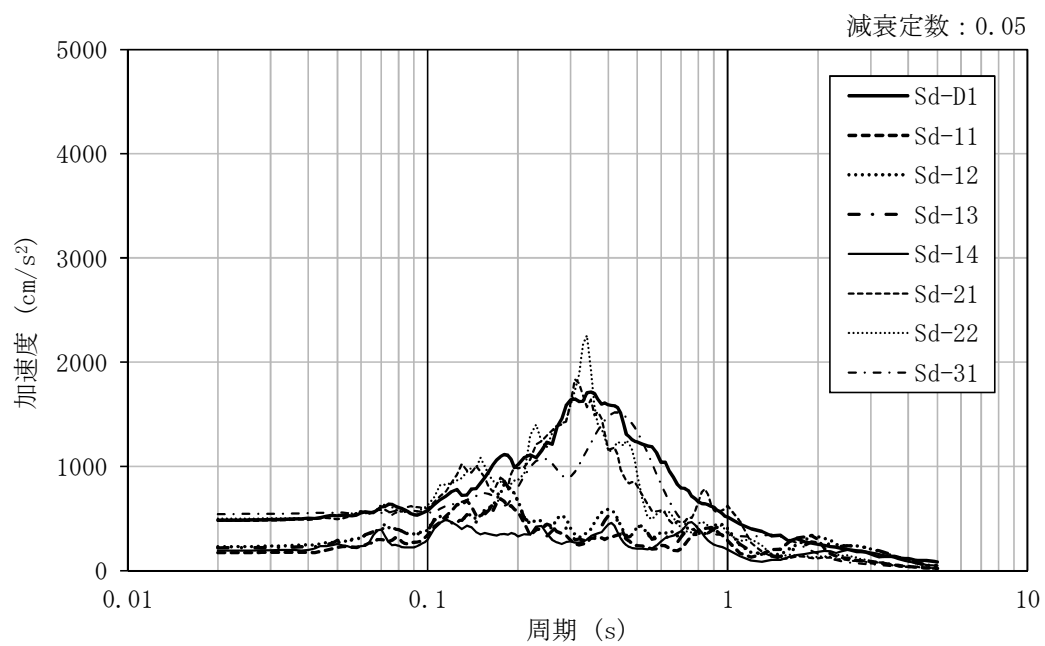


図4-4 加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S_d ，NS 方向並進成分，基本ケース）

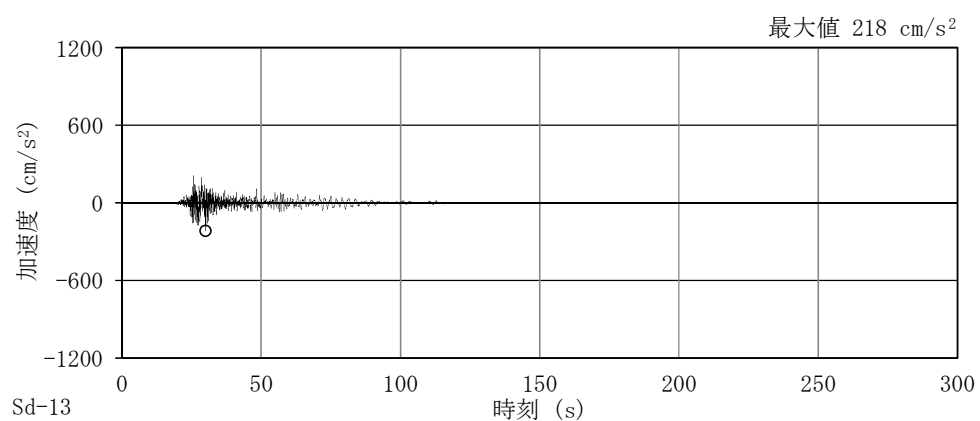
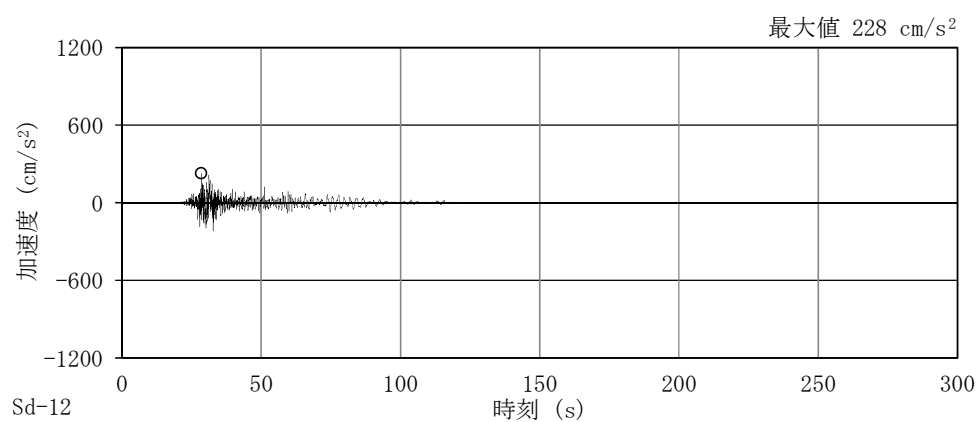
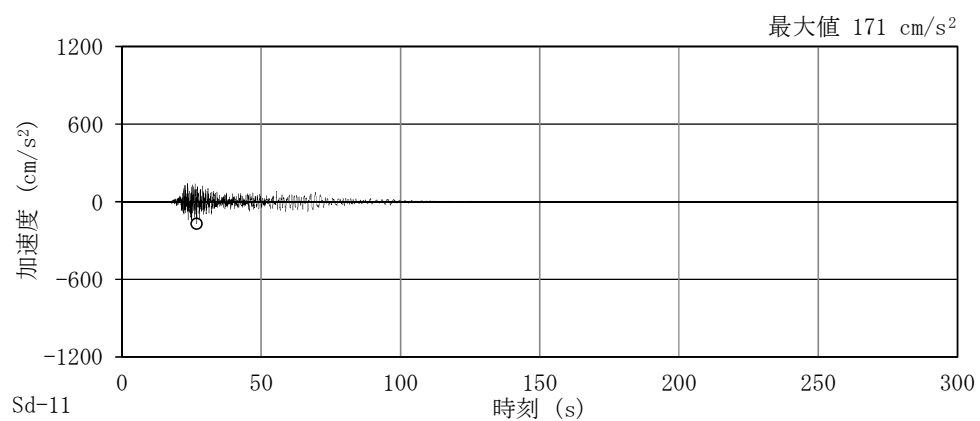
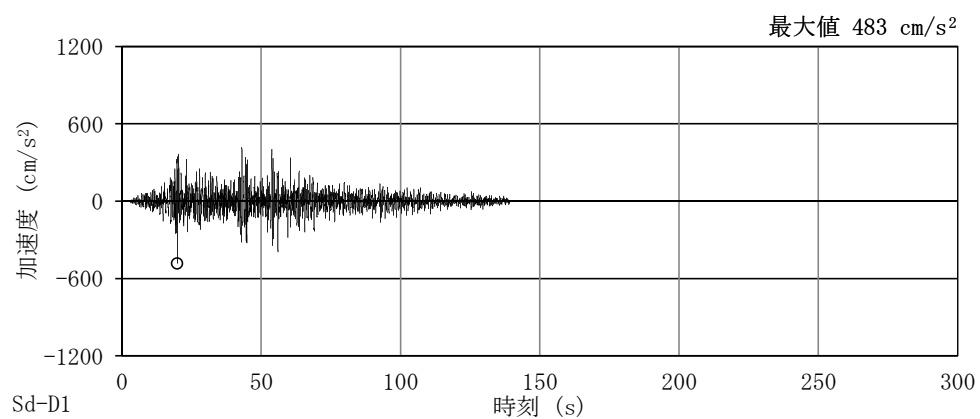


図4-5 (1/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d , NS 方向並進成分, 基本ケース)

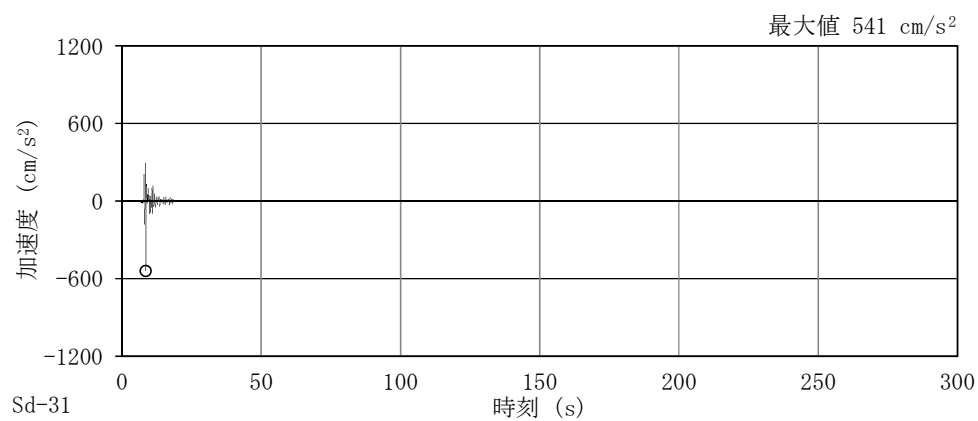
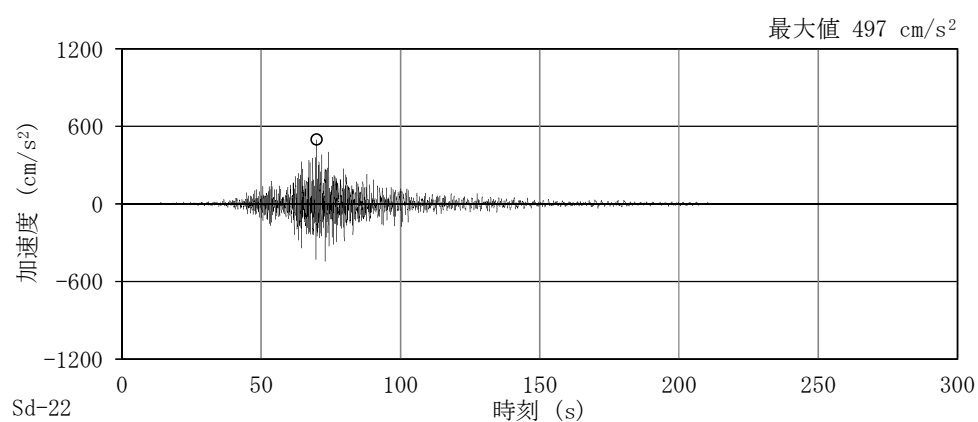
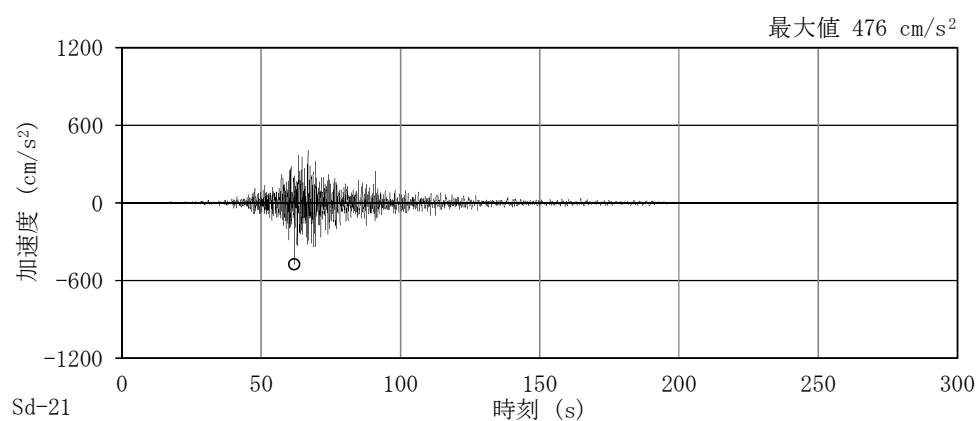
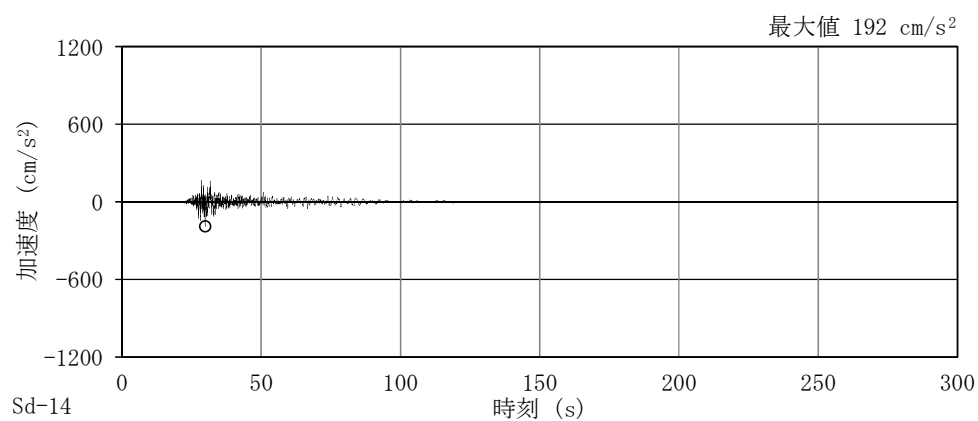


図 4-5 (2/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d , NS 方向並進成分, 基本ケース)

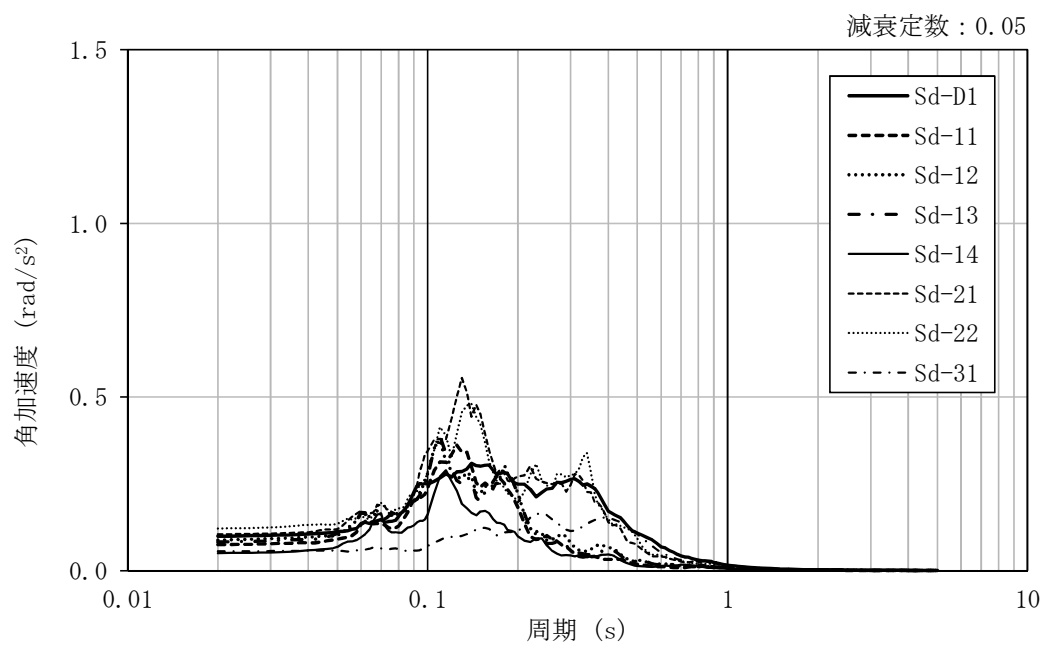


図4-6 加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S_d ，NS 方向回転成分，基本ケース）

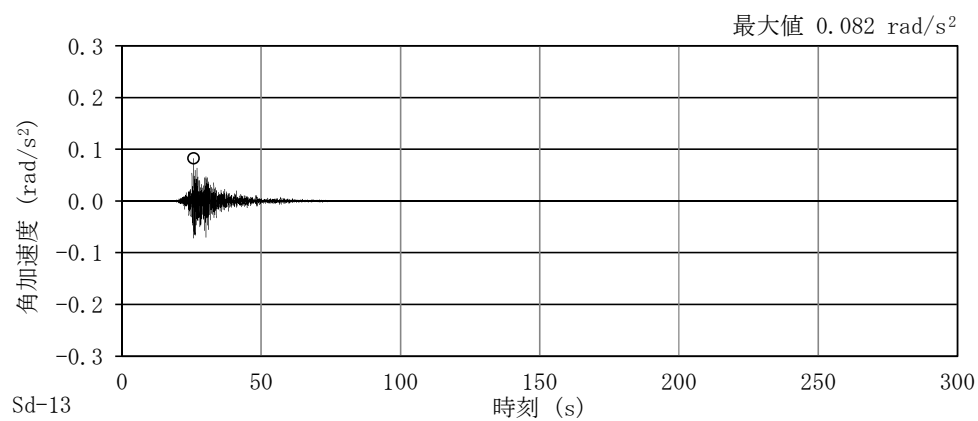
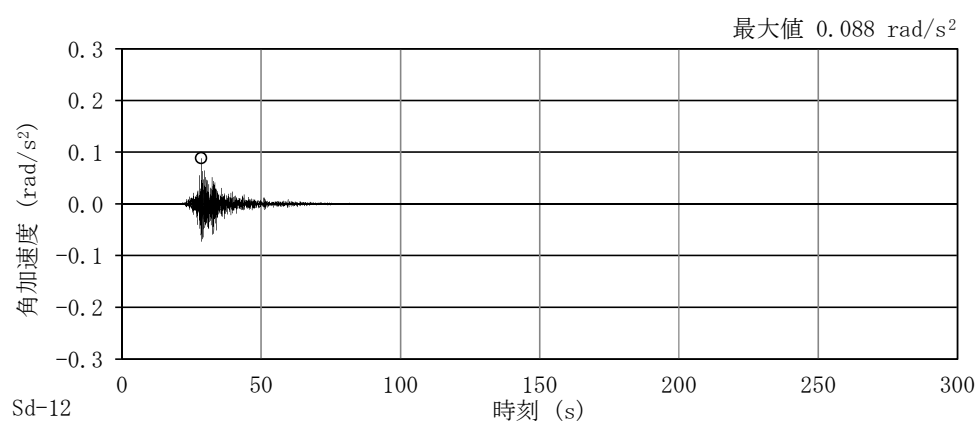
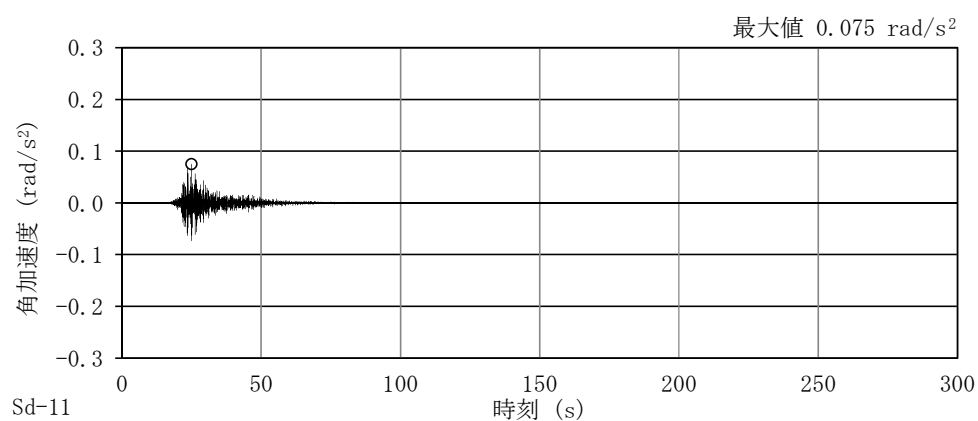
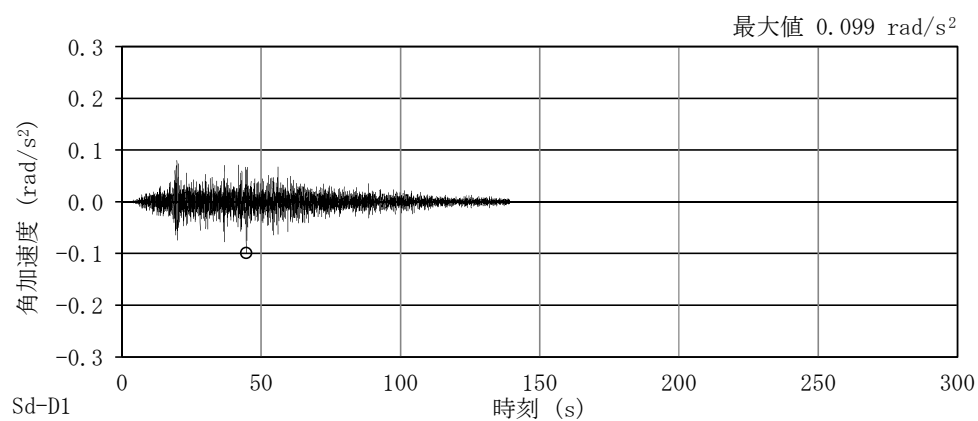


図4-7 (1/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d, NS 方向回転成分, 基本ケース)

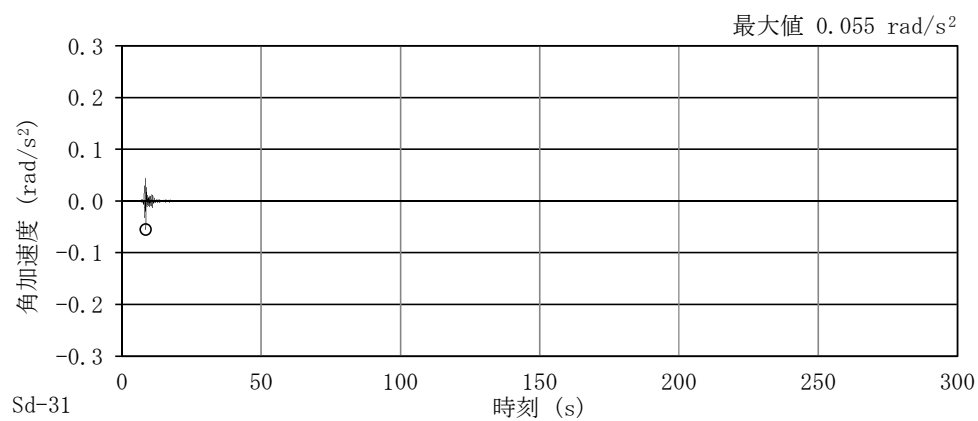
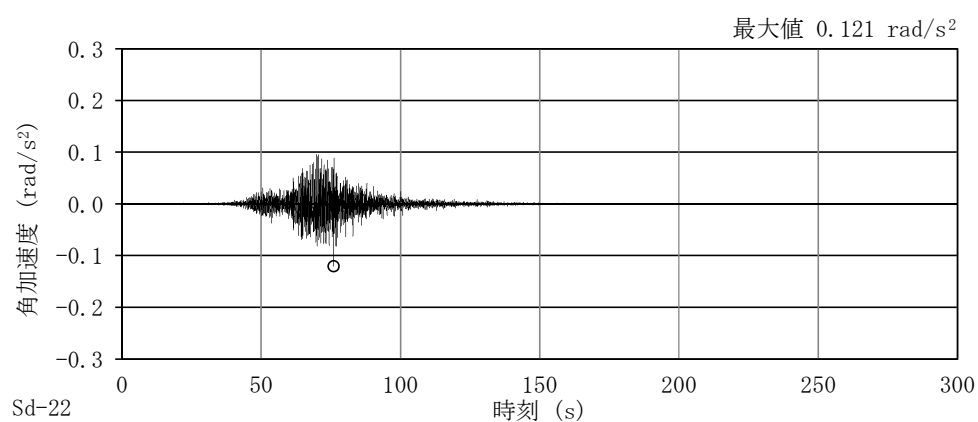
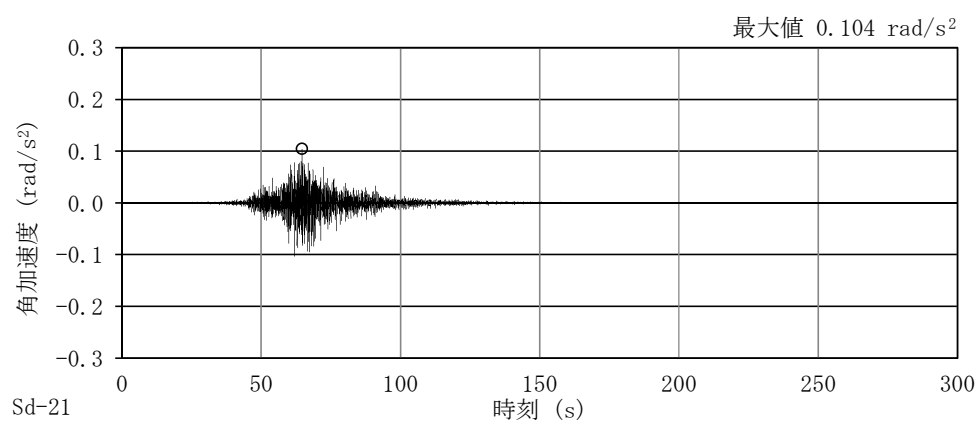
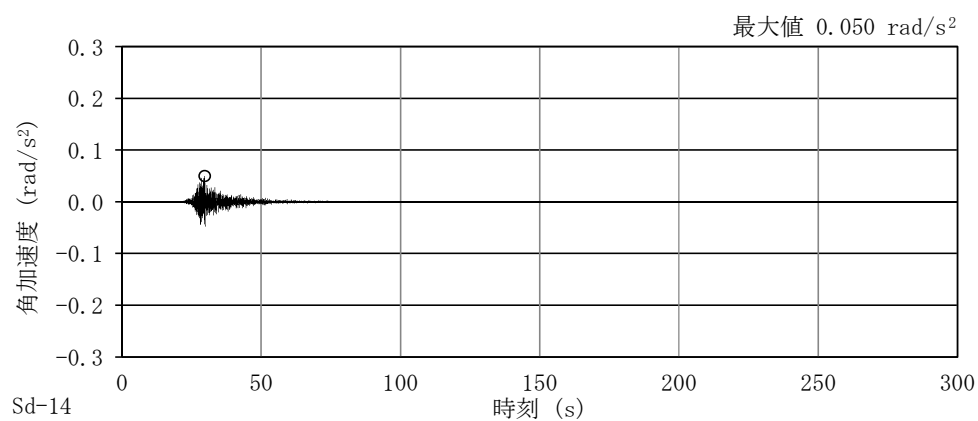


図 4-7 (2/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d, NS 方向回転成分, 基本ケース)

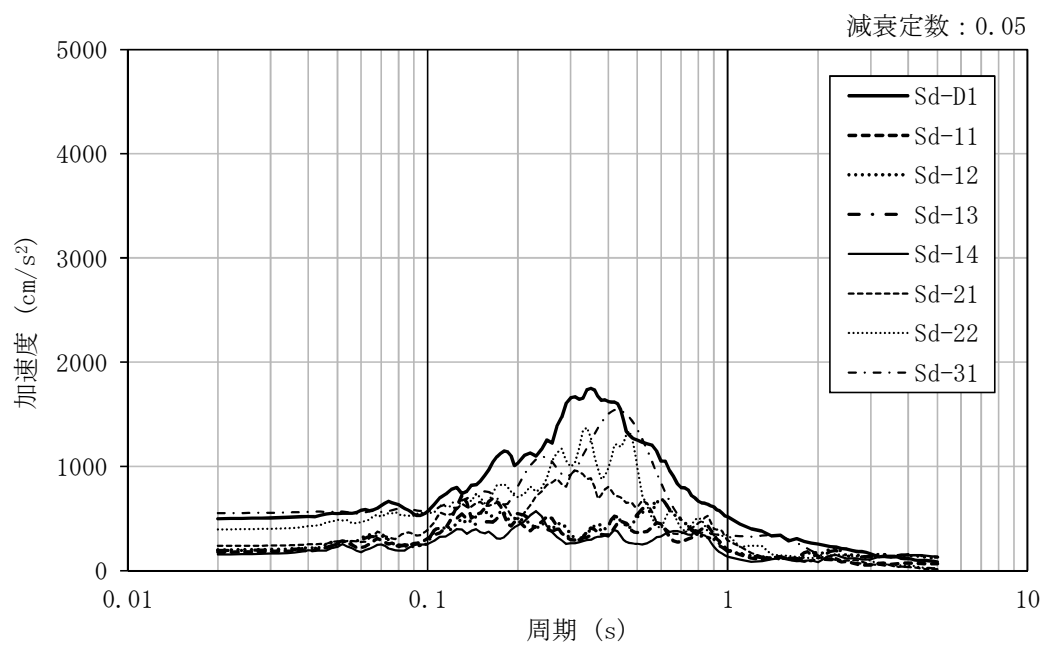


図4-8 加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S_d ，EW 方向並進成分，基本ケース）

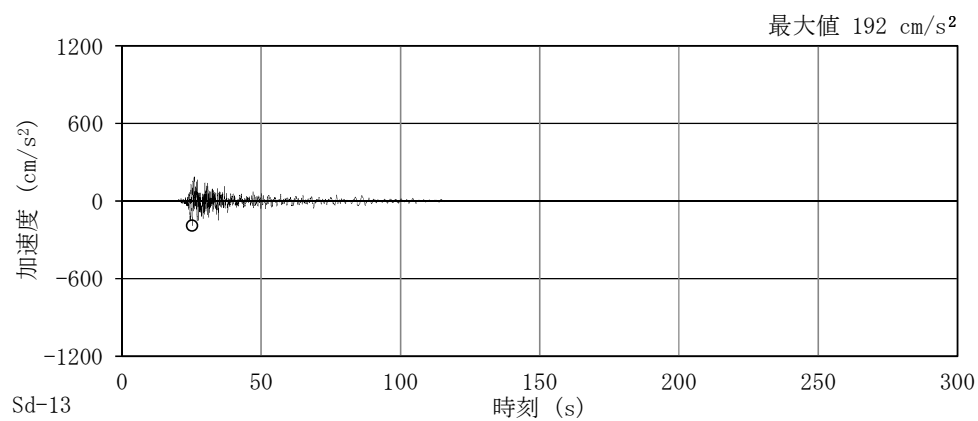
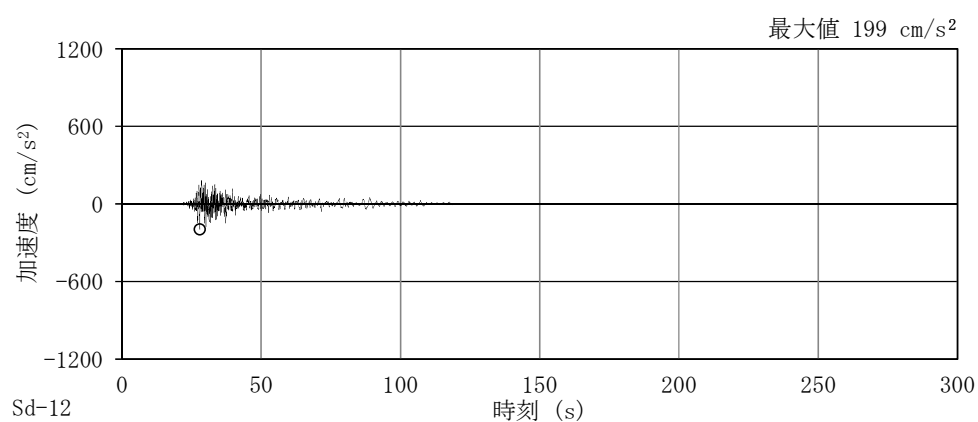
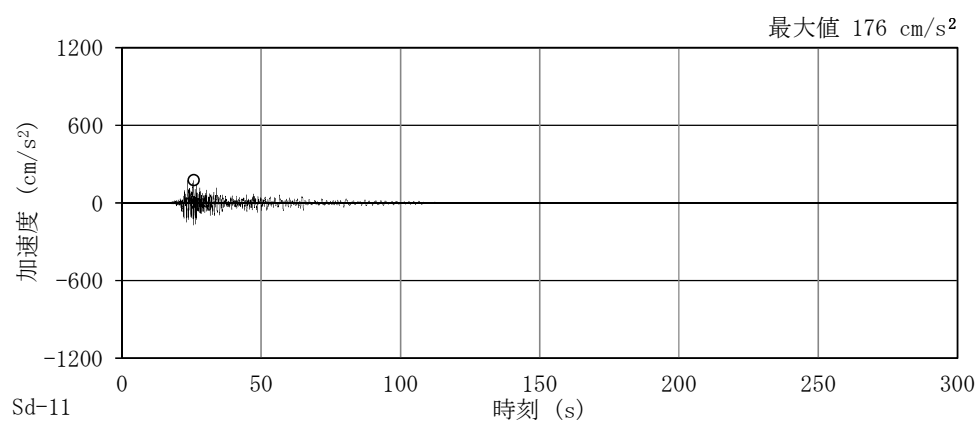
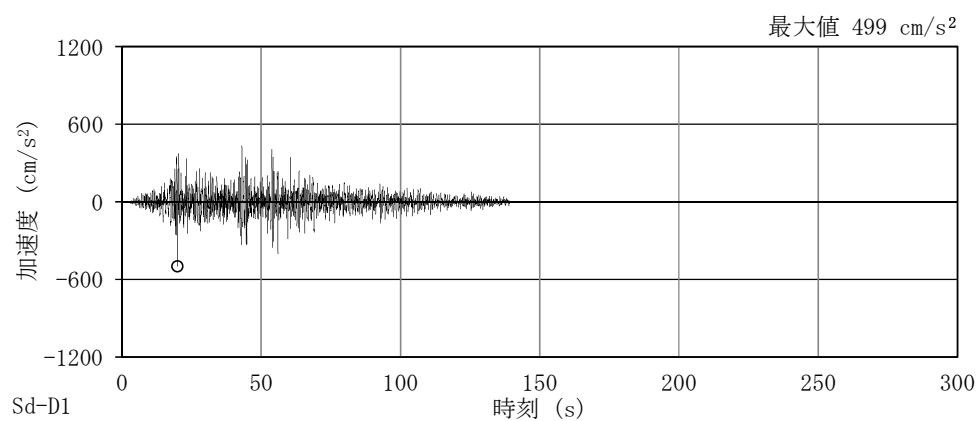


図4-9 (1/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向並進成分, 基本ケース)

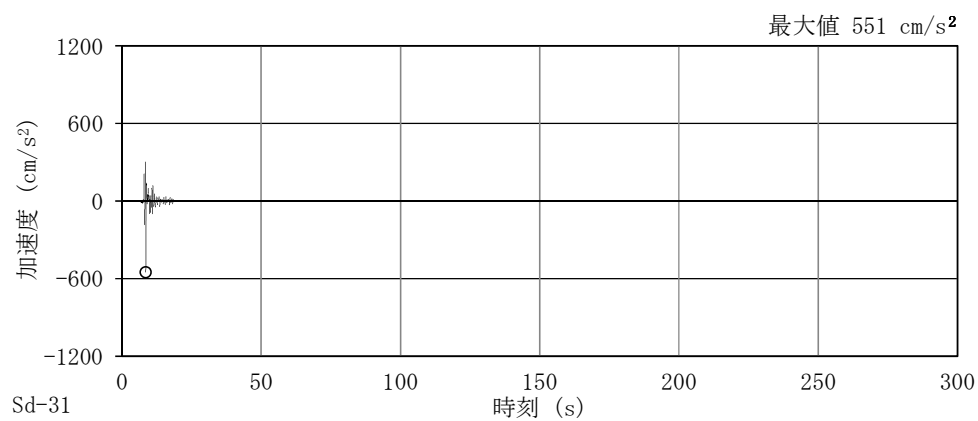
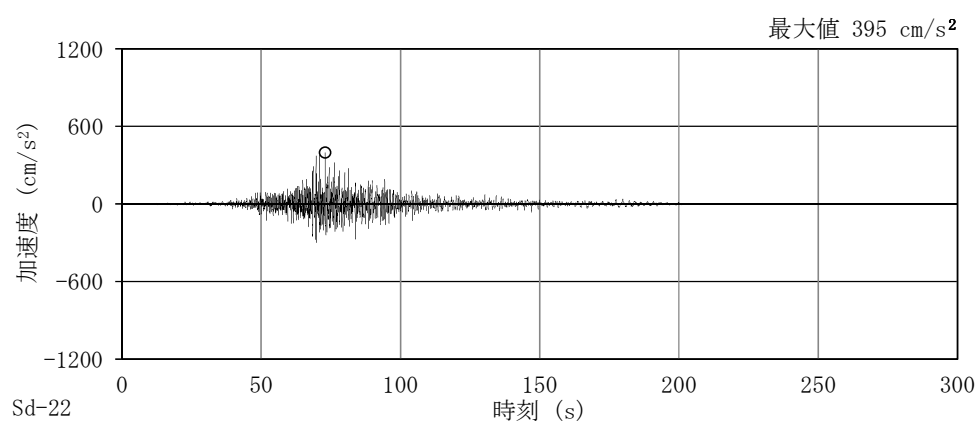
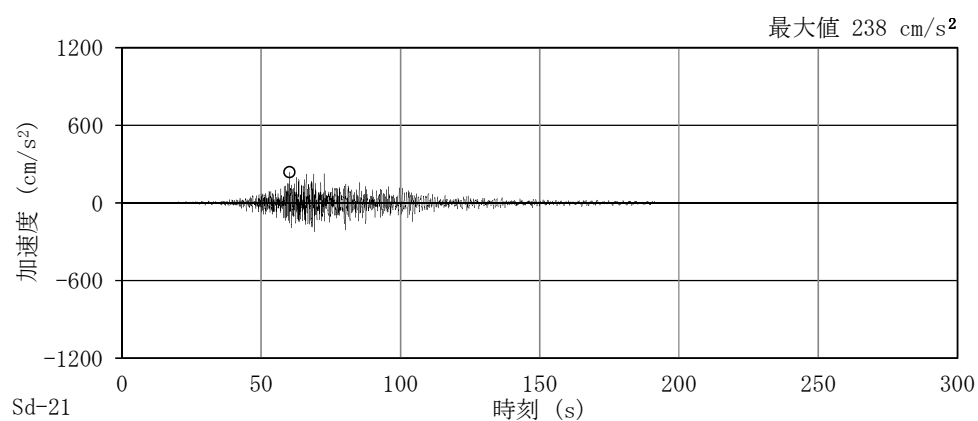
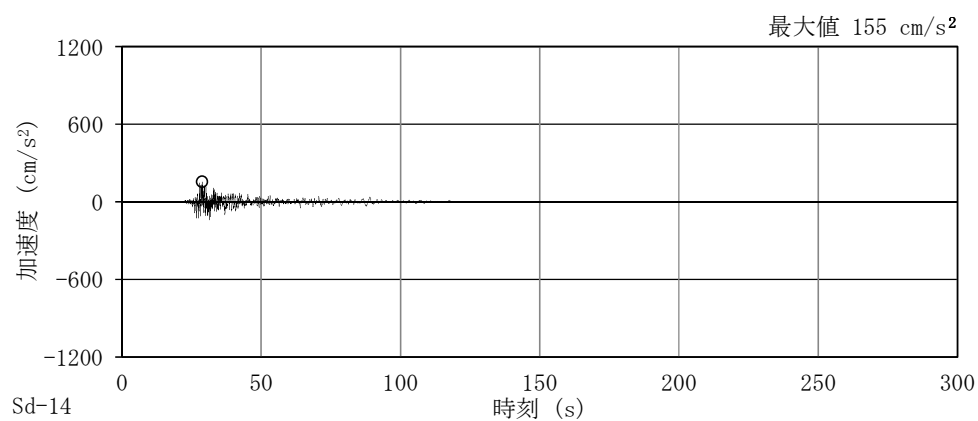


図 4-9 (2/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向並進成分, 基本ケース)

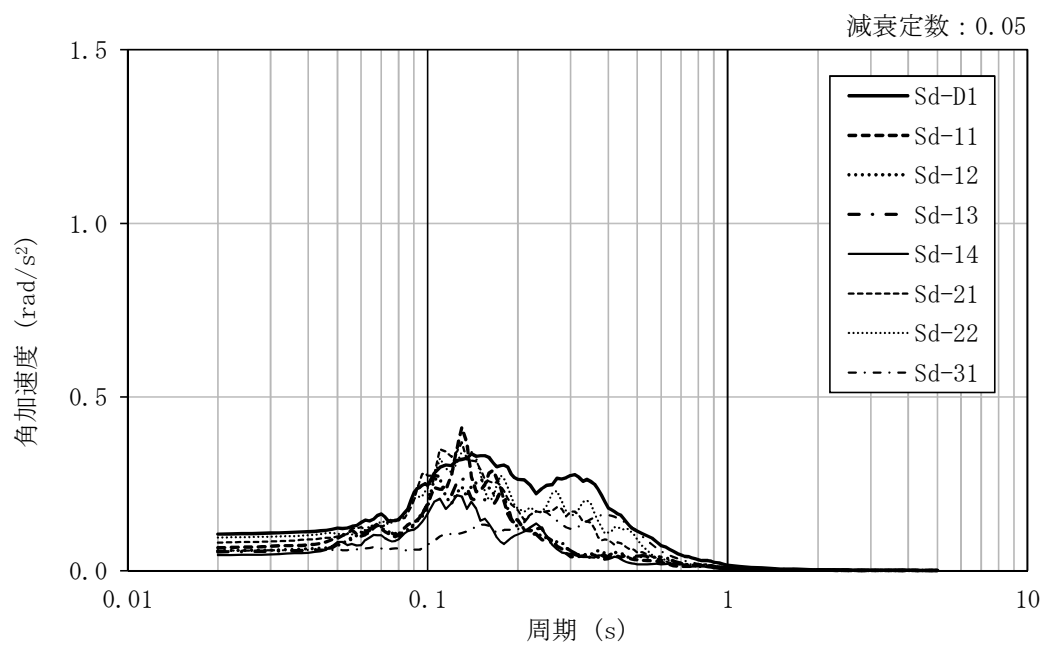


図4-10 加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S_d ，EW 方向回転成分，基本ケース）

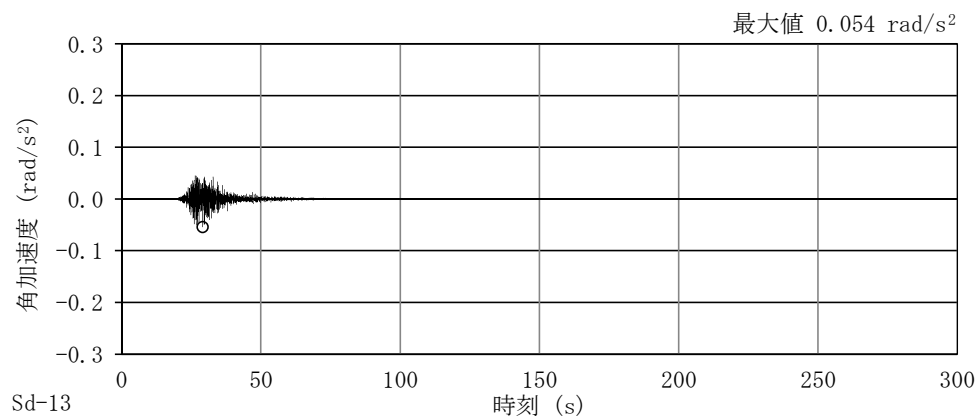
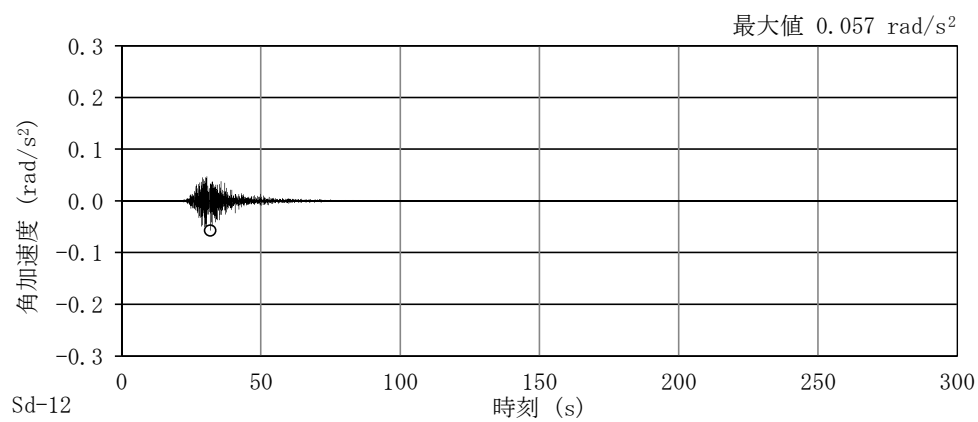
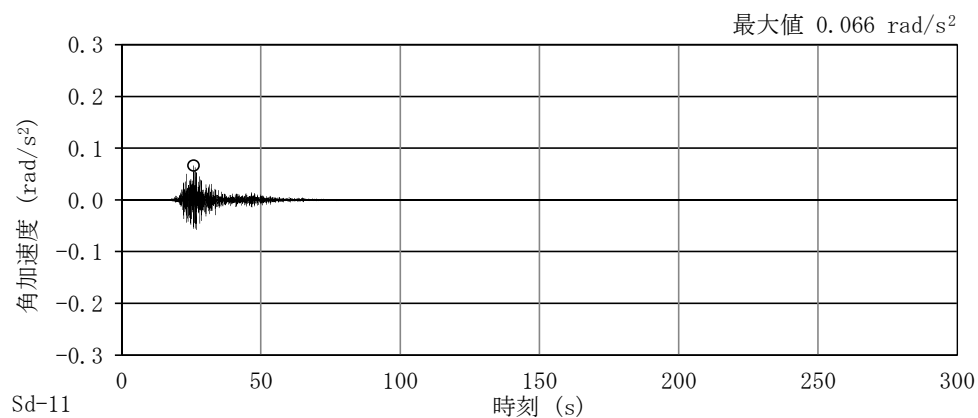
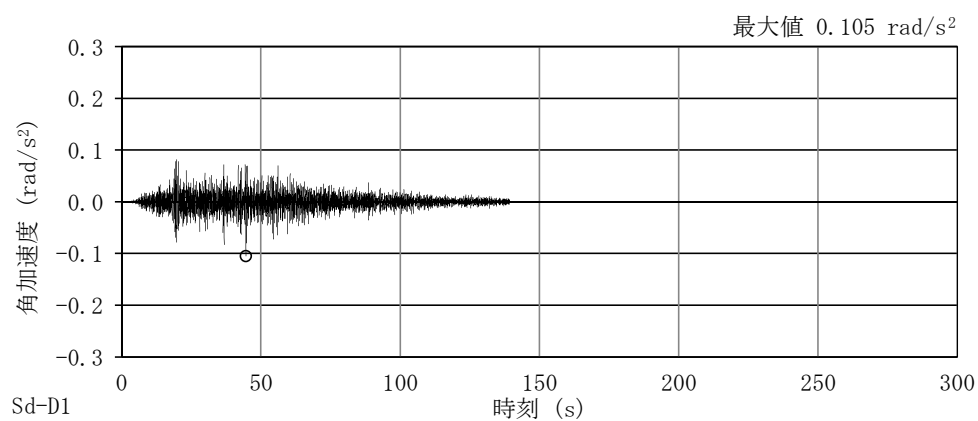


図4-11 (1/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向回転成分, 基本ケース)

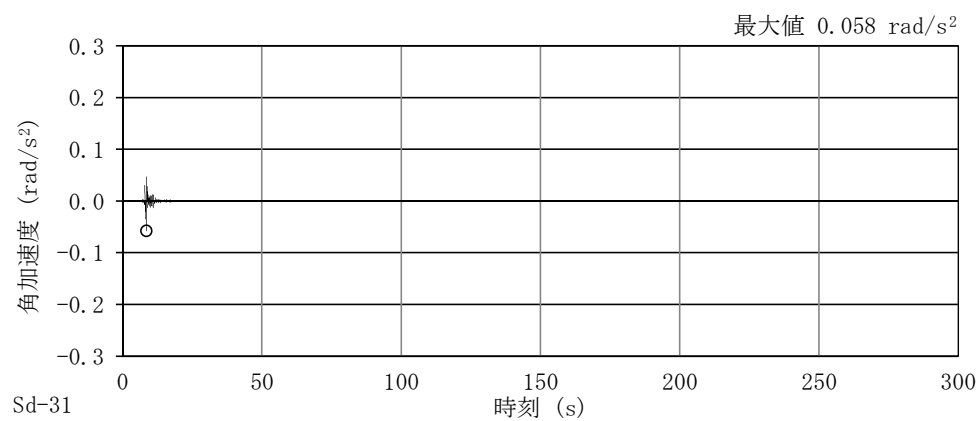
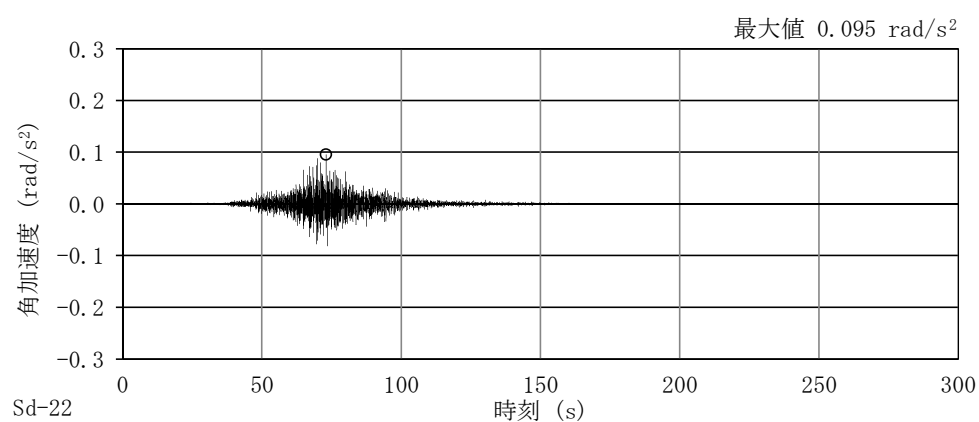
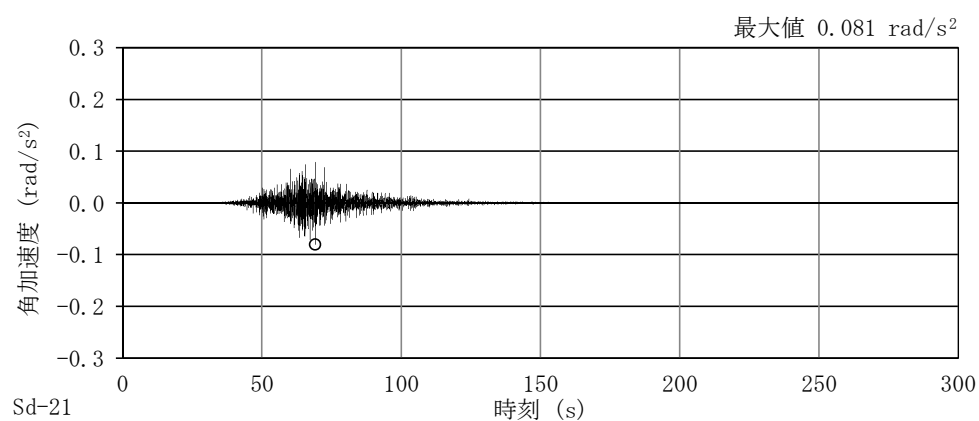
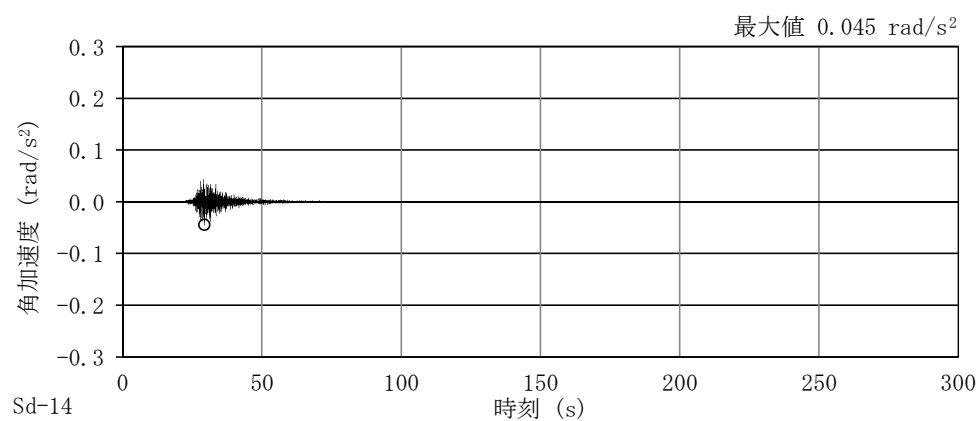


図 4-11 (2/2) 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d, EW 方向回転成分, 基本ケース)

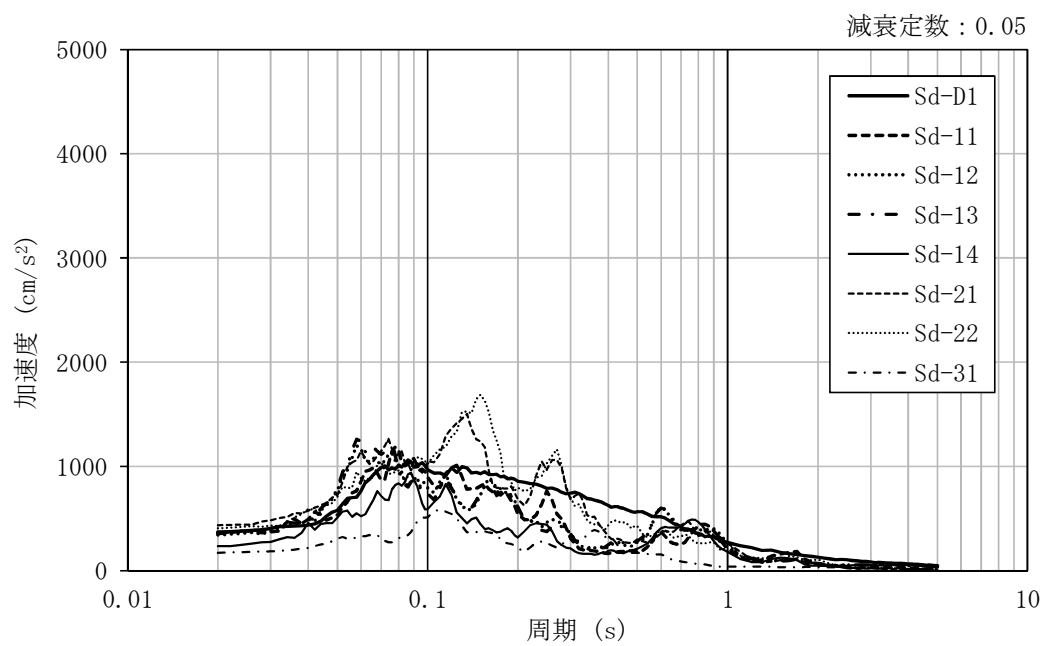


図4-12 加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S_d ，UD 方向，基本ケース）

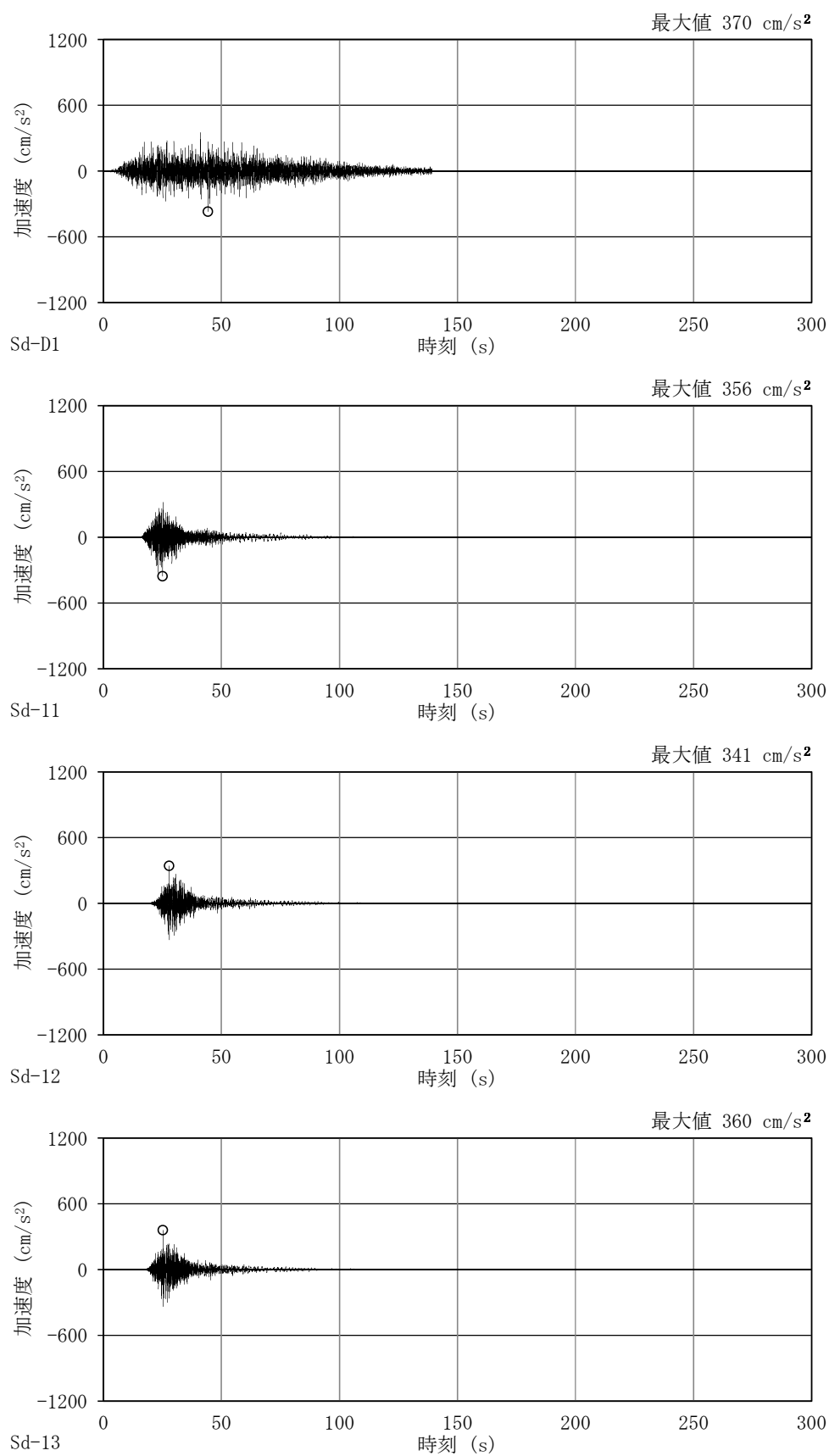


図4-13 (1/2) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S_d , UD 方向, 基本ケース)

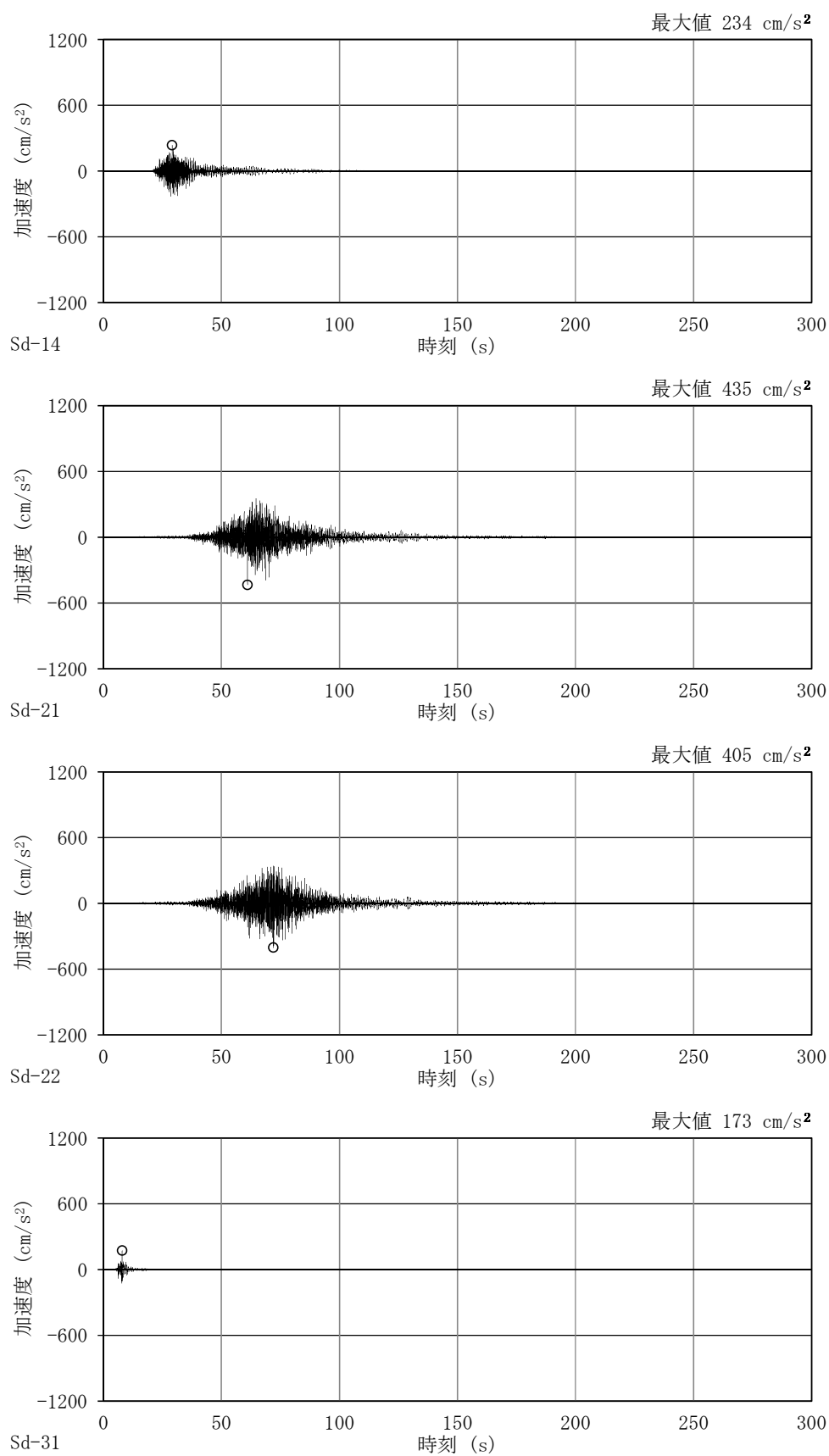


図 4-13 (2/2) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S_d , UD 方向, 基本ケース)

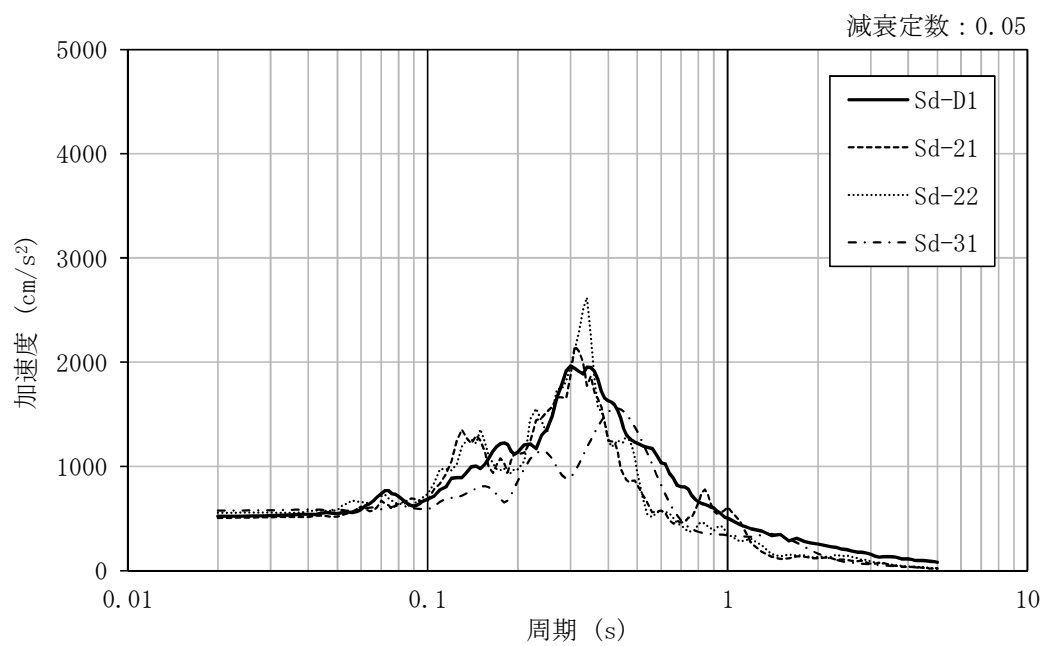


図4-14 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d , NS 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

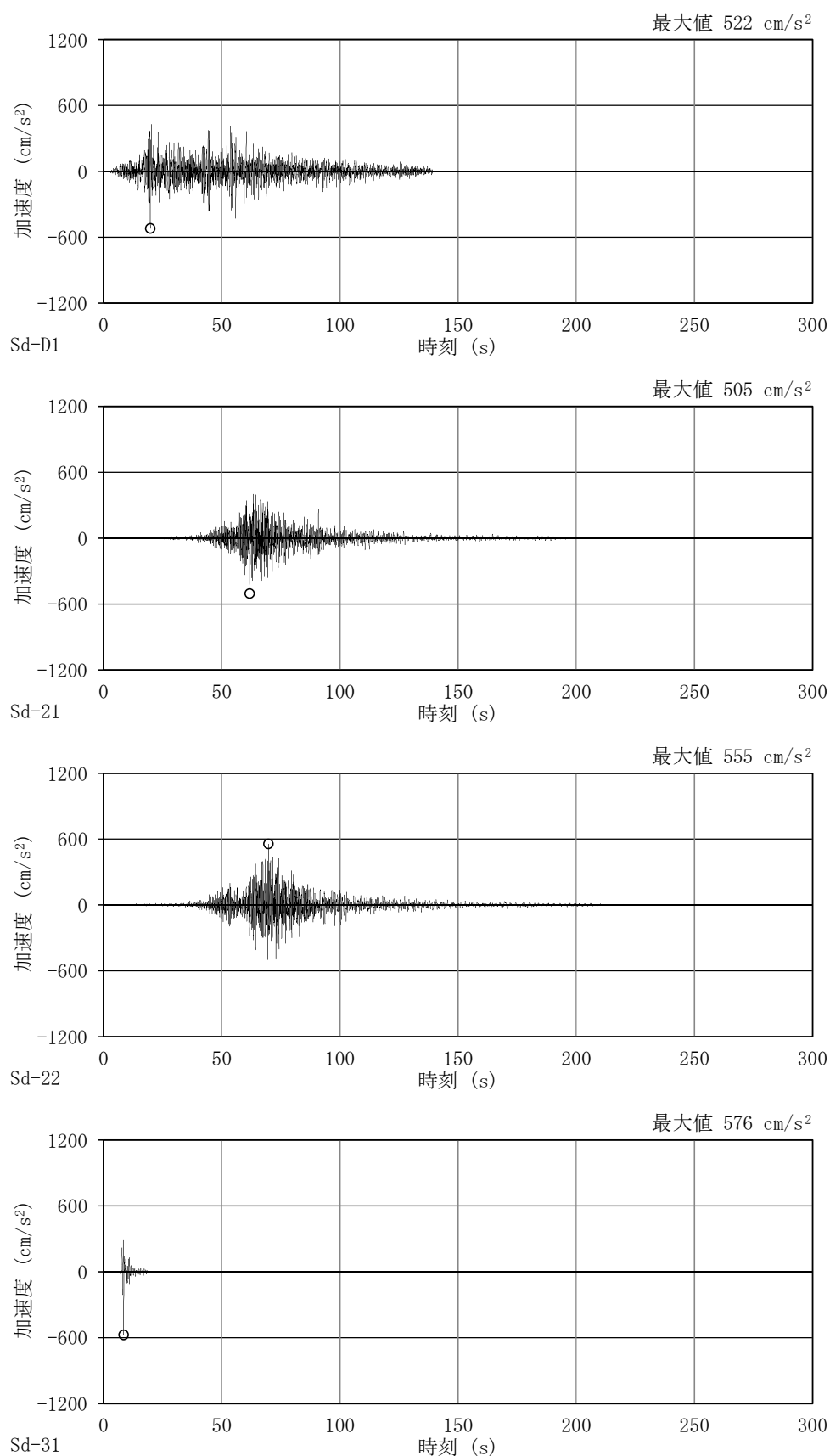


図4-15 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d, NS 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+σ))

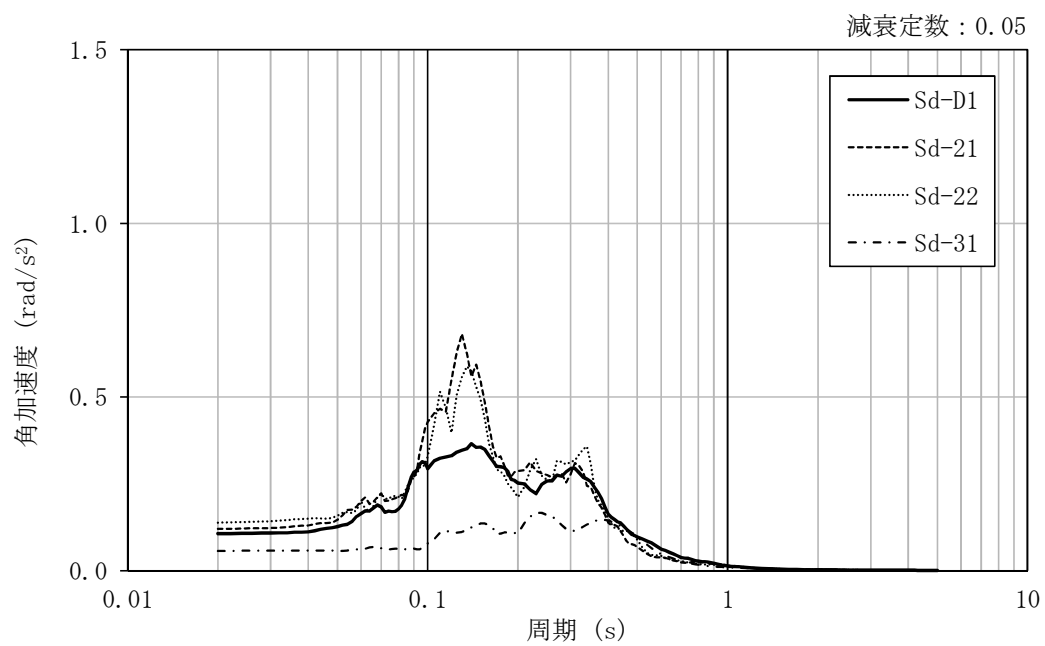


図4-16 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d ，NS 方向回転成分，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

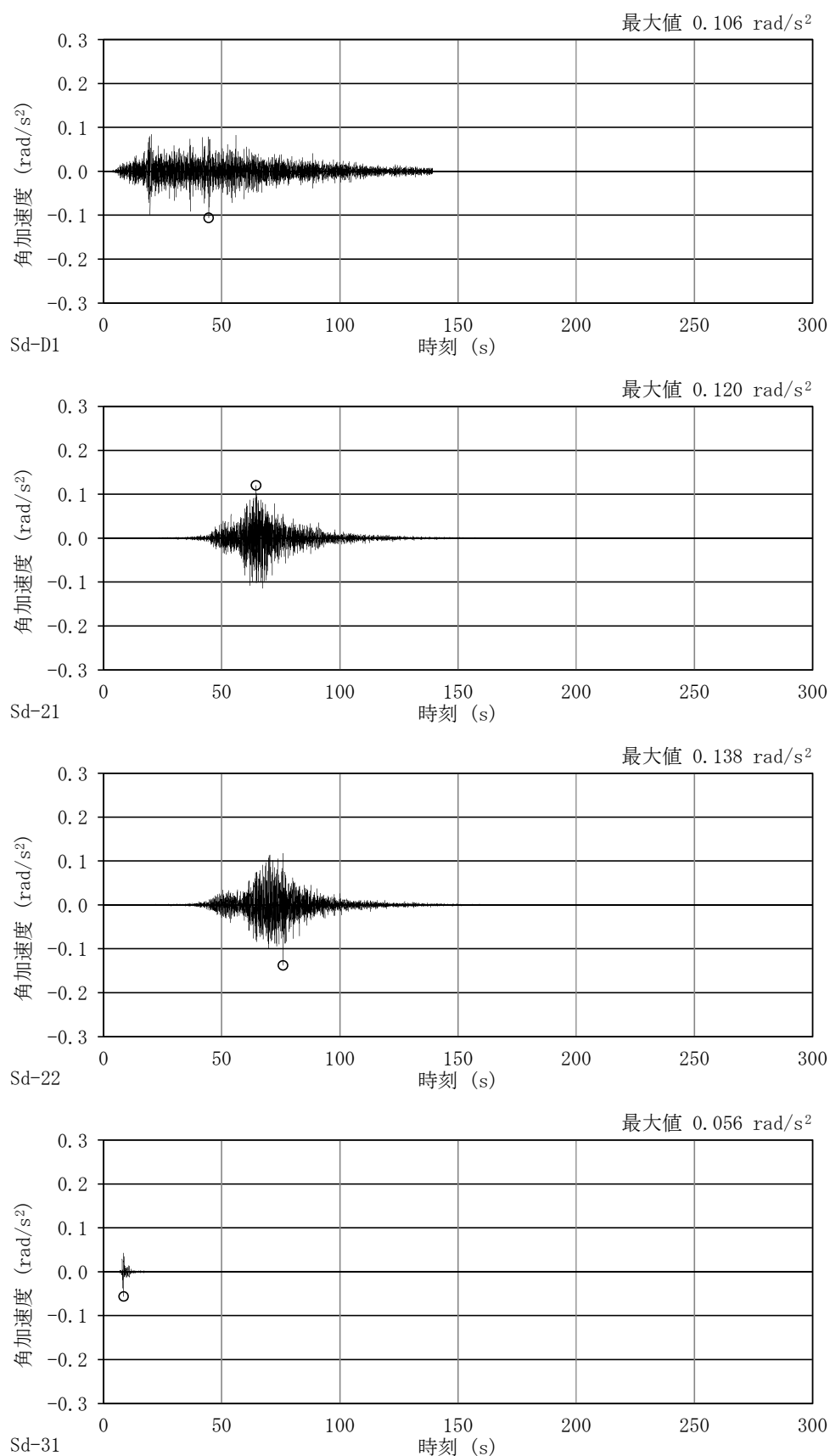


図4-17 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d , NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

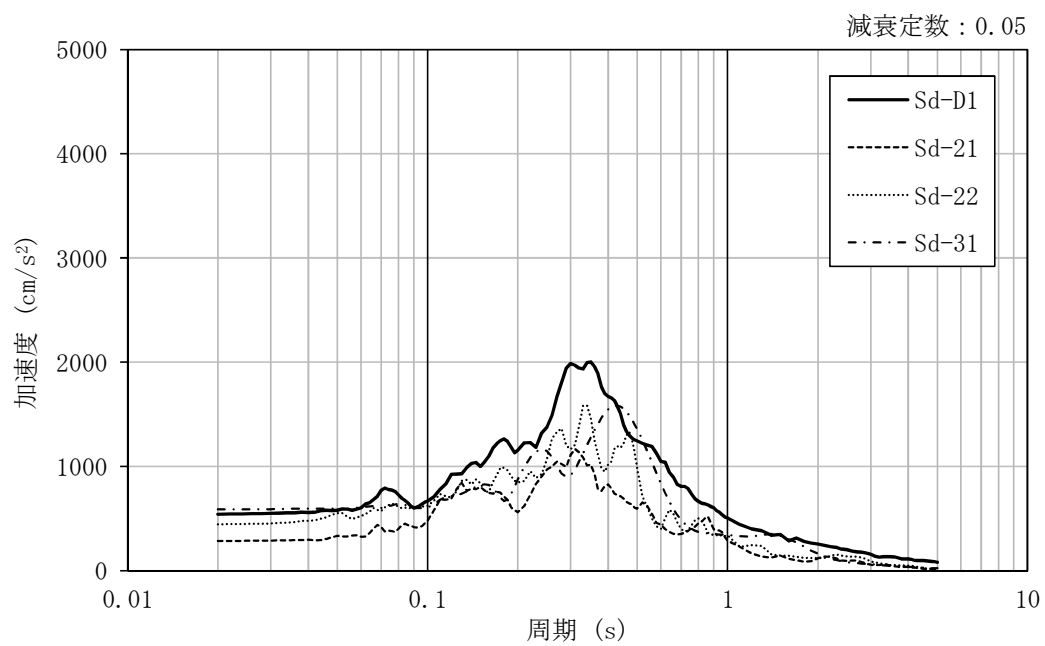


図4-18 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

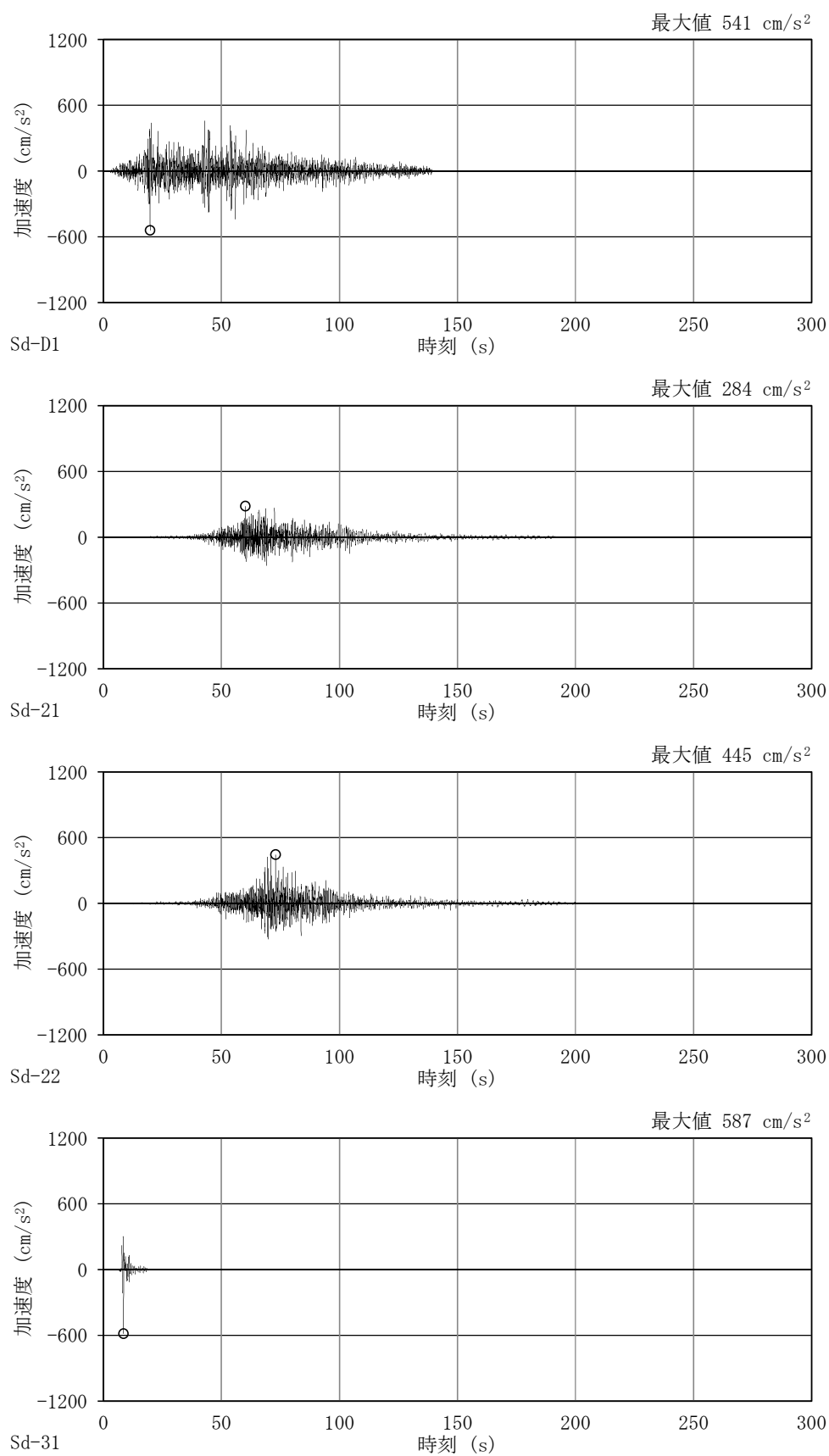


図4-19 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

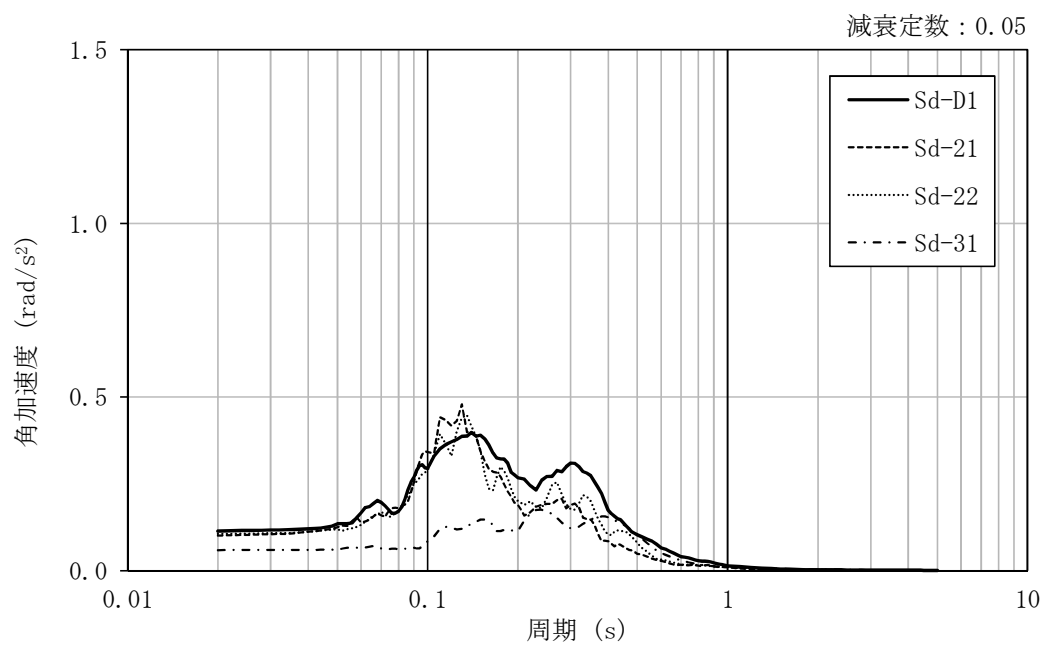


図4-20 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d ，EW 方向回転成分，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

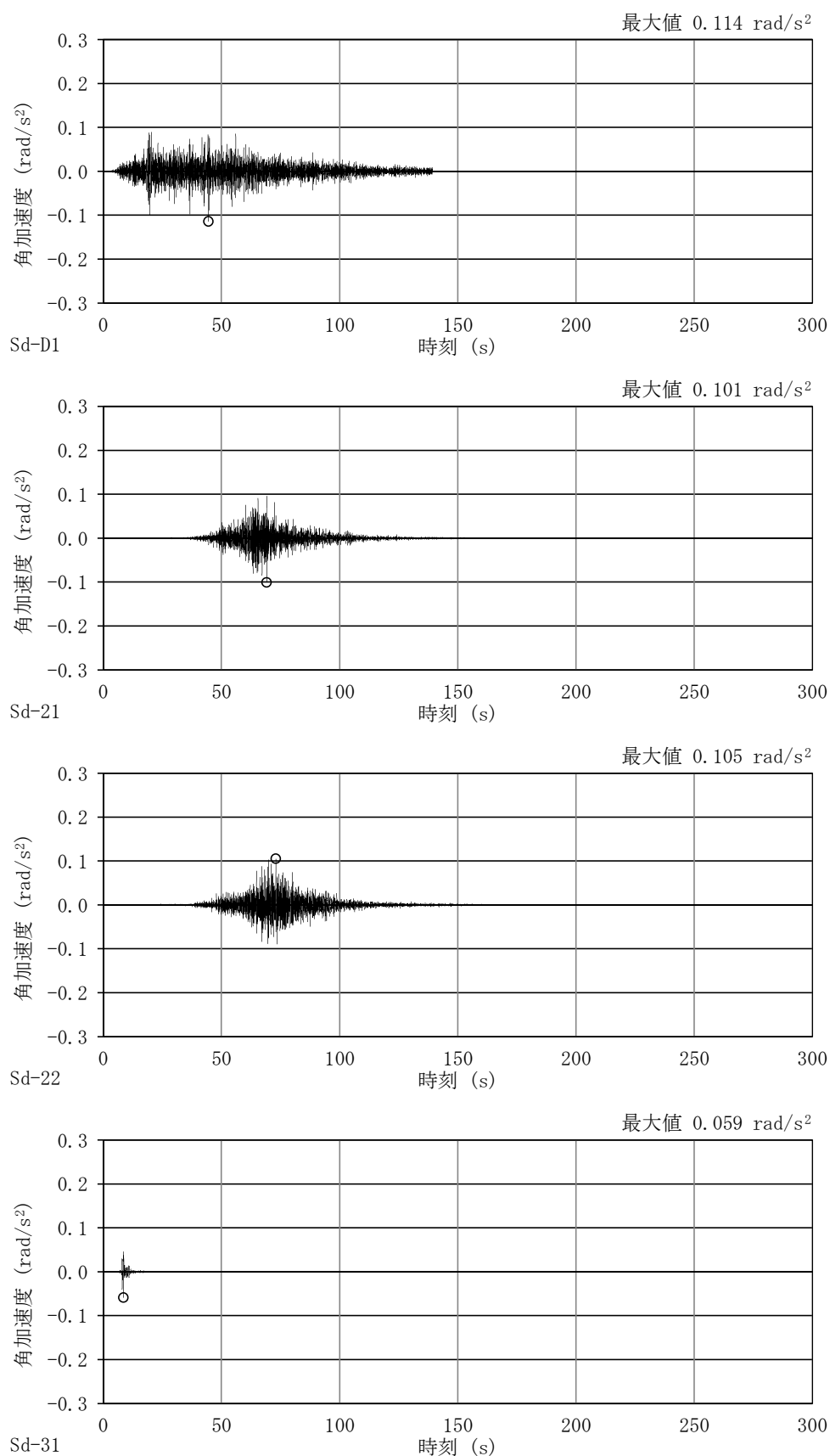


図4-21 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d, EW 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+σ))

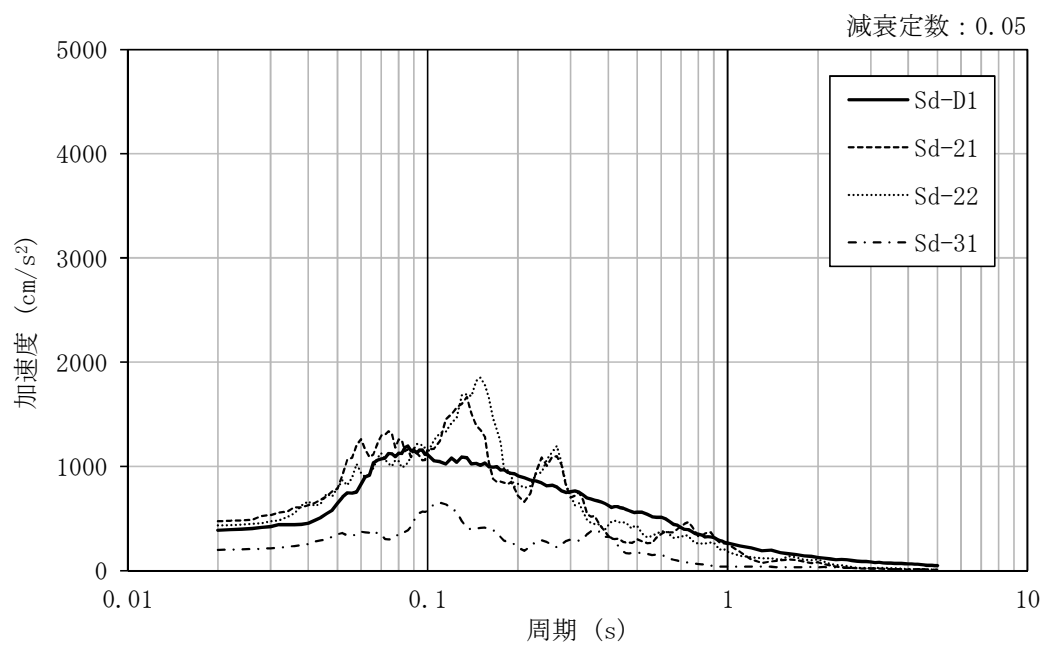


図4-22 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d ，UD 方向，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

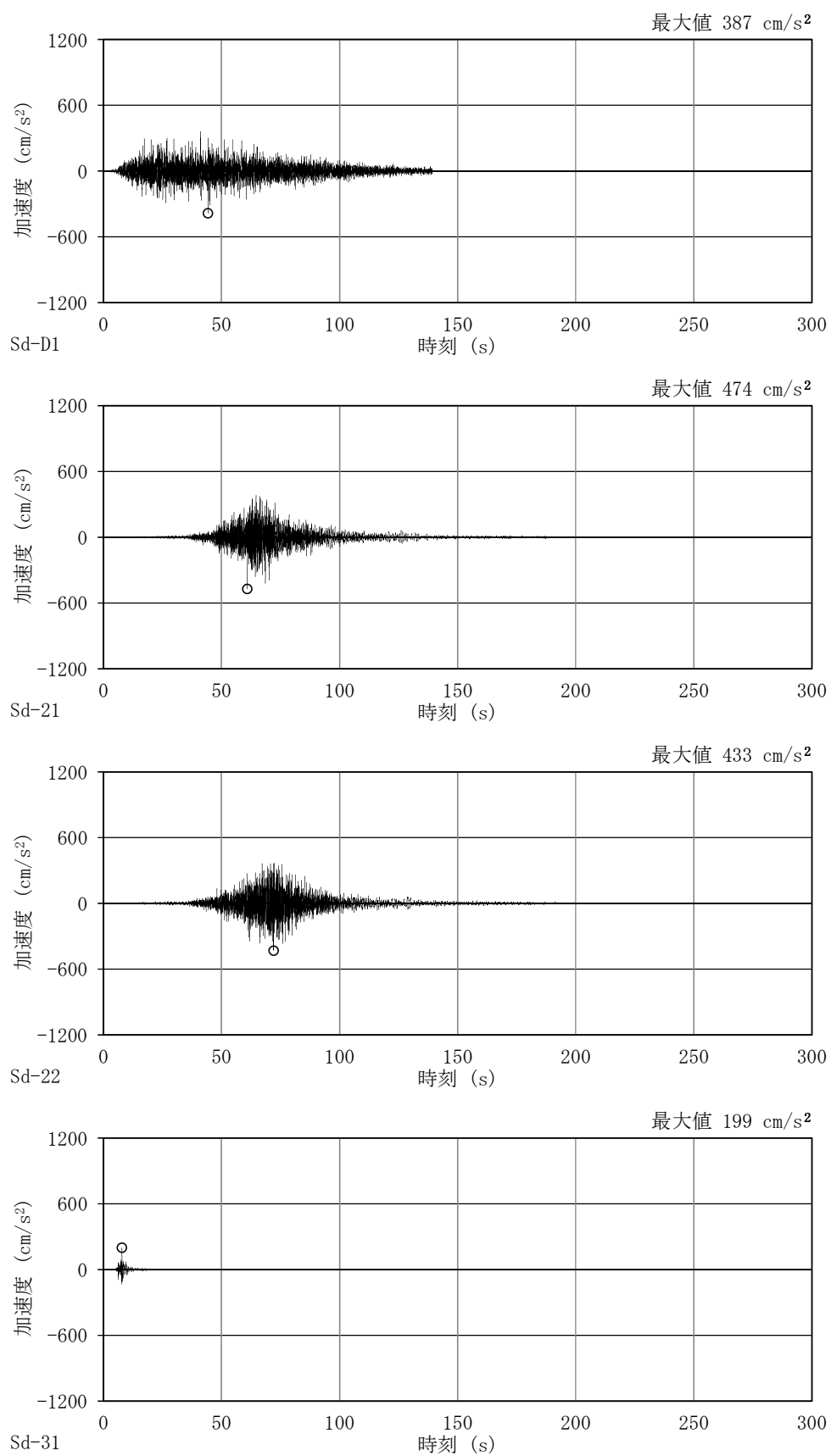


図4-23 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d, UD 方向, 地盤物性のばらつきを考慮 (+σ))

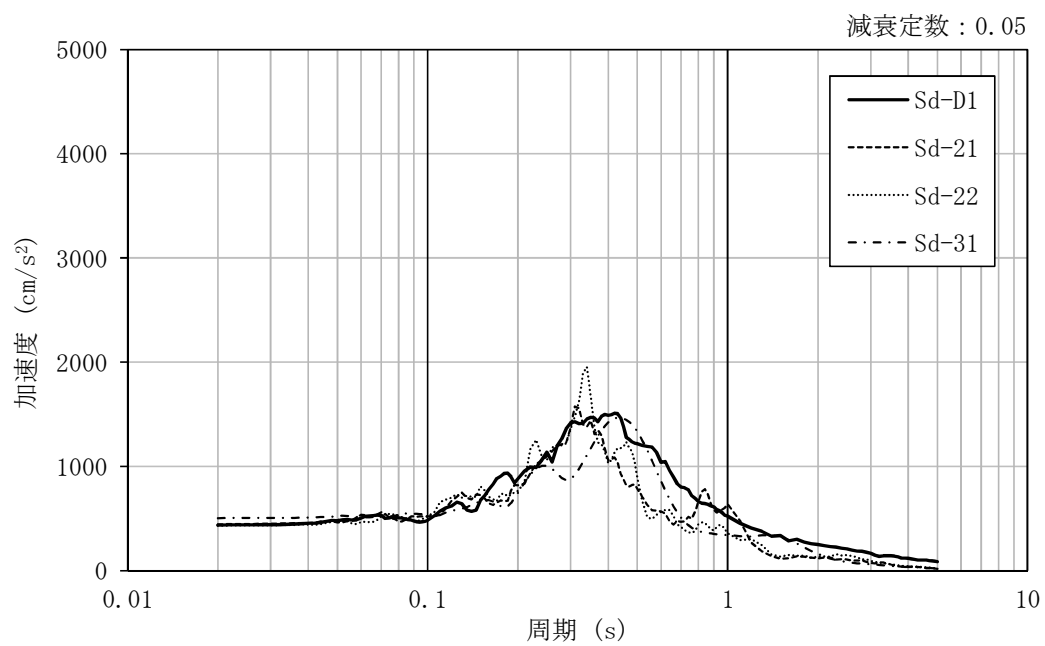


図4-24 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d ，NS 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

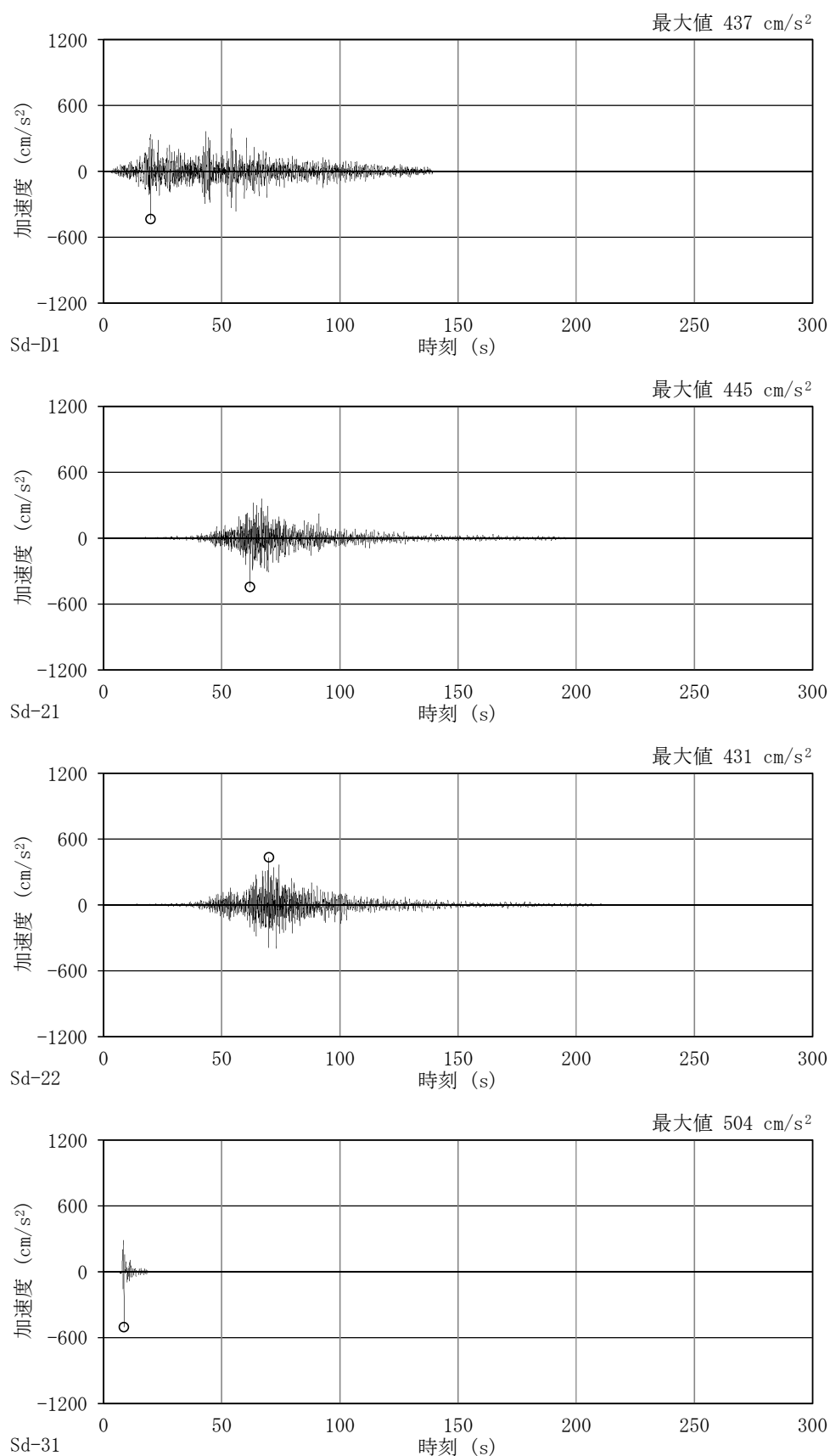


図4-25 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d, NS 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (−σ))

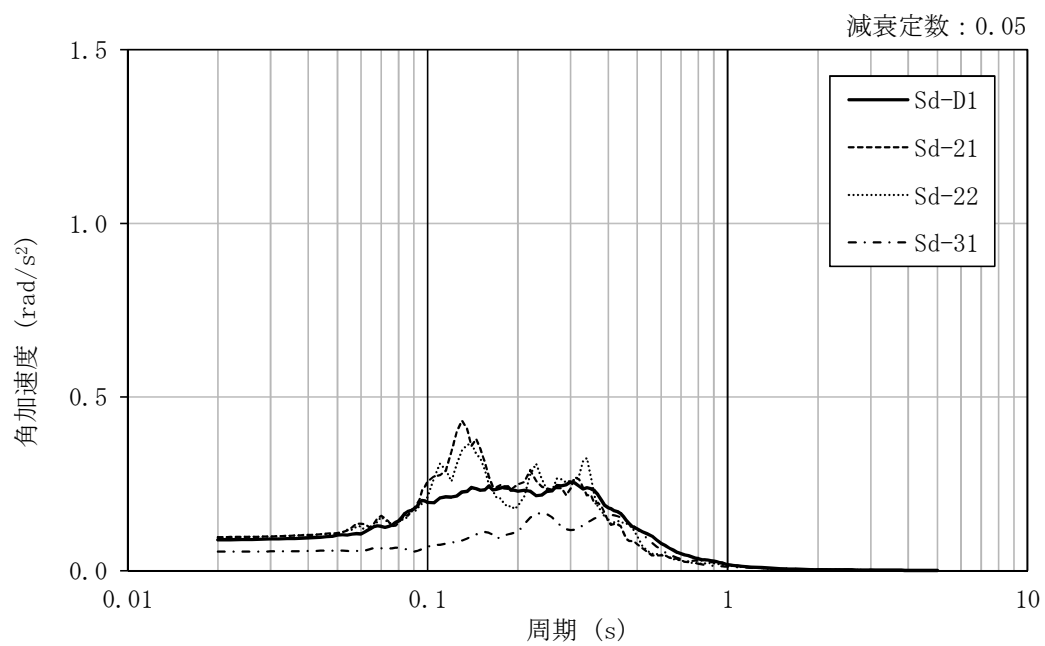


図4-26 加速度応答スペクトル

(弾性設計用地震動 S_d ，NS 方向回転成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

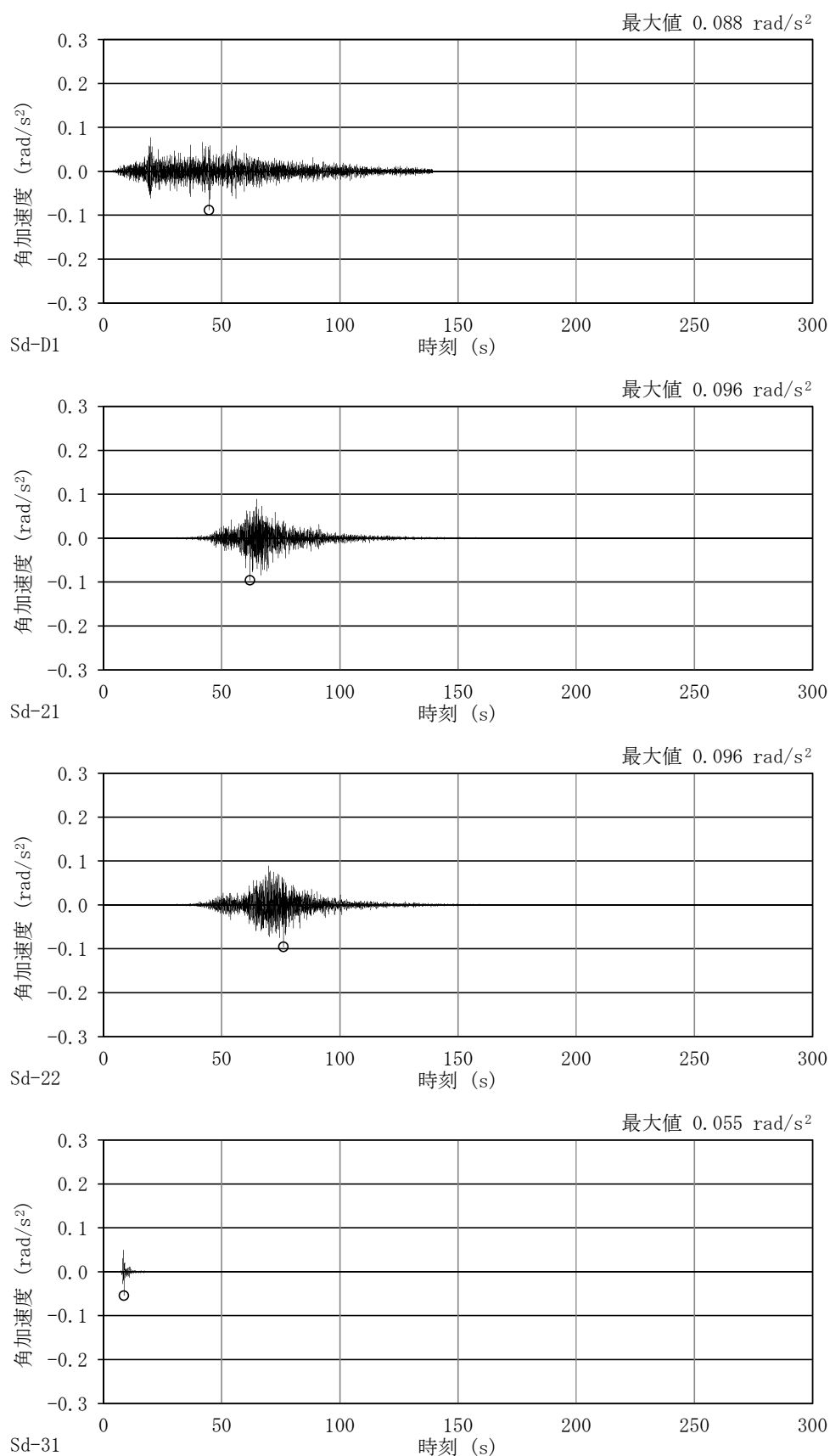


図4-27 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d , NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

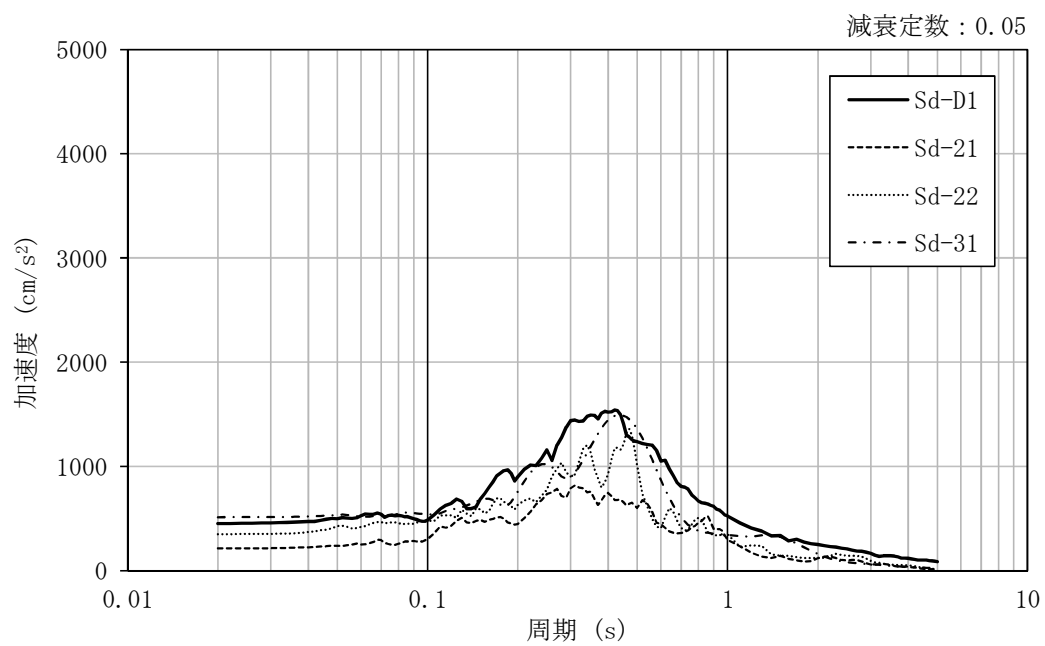


図4-28 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d ，EW 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

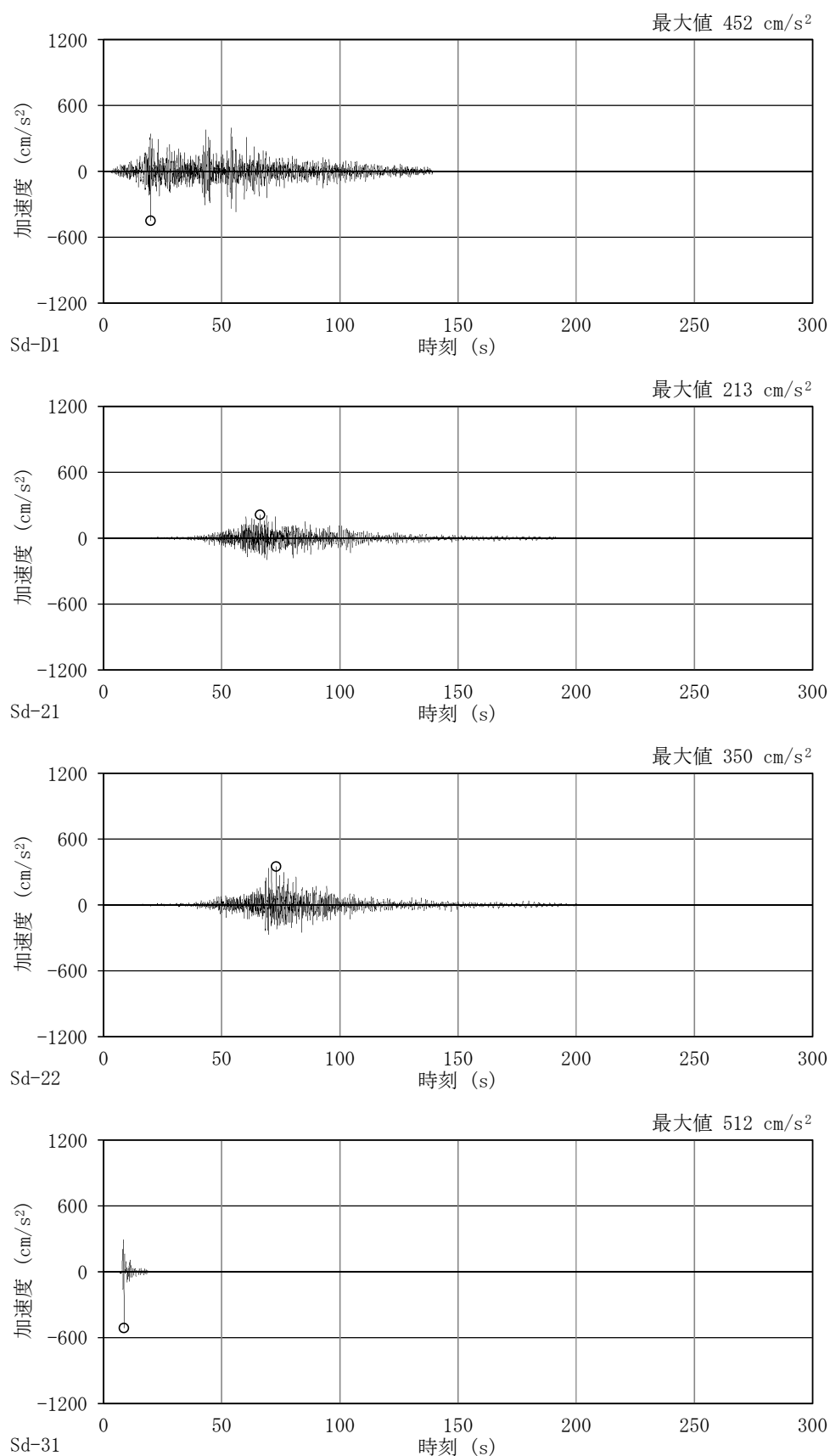


図4-29 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

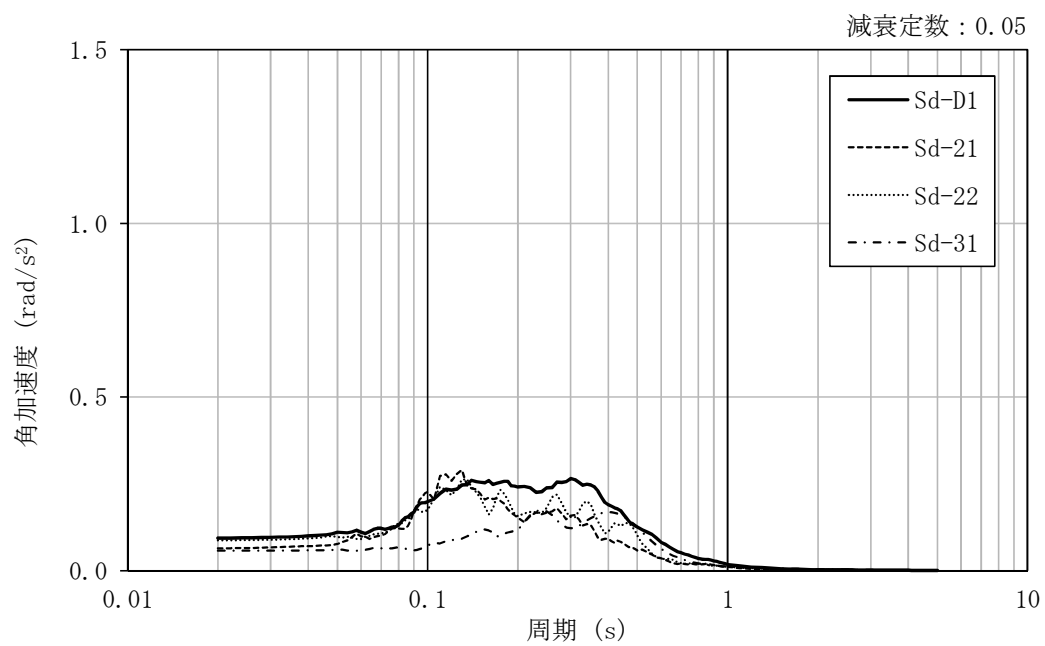


図4-30 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d , EW 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

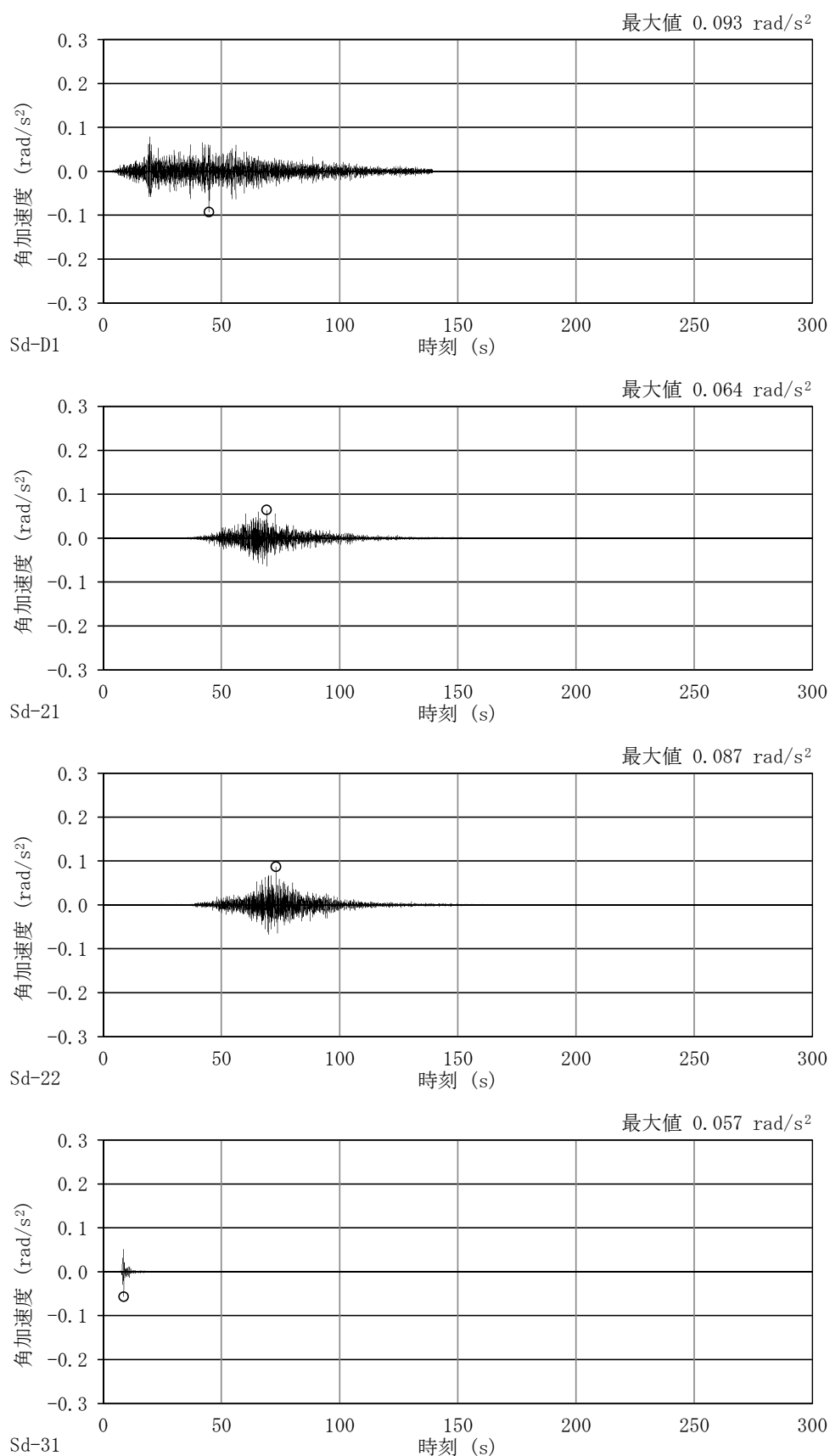


図4-31 加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S_d, EW 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (−σ))

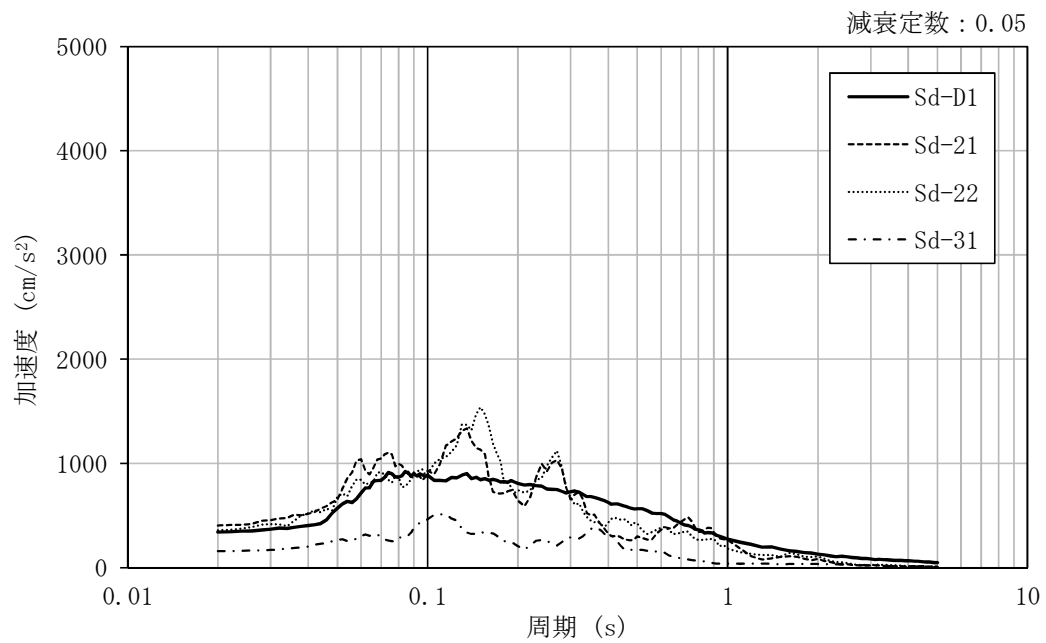


図4-32 加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S_d , UD 方向, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

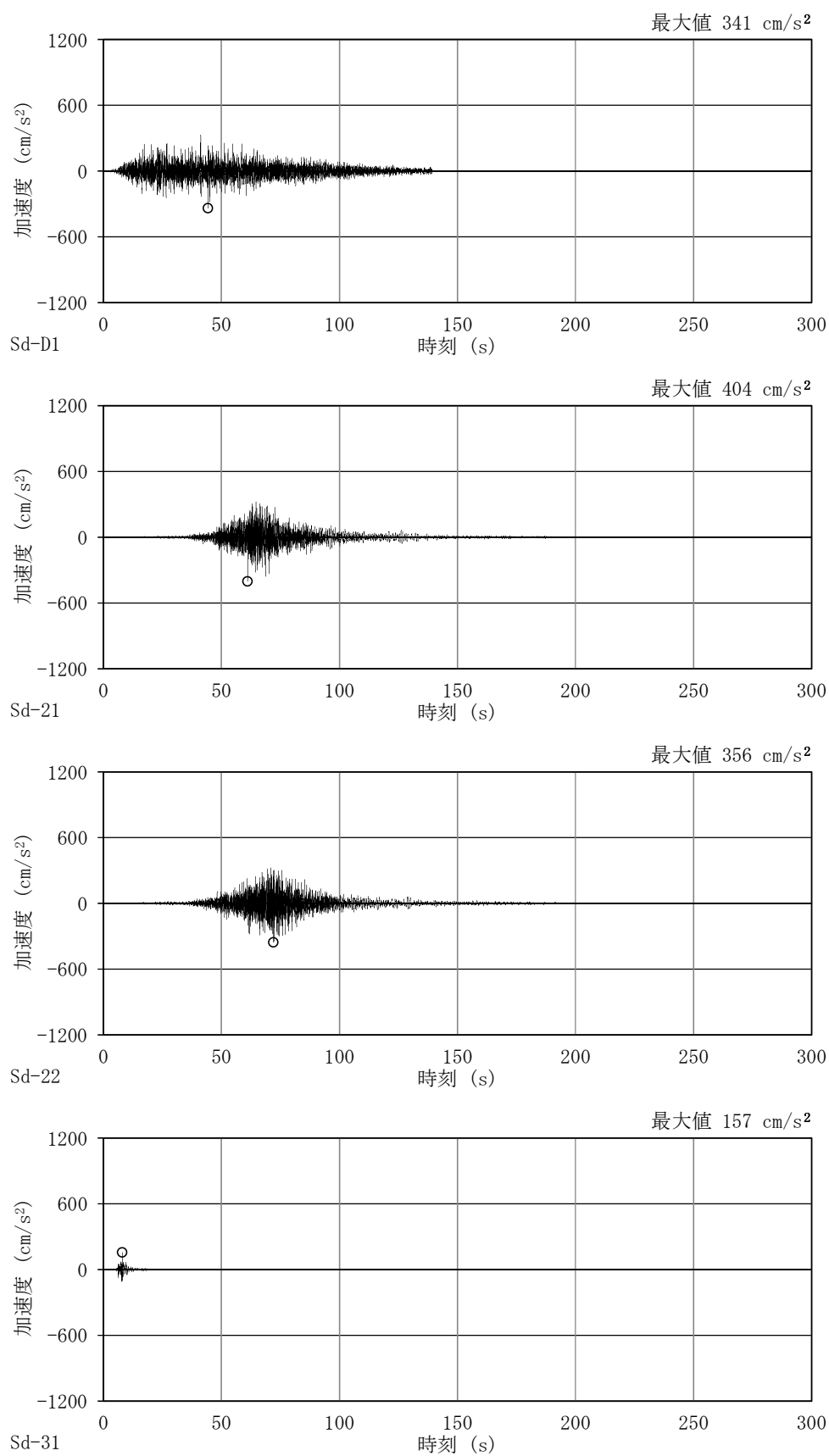


図4-33 加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S_d, UD 方向, 地盤物性のばらつきを考慮 (−σ))

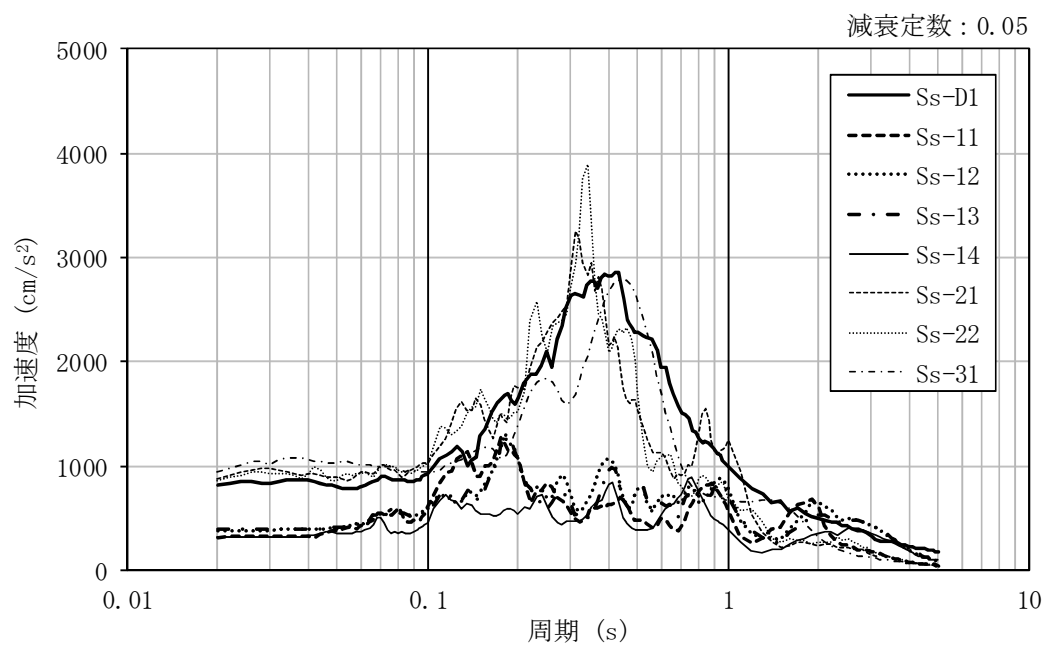


図4-34 加速度応答スペクトル（基準地震動 S_s ，NS 方向並進成分，基本ケース）

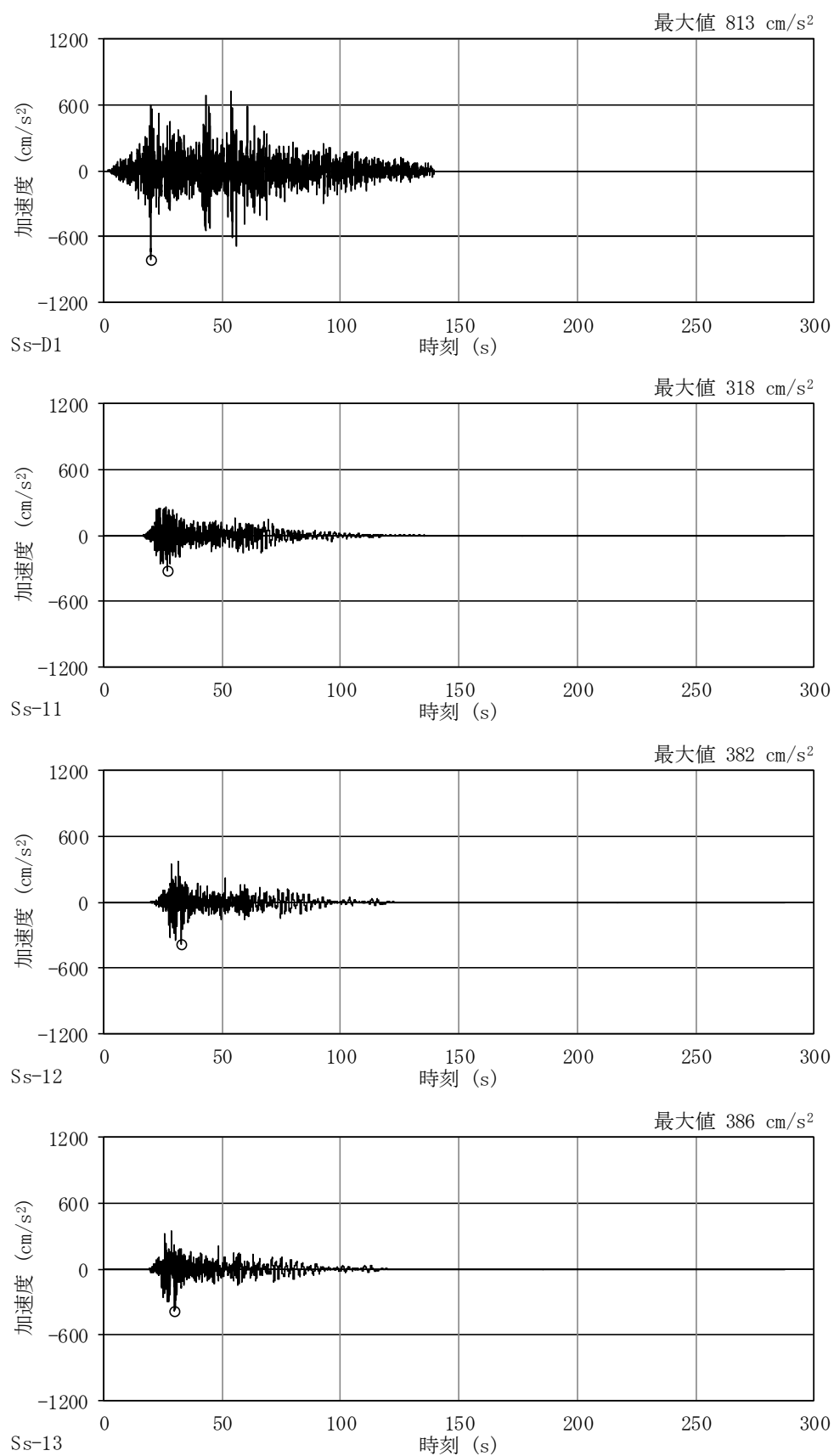


図4-35 (1/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, NS 方向並進成分, 基本ケース)

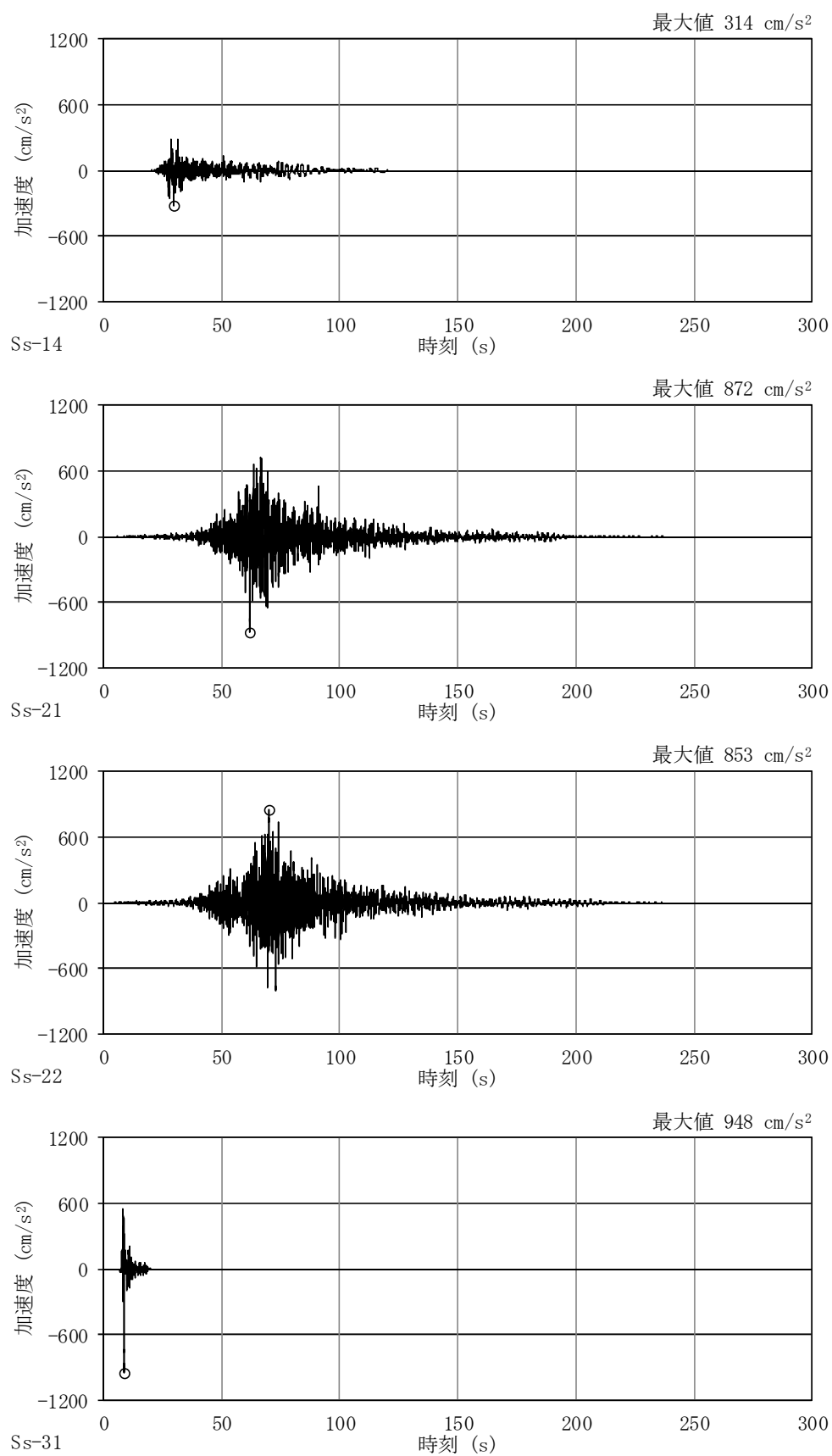


図 4-35 (2/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , NS 方向並進成分, 基本ケース)

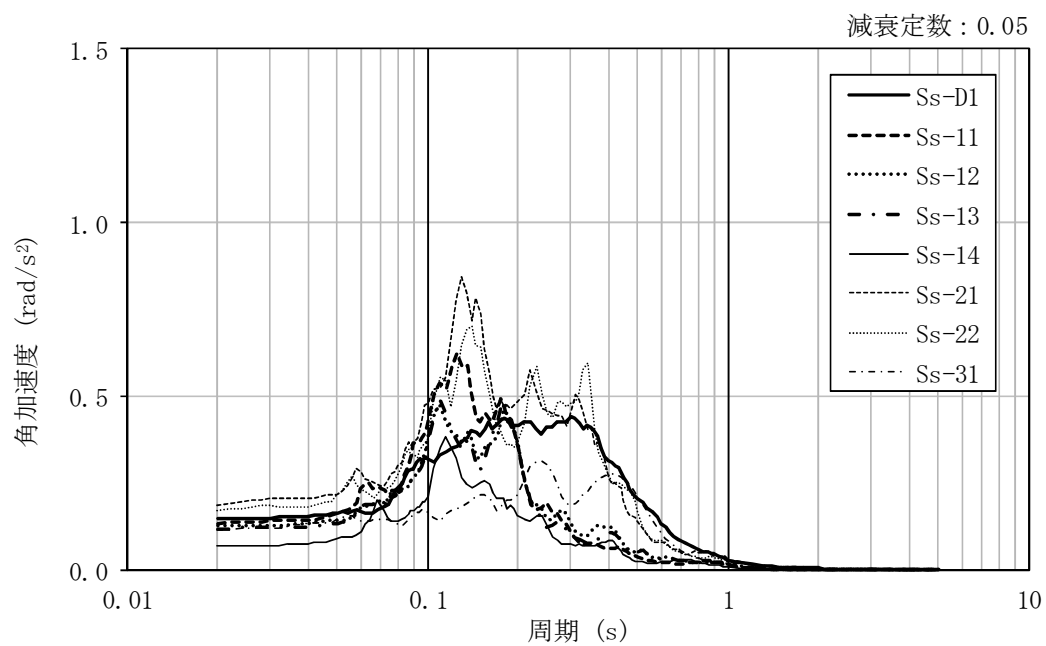


図4-36 加速度応答スペクトル（基準地震動 S_s ，NS 方向回転成分，基本ケース）

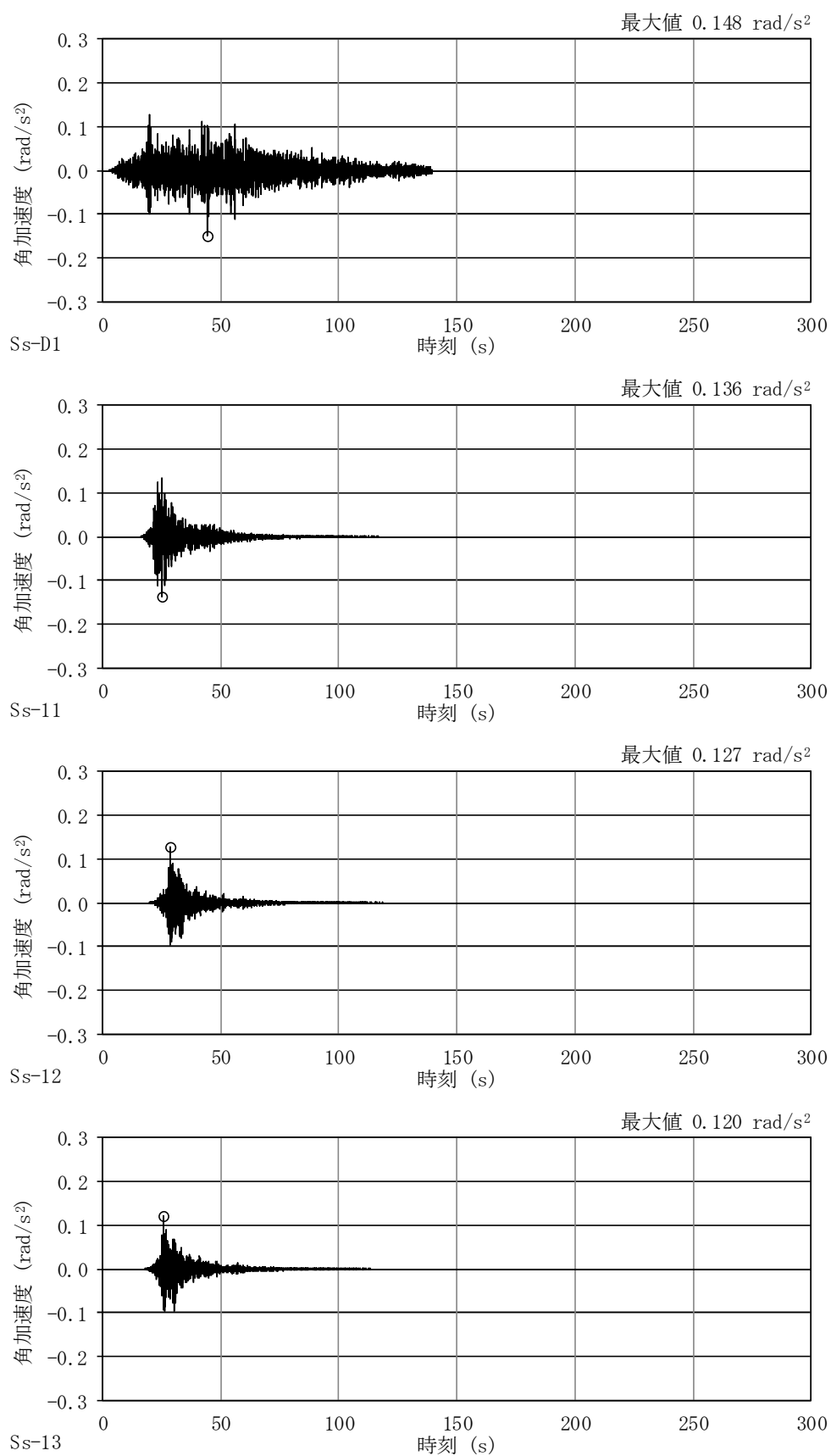


図4-37 (1/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, NS 方向回転成分, 基本ケース)

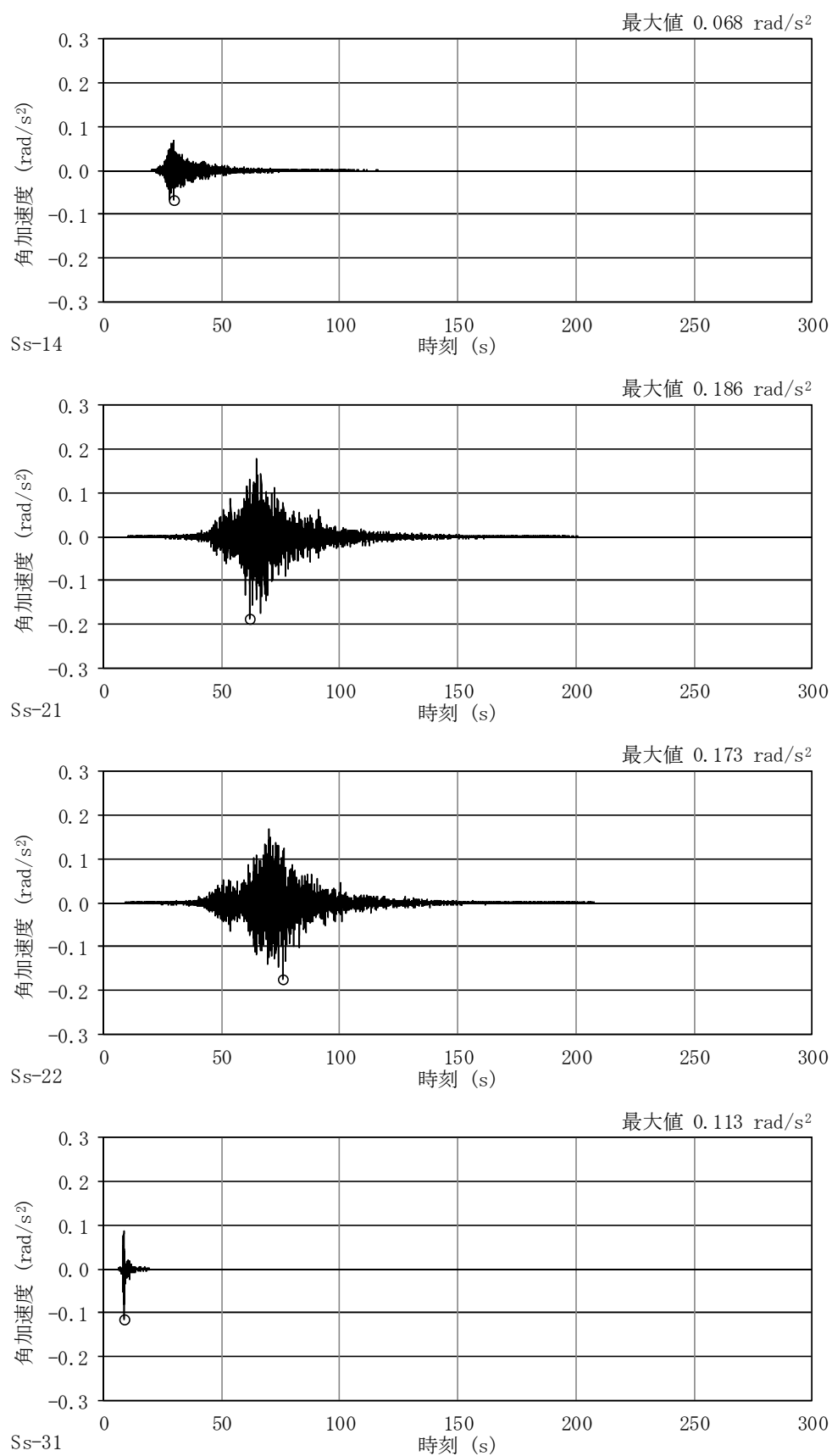


図 4-37 (2/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , NS 方向回転成分, 基本ケース)

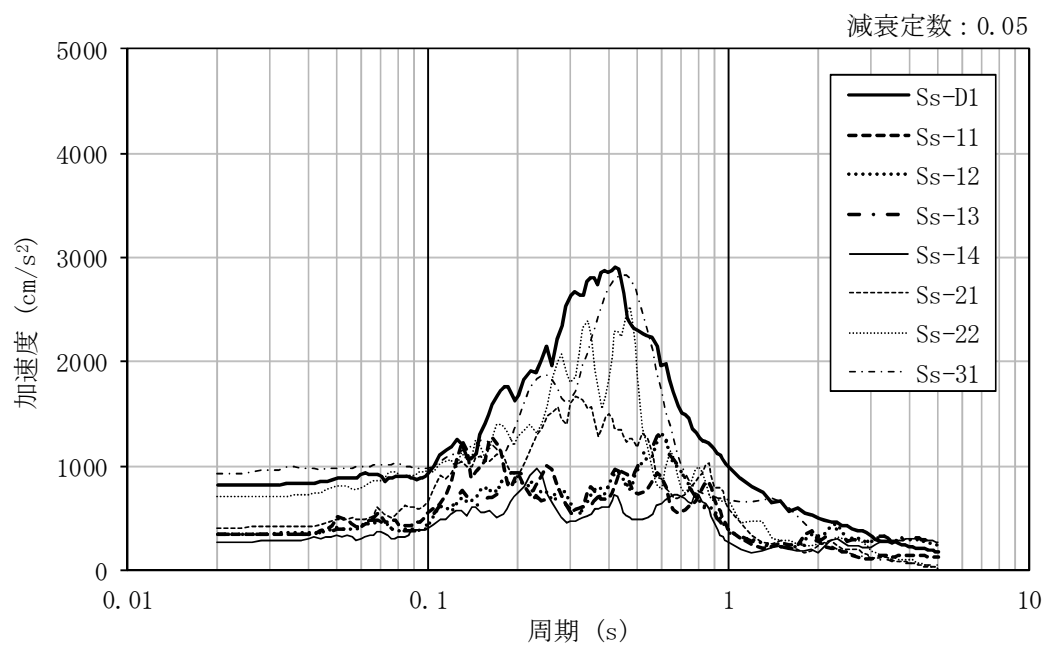


図4-38 加速度応答スペクトル（基準地震動 S_s ，EW 方向並進成分，基本ケース）

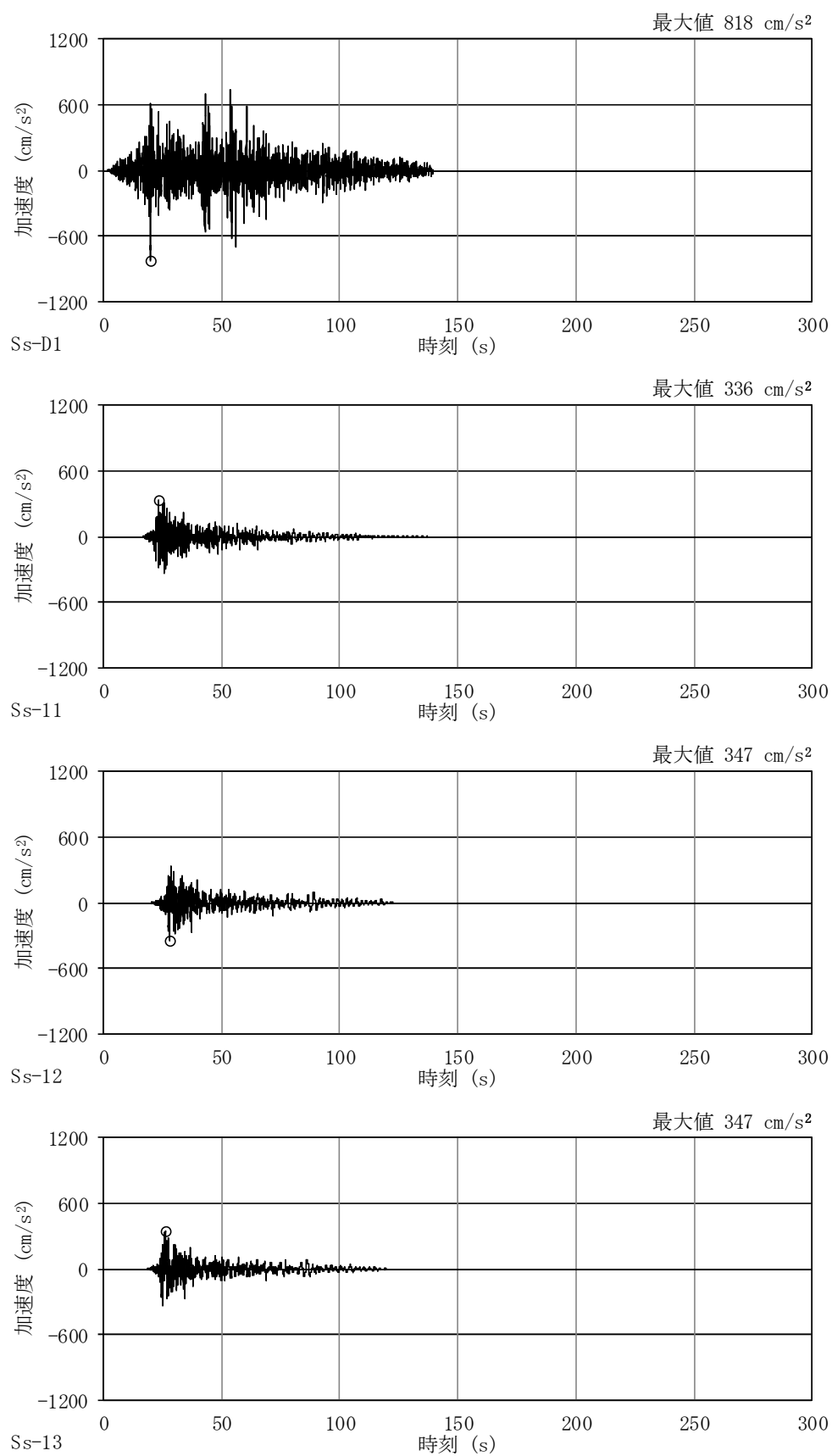


図4-39 (1/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , EW 方向並進成分, 基本ケース)

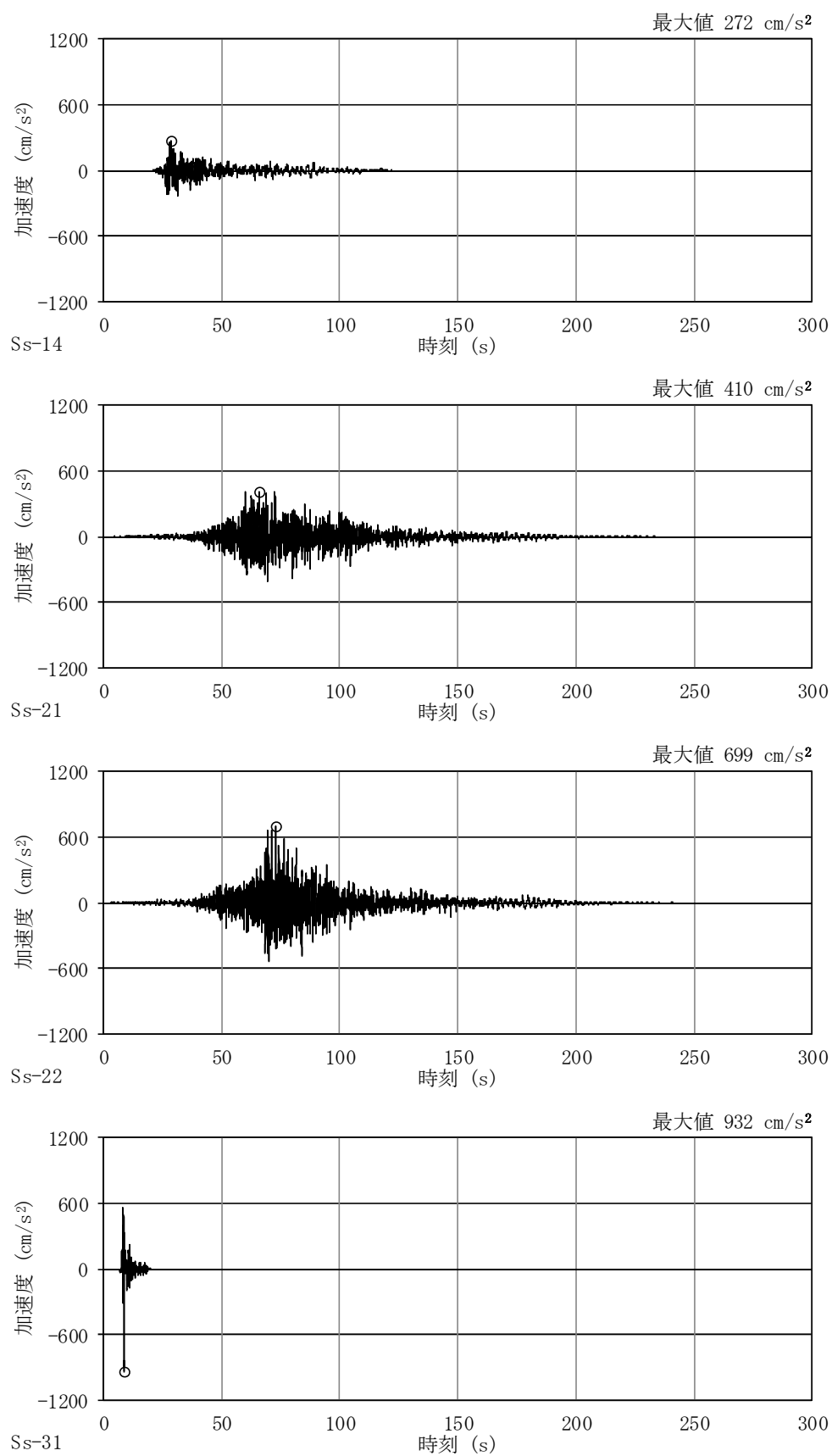


図 4-39 (2/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , EW 方向並進成分, 基本ケース)

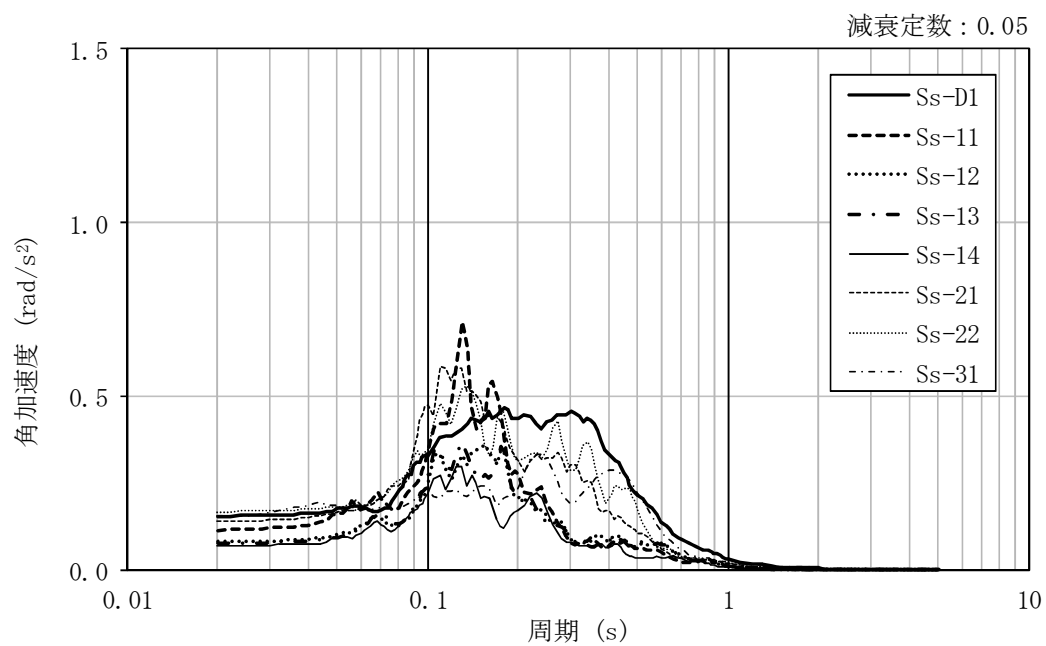


図4-40 加速度応答スペクトル（基準地震動 S_s ，EW 方向回転成分，基本ケース）

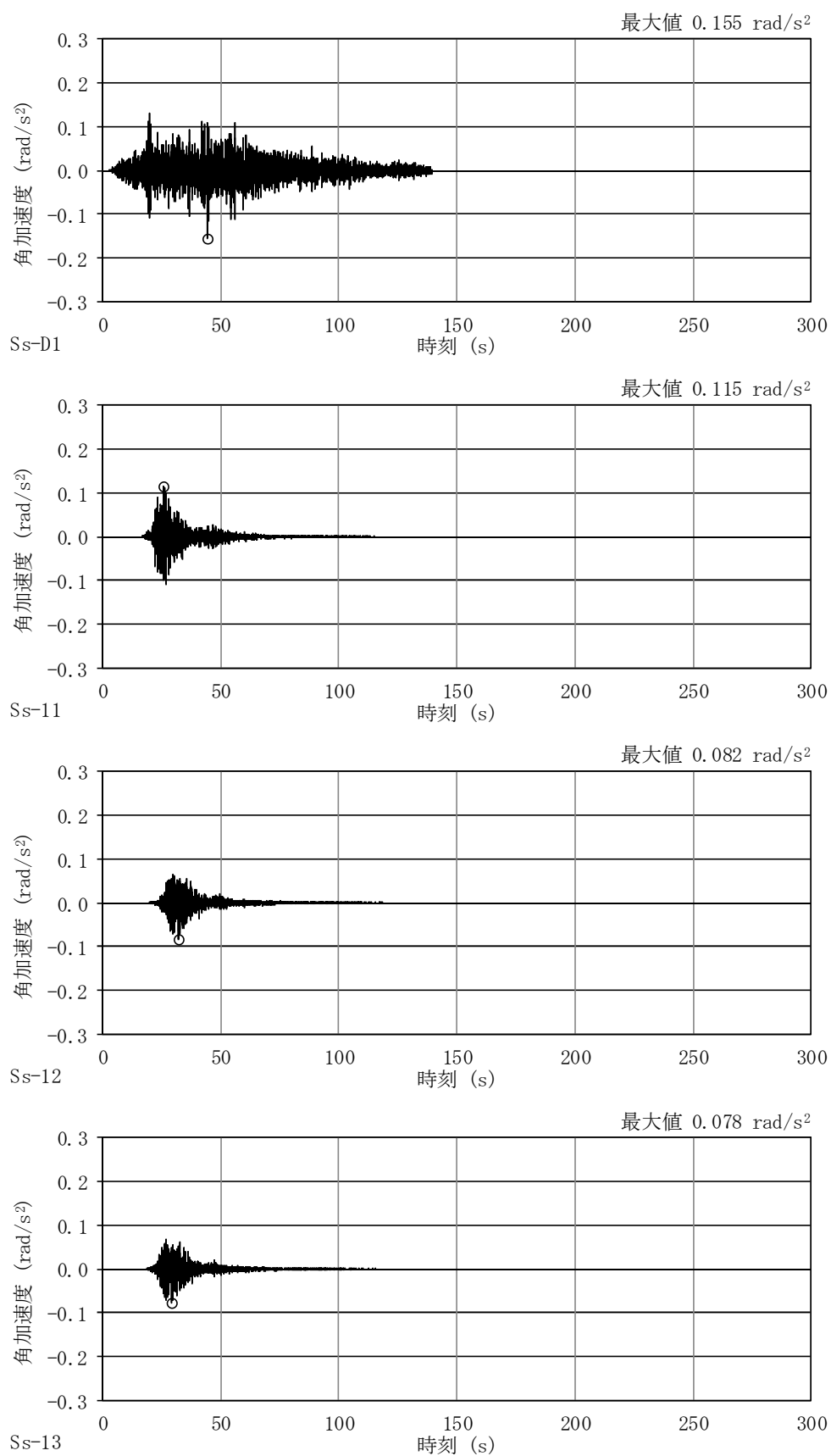


図4-41 (1/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, EW 方向回転成分, 基本ケース)

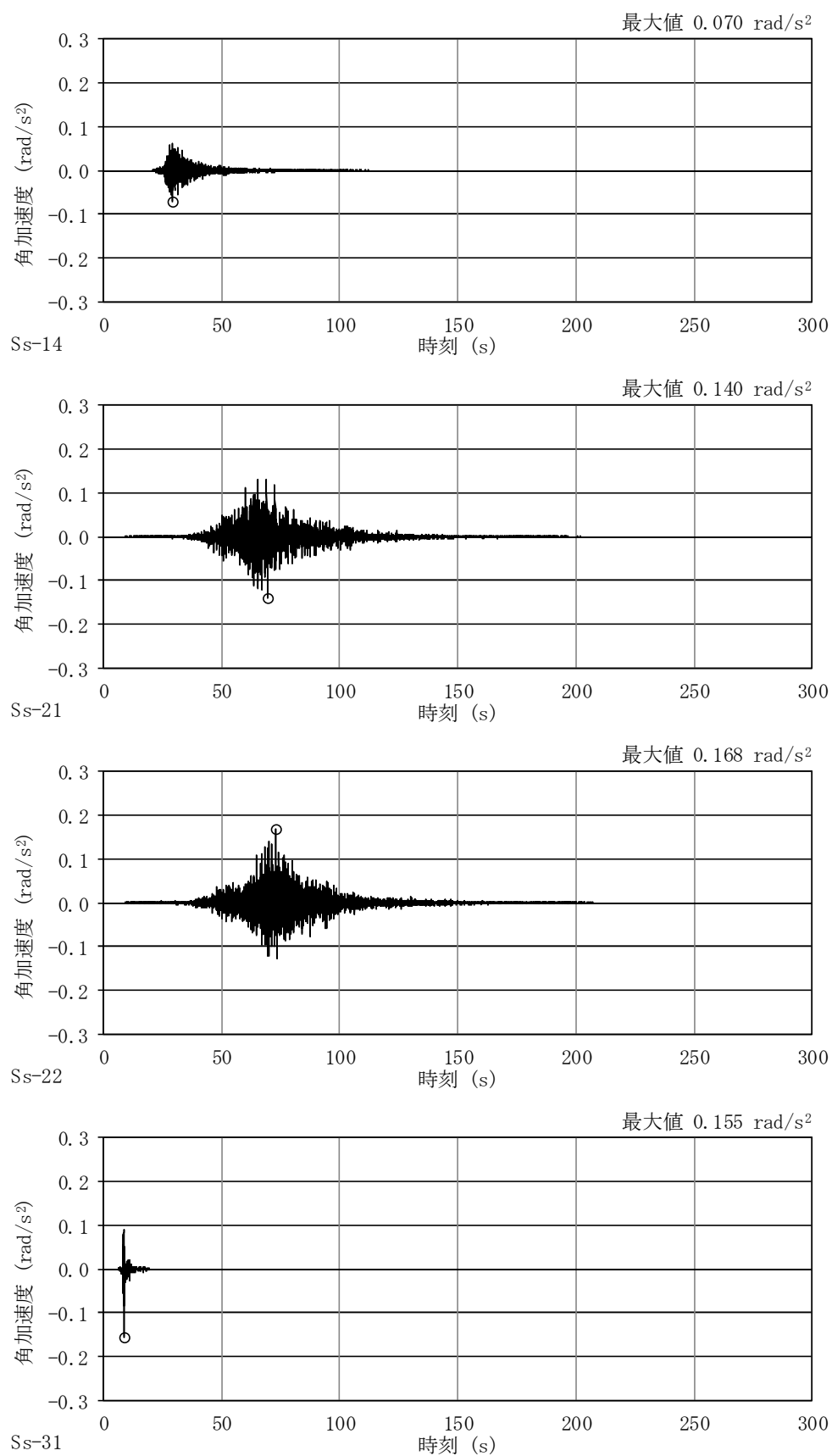


図 4-41 (2/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , EW 方向回転成分, 基本ケース)

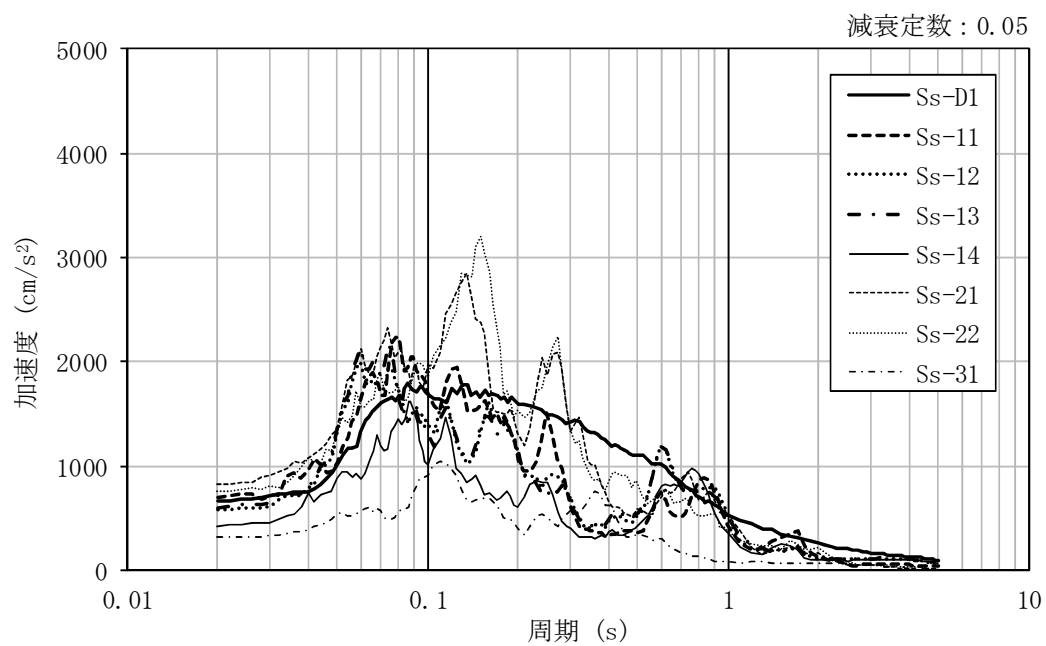


図4-42 加速度応答スペクトル（基準地震動 S_s ，UD 方向，基本ケース）

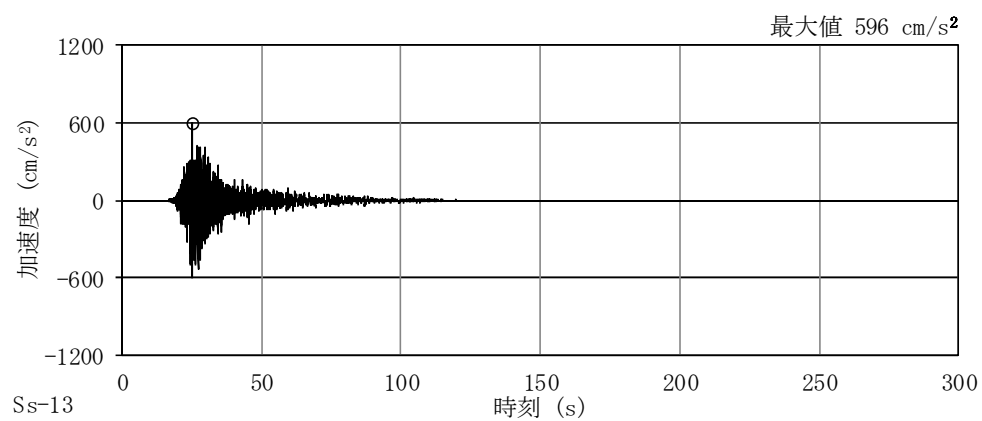
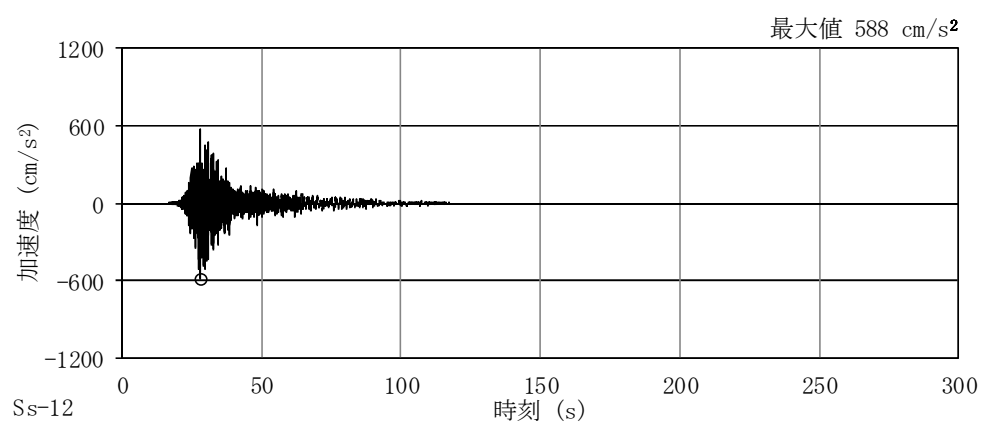
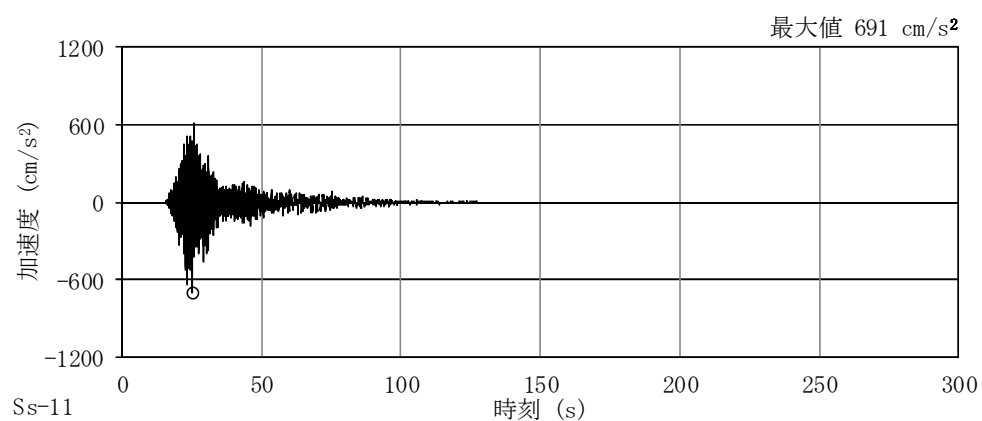
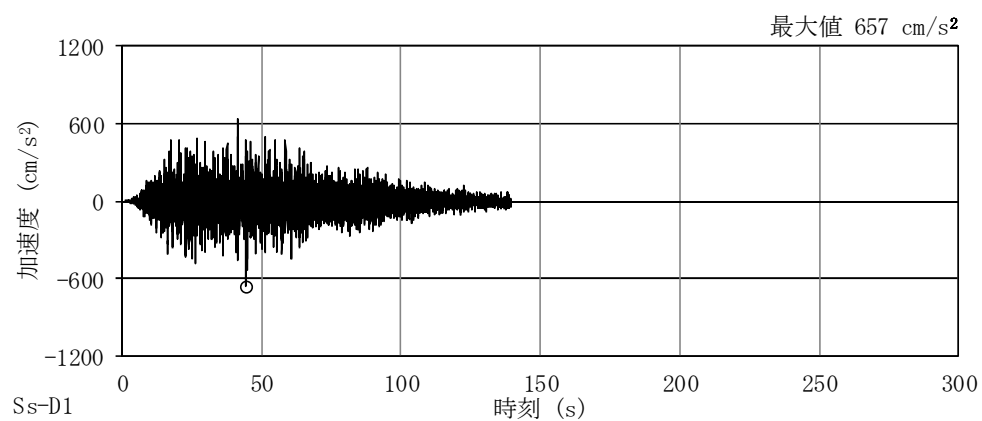


図4-43 (1/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , UD 方向, 基本ケース)

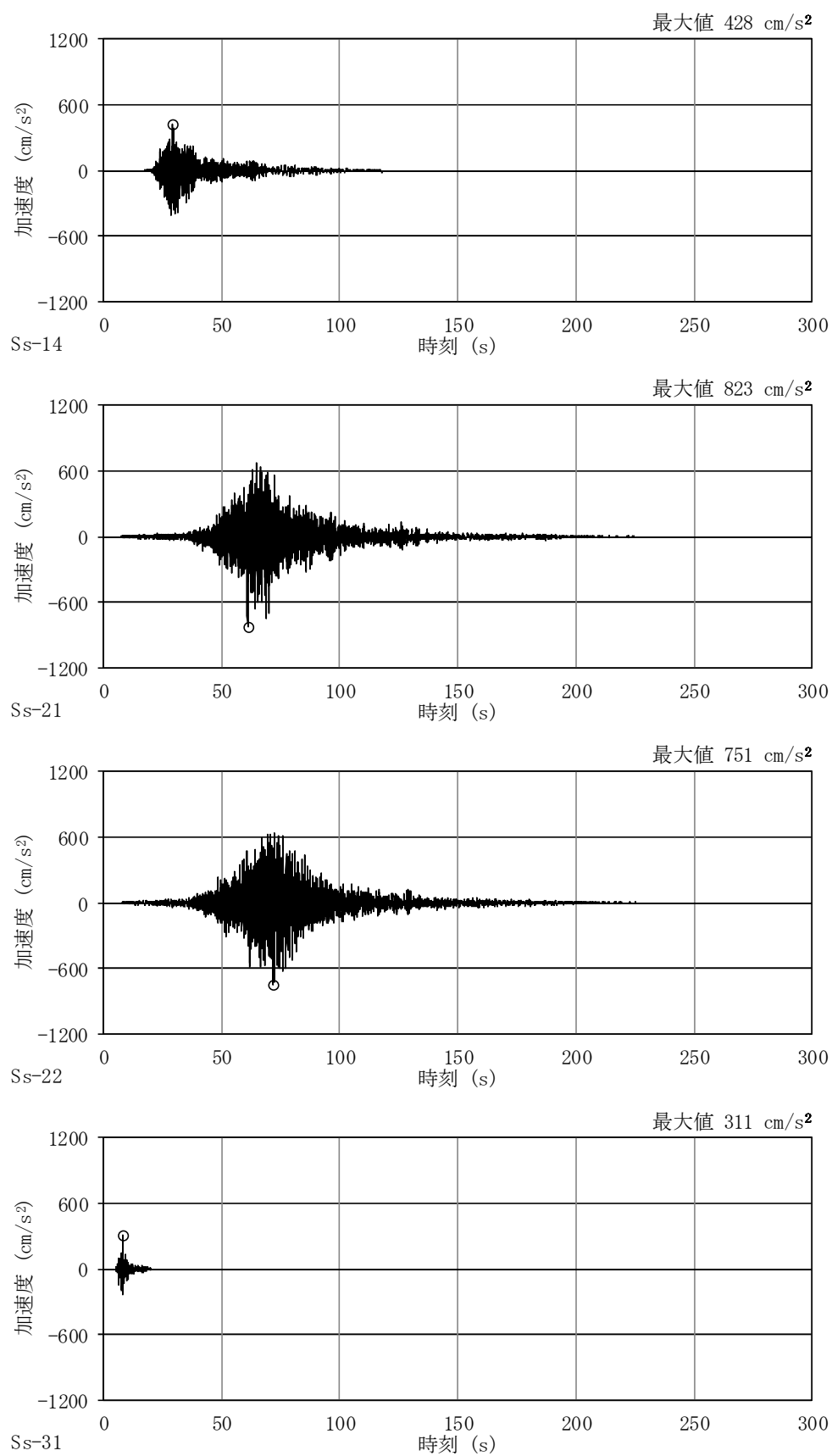


図 4-43 (2/2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s , UD 方向, 基本ケース)

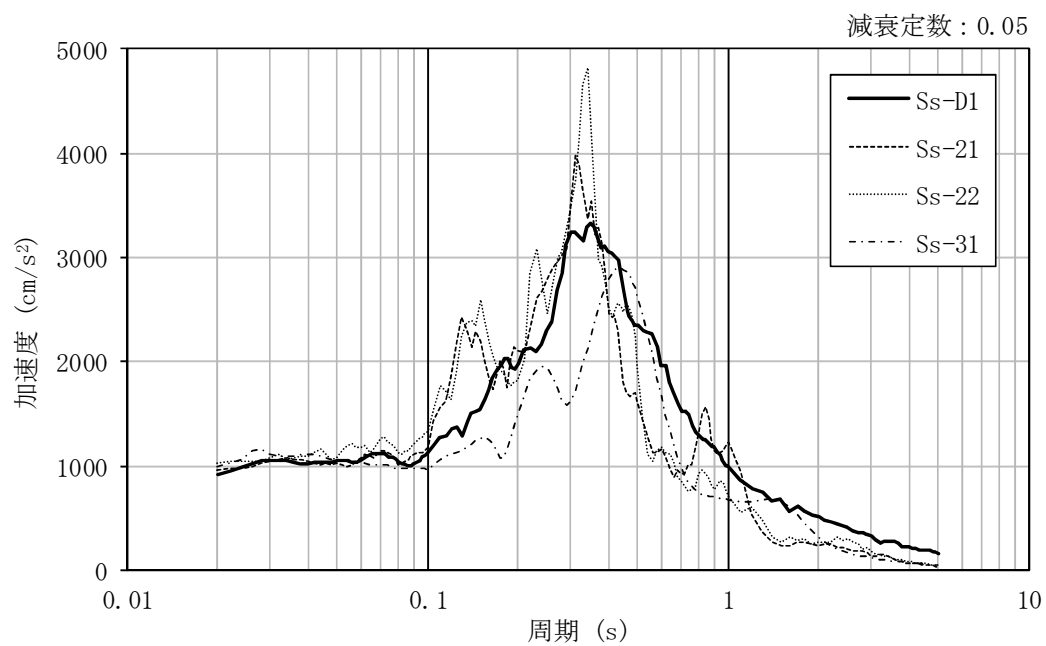


図4-44 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，NS 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

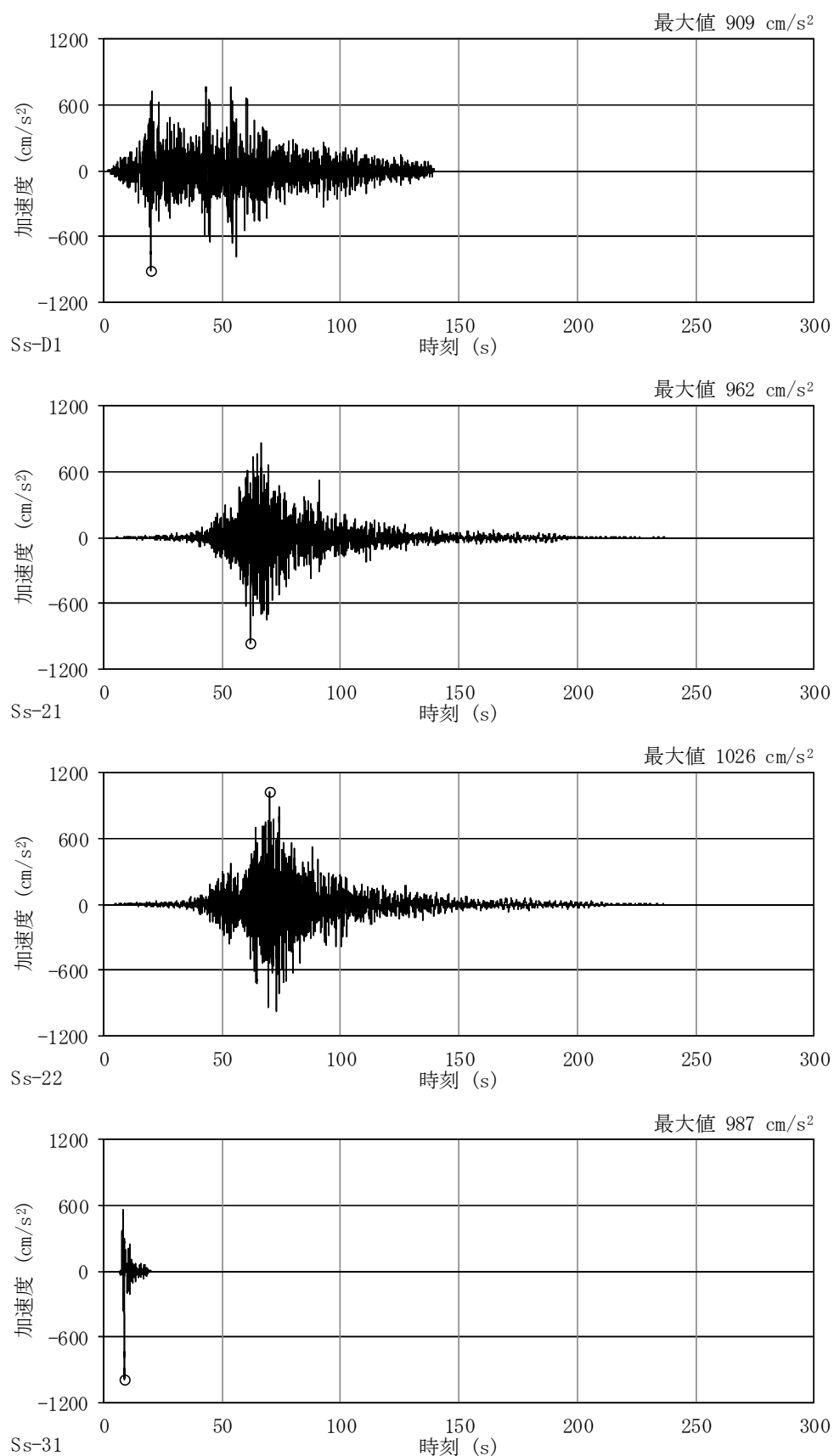


図4-45 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , NS 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

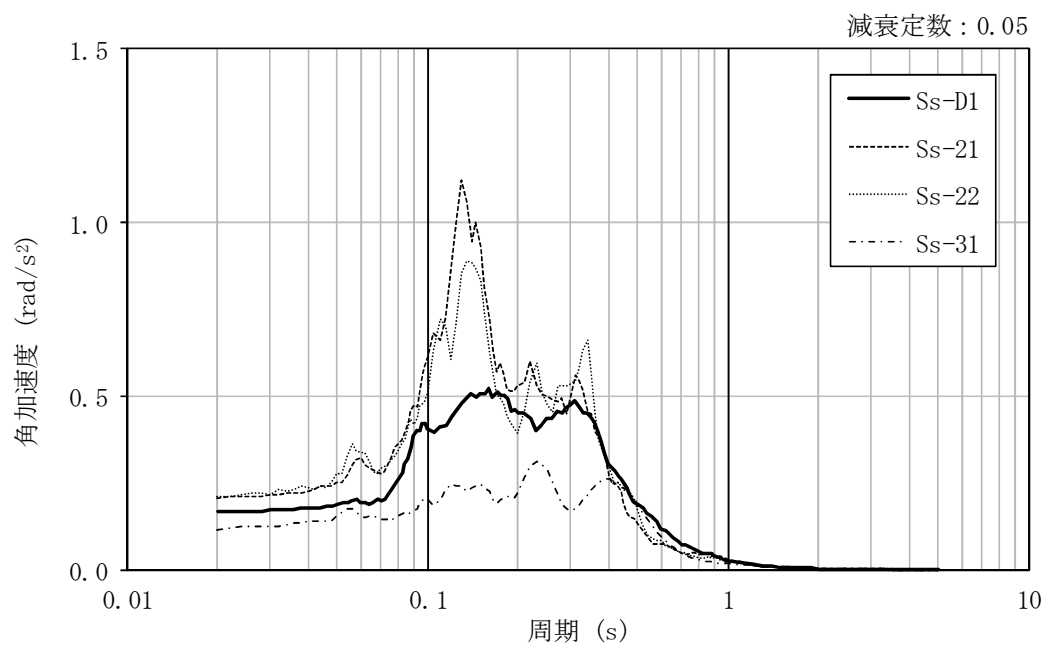


図4-46 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s , NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

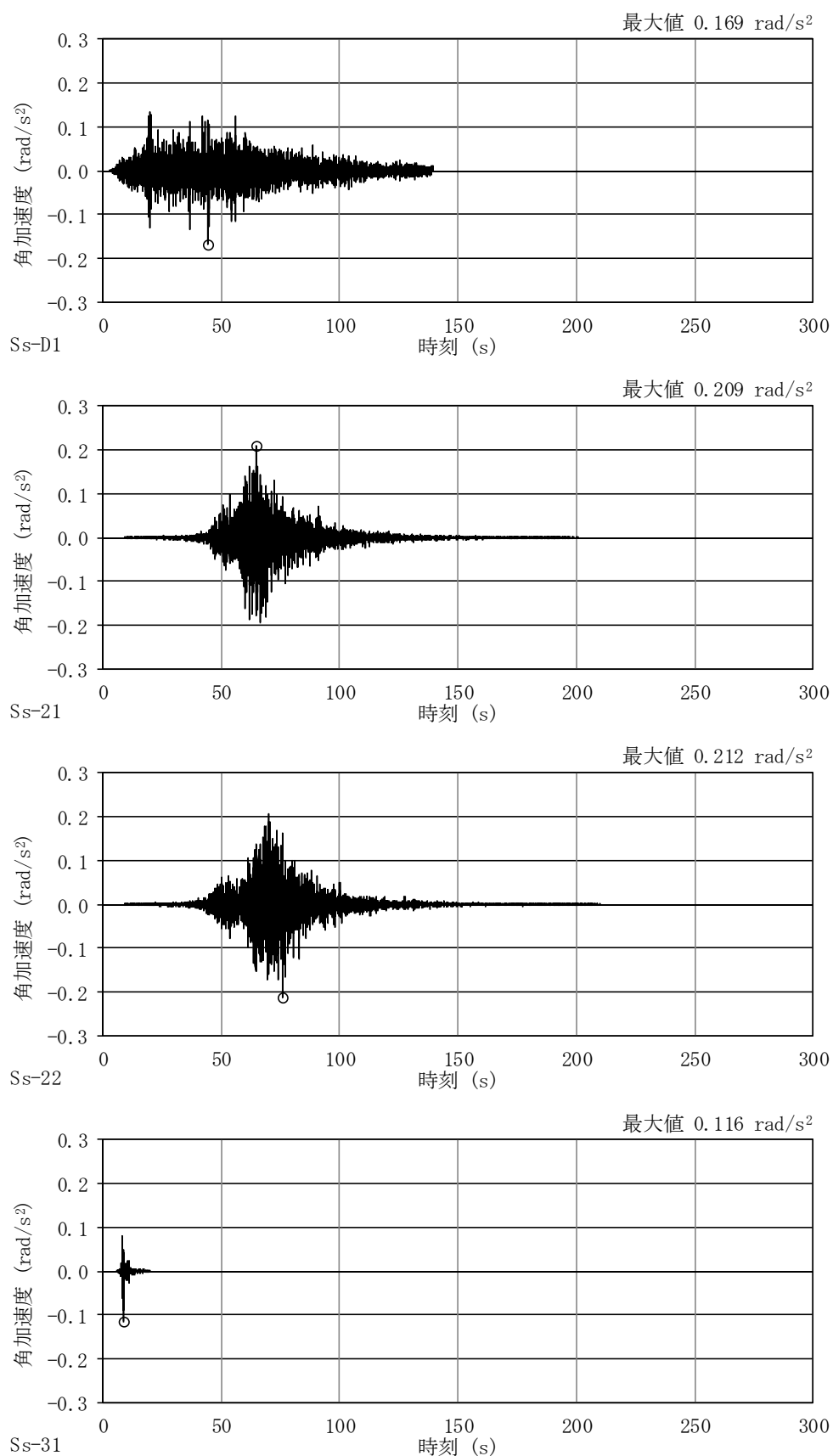


図4-47 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s, NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+σ))

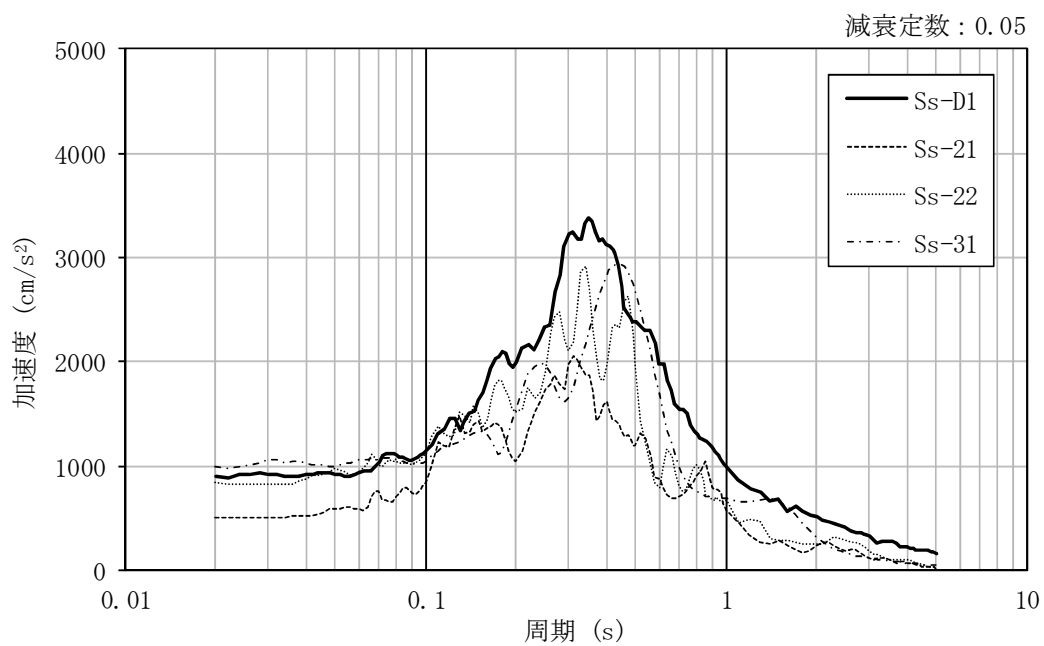


図4-48 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，EW 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

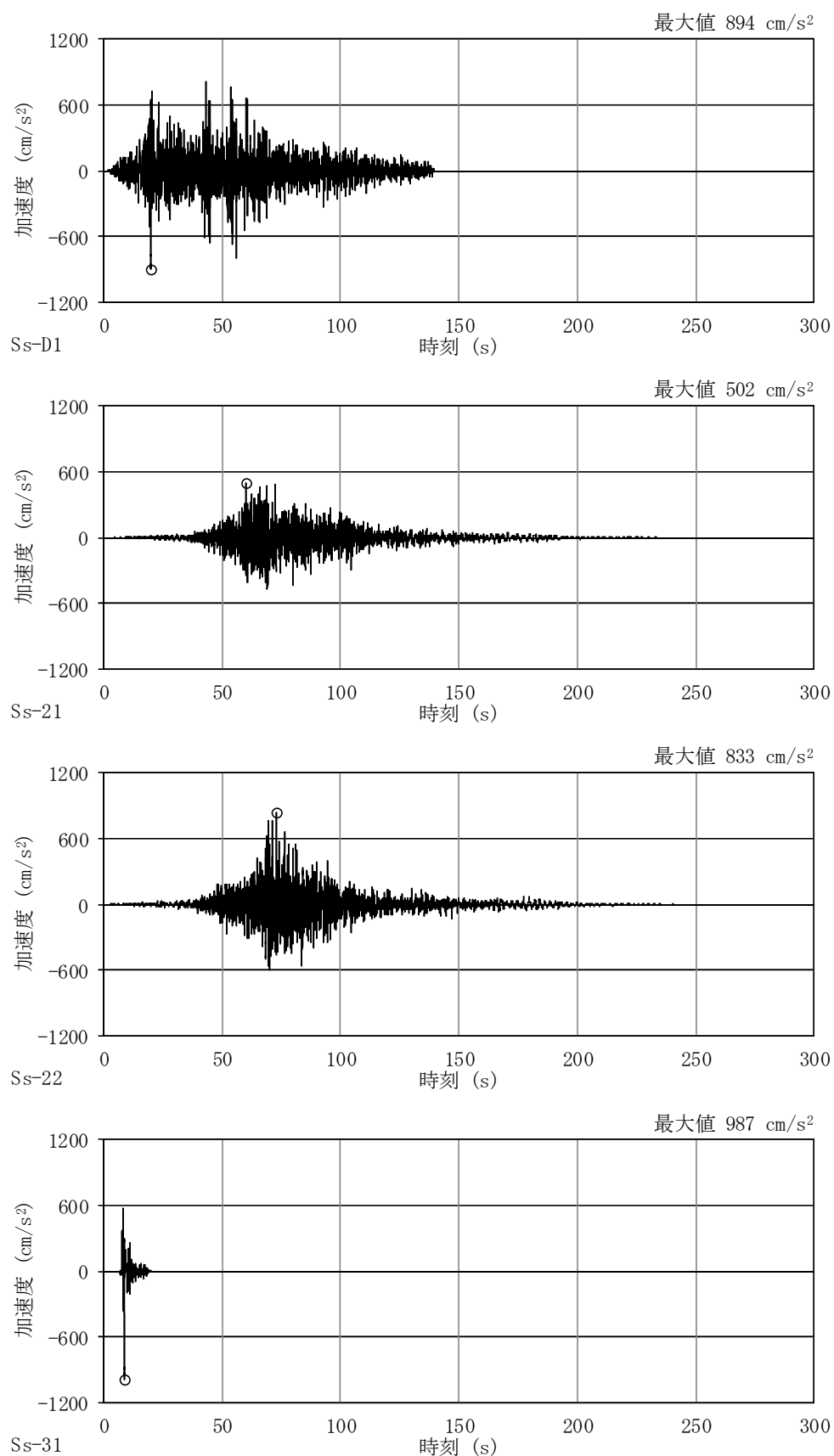


図4-49 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , EW 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

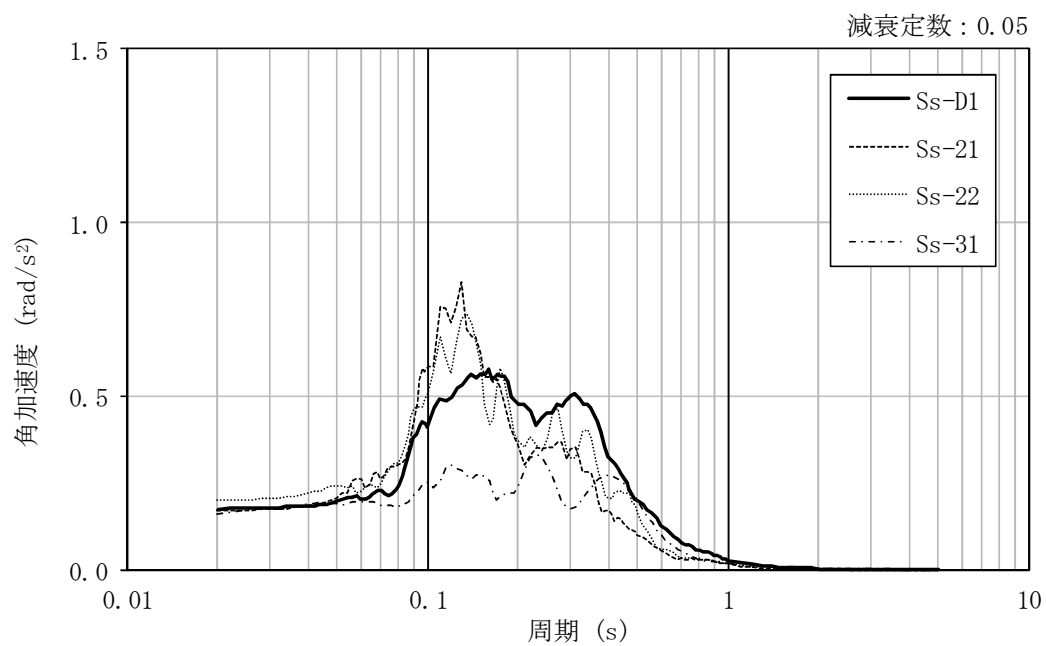


図4-50 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，EW 方向回転成分，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

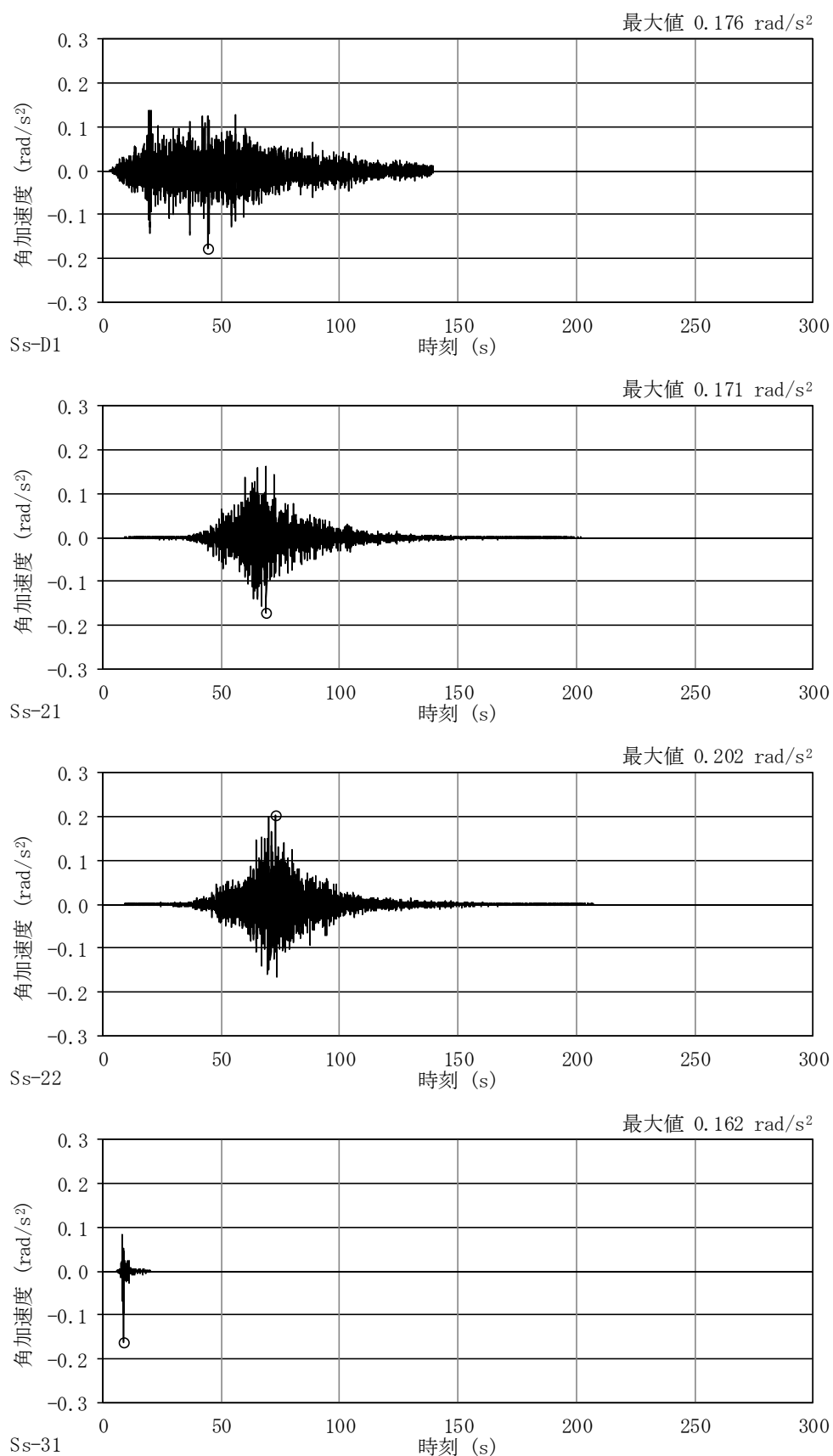


図4-51 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , EW 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

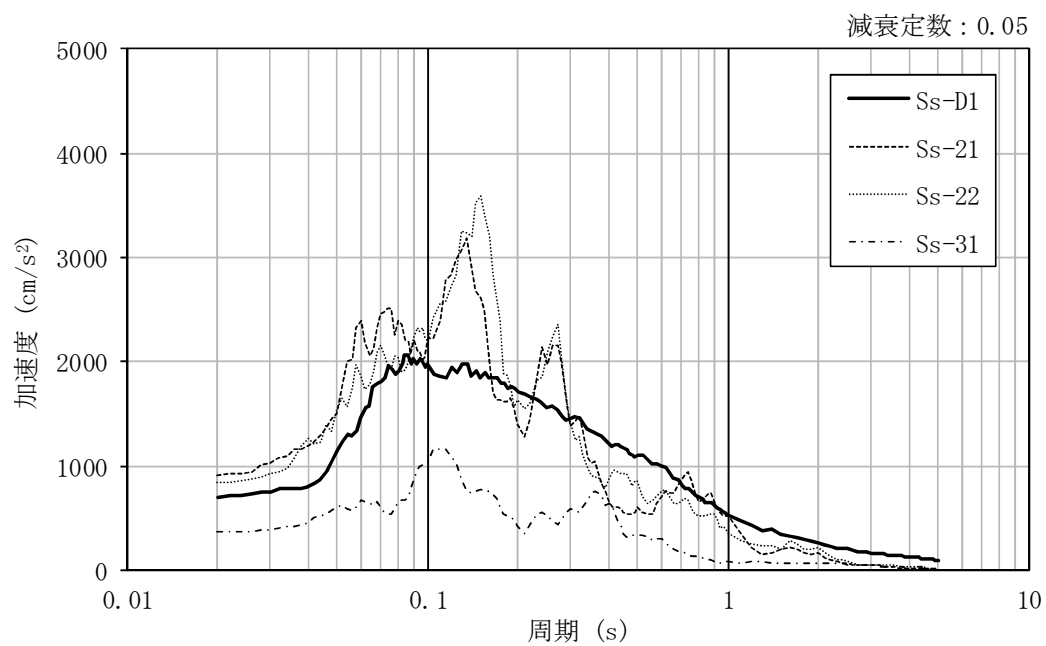


図4-52 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，UD 方向，地盤物性のばらつきを考慮 (+ σ))

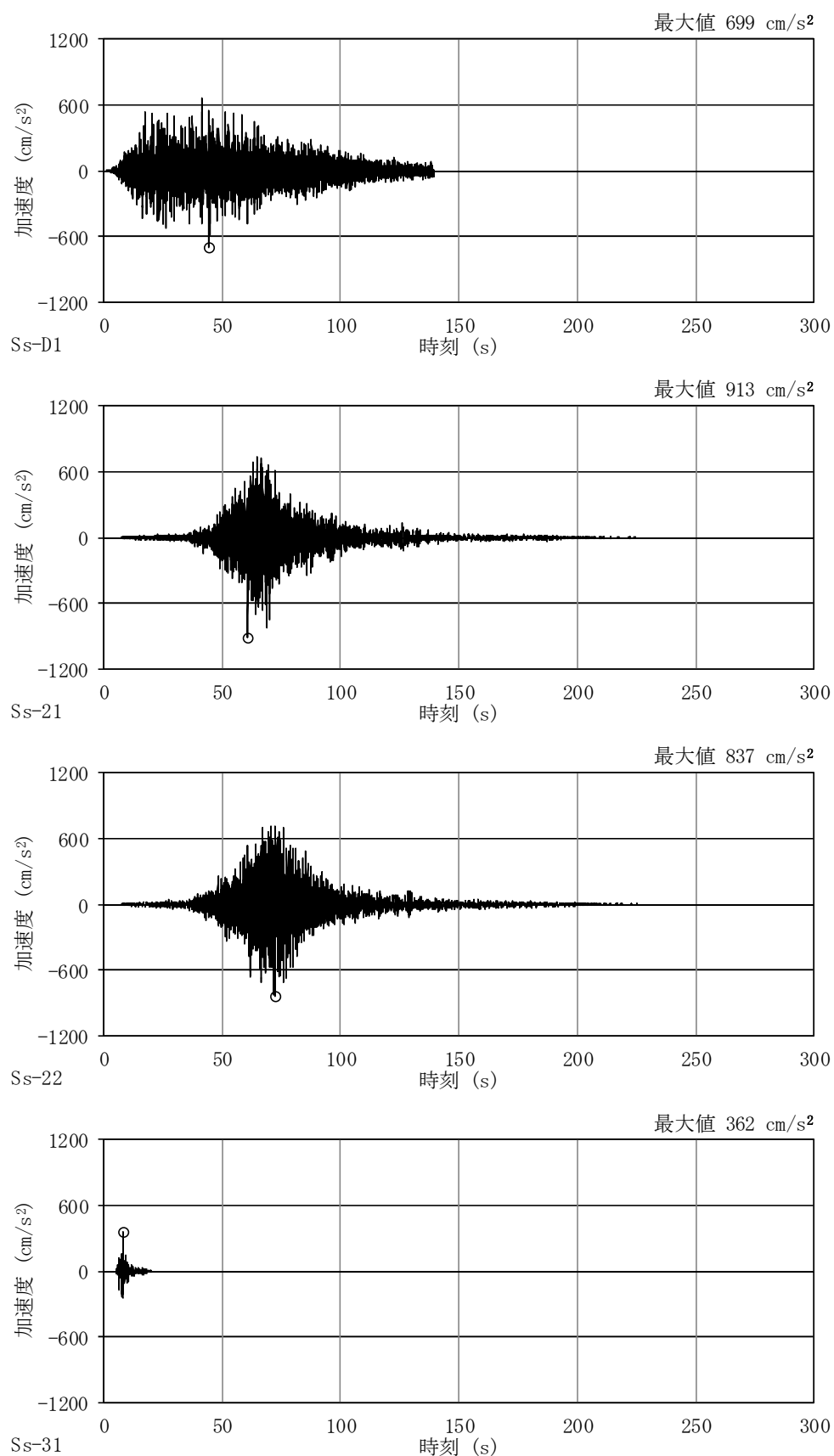


図4-53 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s, UD 方向, 地盤物性のばらつきを考慮 (+σ))

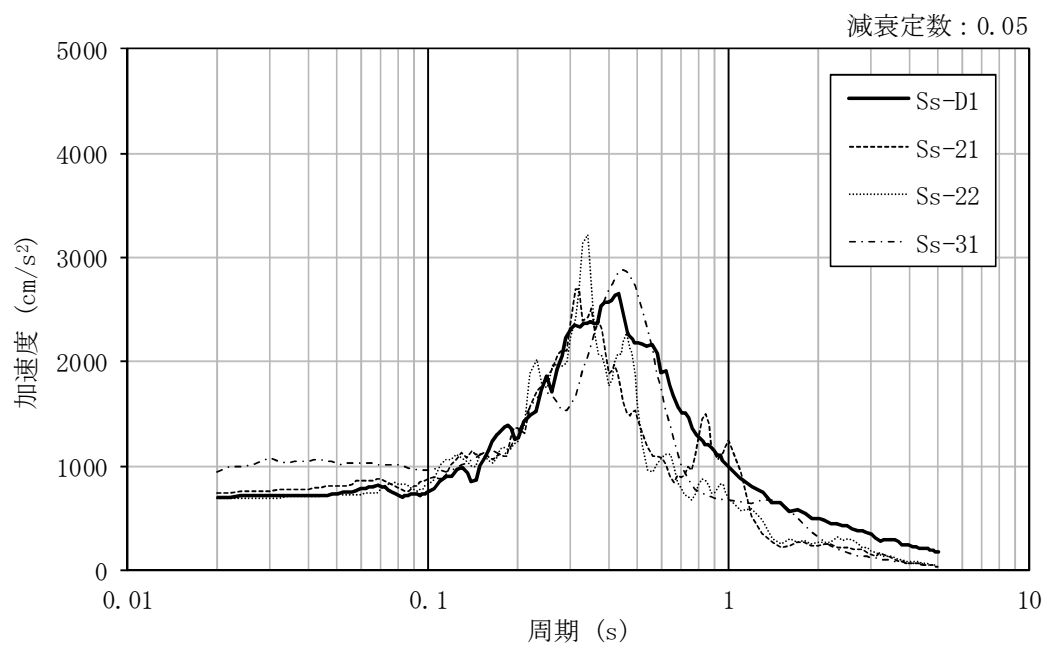


図4-54 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，NS 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

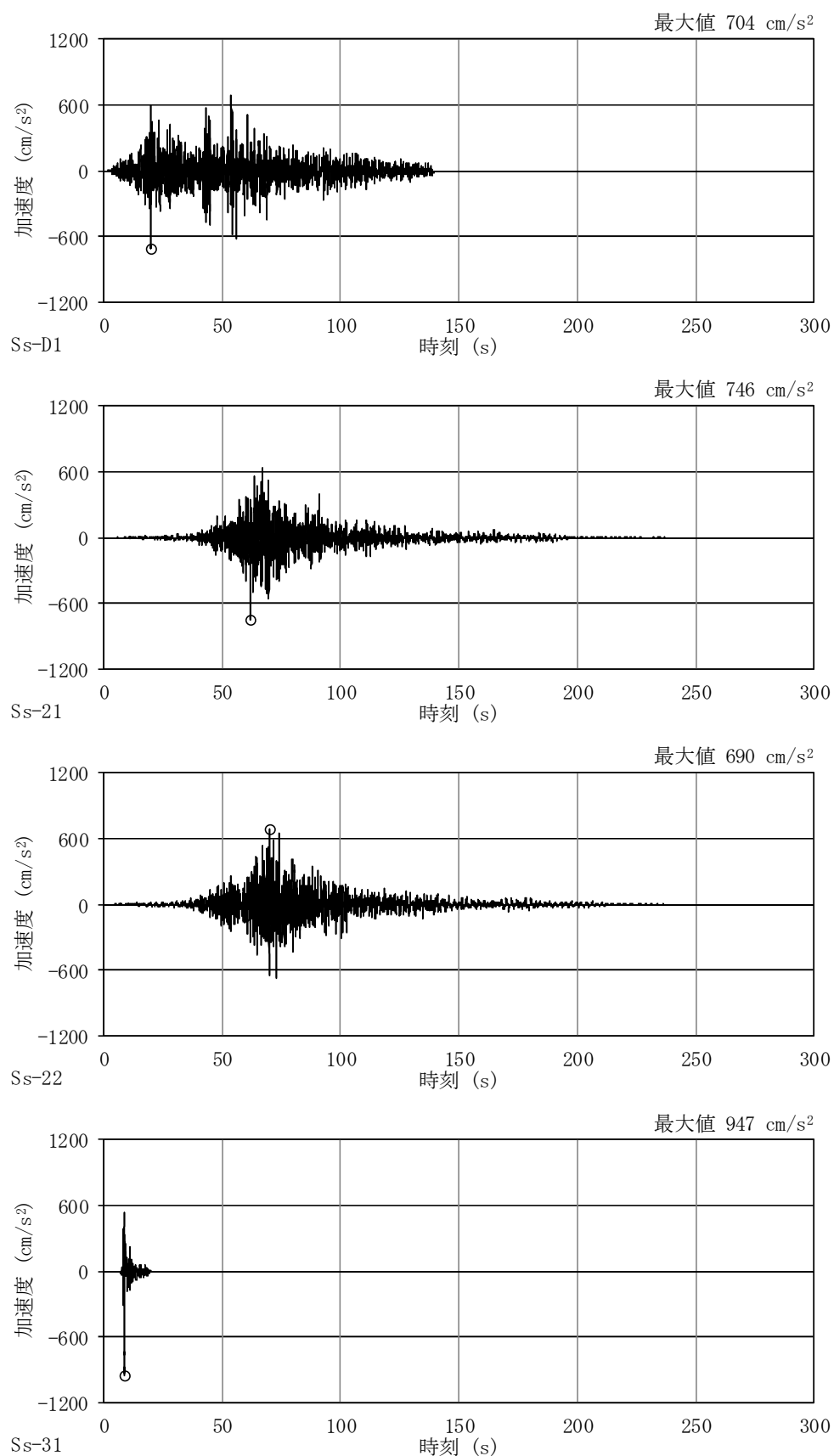


図4-55 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , NS 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

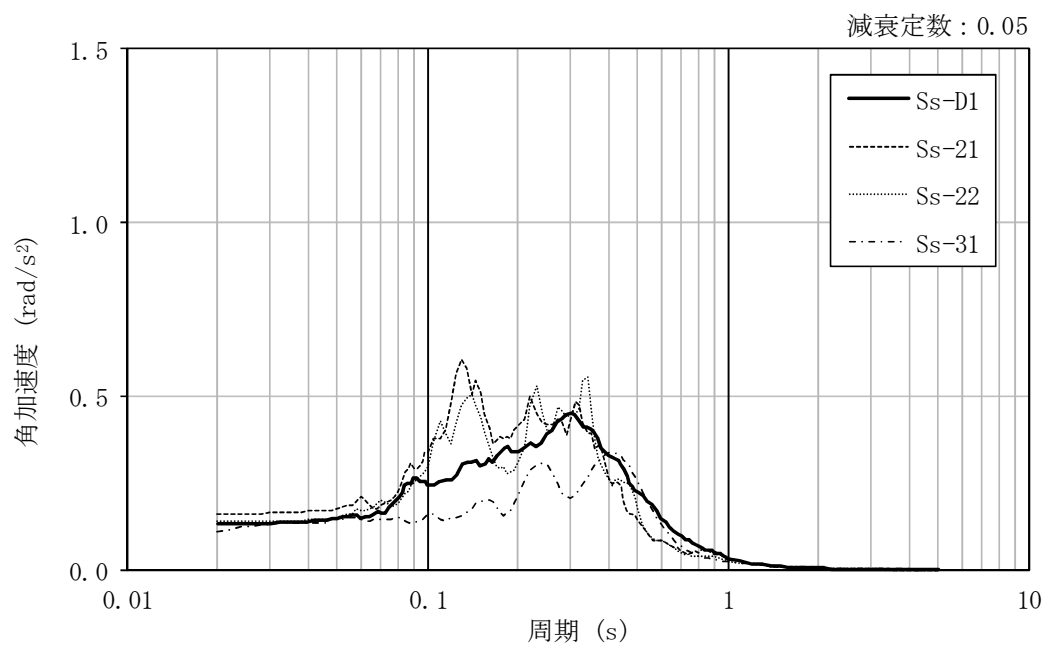


図4-56 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s , NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

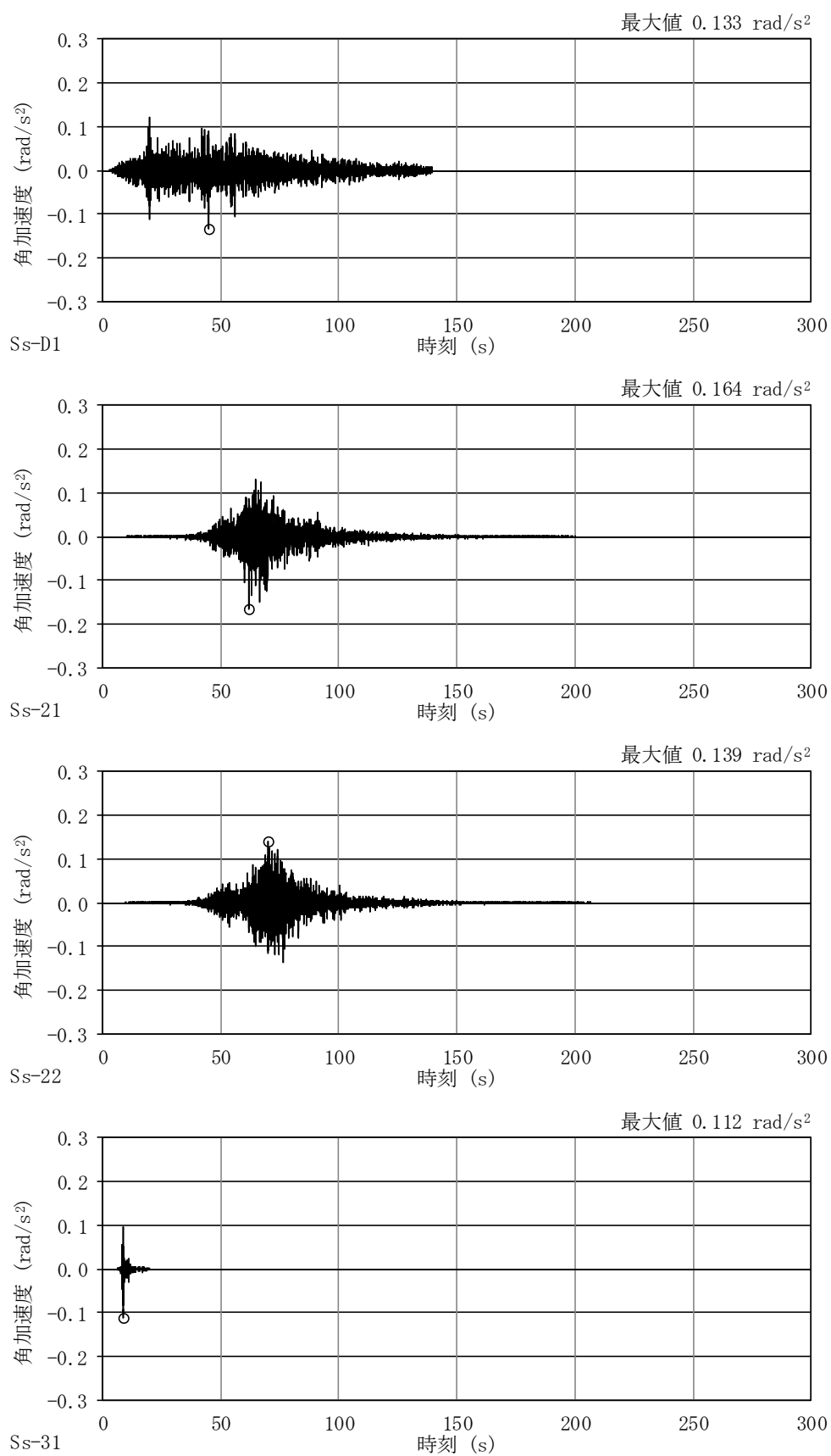


図4-57 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , NS 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

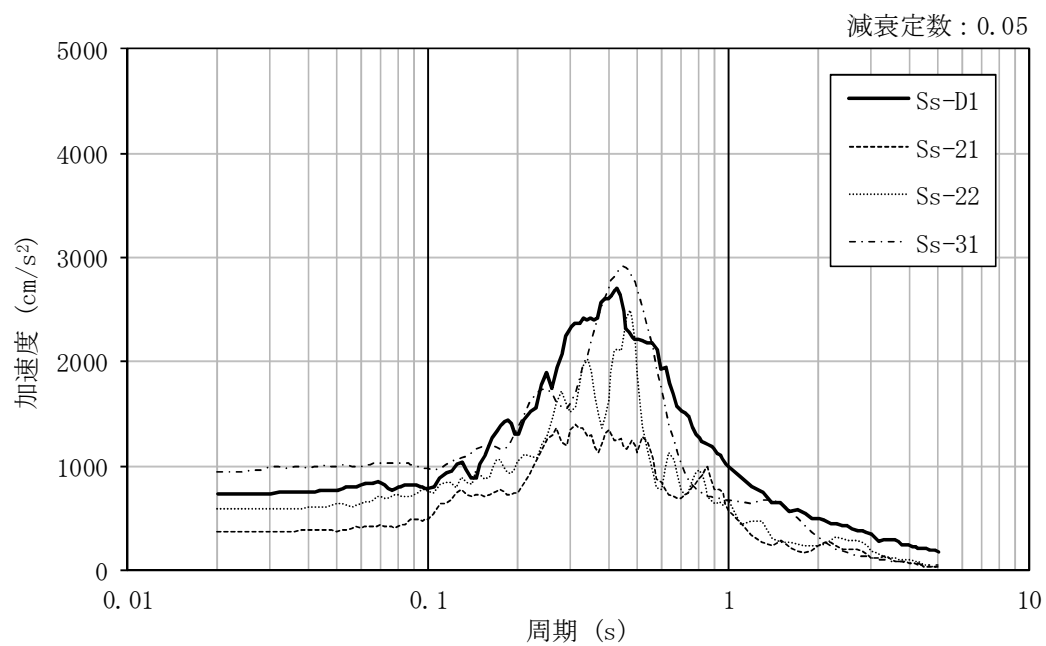


図4-58 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，EW 方向並進成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

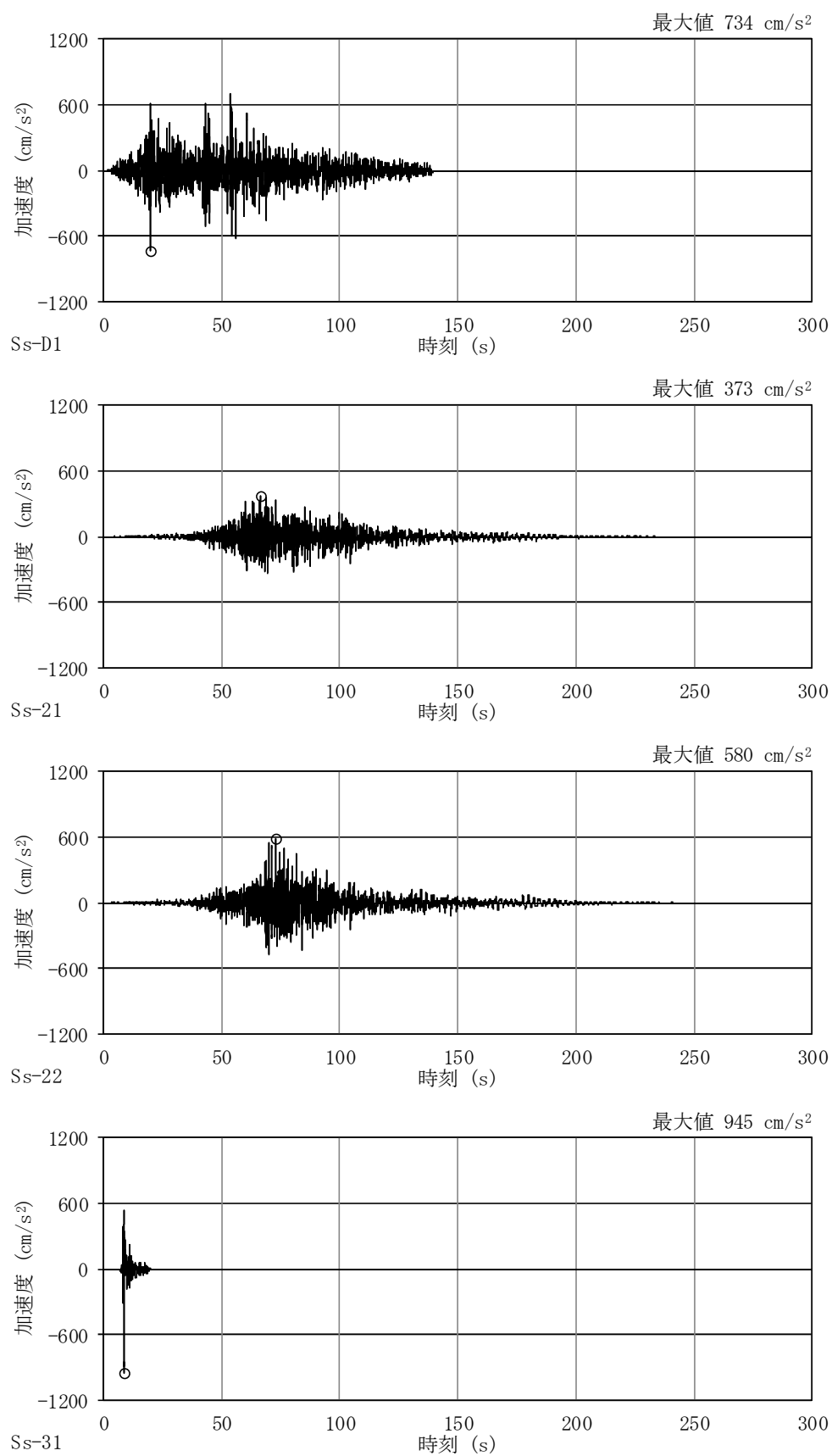


図4-59 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , EW 方向並進成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

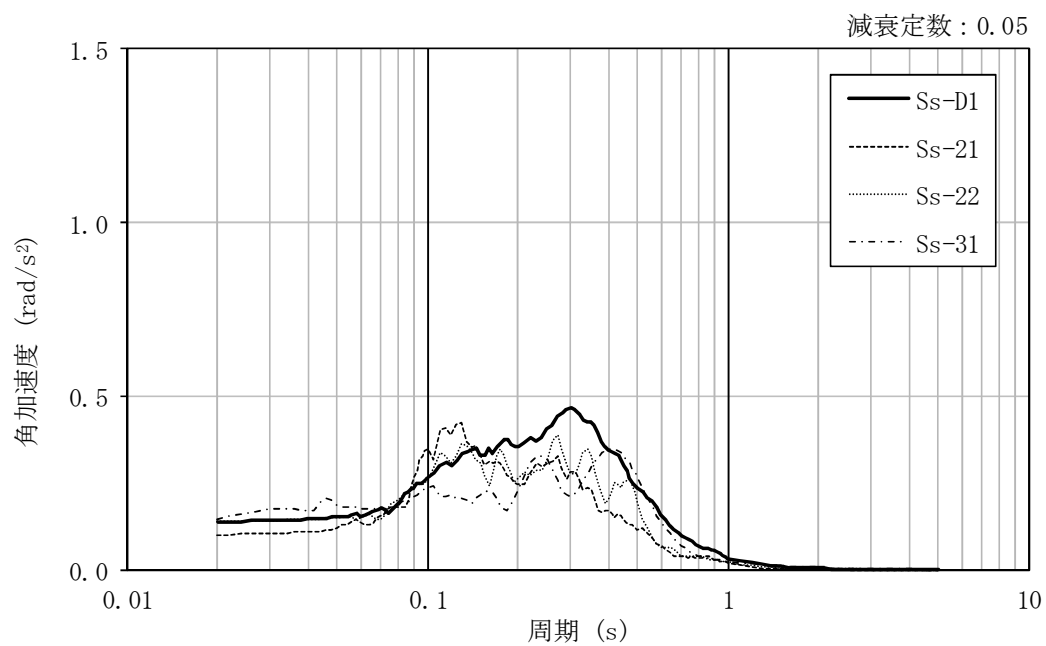


図4-60 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，EW 方向回転成分，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

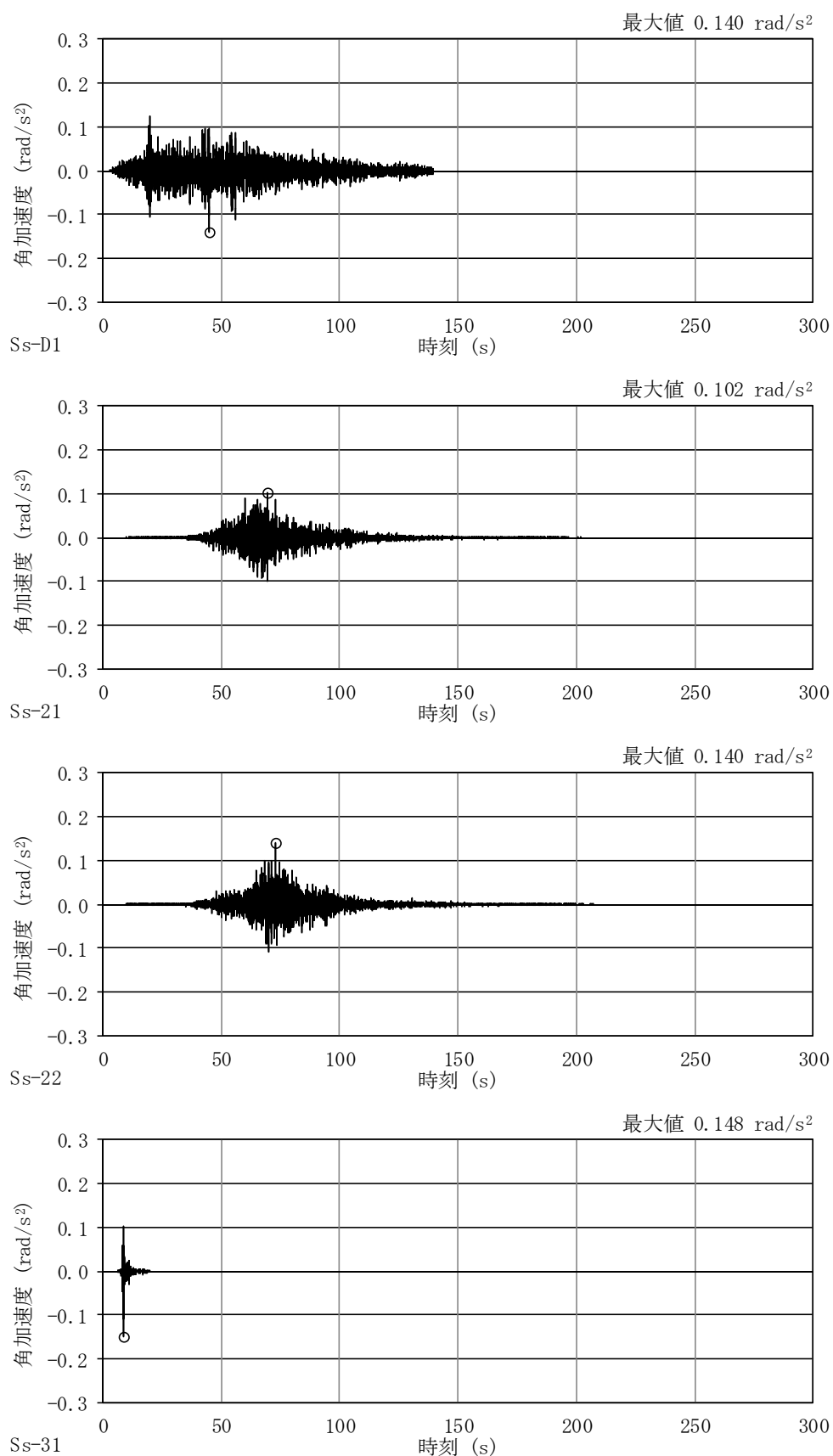


図4-61 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , EW 方向回転成分, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

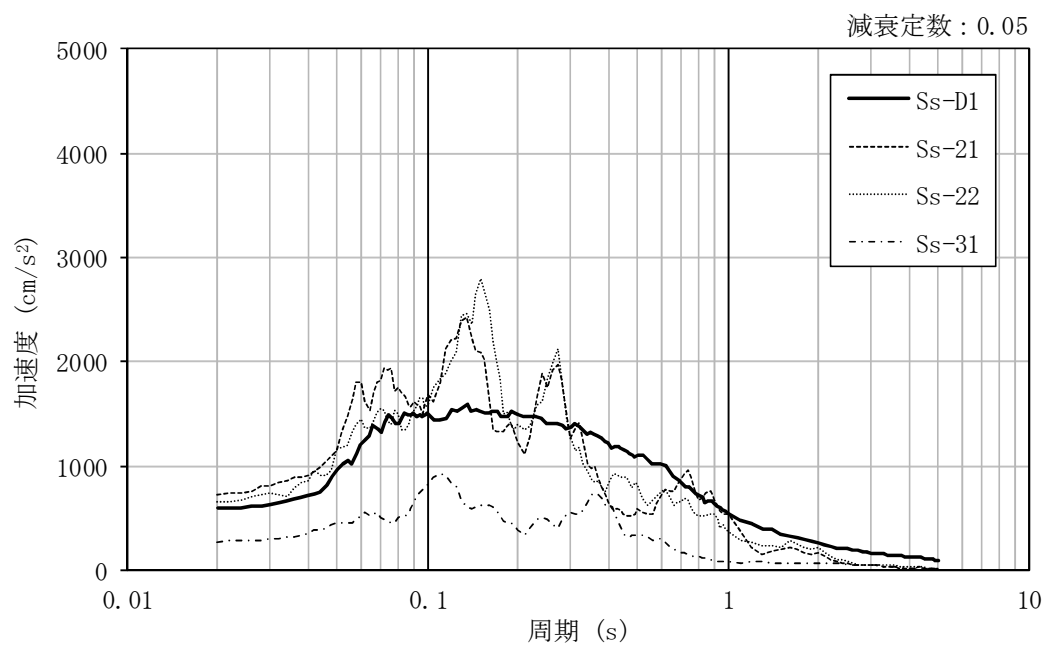


図4-62 加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s ，UD 方向，地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

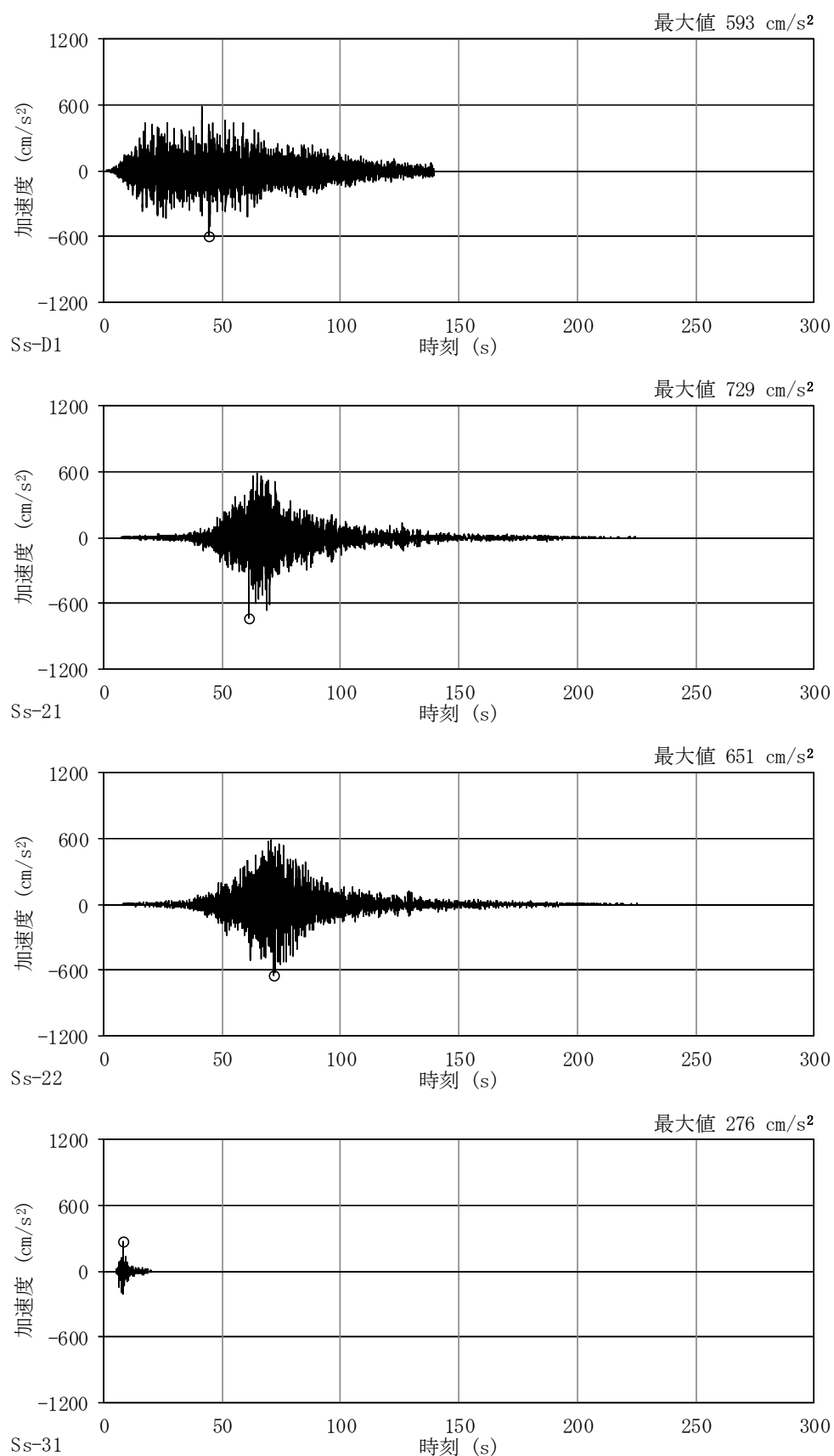


図4-63 加速度時刻歴波形

(基準地震動 S_s , UD 方向, 地盤物性のばらつきを考慮 ($-\sigma$))

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-6 に示す。

表 4-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S_d 地震時	$G + SNL + S_d$
S_s 地震時	$G + SNL + S_s$

G : 固定荷重
SNL : 積雪荷重 (地震時)
 S_d : S_d 地震荷重
 S_s : S_s 地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉棟の許容限界は，資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき，表4-7～表4-8のとおり設定する。

また，鋼材，コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表4-9～表4-11に，鋼材及びボルトの引張強さを表4-12に示す。

表 4-7 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	弾性設計用 地震動 S_d	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
			屋根トラス	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S 規準」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	屋根スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく終局耐力
			屋根トラス	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S 規準」に基づく弾性限耐力 ※1, ※2
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	弾性設計用 地震動 S_d	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	屋根スラブ	部材に生じる応力及びひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく終局耐力 ※3※4

※1:「技術基準解説書」に基づき、F 値に 1.1 倍の割増しを考慮し、圧縮及び曲げについては座屈強度を用いる。

※2: 母屋については、母屋及び屋根スラブの落下防止の観点から、仕口部（ボルト、スプライスプレート及びウェブ）が先行して破断しないことを確認する。

※3: 事故時に原子炉格納容器から漏洩した空気を非常用ガス処理系で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

※4: 支配的な応力である曲げモーメントにより生じるひび割れは貫通しないため、短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した耐力を許容限界とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-8 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	弾性設計用 地震動 S_d	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
			屋根トラス	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	屋根スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力
			屋根トラス	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限耐力 ※1, ※2
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	弾性設計用 地震動 S_d	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
		基準地震動 S_s	屋根スラブ	部材に生じる応力及びひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力 ※3※4

※1:「技術基準解説書」に基づき、F 値に 1.1 倍の割増しを考慮し、圧縮及び曲げについては座屈強度を用いる。

※2: 母屋については、母屋及び屋根スラブの落下防止の観点から、仕口部（ボルト、スプライスプレート及びウェブ）が先行して破断しないことを確認する。

※3: 事故時に原子炉格納容器から漏洩した空気を非常用ガス処理系で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

※4: 支配的な応力である曲げモーメントにより生じるひび割れは貫通しないため、短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した耐力を許容限界とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-9 鋼材の許容応力度

種 類		F 値 (N/mm ²)	短 期 (N/mm ²)		
			引 張	圧縮及び曲げ	せん断
SS400※ ¹	t ≤ 40 (mm)	235	235	235※ ³	135
SM400A※ ²					

※1：建設当時の鋼材の種類は SS41 であるが現在の規格（SS400）に読み替えた許容応力度を示す。

※2：建設当時の鋼材の種類は SM41A であるが現在の規格（SM400A）に読み替えた許容応力度を示す。

※3：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

表 4-10 コンクリートの許容応力度

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
22.1	14.7	1.06

表 4-11 鉄筋の許容応力度

SD345※	
引張及び圧縮 (N/mm ²)	面外せん断補強 (N/mm ²)
345	345

※：建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

表 4-12 鋼材及びボルトの引張強さ

種類	引張強さ (N/mm ²)
SS400※	400
F10T	1000

※：建設当時の鋼材の種類は SS41 であるが現在の規格（SS400）に読み替えた引張強さを示す。

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 屋根スラブ及び母屋

(1) モデル化の基本方針

屋根スラブは母屋で支持された 1 方向スラブとして単位幅を，母屋は主トラスで支持されたスパンの支配幅を取り出した範囲についてモデル化する。

屋根スラブの解析モデルは両端固定梁として，母屋の解析モデルは単純梁として評価する。スラブの解析モデルを図 4-64 に，母屋の解析モデルを図 4-65 に示す。

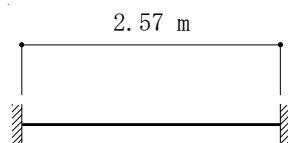


図4-64 解析モデル（屋根スラブ）

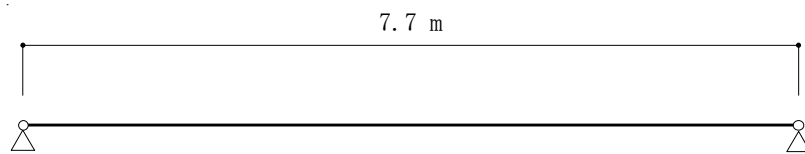


図4-65 解析モデル（母屋）

(2) 解析諸元

鉄筋コンクリートの物性値を表 4-13 に，鋼材の物性値を表 4-14 に示す。

表 4-13 鉄筋コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
22.1	2.21×10^4	0.2

表 4-14 鋼材の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)
鉄 骨：SS400※	2.05×10^5	7.9×10^4

※：建設当時の鋼材の種類は SS41 であるが現在の規格 (SS400) に読み替えた。

4.4.2 屋根トラス

(1) モデル化の基本方針

a. 基本方針

屋根トラスの各部応力は、3次元FEMモデルを用いて弾塑性応力解析を実施することにより評価する。解析には、解析コード「DYN A 2 E Ver. 8.0.4」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、付録16「計算機プログラム（解析コード）の概要・DYN A 2 E」に示す。

解析モデルは、原子炉棟の燃料取替床（EL. 46.5 m）より上部について、壁、柱、梁及び屋根トラスをモデル化した解析モデルを用いる。なお、屋根スラブについては剛性を考慮しないことからモデル化していない。

解析モデルを図4-66に、屋根トラスの部材リストを表4-15に示す。

b. 使用要素

解析モデルに使用する要素は、シェル要素、梁要素及びトラス要素とする。解析モデルの節点数は274、要素数は849である。

(2) 境界条件

応力解析モデルは燃料取替床レベル（EL. 46.5 m）を固定とする。

(3) 解析諸元

使用材料（鉄筋コンクリート及び鉄骨）の物性値を表4-16に示す。

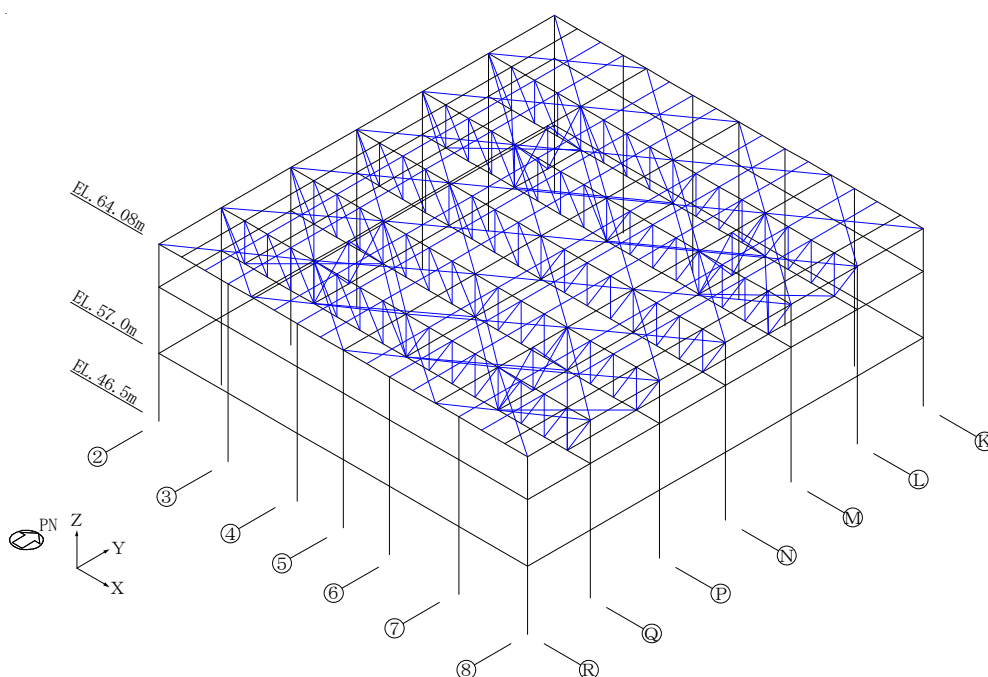


図4-66 解析モデル（屋根トラス）

表 4-15 部材リスト

部 材	断面積 A (cm^2)	断面 2 次モーメント I (cm^4)
H-400×400×13×21	218.7	66600
2Ls-200×200×15+2FBs-9×150	142.5	—
2Ls-200×200×15	115.5	—
2Ls-150×150×15	85.48	—
2Ls-150×100×12	57.12	—
2Ls-100×100×10	38.00	—
H-390×300×10×16	136.0	38700
H-582×300×12×17	174.5	103000
H-250×250×9×14	92.18	10800
2CTs-200×400×13×21	218.6	—
CT-300×200×11×17	67.21	—
2Ls-90×90×10	34.00	—

表 4-16 材料の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm^2)	せん断弾性係数 G (N/mm^2)	減衰定数 h (%)
鉄筋コンクリート : Fc22.1	2.21×10^4	9.21×10^3	5
鉄 骨 : SS400※ ¹ SM400A※ ²	2.05×10^5	7.9×10^4	2

※1：建設当時の鋼材の種類は SS41 であるが現在の規格（SS400）に読み替えた。

※2：建設当時の鋼材の種類は SM41A であるが現在の規格（SM400A）に読み替えた。

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 屋根スラブ及び母屋

屋根スラブ及び母屋について，両端支持梁に対する一般材料力学公式により応力を算定する。

a. 荷重ケース

S_d 地震時及び S_s 地震時の応力は次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G : 固定荷重

SNL : 積雪荷重（地震時）

S_{dD} ※ : 鉛直方向 S_d 地震荷重

S_{sD} ※ : 鉛直方向 S_s 地震荷重

※：計算上の座標軸を基本として，鉛直方向は上向き加力を記載している。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-17 に示す。

作用荷重のうち地震荷重は，固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため，地震荷重は鉛直下向きの場合のみ考慮する。

表 4-17 荷重の組合せケース（屋根スラブ及び母屋）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S_d 地震時	1	$G + SNL - 1.0S_{dD}$
S_s 地震時	2	$G + SNL - 1.0S_{sD}$

c. 長期荷重の算出方法

長期荷重時の端部モーメント，中央モーメント及びせん断力の算出方法は下式の通り算出する。長期荷重時の端部モーメント，中央モーメント及びせん断力を表 4-18 に示す。

(両端固定梁)

- ・長期荷重時の端部モーメント (M_E)

$$M_E = -\frac{1}{12}w \cdot l^2$$

- ・長期荷重時の中央モーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{24}w \cdot l^2$$

- ・長期荷重時の端部せん断力 (Q_E)

$$Q_E = 0.5w \cdot l$$

(単純梁)

- ・長期荷重時の中央モーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{8}w \cdot l^2$$

- ・長期荷重時の端部せん断力 (Q_E)

$$Q_E = 0.5w \cdot l$$

ここで,

l : 有効スパン (m)

w : 単位長さあたりの長期荷重 (kN/m)

表 4-18 長期荷重時の端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力

部 位	端部モーメント (kN・m)	中央モーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
屋根スラブ	1.99	0.99	4.64
母 屋	—	76.5	39.8

d. 応力の算出方法

「c. 長期荷重の算出方法」における長期荷重時の端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力を, 屋根トラス部 (EL. 63.65 m, 質点番号 22~質点番号 25) の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度により係数倍することで応力を算出する。鉛直方向最大応答加速度を表 4-19 に, 算出した端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力を表 4-20 に示す。

表 4-19 地震応答解析による最大応答加速度

(a) 弾性設計用地震動 S_d

部位	質点番号	基本ケース※ ¹ (cm/s^2)	地盤物性の ばらつきを考慮 ($+\sigma$) ※ ² (cm/s^2)	地盤物性の ばらつきを考慮 ($-\sigma$) ※ ² (cm/s^2)	最大値 (cm/s^2)
屋根	22	761	852	683	1353
	23	871	931	800	
	24	978	1001	962	
	25	1305	1353	1254	

※1: S_d-D1 , S_d-11 , S_d-12 , S_d-13 , S_d-14 , S_d-21 , S_d-22 及び S_d-31 の最大値

※2: S_d-D1 , S_d-21 , S_d-22 及び S_d-31 の最大値

(b) 基準地震動 S_s

部位	質点番号	基本ケース※ ¹ (cm/s^2)	地盤物性の ばらつきを考慮 ($+\sigma$) ※ ² (cm/s^2)	地盤物性の ばらつきを考慮 ($-\sigma$) ※ ² (cm/s^2)	最大値 (cm/s^2)
屋根	22	1396	1637	1203	2551
	23	1594	1717	1464	
	24	1868	1923	1810	
	25	2450	2551	2332	

※1: S_s-D1 , S_s-11 , S_s-12 , S_s-13 , S_s-14 , S_s-21 , S_s-22 及び S_s-31 の最大値

※2: S_s-D1 , S_s-21 , S_s-22 及び S_s-31 の最大値

表 4-20 鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力

(a) 弾性設計用地震動 S_d

部位	検討用 鉛直震度	端部モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	中央モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	せん断力 (kN)
屋根スラブ	2.38	4.74	2.36	11.0

(b) 基準地震動 S_s

部位	検討用 鉛直震度	端部モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	中央モーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	せん断力 (kN)
屋根スラブ	3.61	7.18	3.57	16.8
母屋	3.61	—	276	144

(2) 屋根トラス

屋根トラスについて、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

a. 荷重ケース

S_d 地震時及び S_s 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組合せて求める。

G	: 固定荷重
SNL	: 積雪荷重 (地震時)
$Sd_{WE}^{※}$	: W→E 方向 S_d 地震荷重
$Sd_{SN}^{※}$	: S→N 方向 S_d 地震荷重
$Sd_{DU}^{※}$	: 鉛直方向 S_d 地震荷重
$Ss_{WE}^{※}$	: W→E 方向 S_s 地震荷重
$Ss_{SN}^{※}$	: S→N 方向 S_s 地震荷重
$Ss_{DU}^{※}$	: 鉛直方向 S_s 地震荷重

※：計算上の座標軸を基本として、EW方向はW→E方向加力、NS方向はS→N方向加力、鉛直方向は上向き加力を記載している。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-21に示す。

水平地震力と鉛直地震力は、加速度時刻歴波を同時入力することにより組合せる。ここで、地震荷重に極性をもたない S_s-D1 及び S_s-31 については、水平1方向と鉛直方向の正負を組合せた4ケースについて解析を行い、地震荷重が位相を含めて設定されている S_s-11 、 S_s-12 、 S_s-13 、 S_s-14 、 S_s-21 及び S_s-22 については、水平2方向及び鉛直地震力を組合せたケースについて解析を行う。

表 4-21 荷重の組合せケース（屋根トラス）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _d 地震時	1-1※ ¹	$G + SNL + S_{d_{WE}} + S_{d_{DU}}$
	1-2※ ¹	$G + SNL + S_{d_{WE}} - S_{d_{DU}}$
	1-3※ ¹	$G + SNL - S_{d_{WE}} + S_{d_{DU}}$
	1-4※ ¹	$G + SNL - S_{d_{WE}} - S_{d_{DU}}$
	1-5※ ¹	$G + SNL + S_{d_{SN}} + S_{d_{DU}}$
	1-6※ ¹	$G + SNL + S_{d_{SN}} - S_{d_{DU}}$
	1-7※ ¹	$G + SNL - S_{d_{SN}} + S_{d_{DU}}$
	1-8※ ¹	$G + SNL - S_{d_{SN}} - S_{d_{DU}}$
	2-1※ ²	$G + SNL + S_{d_{WE}} + S_{d_{SN}} + S_{d_{DU}}$
S _s 地震時	3-1※ ³	$G + SNL + S_{s_{WE}} + S_{s_{DU}}$
	3-2※ ³	$G + SNL + S_{s_{WE}} - S_{s_{DU}}$
	3-3※ ³	$G + SNL - S_{s_{WE}} + S_{s_{DU}}$
	3-4※ ³	$G + SNL - S_{s_{WE}} - S_{s_{DU}}$
	3-5※ ³	$G + SNL + S_{s_{SN}} + S_{s_{DU}}$
	3-6※ ³	$G + SNL + S_{s_{SN}} - S_{s_{DU}}$
	3-7※ ³	$G + SNL - S_{s_{SN}} + S_{s_{DU}}$
	3-8※ ³	$G + SNL - S_{s_{SN}} - S_{s_{DU}}$
	4-1※ ⁴	$G + SNL + S_{s_{WE}} + S_{s_{SN}} + S_{s_{DU}}$

※1：S_d-D1及びS_d-31による地震荷重に適用する。※2：S_d-11，S_d-12，S_d-13，S_d-14，S_d-21及びS_d-22による地震荷重に適用する。※3：S_s-D1及びS_s-31による地震荷重に適用する。※4：S_s-11，S_s-12，S_s-13，S_s-14，S_s-21及びS_s-22による地震荷重に適用する。

c. 荷重の入力方法

(a) 固定荷重及び積雪荷重

屋根面の固定荷重及び積雪荷重は面荷重として，外周梁の固定荷重は線荷重として，天井クレーンの重量は対応する節点に集中荷重として入力する。

(b) 地震荷重

地震荷重は，図 4-4～図 4-63 に示した加速度時刻歴波を 3 次元 F E M モデルの脚部に入力する。

4.5.2 断面の評価方法

(1) 屋根スラブ

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断応力度を算定し、各許容値を超えないことを確認する。

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、 S_d 地震時に対する評価については短期許容曲げモーメントを超えないことを、 S_s 地震時に対する評価については曲げ終局強度を超えないことを確認する。

短期許容曲げモーメント

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

曲げ終局強度

$$M_u = 0.9 a_t \cdot \sigma_y \cdot d$$

ここで、

M_u : 曲げ終局強度 (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

σ_y : 引張鉄筋の材料強度で表 4-11 に示す値の 1.1 倍とする。 (N/mm²)

d : 断面の有効せい (mm)

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で表 4-10 に示す値 (N/mm²)

(2) 母屋

曲げモーメント及びせん断力による応力度を算定し、各許容値を超えないことを確認する。また、仕口部が先行して破断しないことを確認する。

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる応力度が表 4-9 に示した鋼材の許容応力度に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限応力度を超えないことを確認する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで、

- σ_b : 曲げ応力度 (N/mm²)
 M : 曲げモーメント (N・mm)
 Z : 部材の断面係数 (mm³)

b. せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S 規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じるせん断応力度が表 4-9 に示した鋼材の許容応力度とした弾性限応力度を超えないことを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで、

- τ : せん断応力度 (N/mm²)
 Q : せん断力 (N)
 A_s : 部材のせん断断面積 (mm²)

c. 仕口部の評価方法

仕口部の評価は、「技術基準解説書」に基づき、評価対象部位の短期許容せん断力が次式をもとに計算したボルト、スプライスプレート及びウェブプレート
トの破断耐力を超えないことを確認する。

(部材の短期許容せん断力)

$$Q_A = A_s \cdot f_s$$

ここで,

A_s : 部材のせん断断面積 (mm^2)

f_s : 鋼材の短期許容せん断応力度で、表 4-9 に示す値 (N/mm^2)

(仕口部の破断強度)

$$Q_u = \min({}_b Q_u, {}_s Q_u, {}_w Q_u)$$

ただし,

$${}_b Q_u = 0.75 {}_b A \cdot {}_b \sigma_u$$

$${}_s Q_u = {}_s A_e \cdot {}_s \sigma_u / \sqrt{3}$$

$${}_w Q_u = {}_w A_e \cdot {}_w \sigma_u / \sqrt{3}$$

ここで,

${}_b A$: ボルトのせん断断面積 (mm^2)

${}_b \sigma_u$: ボルトの引張強さで、表 4-12 に示す値 (N/mm^2)

${}_s A_e$: スプライスプレートの有効断面積 (mm^2)

${}_s \sigma_u$: スプライスプレート鋼材の引張強さで、表 4-12 に示す値
(N/mm^2)

${}_w A_e$: ウェブプレートの有効断面積 (mm^2)

${}_w \sigma_u$: ウェブプレート鋼材の引張強さで、表 4-12 に示す値
(N/mm^2)

(3) 主トラス

断面の評価は、「S 規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントによる応力度が表 4-9 に示した鋼材の許容応力度に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限応力度を超えないことを確認する。

(圧縮)

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ただし、

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで、

N_c : 圧縮軸力 (N)

A : 部材の軸断面積 (mm^2)

M : 曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

Z : 部材の断面係数 (mm^3)

f_c : 鋼材の弾性限圧縮応力度 (N/mm^2)

f_b : 鋼材の弾性限曲げ応力度 (N/mm^2)

(引張)

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leq 1.0$$

ただし、

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで、

N_c : 引張軸力 (N)

A : 部材の軸断面積 (mm^2)

M : 曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

Z : 部材の断面係数 (mm^3)

f_t : 鋼材の弾性限引張応力度 (N/mm^2)

V-2-9-1-11 原子炉建屋大物搬入口の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用基準	2

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉建屋原子炉棟の区画を形成する原子炉建屋大物搬入口の内側扉が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

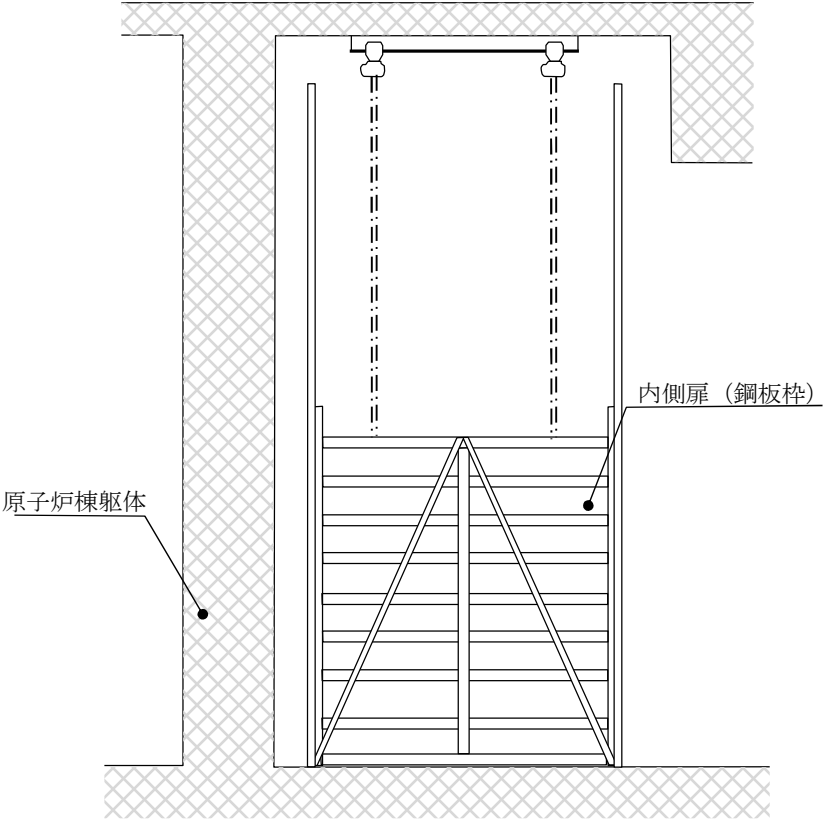
原子炉建屋大物搬入口の内側扉は、原子炉建屋原子炉棟の一部施設として扱うため、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉建屋大物搬入口の内側扉の構造計画を表2-1に示す。

表 2－1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉建屋大物搬入口の内側扉は原子炉建屋原子炉棟の躯体に設置されている。	内側扉（鋼板柵）	

2.2 評価方針

原子炉建屋大物搬入口の内側扉の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋大物搬入口の内側扉の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 構造強度評価」にて応力等が許容限界内に収まることを確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉建屋大物搬入口の内側扉の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

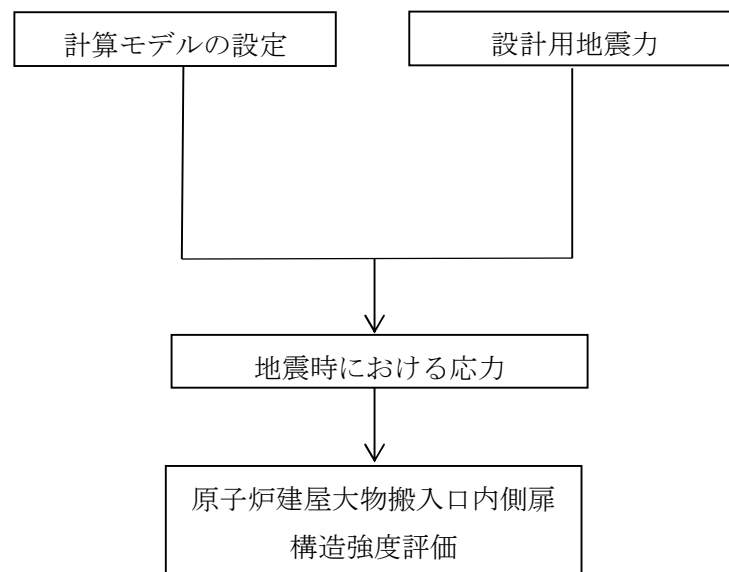


図 2-1 原子炉建屋大物搬入口の内側扉の耐震評価フロー

2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984，J E A G 4 6 0 1－1987 及び J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

V-2-9-1-12 原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用基準	2

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉建屋原子炉棟の区画を形成する原子炉建屋エアロックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

原子炉建屋エアロックは、原子炉建屋原子炉棟の一部施設として扱うため、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉建屋エアロックの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉建屋エアロックは片開扉であり，原子炉建屋原子炉棟の躯体に設置されている。カンヌキ部より扉枠に固定することで閉止している。	エアロック本体 ヒンジ カンヌキ	

2.2 評価方針

原子炉建屋エアロックの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋エアロックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 構造強度評価」にて応力等が許容限界内に収まることを確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉建屋エアロックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

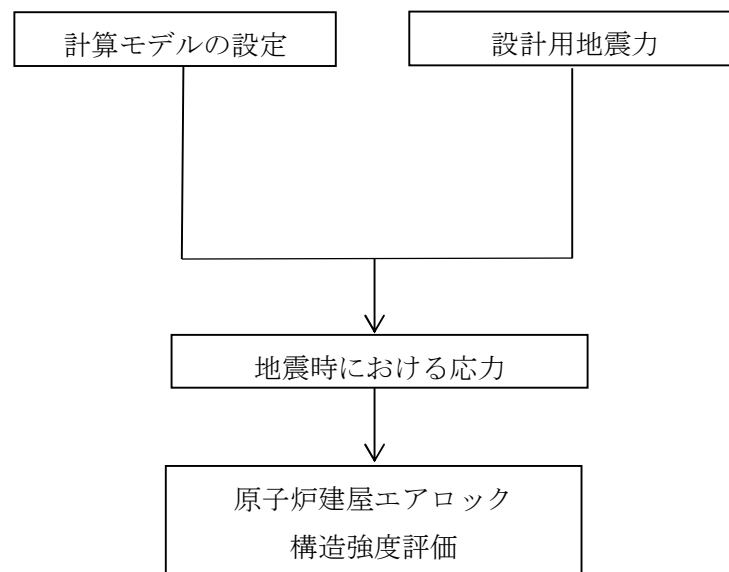


図 2-1 原子炉建屋エアロックの耐震評価フロー

2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

V-2-9-1-13 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	10
3. 地震応答解析による評価方法	11
4. 応力解析による評価方法	12
4.1 評価対象部位及び評価方針	12
4.2 荷重及び荷重の組合せ	14
4.3 許容限界	16
4.4 解析モデル及び諸元	18
4.5 評価方法	20

1. 概要

原子炉建屋基礎盤は、原子炉格納容器底部に該当する部分（以下「原子炉格納容器底部コンクリートマット」という。）並びに、二次格納施設にあたる原子炉建屋原子炉棟のうち、原子炉格納容器底部コンクリートマット以外の基礎（以下「原子炉棟基礎」という。）及び原子炉建屋付属棟の基礎（以下「付属棟基礎」という。）で構成される。

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋基礎盤のうち、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。なお、原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価については、資料V-2-9-1-1-1「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」にて実施する。

原子炉棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

付属棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

原子炉建屋基礎盤を含む原子炉建屋の位置を
図 2-1 に示す。

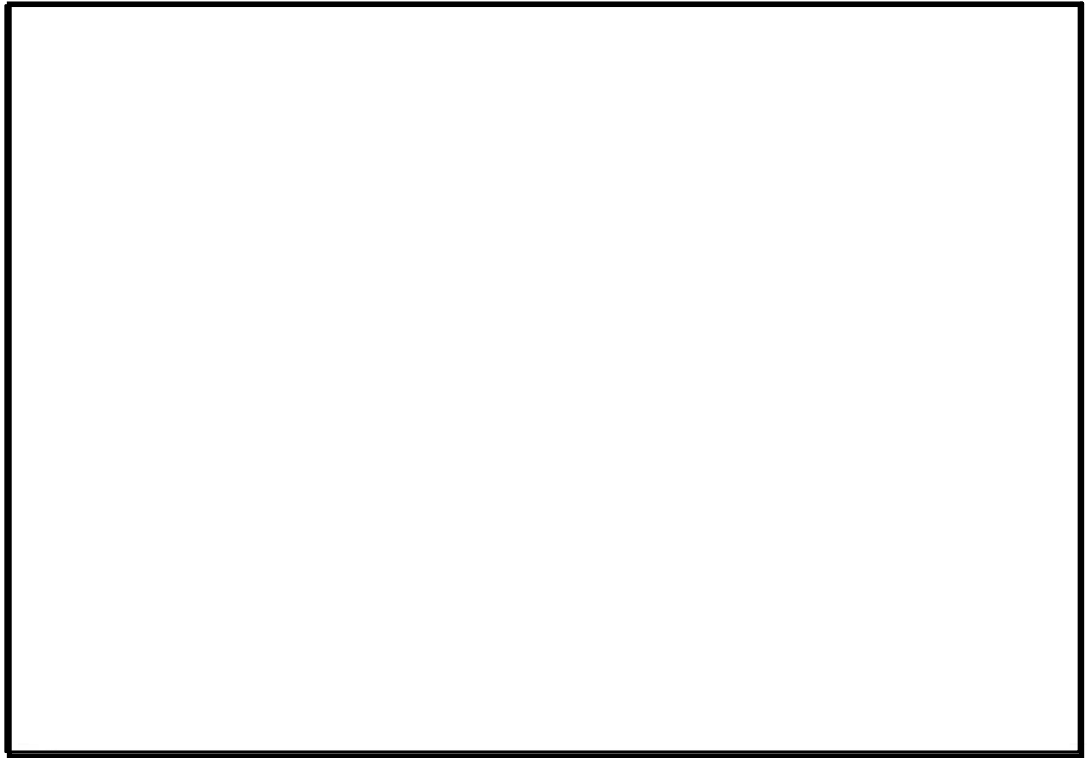


図 2-1 原子炉建屋基礎盤を含む原子炉建屋の設置位置図

2.2 構造概要

原子炉棟基礎及び附属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤は、その上部構造である原子炉本体の基礎（以下「RPV 基礎」という。）、原子炉格納容器（以下「PCV」という。）、その周囲の 1 次遮蔽壁（以下「シェル壁（S/W）」という。）、原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁（I/W）」という。）及び附属棟の外壁（以下「外部ボックス壁（O/W）」という。）を支持する鉄筋コンクリート造の基礎スラブであり、原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに、原子炉棟基礎及び附属棟基礎で構成される。

原子炉棟基礎は、原子炉格納容器底部の圧力バウンダリを構成する原子炉格納容器底部コンクリートマットと一体となっている。その平面規模は、南北方向 45.5 m、東西方向 42.5 m、厚さは 5.0 m で、支持地盤である砂質泥岩上に人工岩盤を介して設置されている。また、この基礎は附属棟基礎と一体となっており、附属棟基礎を含む平面規模は、南北方向 68.5 m、東西方向 68.25 m となっている。

原子炉棟基礎及び附属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

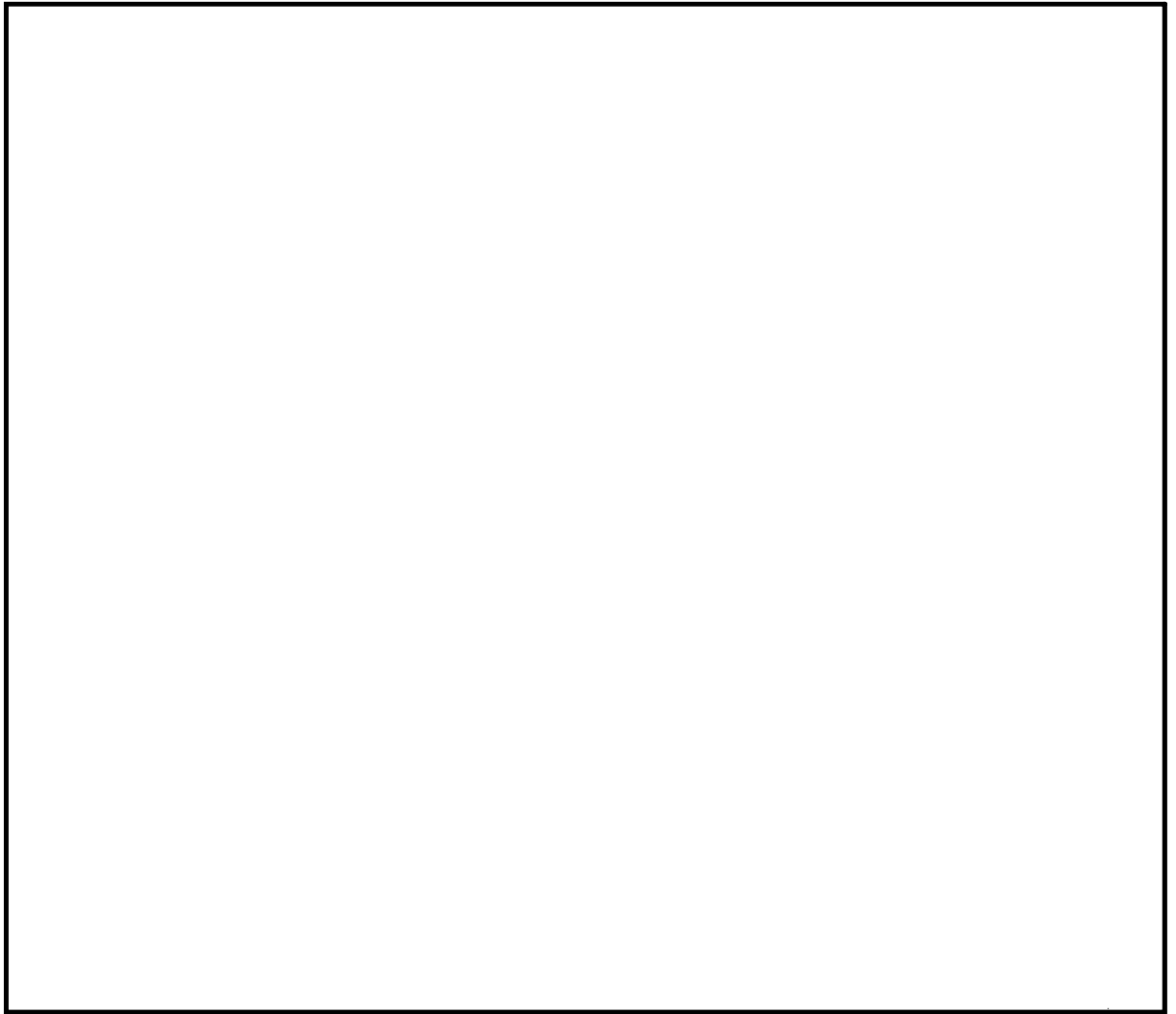


図 2-2 原子炉建屋基礎盤の概略平面図 (EL. -4.0 m)

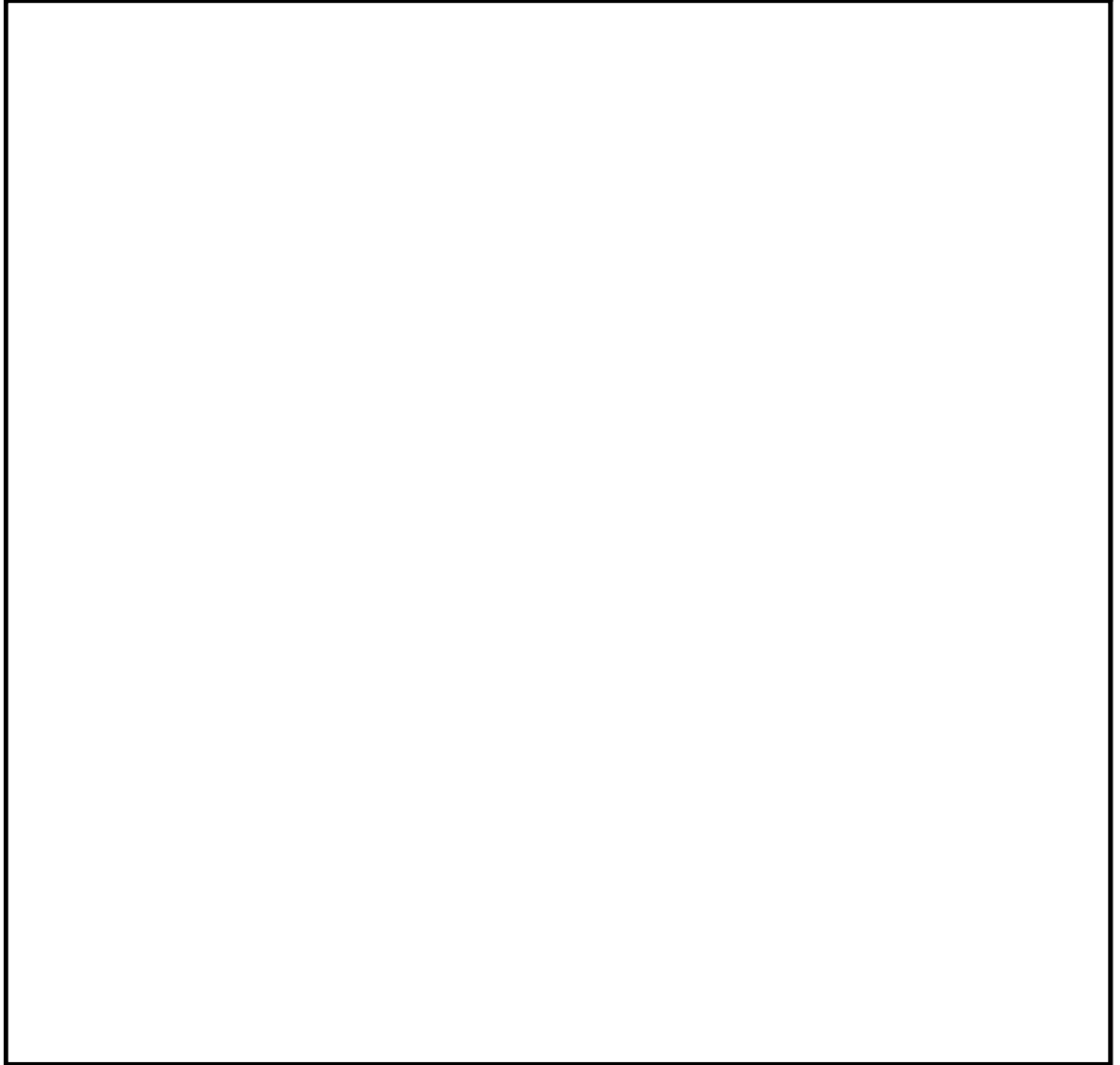


図 2-3 (1/2) 原子炉棟基礎及び附属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤
概略断面図 (A-A 断面)

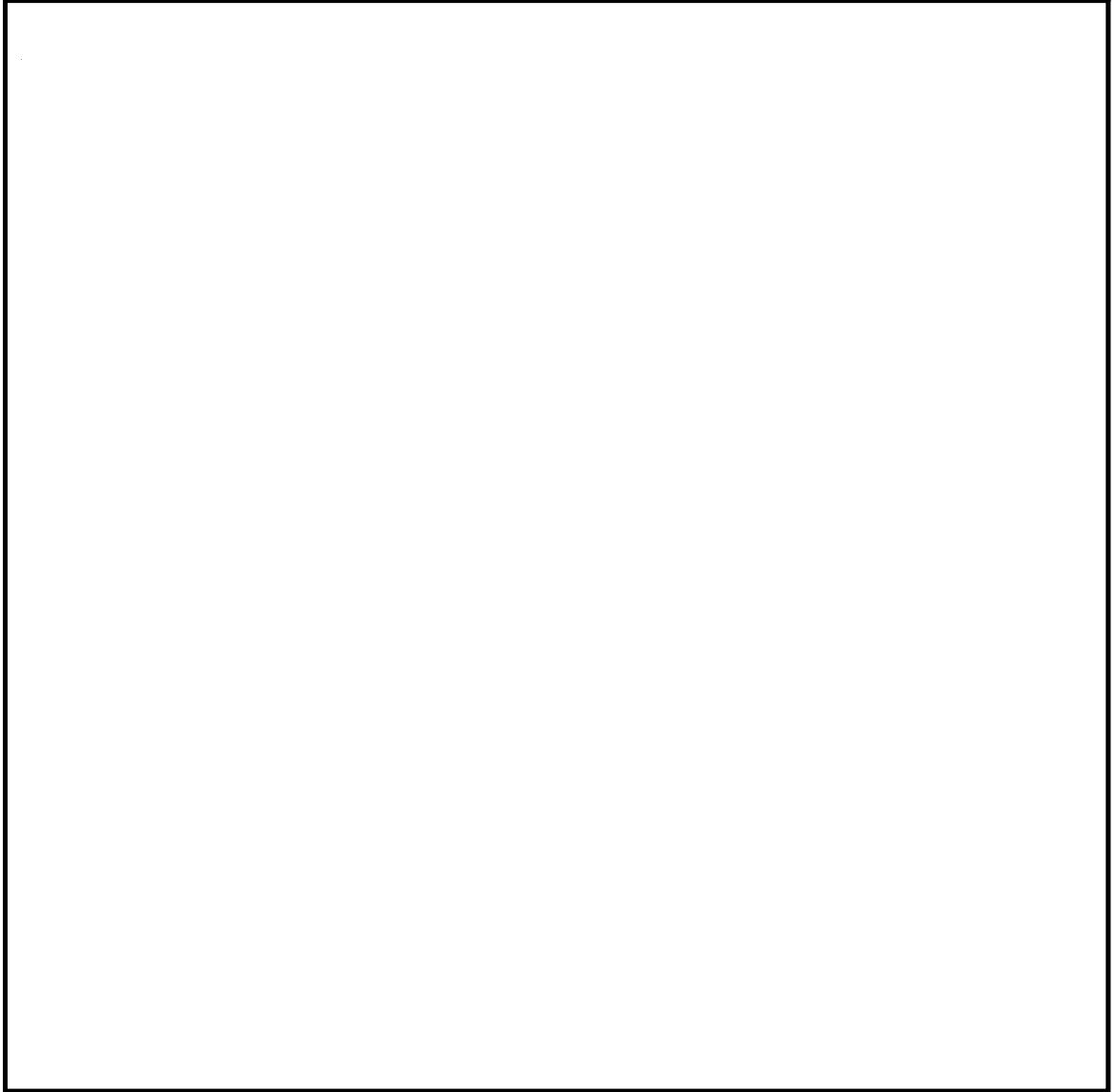


図 2-3 (2/2) 原子炉棟基礎及び附属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤
概略断面図 (B-B 断面)

2.3 評価方針

原子炉棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

付属棟基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

原子炉棟基礎の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 S_d 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととし、それぞれの評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。ただし、通常荷重、運転時荷重及び事故時荷重が工事計画認可申請書（47 公第 12076 号 昭和 48 年 4 月 9 日認可）（以下「既工事計画」という。）と同一であること、また、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 S_d による地震力及び静的地震力がいずれも既工事計画の地震荷重よりも小さいことから、新たな S_d 地震時に対する評価は行わない。

また、付属棟基礎の設計基準対象施設としての評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行うこととし、その評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

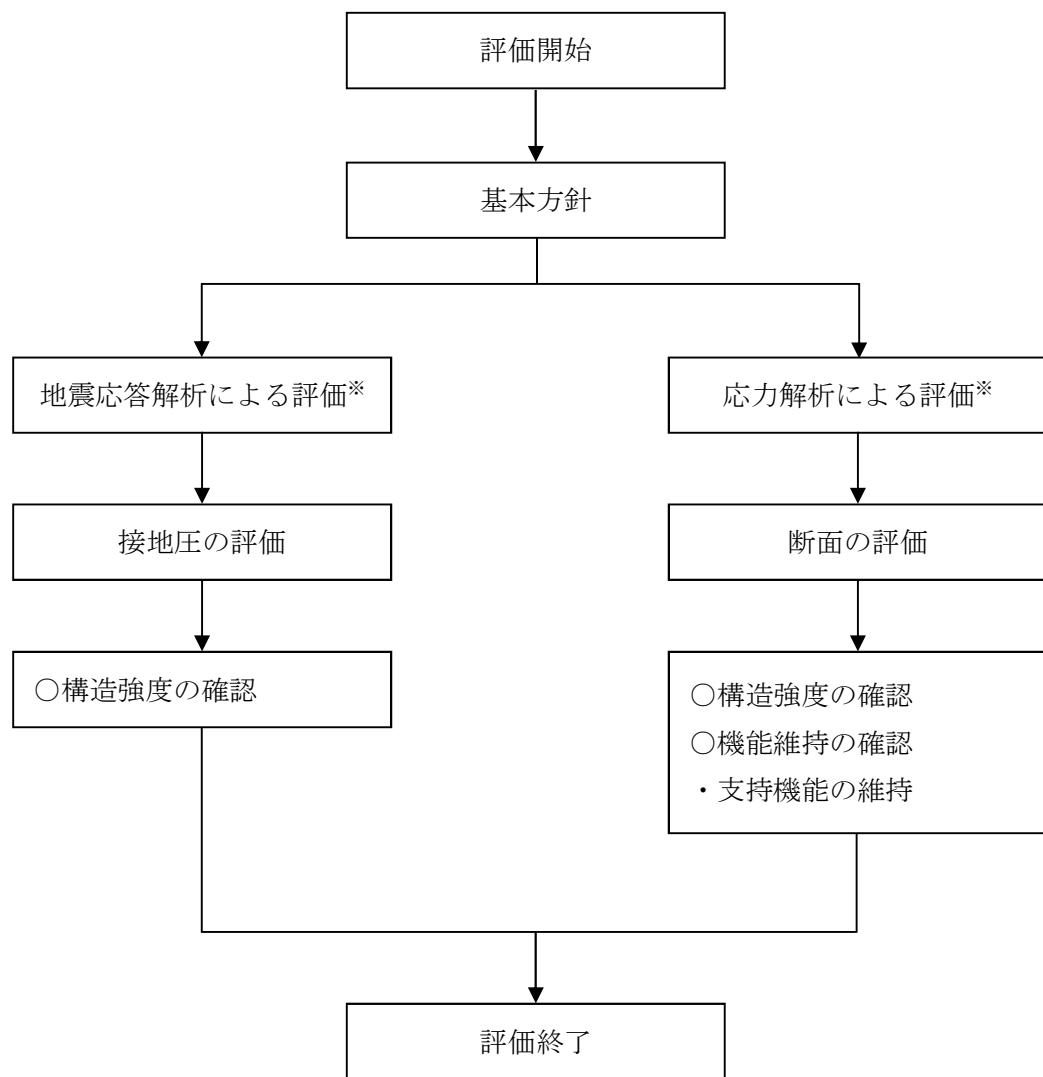
原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による地盤物性のばらつきを考慮する。なお、接地圧の評価においては、原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含めた原子炉建屋基礎盤に対する評価を実施する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行うこととする。ここで、原子炉棟基礎及び付属棟基礎では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

更に、原子炉格納容器底部コンクリートマットは設計基準対象施設においては「Sクラス施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類され、それぞれの分類に応じた耐震評価を実施している。原子炉棟基礎及び付属棟基礎について、原子炉棟基礎が原子炉格納容器底部コンクリートマットに接続し、付属棟基礎が原子炉棟基礎に接続していることから、原子炉格納容器底部コンクリートマットのそれぞれの分類に応じた耐震評価における荷重の組合せに対しても間接支持構造物としての機能を有していることを確認する。なお、原子炉格納容器底部コンクリートマットは、資料V-2-9-1-1-1「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計算書」に示すとおり、荷重状態Ⅳ及び荷重状態Ⅴに対する評価を実施しているが、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の機能維持の許容限界が終局耐力であることを踏まえ、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の機能維持に対して支配的とな

るS₃地震時に対する評価を行うとすることから、本評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

原子炉棟基礎及び附属棟基礎の評価フローを図2-4に示す。



※：資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 原子炉棟基礎及び附属棟基礎の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999）
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005）
（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1・補－1984（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所・日本建築行政会議，2015）
（以下「技術基準解説書」という。）

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、原子炉棟基礎及び付属棟基礎の構造強度については、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果に基づき、最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉棟基礎及び付属棟基礎の許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度 5360 kN/m^2

表3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度 5360 kN/m^2

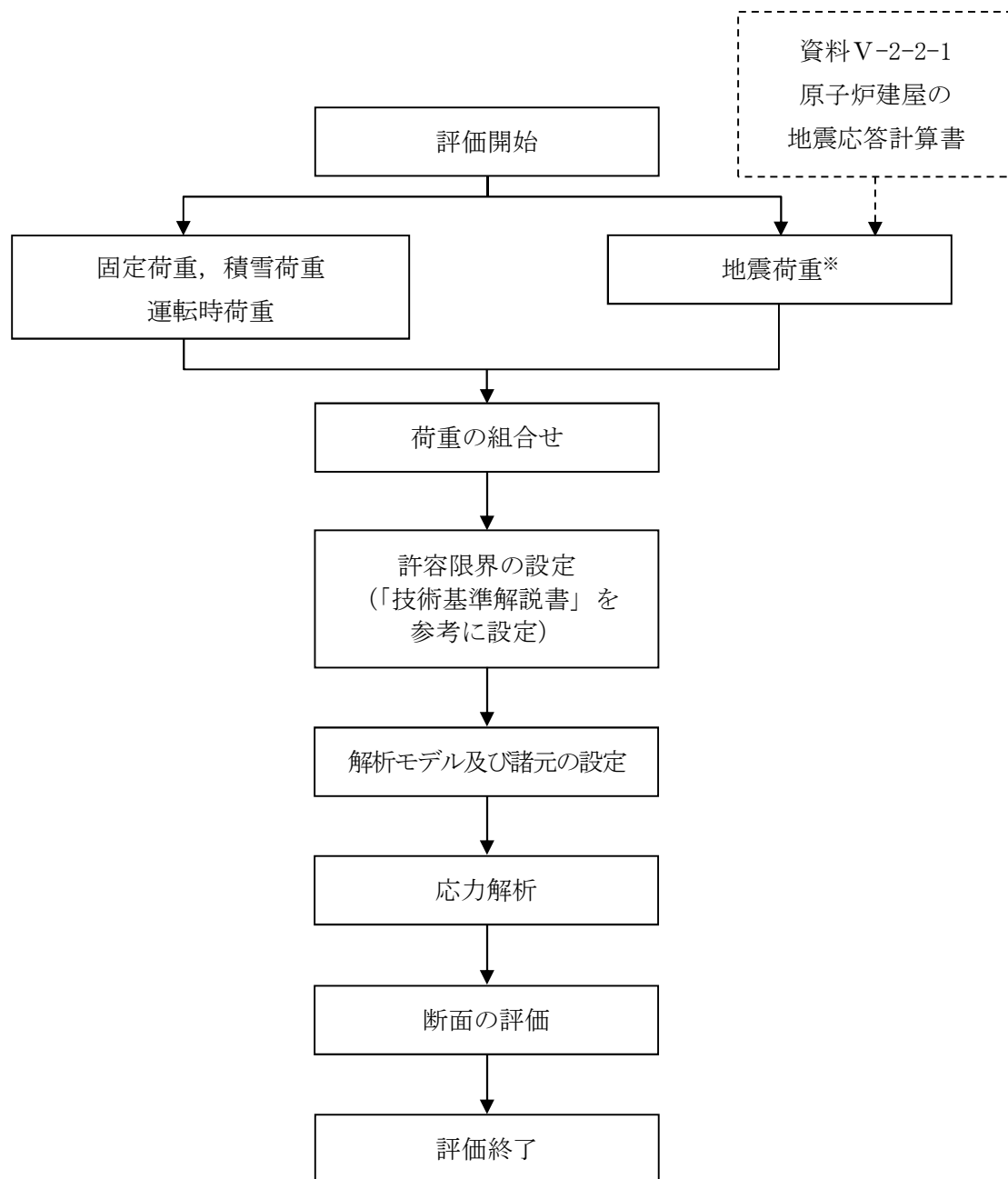
4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の応力解析による評価対象部位は基礎スラブとし、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析により評価を行う。3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析にあたっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4-1に示す。

S₃地震時に対する評価は、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「技術基準解説書」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行うこととする。



※：ばらつきについては，資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき設定する。

図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (D)

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の基礎スラブに作用する固定荷重(積載荷重を含む)は、表4-1の通り設定する。

表4-1 固定荷重 (D)

部 位	固定荷重 (kN)
O/W	397800
I/W	392300
S/W	309900
PCV	20900
RPV 基礎	66457
基礎版上	149863
基礎自重	561020

(2) 運転時荷重 (P_1, H_1)

原子炉格納容器底部コンクリートマットの底部において、運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。

a. 運転時圧力 (P_1)

運転時圧力による荷重は次のとおりである。

- ・ 2741 kN (圧力 5.2 kPa)

b. 運転時水圧荷重 (H_1)

運転時の静水圧による荷重は次のとおりである。

- ・ 34700 kN

(3) 地震荷重 (K_s)

水平地震力及び鉛直地震力は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

(4) 積雪荷重 (S)

積雪荷重 (S) は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せ及び資料V-2-2-11「原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」に基づき表4-2のように設定する。なお、本資料において「3.3 許容限界」以降で積雪荷重は、活荷重に含めて評価する。

表 4-2 積雪荷重

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
S_s 地震時	210 N/m ²

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S_s 地震時	$DL + SNL_{\text{地震時}} + P_1 + H_1 + K_s$

DL : 固定荷重 (積載荷重を含む)

$SNL_{\text{地震時}}$: 積雪荷重

P_1 : 運転時圧力※

H_1 : 運転時水圧荷重※

K_s : S_s 地震荷重

※ : 原子炉格納容器底部コンクリートマットに作用

4.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉棟基礎及び付属棟基礎の基礎スラブの許容限界は、資料 V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 4-4 及び表 4-5 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

表 4-4 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「技術基準解説書」における終局耐力
支持機能※	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	基礎スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「技術基準解説書」における終局耐力

※：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-5 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「技術基準解説書」における終局耐力
支持機能※	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	基礎スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「技術基準解説書」における終局耐力

※：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-6 コンクリートの許容応力度

外力の状態	F_c (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
S_s 地震時	22.1	14.7	1.06

表 4-7 鉄筋の許容応力度

外力の状態	引張及び圧縮 (N/mm^2)	面外せん断補強 (N/mm^2)
	SD345※	SD345※
S_s 地震時	345	345

※：建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、付録15「計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

基礎スラブについては、EL. -9.0 m～EL. -4.0 mをモデル化する。上部構造については、EL. -4.0 m～EL. 14.0 mをモデル化し、剛性を考慮する。人工岩盤については、EL. -17.0 m～EL. -9.0 mをモデル化する。解析モデルを図4-2に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、基礎スラブについてはシェル要素、人工岩盤についてはソリッド要素とする。また、基礎スラブより立ち上がっている耐震壁については、梁要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は5844、要素数は5078である。

(3) 境界条件

支持地盤として、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを人工岩盤の下端に設ける。3次元FEMモデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。なお、基礎版と人工岩盤の境界部にはギャップ要素を設け、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表4-8に示す。

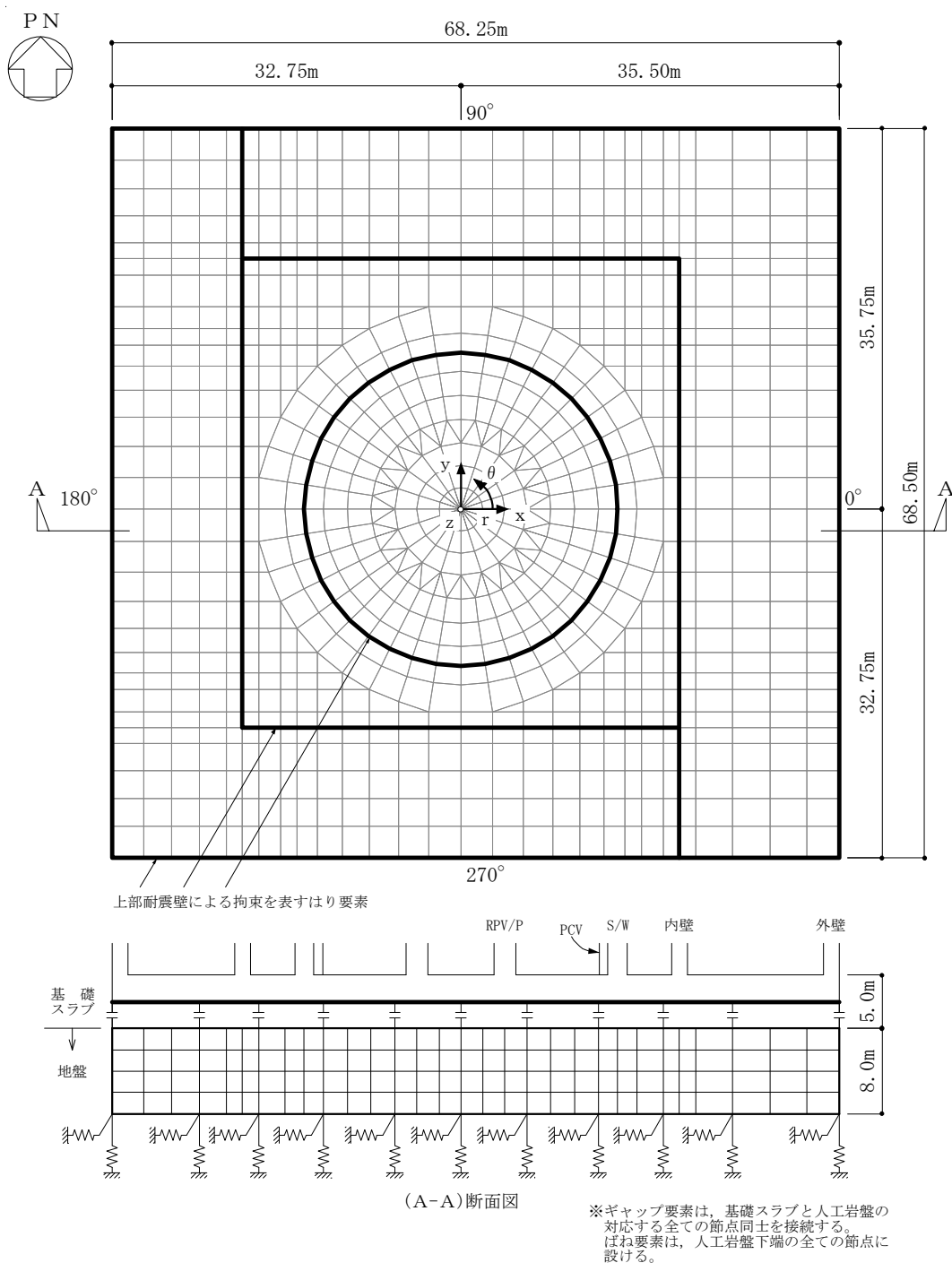


図 4-2 解析モデル

表 4-8 使用材料の物性値

部 位	コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
基礎版	22.1	2.21×10^4	0.2
人工岩盤	13.7	1.88×10^4	0.2

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

原子炉建屋基礎盤について、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

S_s 荷重時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

DP : 固定荷重＋積載荷重＋積雪荷重

P_1 : 運転時圧力※¹

H_1 : 運転時水圧荷重※¹

$K_{SWE}^{※2}$: W→E 方向 S_s 地震荷重

$K_{SSN}^{※2}$: S→N 方向 S_s 地震荷重

$K_{SDU}^{※2}$: 鉛直方向 S_s 地震荷重

※¹: 原子炉格納容器底部コンクリートマットに作用

※²: 加力方向による絶対値の差異はないため、計算上の座標軸を基本として、EW 方向は W→E 方向加力、NS 方向は S→N 方向加力、鉛直方向は上向き加力を記載している。

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-9 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1-2008 ((社) 日本電気協会, 2008 年)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。

表 4-9 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _s 地震時	1-1	$DP + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
	1-2	$DP + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
	1-3	$DP + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
	1-4	$DP + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
	1-5	$DP + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	1-6	$DP + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	1-7	$DP + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	1-8	$DP + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	1-9	$DP + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
	1-10	$DP + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
	1-11	$DP + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
	1-12	$DP + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
	1-13	$DP + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	1-14	$DP + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
	1-15	$DP + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	1-16	$DP + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$

(3) 荷重の入力方法

a. 固定荷重，積載荷重，積雪荷重及び運転時荷重

固定荷重，積載荷重，積雪荷重及び運転時荷重は，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

b. 地震荷重

上部構造物である RPV 基礎，PCV 及び各耐震壁からの地震時反力を考慮する。

水平地震力は，上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントとし，せん断力は水平力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力し，曲げモーメントは鉛直力に置換しモデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

鉛直地震力は，上部構造物からの軸力とし，鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

また，基礎スラブ内に作用する荷重については，地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し，節点力として入力する。

なお，基準地震動 S_s による地震力については， S_s-D1 による地震力 S_s^*-1 ， $S_s-11 \sim S_s-22$ の 6 波による地震力を包絡した地震力 S_s^*-2 及び S_s-31 による地震力 S_s^*-3 の 3 つの地震力を設定する。

水平方向の地震荷重を表 4-10 に，鉛直方向の地震荷重を表 4-11 に示す。

表 4-10 (1/2) 水平方向の地震荷重 (NS 方向)

部 位	せん断力 (kN)		
	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	164000	170000	207000
O/W (西側)	162000	164000	208000
I/W (東側)	105000	105000	137000
I/W (西側)	103000	104000	134000
S/W	168000	167000	219000
PCV	39800	39800	39800
RPV 基礎	33300	33300	33300
基礎版	208900	115900	141900

部 位	曲げモーメント (kN・m)		
	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	3620000	3720000	4160000
O/W (西側)	3940000	4120000	4620000
I/W (東側)	5400000	6060000	6070000
I/W (西側)	5270000	5930000	5920000
S/W	5600000	6120000	6540000
PCV	849000	849000	849000
RPV 基礎	570000	570000	570000
基礎版	2551000	1231000	4571000

表 4-10 (2/2) 水平方向の地震荷重 (EW 方向)

部 位	せん断力 (kN)		
	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	168000	139000	213000
O/W (南側)	170000	137000	213000
I/W (北側)	104000	83000	134000
I/W (南側)	98500	78300	126000
S/W	170000	135000	218000
PCV	39800	39800	39800
RPV 基礎	33300	33300	33300
基礎版	198400	104600	132900

部 位	曲げモーメント (kN・m)		
	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	5420000	4780000	6160000
O/W (南側)	2400000	1950000	2810000
I/W (北側)	5230000	4910000	5740000
I/W (南側)	5490000	5140000	6040000
S/W	5820000	5170000	6720000
PCV	849000	849000	849000
RPV 基礎	570000	570000	570000
基礎版	2321000	31000	4411000

表 4-11 鉛直方向の地震荷重

部 位	軸 力 (kN)		
	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W	202878	250614	93881
I/W	200073	247149	92583
S/W	158049	195237	73136
PCV	7550	7550	7550
RPV 基礎	62900	62900	62900
基礎版	262550	326550	58950

4.5.2 断面の評価方法

原子炉棟基礎及び付属棟基礎の基礎スラブについて、軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認する。

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

断面の評価は、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、次式に示す「技術基準解説書」に基づいて求めた柱の曲げ終局強度を超えないことを確認する。

$$M_U = (0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.12b \cdot D^2 \cdot F_c) \left(\frac{N_{\max} - N}{N_{\max} - 0.4b \cdot D \cdot F_c} \right) \quad 0.4b \cdot D \cdot F_c < N \leq N_{\max} \text{ のとき}$$

$$M_U = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F_c} \right) \quad 0 \leq N \leq 0.4b \cdot D \cdot F_c \text{ のとき}$$

$$M_U = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.4N \cdot D \quad N_{\min} \leq N < 0 \text{ のとき}$$

ここで、

M_U : 曲げ終局強度 (N・m)

$N_{\max}$: 中心圧縮時終局強度であり、次の計算式により計算した値 (N)

$$N_{\max} = b \cdot D \cdot F_c + a_g \cdot \sigma_y$$

$N_{\min}$: 中心引張時終局強度であり、次の計算式により計算した値 (N)

$$N_{\min} = -a_g \cdot \sigma_y$$

N : 柱軸方向力であり、圧縮を正とする。(N)

a_t : 引張主筋断面積 (mm²)

a_g : 柱主筋全断面積 (mm²)

b : 柱断面幅 (mm)

D : 柱断面せい (mm)

σ_y : 鉄筋の引張に対する材料強度であり、表 4-7 に示す値の 1.1 倍を用いる。
(N/mm²)

F_c : コンクリートの圧縮に対する材料強度 (N/mm²)

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」の機能保持検討に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力度が、次式に示す「技術基準解説書」に基づいて求めた梁のせん断終局強度を超えないことを確認する。

$$Q_{SU} = \left\{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy}} \right\} b \cdot j$$

ここで、

Q_{SU} : せん断終局強度 (N)

p_t : 引張鉄筋比 (%)

F_c : コンクリートの圧縮に対する材料強度 (N/mm²)

M/Q : 強度算定断面におけるモーメント M とせん断力 Q の比
(ただし、 $1 \leq M/(Q \cdot d) \leq 3$)

d : 断面の有効せい (mm)

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、次の計算式により計算した値

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)

σ_{wy} : 面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり、表 4-7 に示す値
(N/mm²)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

V-2-9-2 圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

V-2-9-2-1 原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書

V-2-9-2-1-1 ダイアフラム・フロアの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
1.1 基本方針	1
2. 形状及び主要寸法	2
3. 設計条件	3
3.1 設計荷重	3
3.2 荷重の組合せ	4
4. 応力評価	5

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という）第5条、第17条、並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則の解釈」に基づき、ダイヤフラム・フロアが設計上定める条件において要求される強度確保していることを説明するものである。

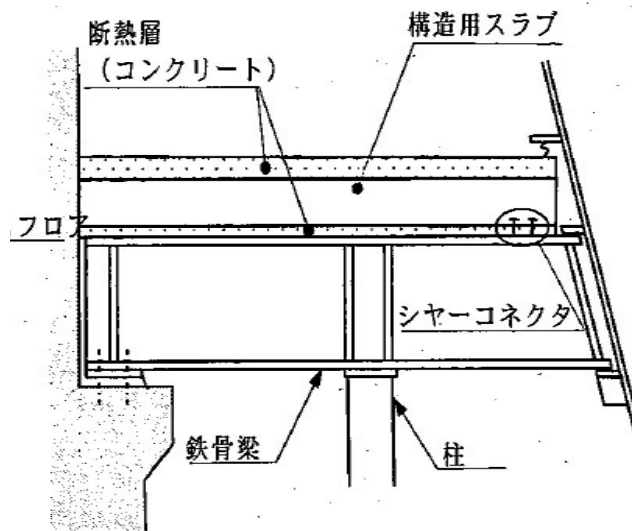
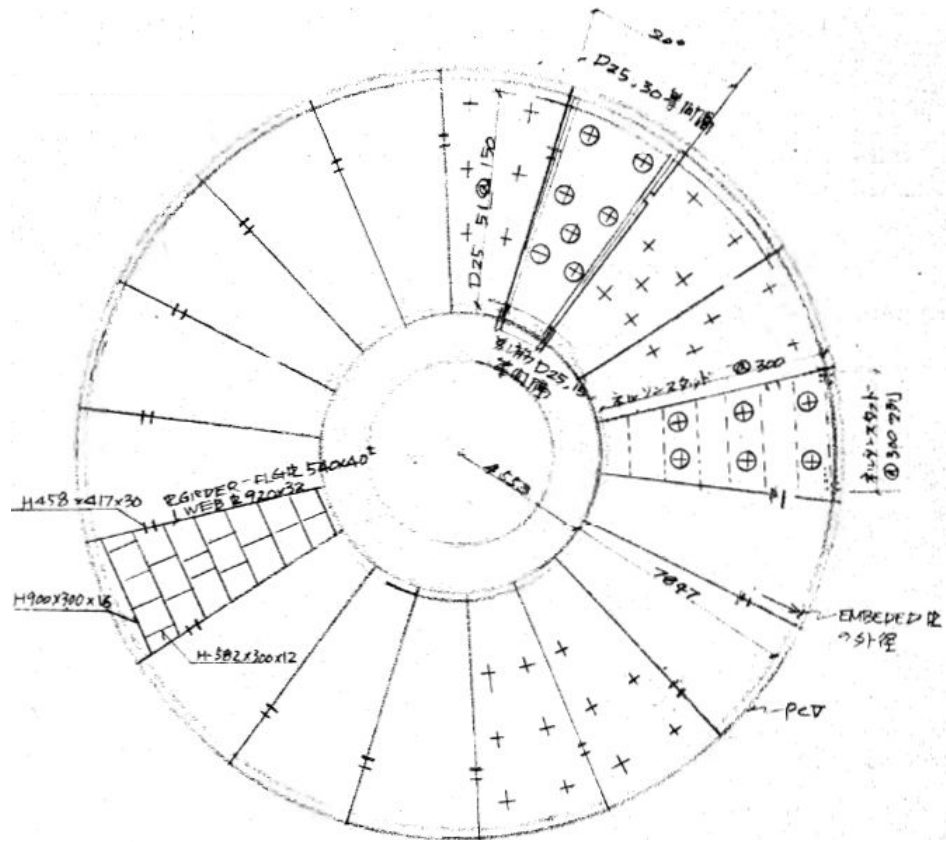
なお、技術基準規則第17条において、設計基準対象施設に関しては、技術基準規則の要求に変更がないため、今回の申請において変更は行わない。

1.1 基本方針

ダイヤフラム・フロアの応力評価は、発電用原子力設備規格（コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E 1 -2003）（日本機械学会 2003年12月）（以下「C C V規格」という。）、鋼構造設計規準（日本建築学会 2005年改定）、各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年改定）を適用して評価する。

2. 形状及び基本寸法

構造概要を図2-1に示す。



ダイヤフラム詳細図

図 2-1 構造概要図 (単位: mm)

3. 設計条件

3.1 設計荷重

設計基準対象施設の評価に用いる設計荷重を以下に示す。

表3-1 設計荷重

荷 重				鉄筋コンクリートスラブに 作用する荷重	直接鉄骨大ばりに 作用する荷重	コラムポートに 作用する荷重
D	D L	死荷重		V：スラブ用 V：鉄骨はり用	V:最大	V:
O	P ₁	通常運転時	圧力	V:	—	—
	T ₁		温度	上下面温度差	—	—
	H ₁	逃がし安全弁作動時 空気泡圧力による荷重		R: /ベント管 1 本	—	—
L	P ₂	地震と組合せる異常時 圧力		V: 10 ⁻¹ 年後	—	—
	T ₂	地震と組合せる異常時 温度		10 ⁻¹ 年後上下面温度差	—	—
Sd	K ₁	弾性設計用地震動 S _d に より定まる地震力又は 静的地震力		H: V:鉛直震度	R ₁ :最大±	—
Ss	K ₂	基準地震動 S _s により定 まる地震力		H: V:鉛直震度	R ₂ :最大±	—

注1：Vは鉛直方向を示す。（下向きを正とする。）

注2：Hは水平方向を示す。

表3-2 構造用鋼材の許容応力度

(単位：N/mm²)

	材 料	板厚	F 値	許 容 応 力 度
構造用鋼材		40 ≥	235	左記Fの値より求める。
		40 <	215	

3.2 荷重の組合せ

設計基準対象施設の評価に用いる（荷重状態Ⅲ，Ⅳ）の荷重組合せを表3-3に示す。

表3-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷 重 時 名 称	地震荷重	荷重番号	荷 重 の 組 合 せ
Ⅲ	地 震 時	S _d	3	D L + P ₁ + T ₁ + H ₁ + R ₁ + K ₁
Ⅳ	地 震 時	S _s	5	D L + P ₁ + T ₂ + H ₁ + R ₂ + K ₂
	（異常* + 地震）時	S _d *	7	D L + P ₂ + T ₂ + R ₁ + K ₁

注1：異常時の圧力と温度と配管荷重については時間のずれを考慮する。

注記 *：地震荷重と組み合わせる場合は，異常発生直後を除くその後の状態の荷重と組み合わせる。

4. 応力評価

ダイヤフラム・フロアは鉛直方向を原子炉本体の基礎と柱によって支持され、水平方向はシアラグによって支持されている軸対称形の構造をしている。解析では、鉄筋コンクリートスラブ、鉄骨の大梁、小梁、柱を含む 360° 全体をモデル化した。非対称形の荷重に対応できるように 3 次元的にモデル化し有限要素法による弾性解析を行っている。

鉄筋コンクリートは、有限要素分割は四辺形及び三角形を用いることで板の曲げと膜力を同時に考慮している。また、鉄骨の大梁、小梁、柱ははり要素を用いて、軸力、曲げ、せん断力を同時に評価できるようにしている。

解析モデル概要図を図 4-1 に示す。

なお、解析は、計算機コード「N A S T R A N」を使用して計算する。

解析に用いる材料の物性値は次のとおりとする。

コンクリートのヤング係数	$E = 2.43 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
コンクリートのポアソン比	$\nu = 0.167$
コンクリートの線膨張係数	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
鉄筋コンクリートの単位体積質量	$\gamma_s = 24 \text{ kN/m}^3$
鉄骨のヤング係数	$E = 2.06 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$
鉄骨のポアソン比	$\nu = 0.3$
鉄骨の線膨張係数	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
鉄骨の単位体積質量	$\gamma_s = 77 \text{ kN/m}^3$

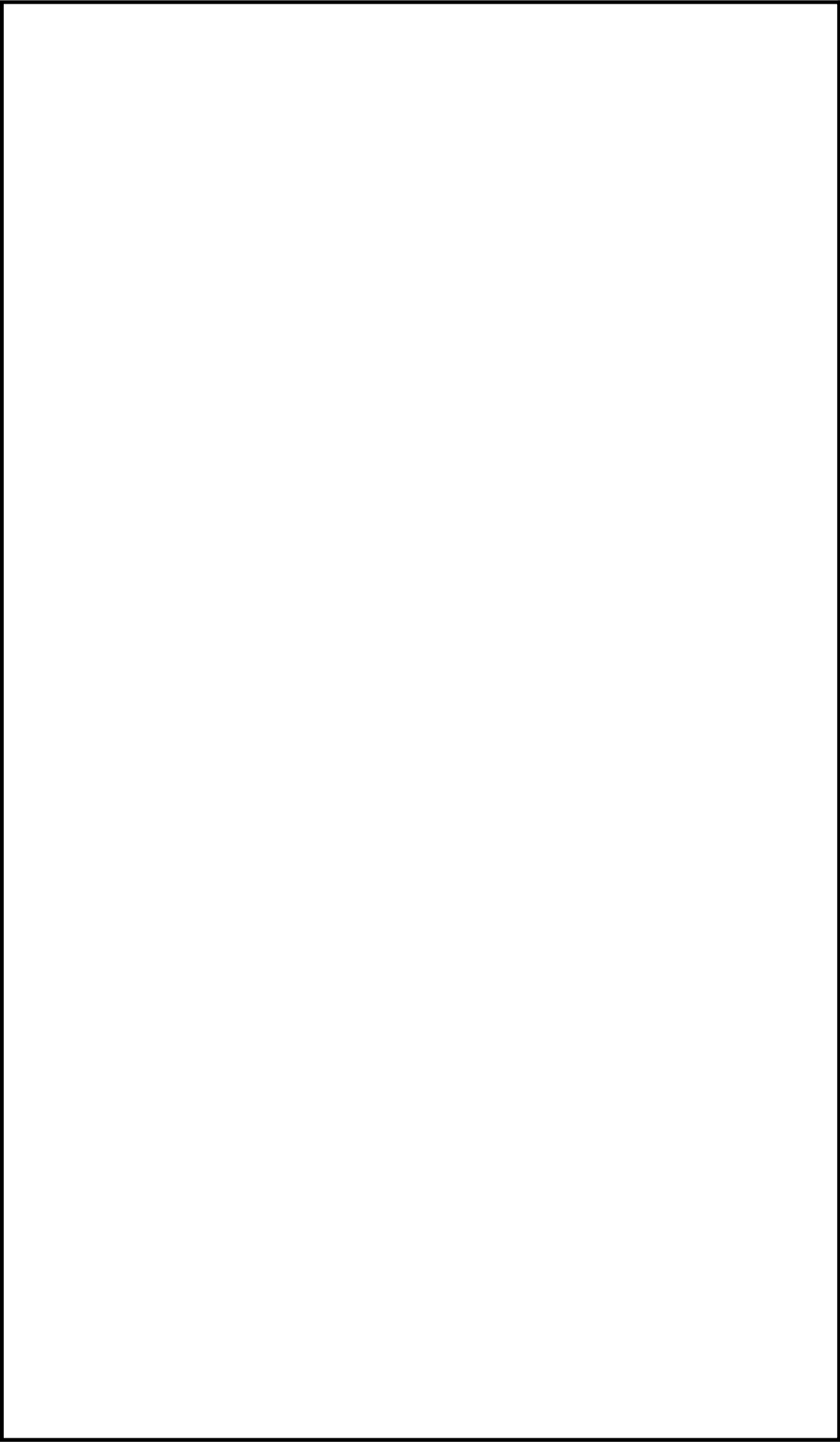


図 4－1 解析モデル概要図

V-2-9-2-1-2 ベント管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 設計荷重	5
4.2 材料及び許容応力	9
5. 応力計算	11
5.1 応力評価点	11
5.2 計算方針	12
6. 評価結果	13
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	13
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	16

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ベント管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価はベント管の地震応答解析、応力評価により行う。

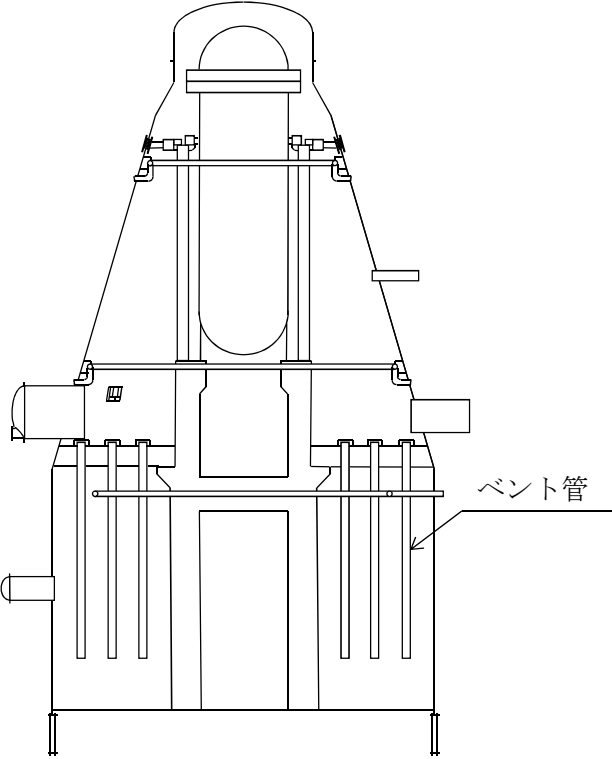
ベント管は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・ダイヤフラムフロアに固定され, 下部には水平ブレースを設け, 水平地震力をペDESTALにも伝える。	・ベント管は外径 [] 板厚 [] 長さ [] の管でできている。 ・ベント管は通常時, 下部 [] が, 水中に入っている。 ・上部にジェットデフレクタが設けられており, 原子炉系の配管の破断時の防護をする。	

2.2 評価方針

- (1) ベント管の応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 10 月 22 日付け 48 公第 8316 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある三次元ビームモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードはN A S T R A Nを用いる。なお、評価に用いる解析コードN A S T R A N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. 形状及び主要寸法

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

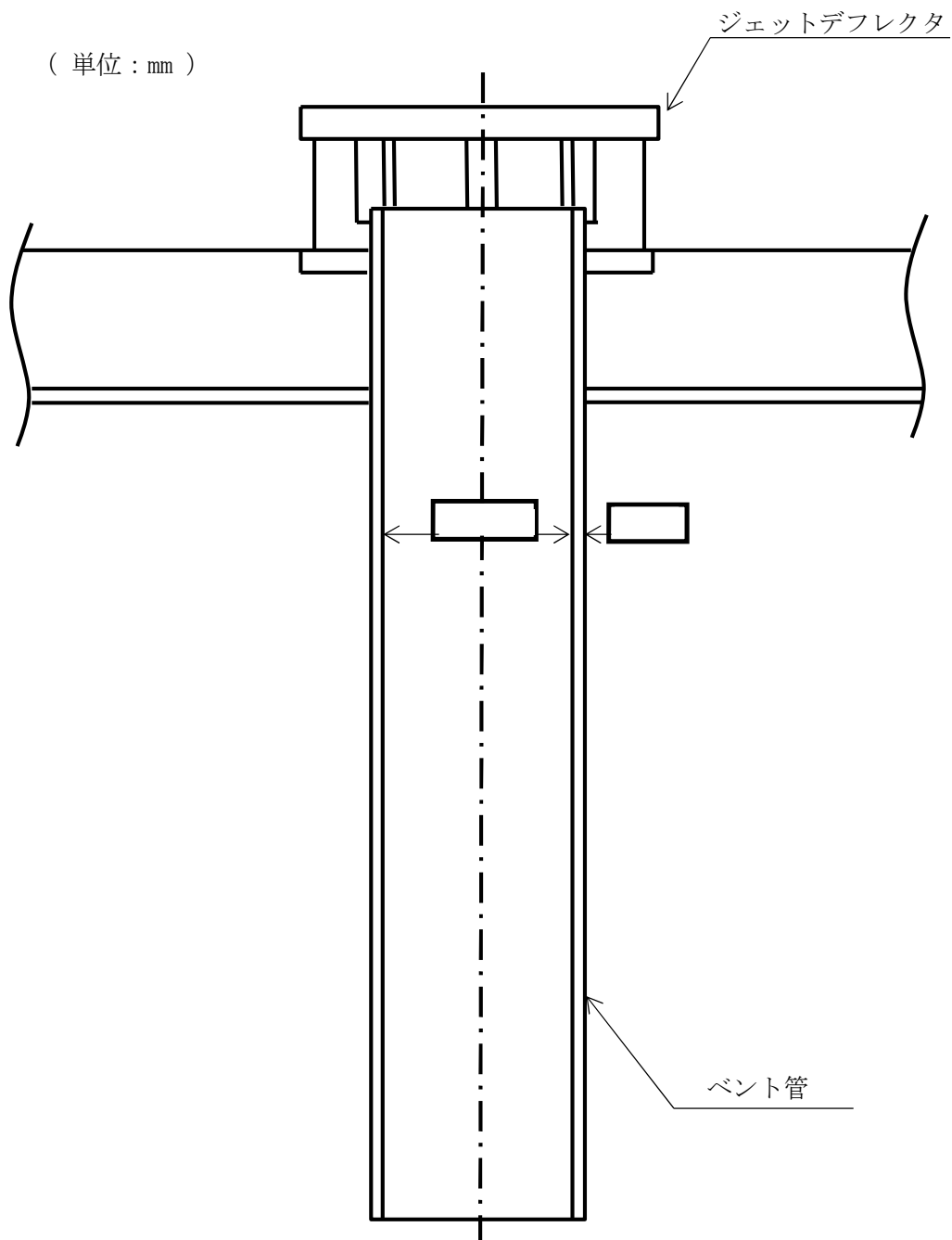


図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

- (1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

内圧 P_D 173 kPa

温度 T_D 171 °C

- (2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SA(L)}$ 173 kPa (S A後長期)

内圧 $P_{SA(LL)}$ 173 kPa (S A後長々期)

温度 $T_{SA(L)}$ 171 °C (S A後長期)

温度 $T_{SA(LL)}$ 150 °C (S A後長々期)

- (3) 自重

ベント管 (ブレーシング含む)

- (4) 地震荷重

ベント管の設計震度について、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。表 4-1 及び表 4-2 に示す設計震度によりベント管に加わる荷重を解析コード NASTRAN を使用して計算する。計算モデルを図 4-1 に示す。

表 4-1 設計震度（設計用床応答曲線）（設計基準対象施設）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S _d	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 2. 189, EL. 8. 395 及び EL. 13. 198	水平	0. 5	
S _s	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 2. 189, EL. 8. 395 及び EL. 13. 198	水平	0. 5	

表 4-2 設計震度（設計用床応答曲線）（重大事故等対処設備）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S d	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペデスタル EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペデスタル EL. 2. 189, EL. 8. 395 及び EL. 13. 198	水平	0. 5	
S s	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペデスタル EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
	原子炉格納容器 EL. 13. 523 ペデスタル EL. 2. 189, EL. 8. 395 及び EL. 13. 198	水平	0. 5	

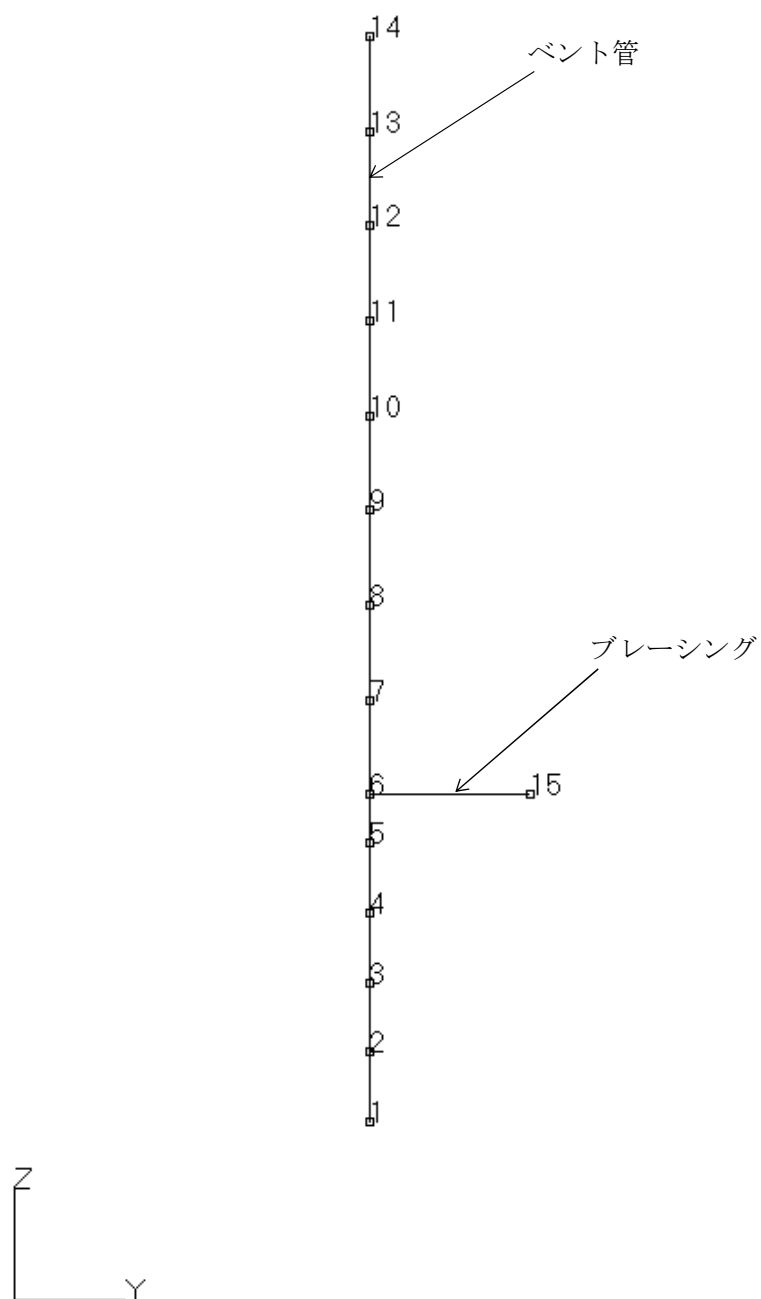


図 4-1 ベント管の計算モデル

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

ジェットディフレクター
ベント管



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表4-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベント管	S	クラス 2 配管	$D + P_D + M_D + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表4-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベント管	常設耐震 ／防止 常設 ／緩和	重大事故 等クラス 2 配管	$D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)
					$D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記 * : 「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。

表 4-5 許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	171	Ⅲ _A S	—	229	458
		Ⅳ _A S	—	380	458

表4-6 許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-516 GR. 70 (SGV480 相当)	150	Ⅳ _A S	—	381	464
	171	Ⅳ _A S	—	380	458

5. 応力計算

5.1 応力評価点

ベント管の形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上部
P 2	ブレーシング部

5.2 計算方針

各荷重によりベント管に生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。ベント管の計算モデルを図4-1に示す。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ベント管の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態Ⅳ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅳ_ASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-3 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_s$ の評価について記載している。

(2) 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅲ_ASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-3 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_d$ の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態IVAS に対する評価結果 (D + PD + MD + SS)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
ベント管	P 1	上部	膜応力+曲げ応力	139	380	○	
			一次+二次応力	196	458	○	
	P 2	ブレーシング部	膜応力+曲げ応力	291	380	○	
			一次+二次応力	422	458	○	

表 6-2 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P_D + M_D + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
ベント管	P 1	上部	膜応力 + 曲げ応力	101	229	○	
			一次 + 二次応力	120	458	○	
	P 2	ブレーシング部	膜応力 + 曲げ応力	209	229	○	
			一次 + 二次応力	258	458	○	

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-4 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ 及び $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$ の評価について、それぞれ発生値が高い方の評価を記載している。

表 6-3 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果 ($D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ 又は $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
ベント管	P 1	上部	膜応力+曲げ応力	159	381	○	①*
			一次+二次応力	306	464	○	①*
	P 2	ブレーシング部	膜応力+曲げ応力	138	381	○	①*
			一次+二次応力	264	464	○	①*

注記 * : ① : $D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ / ② : $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$ における結果を示す。

V-2-9-2-1-3 格納容器スプレイヘッダの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1

2. 構造説明 2

2.1 構造計画 2

2.2 評価方針 3

3. 形状及び主要寸法 4

4. 設計条件 7

4.1 設計荷重 7

4.2 材料及び許容応力 12

5. 応力計算 14

5.1 応力評価点 14

5.2 計算方針 15

6. 評価結果 16

6.1 設計基準対象施設としての評価結果 16

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 19

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器スプレイヘッダが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は格納容器スプレイヘッダの地震応答解析、応力評価により行う。

格納容器スプレイヘッダ（ドライウェル側）は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

格納容器スプレイヘッダの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

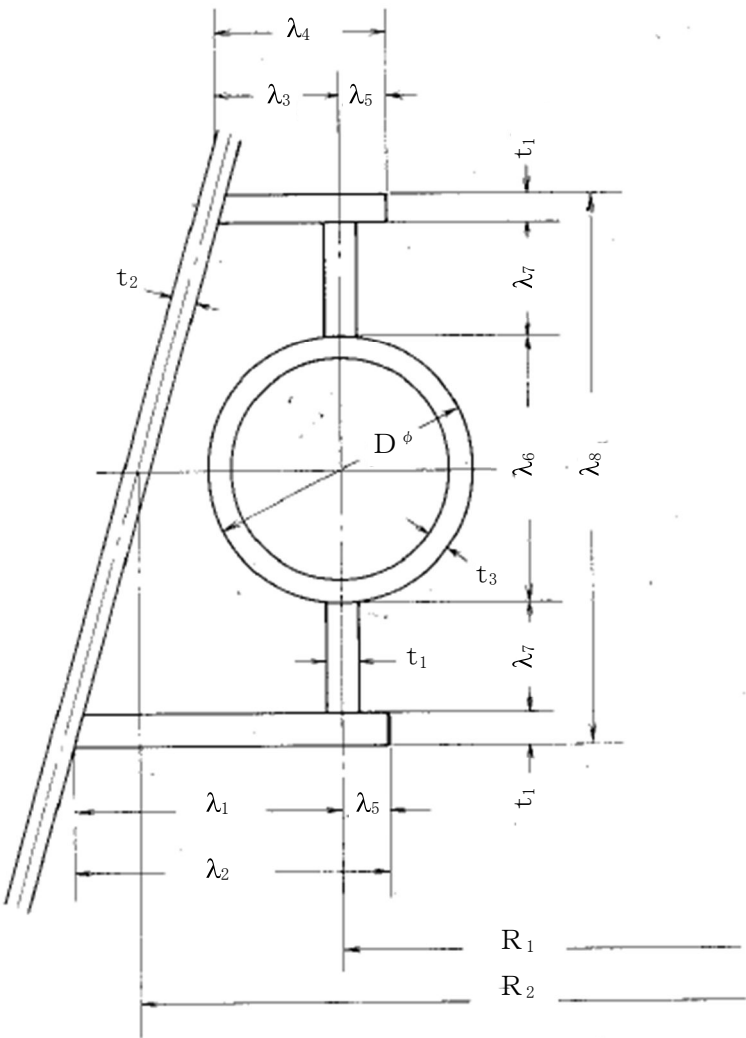
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
・格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）の耐震サポートは、ドライウエルシェルよりとる。 ・格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）の耐震サポートは、ダイヤフラムフロアコラムサポートよりとる。	・格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）は外径 [] の管で作られ、上部スプレイヘッダは直径約 []、下部スプレイヘッダは直径約 [] の円環構造となっている。 ・格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）は外径 [] の管で作られ、直径約 [] の円環構造となっている。	ドライウエル側 ドライウエルシェル 格納容器スプレイヘッダ ダイヤフラムフロア サブプレッション・チェンバ側

2.2 評価方針

- (1) 格納容器スプレイヘッダ（ドライウェル側）の応力評価は，東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認），格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）の応力評価は，昭和 48 年 10 月 22 日付け 48 公第 8316 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は，実績のある三次元ビームモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードはN A S T R A Nを用いる。なお，評価に用いる解析コードN A S T R A N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。

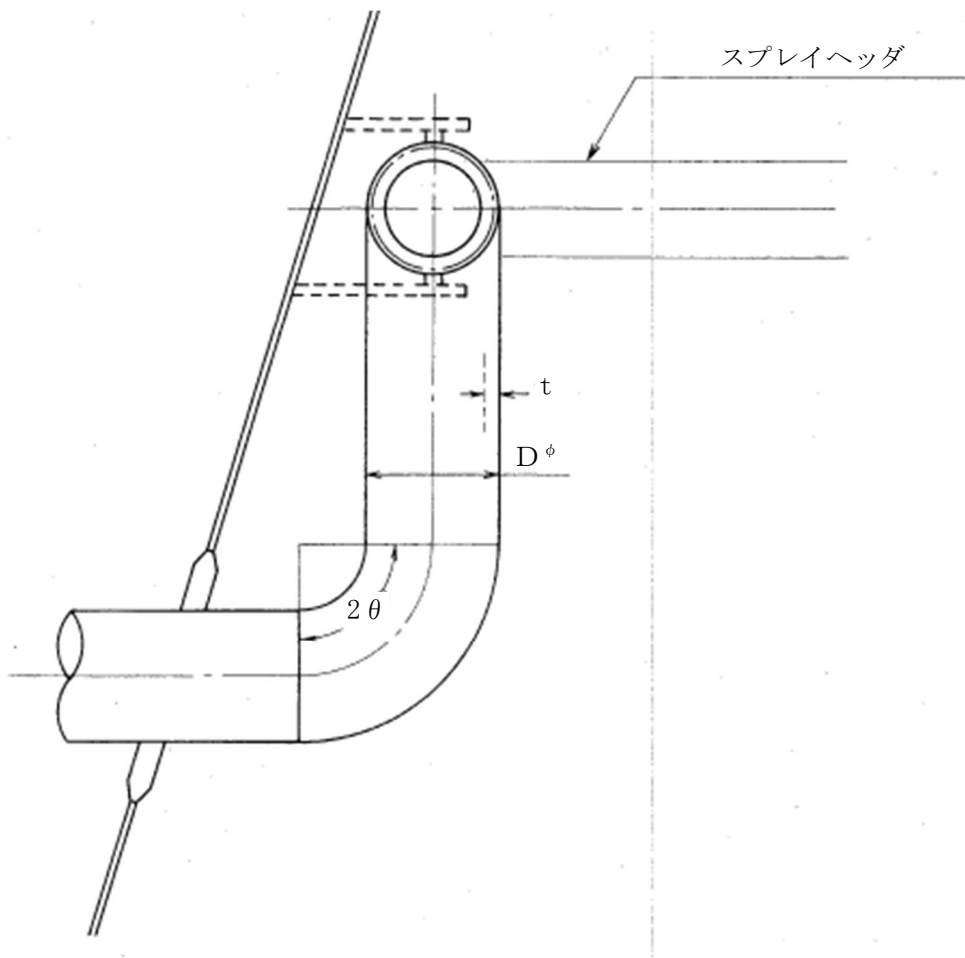
3. 形状及び主要寸法

格納容器スプレイヘッドの形状及び主要寸法を図 3-1～図 3-3 に示す。



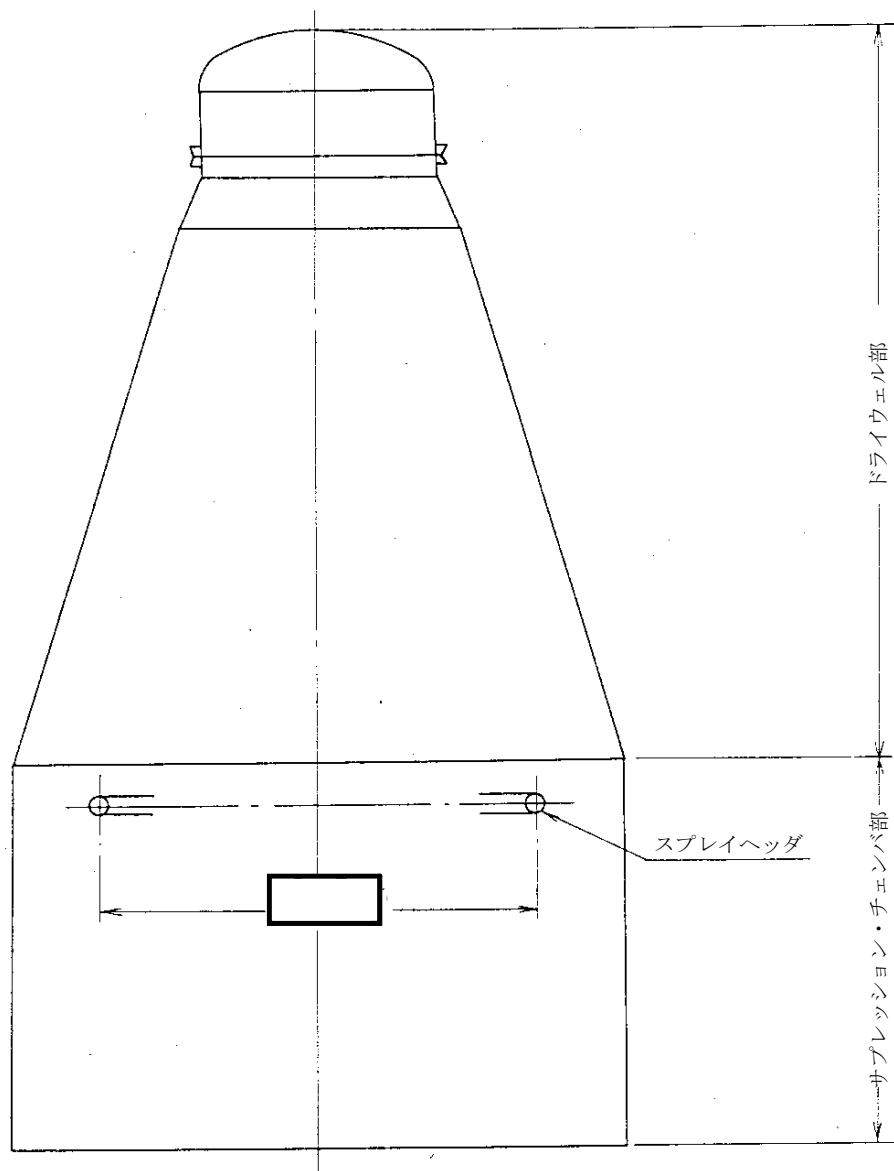
部 材	λ ₁	λ ₂	λ ₃	λ ₄	λ ₅	λ ₆	λ ₇
上部スプレイヘッド, サポート							
下部スプレイヘッド, サポート							
部 材	λ ₈	t ₁	t ₂	t ₃	D φ	R ₁	R ₂
上部スプレイヘッド, サポート							
下部スプレイヘッド, サポート							

図 3-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）及びサポートの形状及び主要寸法
(単位：mm)



部 材	$D\phi$ (mm)	t (mm)	2θ (°)
上部スプレイヘッド			
サポート案内管			
下部スプレイヘッド			
案内管			

図 3-2 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）案内管の形状及び主要寸法（単位：mm）



配管外径

厚さ

図 3-3 格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）の形状及び主要寸法
(単位：mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_D 76.7 °C

b. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_D 76.7 °C

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 $T_{SA(L)}$ 171 °C（SA 後長期）

温度 $T_{SA(LL)}$ 150 °C（SA 後長々期）

b. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 $T_{SA(L)}$ 171 °C（SA 後長期）

温度 $T_{SA(LL)}$ 150 °C（SA 後長々期）

(3) 地震荷重

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の設計震度について、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。表 4-1 及び表 4-2 に示す設計震度により格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）に加わる荷重を解析コード NASTRAN を使用して計算する。計算モデルを図 4-1 に示す。

表 4-1 設計震度（設計基準対象施設）

機器	方向	S_d	S_s
上部スプレイヘッド	鉛直		
	水平		
下部スプレイヘッド	鉛直		
	水平		

表 4-2 設計震度（重大事故等対処設備）

機器	方向	S _d	S _s
上部スプレイヘッダ	鉛直		
	水平		
下部スプレイヘッダ	鉛直		
	水平		

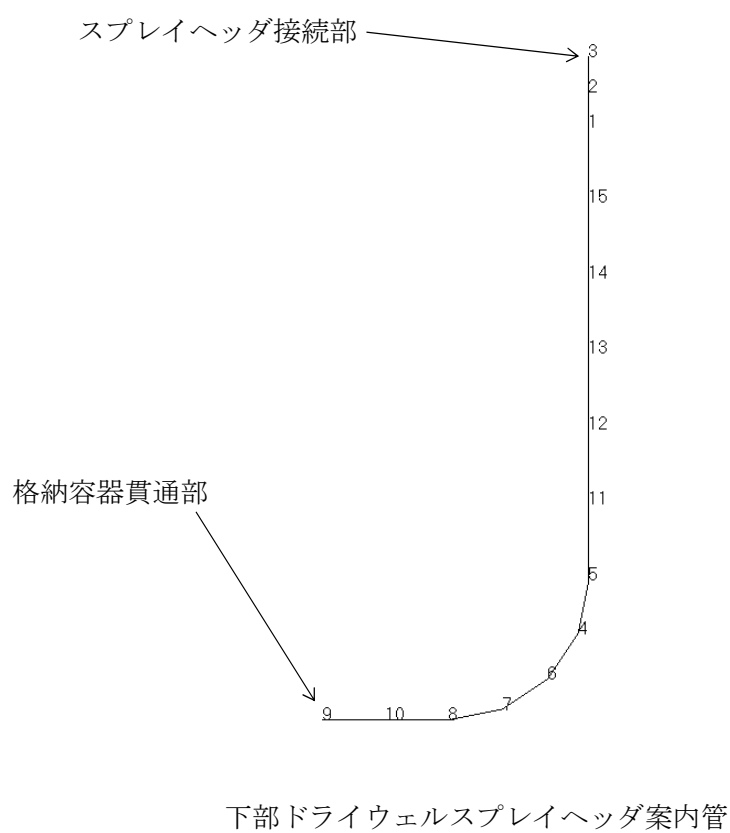
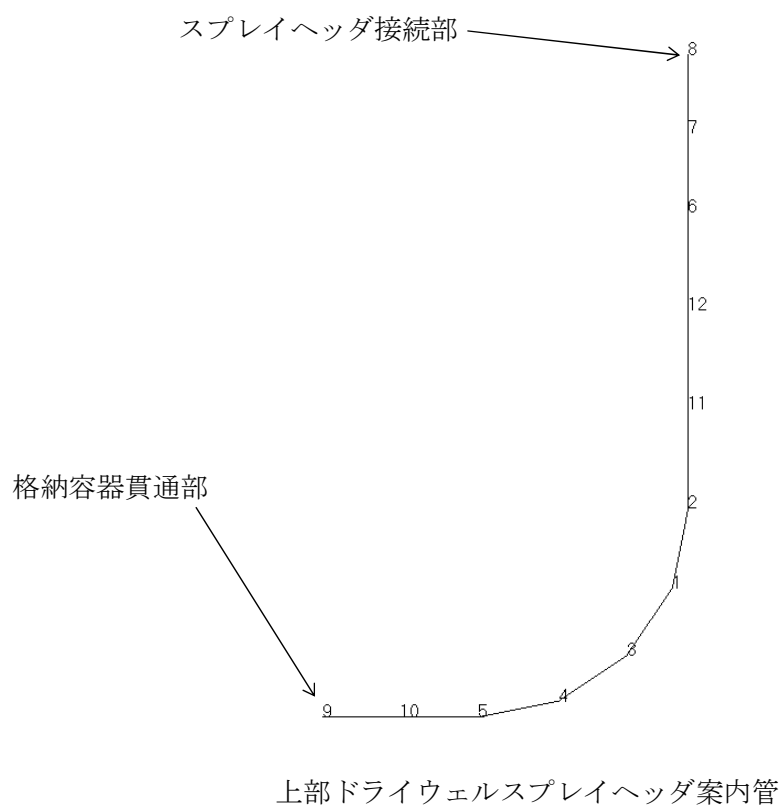


図 4-1 格納容器スプレイヘッダ（ドライウェル側）の計算モデル

b. 格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）

格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）の設計震度について、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。表 4-3 及び表 4-4 に示す設計震度により格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）に加わる荷重を解析コード N A S T R A N を使用して計算する。計算モデルを図 4-2 に示す。

表 4-3 設計震度（設計用床応答曲線）（設計基準対象施設）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S _d	原子炉格納容器 EL. 11. 191～ EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	0. 5	
S _s		鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	0. 5	

表 4-4 設計震度（設計用床応答曲線）（重大事故等対処設備）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S _d	原子炉格納容器 EL. 11. 191～ EL. 13. 523 ペDESTAL EL. 13. 198	鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	0. 5	
S _s		鉛直	0. 5	水平方向はX方向 及びY方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	0. 5	

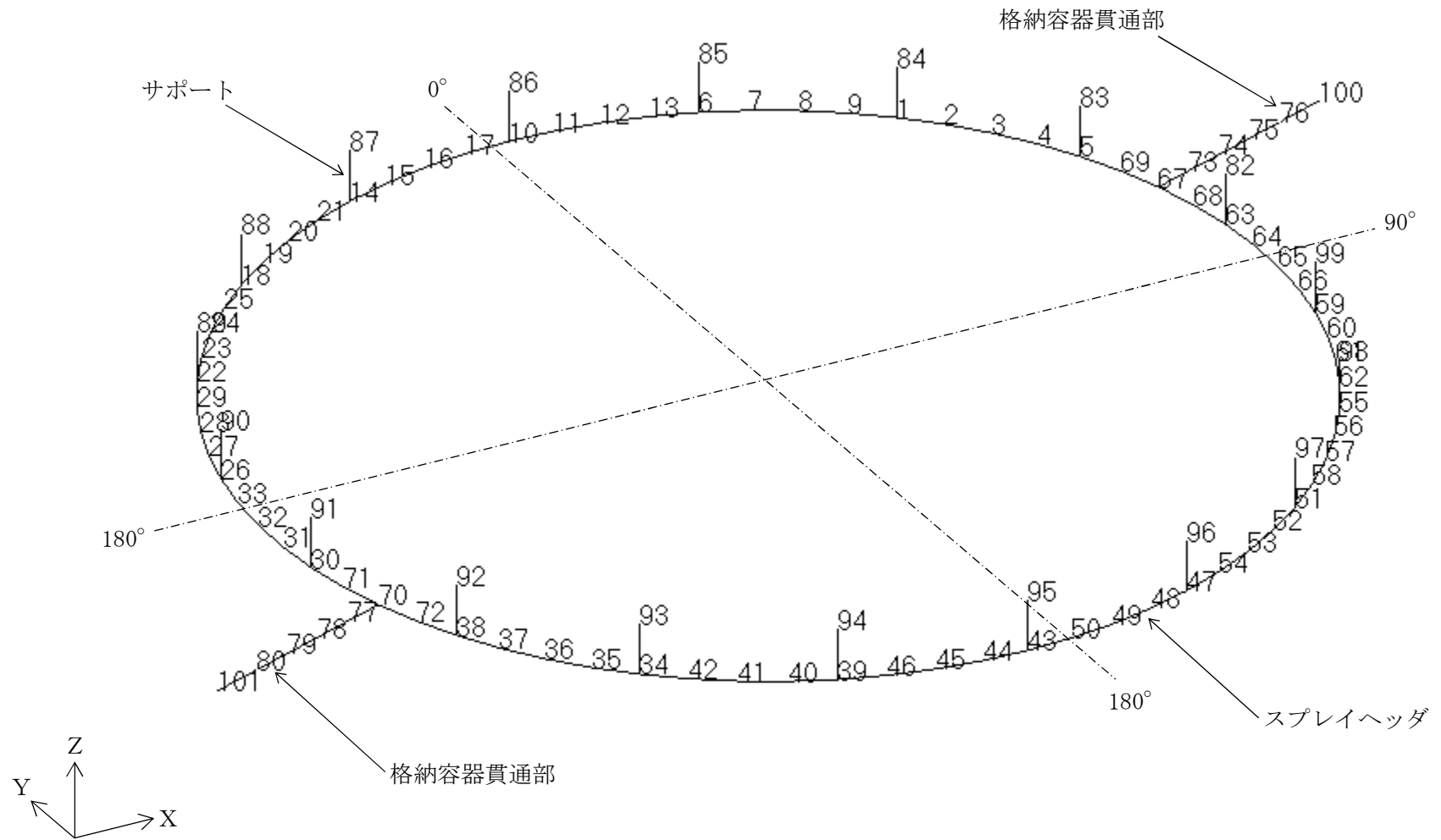


図 4-2 格納容器スプレイヘッド（サプレッション・チェンバ側）の計算モデル

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）

格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-8 に示す。

表4-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備	格納容器スプレイヘッダ	S	クラス2配管	$D + P_D + M_D + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表4-6 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	圧力低減 設備	格納容器 スプレイ ヘッダ(ド ライウェ ル側)	常設耐震 ／防止 常設 ／緩和	重大事故 等クラス 2 配管	D + P _{SA(LL)} + M _{SA(LL)} + S _s	V _A S (V _A Sと してIV _A S の許容限界 を用いる。)
					D + P _{SA(L)} + M _{SA(L)} + S _d	
		格納容器 スプレイ ヘッダ(サ プレッシ ョン・チェ ンバ側)	常設 ／防止		D + P _{SA(LL)} + M _{SA(LL)} + S _s	V _A S (V _A Sと してIV _A S の許容限界 を用いる。)
					D + P _{SA(L)} + M _{SA(L)} + S _d	

注記 * : 「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。

表4-7 許容応力状態に対する許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-333 GR. 6 (GSTPL 相当)	76.7	Ⅲ _A S	—	226	453
		Ⅳ _A S	—	348	453

表4-8 許容応力状態に対する許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次＋二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SA-333 GR. 6 (GSTPL 相当)	150	Ⅳ _A S	—	339	428
	171	Ⅳ _A S	—	339	422

5. 応力計算

5.1 応力評価点

格納容器スプレイヘッダの設計基準対象施設としての形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）の応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上部ドライウエルスプレイヘッダ案内管直管部
P 2	上部ドライウエルスプレイヘッダ案内管エルボ部
P 3	下部ドライウエルスプレイヘッダ案内管直管部
P 4	下部ドライウエルスプレイヘッダ案内管エルボ部

表 5-2 格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）の応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	サブプレッション・チェンバスプレイヘッダスプレイ管部
P 2	サブプレッション・チェンバスプレイヘッダティー部
P 3	サブプレッション・チェンバスプレイヘッダ案内管部

5.2 計算方針

各荷重により格納容器スプレイヘッドに生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）の計算モデルを図 4-1 に、格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）の計算モデルを図 4-2 に示す。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器スプレイヘッダの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-5 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_s$ の評価について記載している。

(2) 許容応力状態ⅢASに対する評価

許容応力状態ⅢASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-5 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_d$ の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態Ⅳ_ASに対する応力評価結果 (D + P_D + M_D + S_s)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
格納容器スプレイ ヘッド（ドライウ エル側）	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	21	348	○	
			一次+二次応力	6	453	○	
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	348	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	25	348	○	
			一次+二次応力	14	453	○	
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	21	348	○	
			一次+二次応力	4	453	○	
格納容器スプレイ ヘッド（サプレッ ション・チェンバ 側）	P 1	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	32	348	○	
			一次+二次応力	75	453	○	
	P 2	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドティー部	膜応力+曲げ応力	41	348	○	
			一次+二次応力	284	453	○	
	P 3	サプレッション・チェンバ スプレイヘッド案内管部	膜応力+曲げ応力	34	348	○	
			一次+二次応力	60	453	○	

表 6-2 許容応力状態Ⅲ_ASに対する応力評価結果 (D + P_D + M_D + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
格納容器スプレイ ヘッド (ドライウ エル側)	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	4	453	○	
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	22	226	○	
			一次+二次応力	8	453	○	
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
格納容器スプレイ ヘッド (サプレッ ション・チェンバ 側)	P 1	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	29	226	○	
			一次+二次応力	50	453	○	
	P 2	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドティー部	膜応力+曲げ応力	34	226	○	
			一次+二次応力	192	453	○	
	P 3	サプレッション・チェンバ スプレイヘッド案内管部	膜応力+曲げ応力	30	226	○	
			一次+二次応力	39	453	○	

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器スプレイヘッダの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態IVASに対する評価

許容応力状態IVASに対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-6 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s$ 及び $D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d$ の評価について、それぞれ評価基準値に対する発生値の割合が高い方の評価を記載している。

表 6-3 許容応力状態Ⅳ_AS に対する応力評価結果 (D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s 及び D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
格納容器スプレイ ヘッダ（ドライウ ェル側）	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッダ案内管直管部	膜応力+曲げ応力	21	339	○	①*
			一次+二次応力	6	428	○	①*
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッダ案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	339	○	①*②*
			一次+二次応力	2	422	○	②*
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッダ案内管直管部	膜応力+曲げ応力	25	339	○	①*
			一次+二次応力	14	428	○	①*
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッダ案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	21	339	○	①*
			一次+二次応力	4	428	○	①*
格納容器スプレイ ヘッダ（サプレッ ション・チェンバ 側）	P 1	サプレッション・チェンバ スプレイヘッダスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	32	339	○	①*
			一次+二次応力	75	428	○	①*
	P 2	サプレッション・チェンバ スプレイヘッダティー部	膜応力+曲げ応力	41	339	○	①*
			一次+二次応力	284	428	○	①*
	P 3	サプレッション・チェンバ スプレイヘッダ案内管部	膜応力+曲げ応力	34	339	○	①*
			一次+二次応力	60	428	○	①*

注記 * : ① : D + P_{SA(LL)} + M_{SA(LL)} + S_s / ② : D + P_{SA(L)} + M_{SA(L)} + S_dにおける結果を示す。

V-2-9-2-2 代替格納容器スプレイ冷却系の耐震性についての計算書

V-2-9-2-2-1 管の耐震性についての計算書

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

重大事故等クラス2管の耐震性についての計算は、「V-3-6-2-2-3-1-2 管の
応力計算書」に含まれている。

V-2-9-2-3 格納容器下部注水系の耐震性についての計算書

V-2-9-2-3-1 管の耐震性についての計算書

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

重大事故等クラス2管の耐震性についての計算は、「V-3-6-2-2-5-1-2 管の
応力計算書」に含まれている。

V-2-9-2-4 代替循環冷却系の耐震性についての計算書

V-2-9-2-4-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.2 設計条件	9
3.3 材料及び許容応力	18
3.4 設計用地震力	19
4. 解析結果及び評価	20
4.1 固有周期及び設計震度	20
4.2 評価結果	26
4.2.1 管の応力評価結果	26
4.2.2 支持構造物評価結果	27

1. 概要

本計算書は、「付録 6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

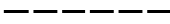
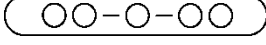
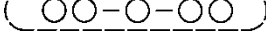
(2) 支持装置

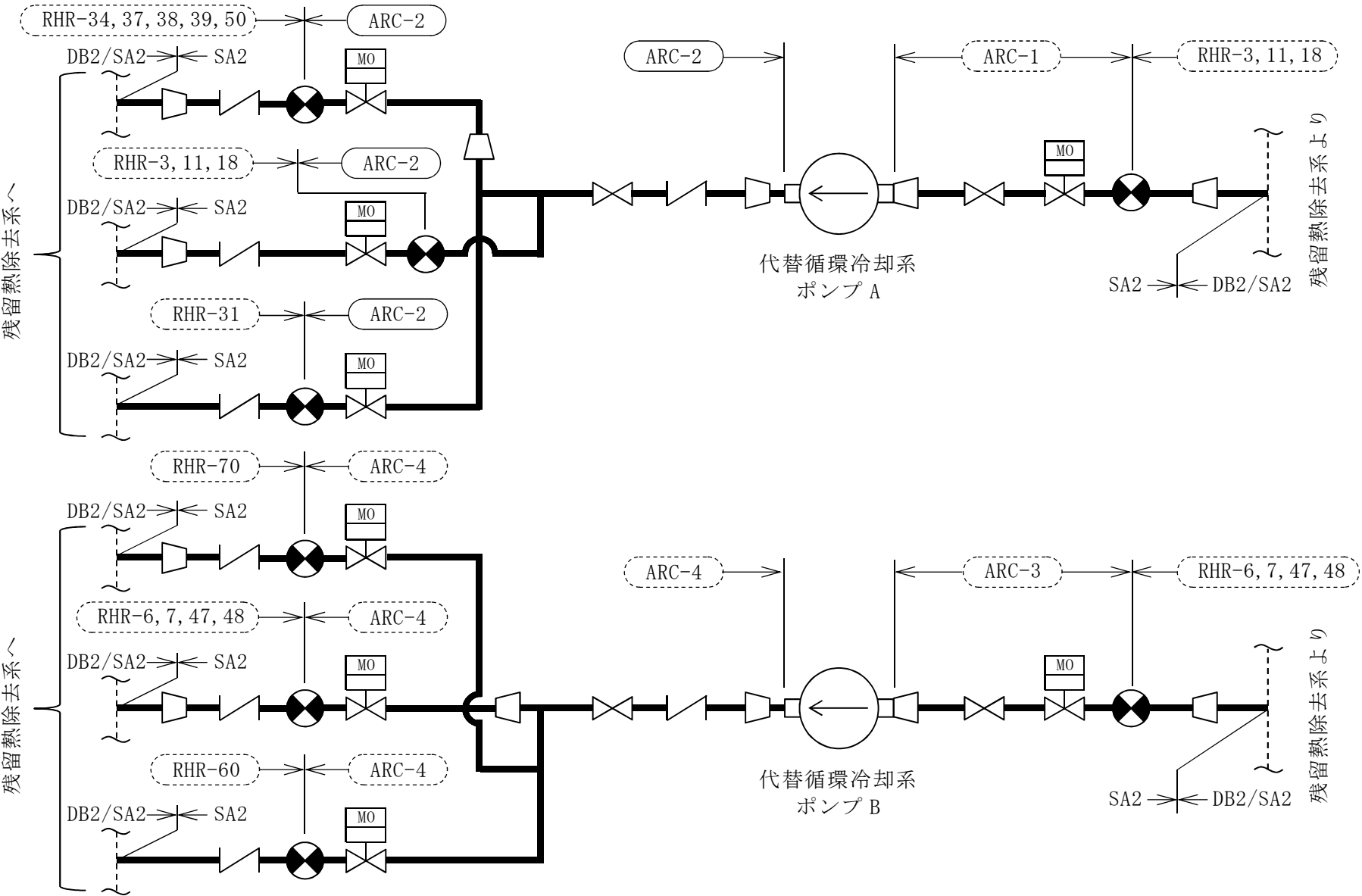
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

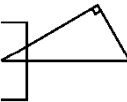
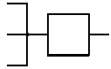
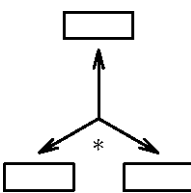
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管

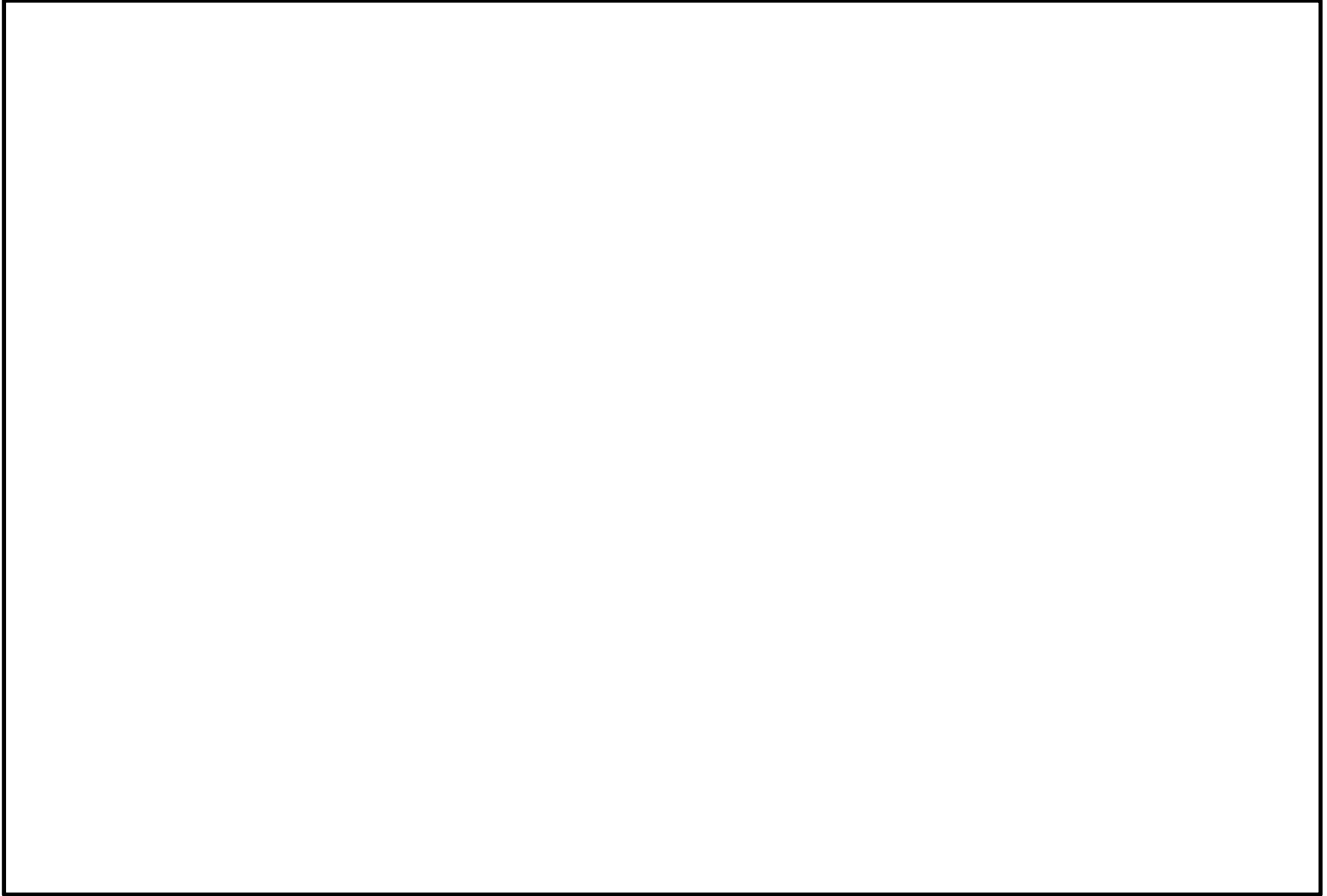


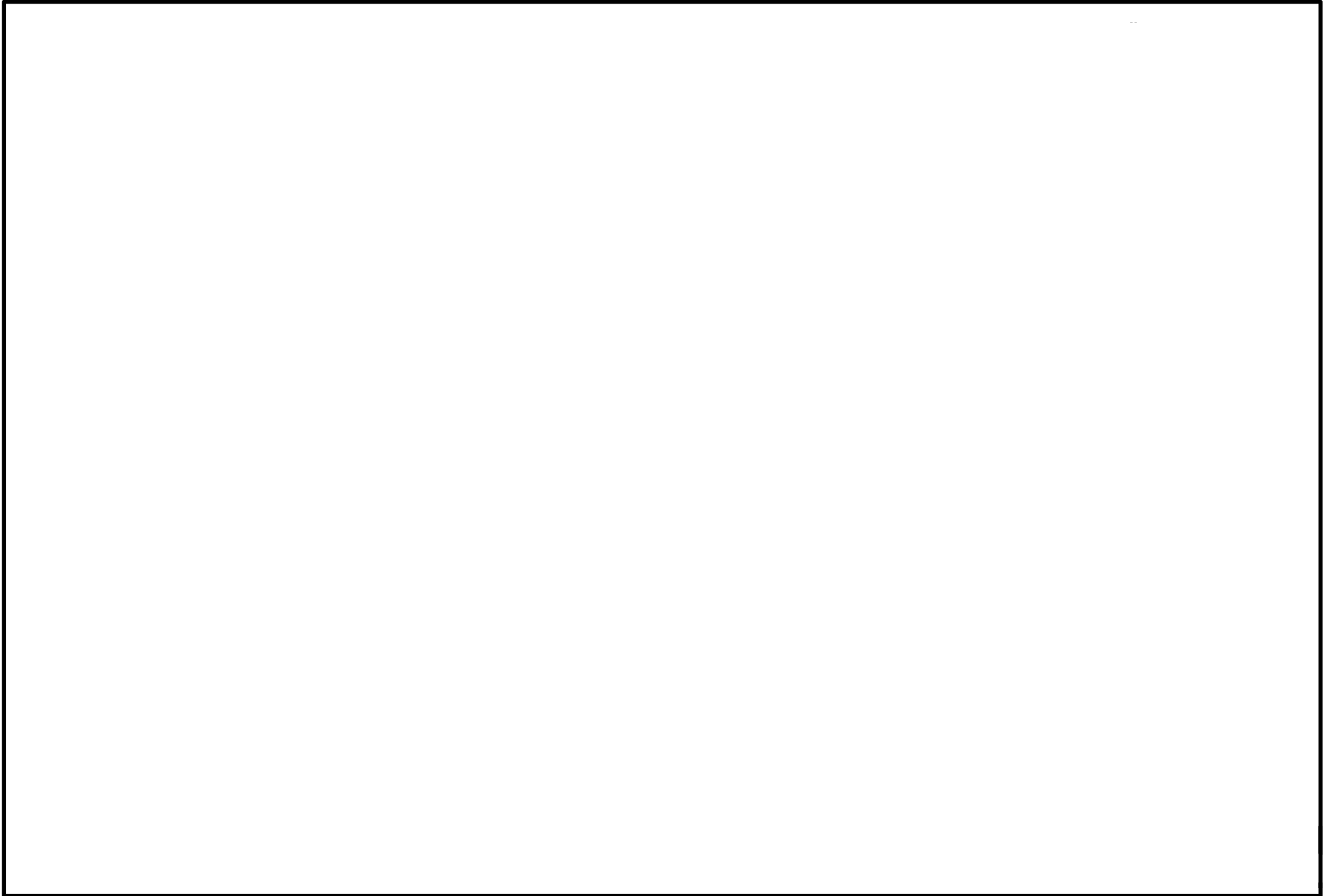
代替循環冷却系概略系統図

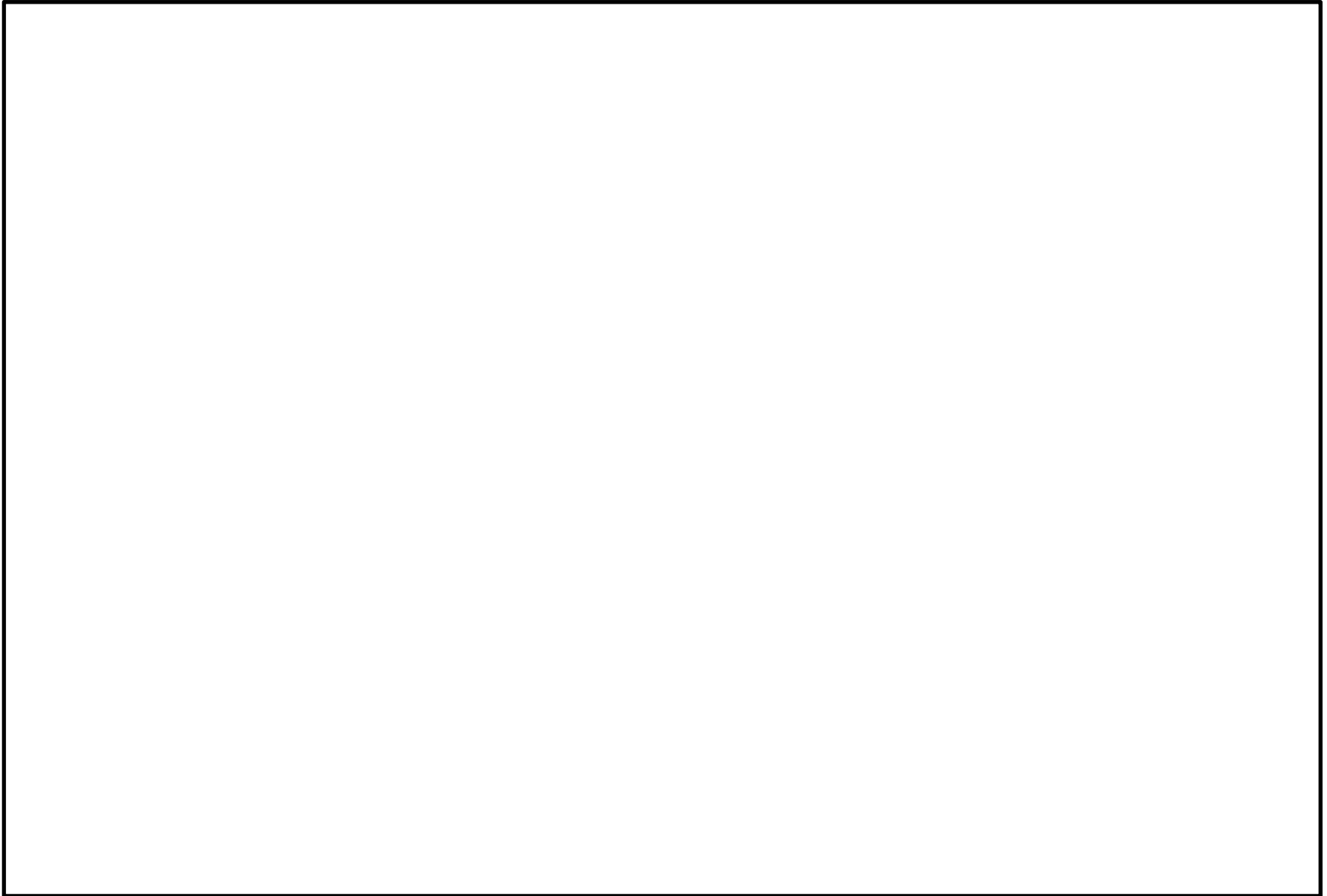
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	拘束点の地震による相対変位量 (mm) (*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。)
注： 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。	







3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ ^{*3,4}	許容応力 状態 ^{*5}
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の 安全設備	代替循環冷却系	S A	常設耐震／ 防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$
							$V_L(L) + S_s^{*6}$	

注記 *1: D Bは設計基準対象施設, S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「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。

*3: 運転状態の添字 L は荷重, (L) は荷重が長期間作用している状態を示す。

*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5: 許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し, 許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

*6: 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ閉じ込め機能維持要求として, 原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する荷重の組合せを示す。

*7: 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(L) + S_s$ に包絡されるため, 評価を省略する。

3.2 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	212, 502, 2, 4, 600, 311 901, 312, 6, 801, 503, 7 601, 9, 802, 321, 902, 322 11, 803, 504, 12, 14, 602 15, 17, 505, 804, 603, 506 805, 412, 411, 413, 421, 221 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104 831, 105, 624, 107, 832, 341 904	3.45	80	216.3	8.2	STPT410	—	
2	904, 342, 108, 625, 110, 833 111, 113, 114, 626, 116, 834	0.86	80	216.3	8.2	STPT410	—	

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
3	1001, 501, 211, 411, 414, 604 806, 18, 20, 21, 23, 605 807, 507, 606, 24, 26, 808 27, 29, 701, 30, 32, 809 607, 33, 35, 810, 36, 38 39, 41, 811	3.45	80	165.2	7.1	STPT410	—	

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
4	222, 812, 42, 44, 608, 45 47, 813, 48, 50, 609, 814 610, 815, 611, 51, 53, 816 54, 56, 612, 57, 59, 60 62, 817, 63, 65, 66, 68 613, 69, 71, 72, 74, 818 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616 508, 822, 84, 86, 823, 87 89, 824, 617, 825, 618, 826 619, 331, 903, 332, 827, 90 92, 620, 93, 95, 828	3.45	80	114.3	6.0	STPT410	—	

配管の付加質量

鳥瞰図番号 ARC-2

質量	対応する評価点
	212, 502, 2, 4, 600, 311, 901, 312, 6, 801, 503, 7, 601, 9 802, 321, 902, 322, 11, 803, 504, 12, 14, 602, 15, 17, 505, 804 603, 506, 805, 412, 411, 413, 421, 221, 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104, 831, 105, 624, 107, 832, 341, 904, 342 108, 625, 110, 833, 111, 113, 114, 626, 116, 834
	1001, 501, 211, 411, 414, 604, 806, 18, 20, 21, 23, 605, 807, 507 606, 24, 26, 808, 27, 29, 701, 30, 32, 809, 607, 33, 35, 810 36, 38, 39, 41, 811
	222, 812, 42, 44, 608, 45, 47, 813, 48, 50, 609, 814, 610, 815 611, 51, 53, 816, 54, 56, 612, 57, 59, 60, 62, 817, 63, 65 66, 68, 613, 69, 71, 72, 74, 818, 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616, 508, 822, 84, 86, 823, 87, 89, 824 617, 825, 618, 826, 619, 331, 903, 332, 827, 90, 92, 620, 93, 95 828

フランジ部の質量

鳥瞰図番号 ARC-2

質量		対応する評価点
		501
		502, 503, 504, 505
		506
		507
		508

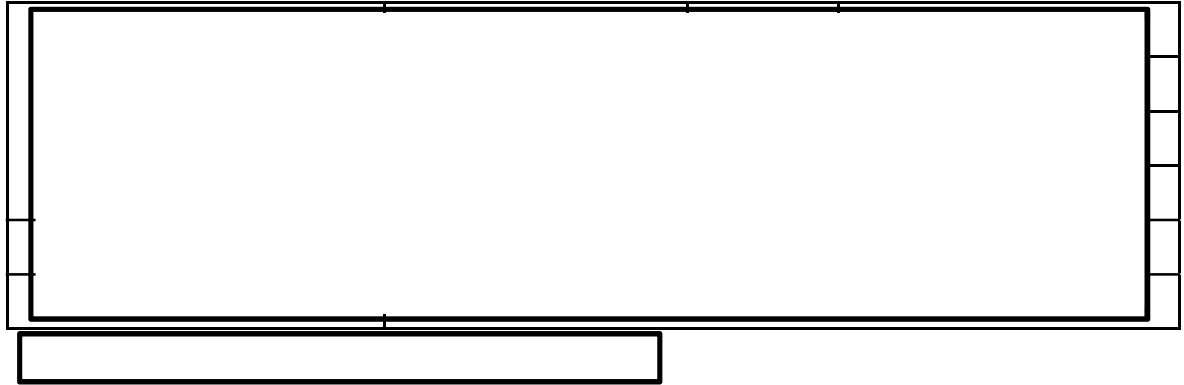
弁部の質量

鳥瞰図番号 ARC-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901		902
	903		953
	904		954

弁部の寸法

鳥瞰図番号 ARC-2



NT2 補② V-2-9-2-4-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1001						
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						
827						
828						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
829						
830						
831						
832						
833						
834						

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
STPT410	80	—	225	406	103

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高		減衰定数(%)	
ARC-2	原子炉建屋				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号 ARC-2

耐震クラス		—			
適用する地震動等		S _s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	
		4.48	4.48	8.41	
		4.48	4.48	8.41	
		4.20	4.20	7.42	
		4.20	4.20	7.42	
		3.31	3.31	4.77	
		3.05	3.05	4.74	
		2.44	2.44	3.81	
		1.95	1.95	3.66	
		1.11	1.11	0.84	
		1.11	1.11	0.84	
動的震度		1.34	1.34	1.01	

NT2 補② V-2-9-2-4-1 R0

鳥瞰図番号 ARC-2

[illegible]

代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次＋二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{\text{prm}}(S_s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
ARC-2	$V_A S$	68	$S_{\text{prm}}(S_s)$	186	365	—	—	—
ARC-2	$V_A S$	68	$S_n(S_s)$	—	—	316	450	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度	評価結果	
					支持点荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
SNO-ARC-1-002	オイルスナッパ	SN-3	「V-2-1-11 機器・配 管の耐震支持設計方 針」参照		20	45
RO-ARC-1-003	ロッドレストレイント	RSA-3			40	54

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-ARC-2-032	レストレイント	Uボルト	SS400	80	—	6.8	33	—	—	—	組合せ	125	277
AN-ARC-2-004	アンカ	ラグ	STKR400	80	15.8	22	42	46	11.2	15.6	組合せ	110	141

V-2-9-2-5 ペデスタル排水系の耐震性についての計算書

V-2-9-2-5-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

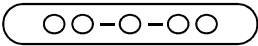
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

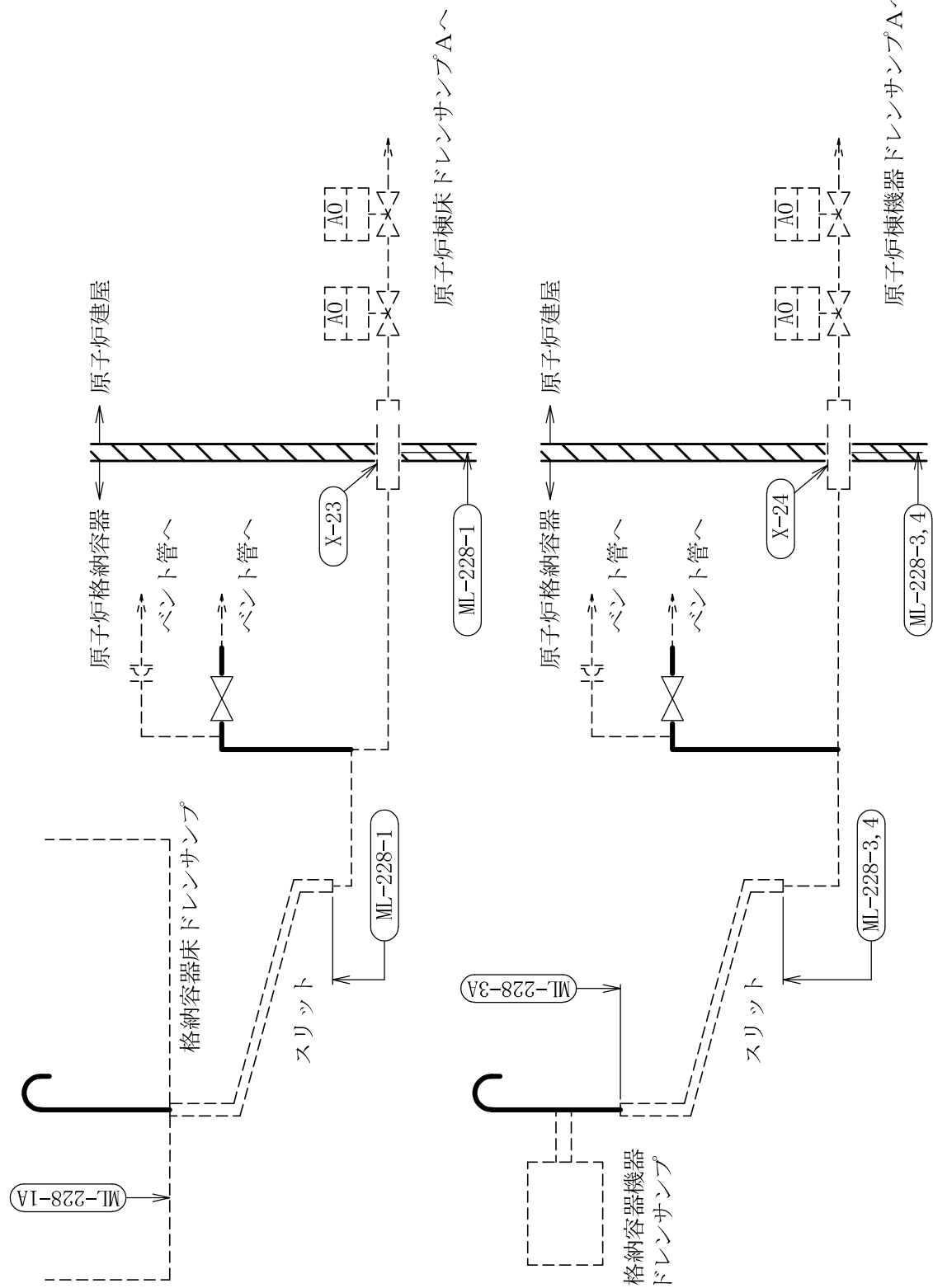
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



ペデスタル排水系概略系統図

V-2-9-3 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに
格納容器再循環設備の耐震性についての計算書

V-2-9-3-1 原子炉建屋ガス処理系非常用ガス再循環系の
耐震性についての計算書

V-2-9-3-1-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

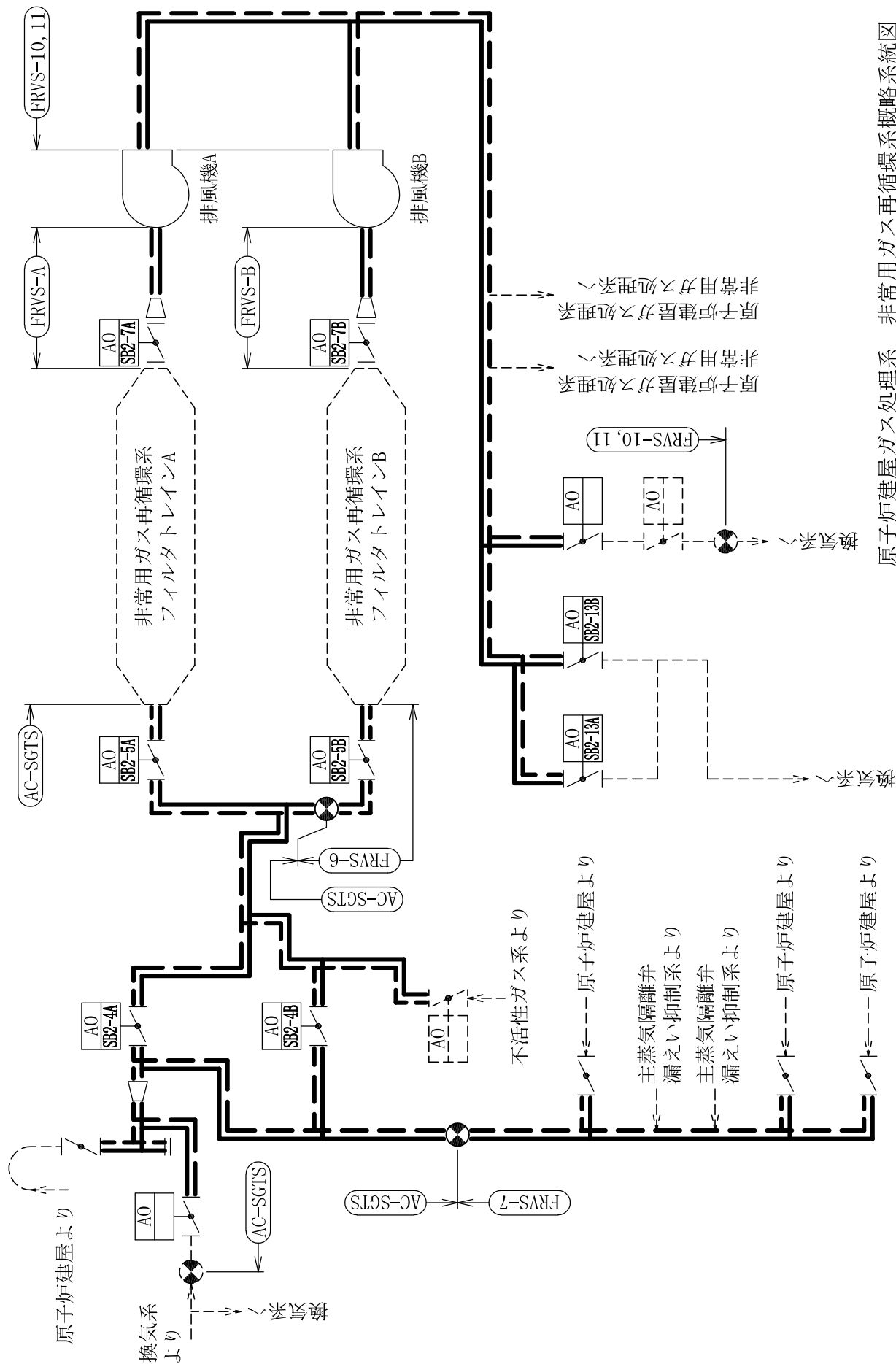
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



原子炉建屋ガス処理系 非常用ガス再循環系概略系統図

V-2-9-3-2 原子炉建屋ガス処理系非常用ガス処理系の
耐震性についての計算書

V-2-9-3-2-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

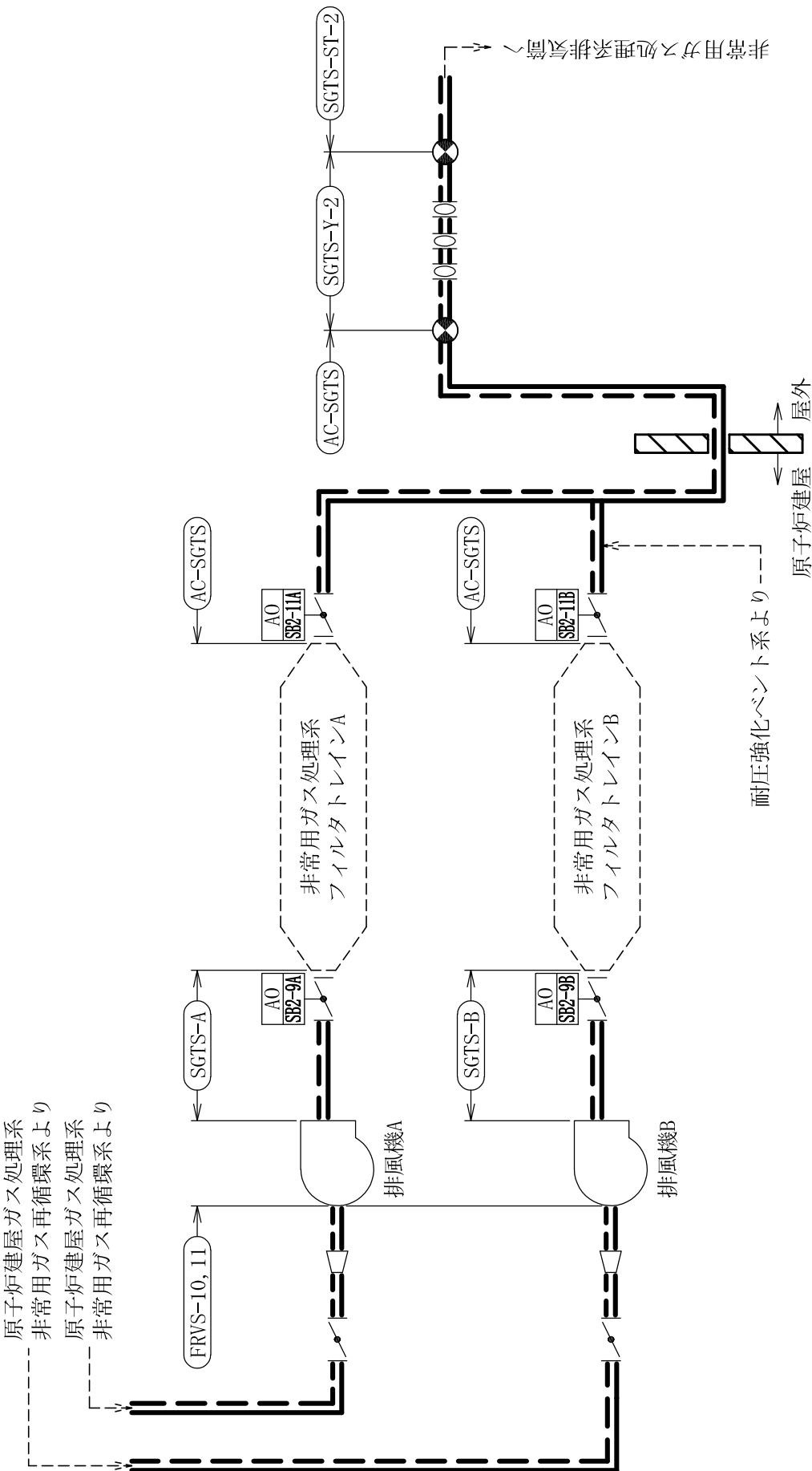
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



原子炉建屋ガス処理系 非常用ガス処理系概略系統図

V-2-9-3-2-2 原子炉建屋ガス処理系 非常用ガス処理系排風機の耐震性
についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 応力評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 荷重の組合せ及び許容応力	1

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、非常用ガス処理系排風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動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、応力評価及び機能維持評価により行う。

非常用ガス処理系排風機は、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 応力評価

2.1 基本方針

応力評価は、付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

2.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ガス処理系排風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-2に示す。

2.2.2 許容応力

非常用ガス処理系排風機の許容応力を表2-3に示す。

表2-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 排風機	S	—	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表2-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 排風機	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s^{*2}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S ^{*3}

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

*2：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

*3：V_A Sとして，Ⅳ_A Sの許容限界を用いる。

表2-3 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許 容 限 界* ¹ (ボ ル ト 等)		
	一 次 応 力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, 2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b\}$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_{t^{*}}^{*2}$	$1.5 \cdot f_{s^{*}}^{*2}$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_{t^{*}}^{*2}, 2.1 \cdot f_{t^{*}}^{*2} - 1.6 \cdot \tau_b\}$
V _A S ^{*3}	$1.5 \cdot f_{t^{*}}^{*2}$	$1.5 \cdot f_{s^{*}}^{*2}$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_{t^{*}}^{*2}, 2.1 \cdot f_{t^{*}}^{*2} - 1.6 \cdot \tau_b\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：支持構造物においてF値の算出時， S_y 及び $S_y(RT)$ をそれぞれ $1.2 \cdot S_y$ 及び $1.2 \cdot S_y(RT)$ と読み替える。

ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

*3：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

V-2-9-3-2-4 ブローアウトパネル閉止装置の
耐震性についての計算書

V-2-9-3-3 可燃性ガス濃度制御系の耐震性についての計算書

V-2-9-3-3-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

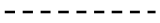
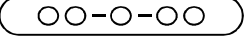
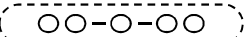
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

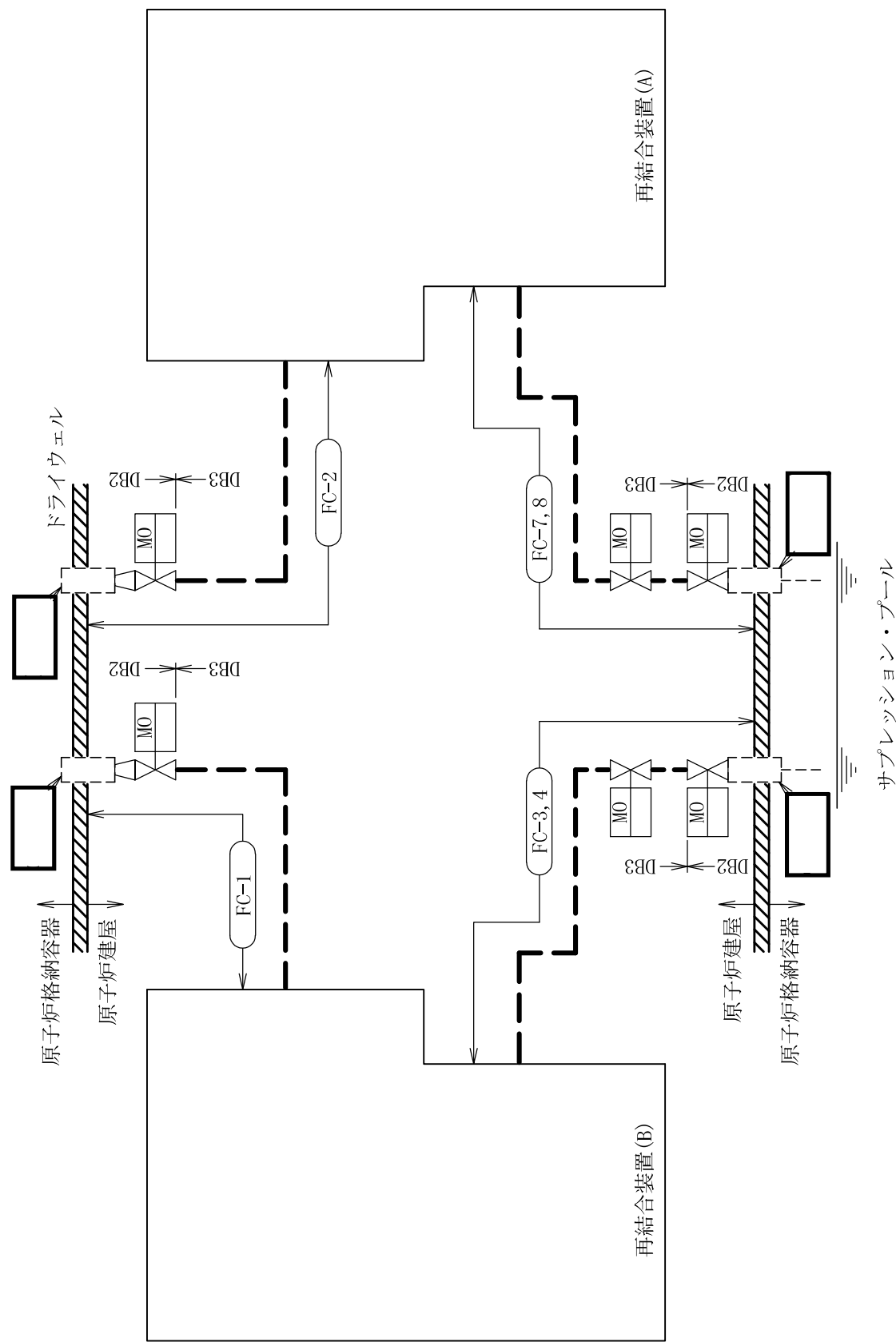
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



可燃性ガス濃度制御系概略系統図

V-2-9-3-3-3 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	1
2.1 構造計画	1
3. 応力評価	3
3.1 適用基準	3
3.2 記号の説明	3
3.3 計算精度と数値の丸め方	4
3.4 評価部位	4
3.5 構造強度評価方法	5
3.6 荷重の組合せ及び許容応力	5
3.7 計算方法	8
3.8 計算条件	10
3.9 応力の評価	10
4. 機能維持評価	12
4.1 機能維持評価方法	12
5. 評価結果	12
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	12

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ（以下「ブロワ」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動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、応力評価及び機能維持評価により行う。

ブロワは、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

ブロワの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
(1)ブロワ	溶接でベースを架台に固定する。	水素，酸素を含むガスを再結合装置内に送り込むキャンド形遠心式ブロワ	

3. 応力評価

3.1 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

3.2 記号の説明

記 号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ブレースの断面積	mm^2
A_{HW}	水平方向荷重を受ける溶接部の有効断面積	mm^2
A_{VW}	鉛直方向荷重を受ける溶接部の有効断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
C_P	ブロワ振動による震度	—
E	支持構造物の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格* SSB-3121.1 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格* SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_C	ブレースに作用する圧縮力	N
F_H	ブレースに作用する水平方向反力	N
F_{HW}	ベース取付溶接部に作用する水平方向せん断荷重	N
F_{VW}	ベース取付溶接部に作用する鉛直方向せん断荷重	N
F_V	ブレースに作用する鉛直方向反力	N
f_c	ブレースの許容圧縮応力	MPa
f_s	ベース取付溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
H_P	予想最大両振幅	μm
h	ブロワ重心位置	mm
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
L	ブロワ重心高さ	mm
λ	ブロワベース長さ	mm
λ_b	ブレース水平方向投影長さ	mm
λ_k	ブレース長さ	mm
m	ブロワ質量	kg
N	回転速度（原動機の同期回転速度）	min^{-1}
P	ブレースに作用する水平方向荷重	N
S_u	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa

記 号	記 号 の 説 明	単 位
T	固有周期	s
Λ	圧縮材の限界細長比	—
λ	圧縮材の有効細長比	—
ν	設計・建設規格* SSB-3121.1(3)に定める値	—
π	円周率	—
τ_w	ベース取付溶接部に作用する最大せん断応力	MPa
τ_{w1}	ベース取付溶接部に作用する水平方向せん断応力	MPa
τ_{w2}	ベース取付溶接部に作用する鉛直方向せん断応力	MPa
σ_c	ブレースに生じる圧縮応力	MPa

注記 * : 「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）をいう。

3.3 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表3-1に示すとおりである。

表3-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ* ¹	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *¹ : 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*² : 絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*³ : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3.4 評価部位

ブロワの耐震評価は、ブレース及びベース取付溶接部について実施する。ブロワの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

3.5 構造強度評価方法

- (1) ブロワの質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力はブロワに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) ブロワは溶接により架台に固定された固定端とする。
- (4) ブレース
 - a. ブロワの質量は、2 本のブレースに均等にかかるため、1 本のブレースについて計算する。
 - b. 転倒方向はブレースの応力が最も厳しい方向として図 3-1 の方向を計算する。
- (5) ベース取付溶接部
 - a. 荷重がベース取付溶接部に水平方向せん断荷重として作用する場合と、転倒モーメントによる鉛直方向せん断荷重として作用する場合について計算する。
 - b. 水平方向せん断荷重はベース取付溶接部に作用するものとして計算する。
 - c. 転倒方向はベース取付溶接部に対する鉛直方向せん断荷重が最も厳しい方向として図 3-2 の転倒支点を支点とする方向を計算する。

3.6 荷重の組合せ及び許容応力

3.6.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ブロワの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.6.2 許容応力

ブロワの許容応力を表 3-3 に示す。

3.6.3 使用材料の許容応力

ブロワの使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	可燃性ガス濃 度制御設備	可燃性ガス濃度 制御系再結合装置 ブロワ	S	—	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

記号の説明

D : 死荷重

P_D : 地震と組合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又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M_D : 地震と組合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重S_d^{*} : 弾性設計用地震動S_dにより定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力S_s : 基準地震動S_sにより定まる地震力Ⅲ_A S : 許容応力状態Ⅲ相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態Ⅳ_A S : 許容応力状態Ⅳ相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

7

7

7

7

7

7

7

3.7 計算方法

3.7.1 応力の計算方法

3.7.1.1 ブレースの応力

(1) 圧縮応力

ブレースに作用する水平方向反力は

$$F_H = P = \frac{1}{2} \cdot (C_H + C_p) \cdot m \cdot g \quad \dots\dots (3.7.1.1)$$

ここで、 C_p はブロウ振動による振幅及び原動機の同期回転速度を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60} \right)^2}{g \cdot 1000} \quad \dots\dots (3.7.1.2)$$

ブレースに作用する鉛直方向反力は

$$F_v = \frac{\frac{1}{2} \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot (C_H + C_p) \cdot m \cdot g \cdot L}{\lambda_b} \quad \dots\dots (3.7.1.3)$$

ブレースに作用する圧縮力は

$$F_c = \sqrt{F_H^2 + F_v^2} \quad \dots\dots (3.7.1.4)$$

圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A_b} \quad \dots\dots (3.7.1.5)$$

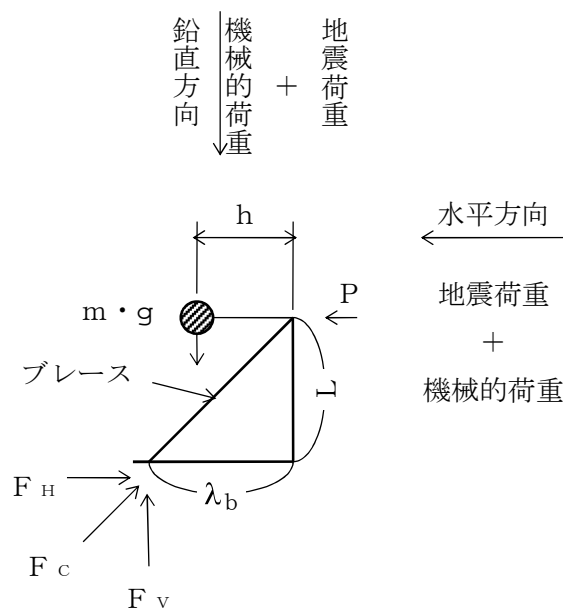


図 3-1 ブレースに作用する荷重

3.7.1.2 ベース取付溶接部の応力

(1) 水平方向せん断応力

水平方向せん断荷重

$$F_{HW} = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \quad \dots\dots (3.7.1.6)$$

水平方向せん断応力

$$\tau_{w1} = \frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \dots\dots (3.7.1.7)$$

(2) 鉛直方向せん断応力

鉛直方向せん断荷重

$$F_{VW} = \frac{(C_V + C_P - 1) \cdot m \cdot g \cdot h + (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot L}{\lambda} \quad \dots\dots (3.7.1.8)$$

鉛直方向せん断応力

$$\tau_{w2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}} \quad \dots\dots (3.7.1.9)$$

(3) ベース取付溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max} \{ \text{水平方向せん断応力 } (\tau_{w1}), \text{鉛直方向せん断応力 } (\tau_{w2}) \} \quad \dots\dots (3.7.1.10)$$

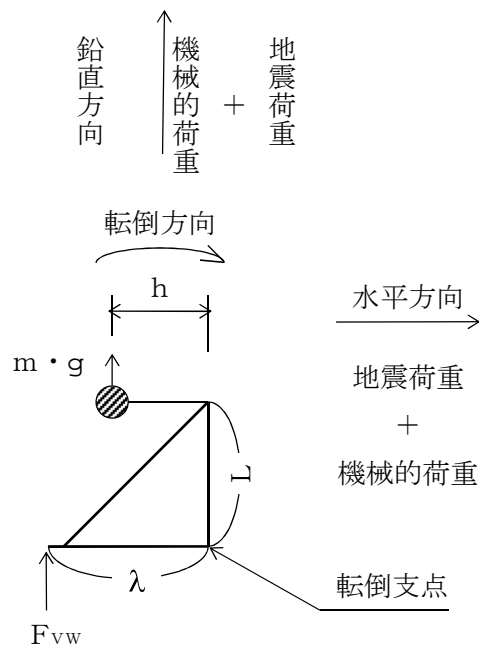


図 3-2 ベース取付溶接部に作用する荷重

3.8 計算条件

3.8.1 ブレース及びベース取付溶接部の応力計算条件

ブレース及びベース取付溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

3.9 応力の評価

3.9.1 ブレースの応力評価

3.7.1.1 項で求めたブレースの圧縮応力 σ_c は許容圧縮応力 f_c 以下であること。ただし、 f_c は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との 組合せの場合
許容圧縮応力 f_c	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu} \cdot 1.5$

ここで、 λ は圧縮材の有効細長比で、次の計算式による。

$$\lambda = \frac{\lambda_k}{i} \dots\dots\dots (3.9.1.1)$$

Λ は、限界細長比で、次の計算式による。

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (3.9.1.2)$$

注：基準地震動 S_s 評価の場合は、 F を F^* に置き換える

ν は、次の計算式による。

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (3.9.1.3)$$

3.9.2 ベース取付溶接部の応力評価

3.7.1.2 項で求めたベース取付溶接部のせん断応力 τ_w は許容せん断応力 f_s 以下であること。

ただし、 f_s は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との 組合せの場合
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4. 機能維持評価

ブロワの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

ブロワは地震時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、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
ブロワ	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ブロワの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を次ページ以降に示す。

(2) 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価

弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における評価基準値を満足するため、評価を省略した。

(3) 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を次ページ以降に示す。

【可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機 器 名 称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		ブロワ震動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ	S	原子炉建屋 EL. 20.30 ^{*1}	— ^{*2}	—	—	$C_H=1.34^{*3}$	$C_V=1.01^{*3}$	$C_P=0.21$		—

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
*3：基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

機 器 名 称	m (kg)	L (mm)	h (mm)	λ (mm)	λ_b (mm)	λ_k (mm)	E^{*1} (MPa)	A_b (mm ²)	A_{HW} (mm ²)	A_{VW} (mm ²)	i (mm)
可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ											

機 器 名 称	S_y^{*2} (MPa)	S_u^{*2} (MPa)	F (MPa)		F* (MPa)		転倒方向	
			ブレース	ベース取付溶接部	ブレース	ベース取付溶接部	弾性設計用 地震動 S_d 又は 静的震度	基準地震動 S_s
可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ	201 (厚さ ≤ 16 mm)	373 (厚さ ≤ 16 mm)	201	90	241	108	—	ブロワ軸方向

注記 *1：材料(ブレース)：SS41
*2：ブレース及びベース取付溶接部

予想最大両振幅 (μ m)	回転速度 (min ⁻¹)

1.3 計算数値

1.3.1 ブレースに作用する力

(単位：N)

部 材	F _H		F _V		F _C	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ブレース	—		—		—	

1.3.2 ベース取付溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F _{HW}		F _{VW}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ベース取付溶接部	—		—	

1.4 結論

1.4.1 応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
						ⅢA S	ⅣA S
ブレース		圧縮	—	—	$\sigma_c=11$	$f_c=162$	$f_c=187$
ベース取付溶接部		せん断	—	—	$\tau_v=32$	$f_s=52$	$f_s=62$

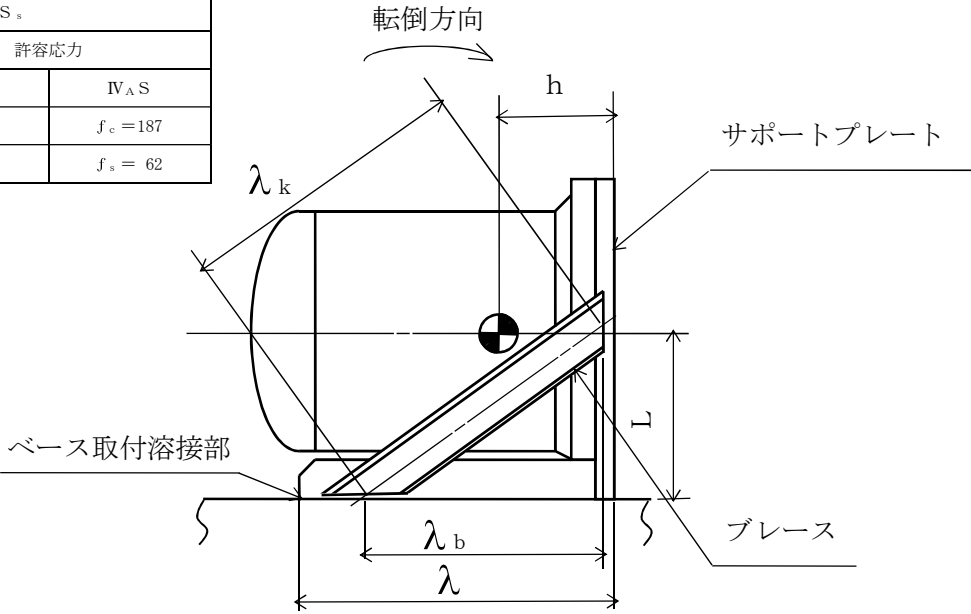
すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能維持の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
プロワ	水平方向		2.6
	鉛直方向		1.0
原動機	水平方向		4.7
	鉛直方向		1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



V-2-9-3-4 水素濃度抑制系の耐震性についての計算書

V-2-9-3-4-1 静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算書

目次

1. 一般事項	1
1.1 適用基準	1
1.2 記号の説明	2
1.3 計算精度と数値の丸め方	3
2. 構造説明	4
2.1 構造計画	4
3. 計算方法	6
3.1 固有周期の計算方法	6
3.2 応力の計算方法	7
3.2.1 計算条件	7
3.2.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
3.2.3 設計震度	11
3.2.4 ボルトの応力計算	12
4. 評価方法	14
4.1 ボルトの応力評価	14
5. 評価結果	15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15

1. 一般事項

本計算書は、静的触媒式水素再結合器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価にて行う。

静的触媒式水素再結合器は、重大事故等対処設備の常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

1.1 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 62 年 8 月）（以下「指針」という。）に準拠して評価する。

1.2 記号の説明

記 号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
λ_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
λ_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	運転時質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注：「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J SME S NC 1-2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）をいう。

注記 *： $\lambda_1 \leq \lambda_2$

1.3 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-1に示すとおりである。

表1-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ ^{*1}	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

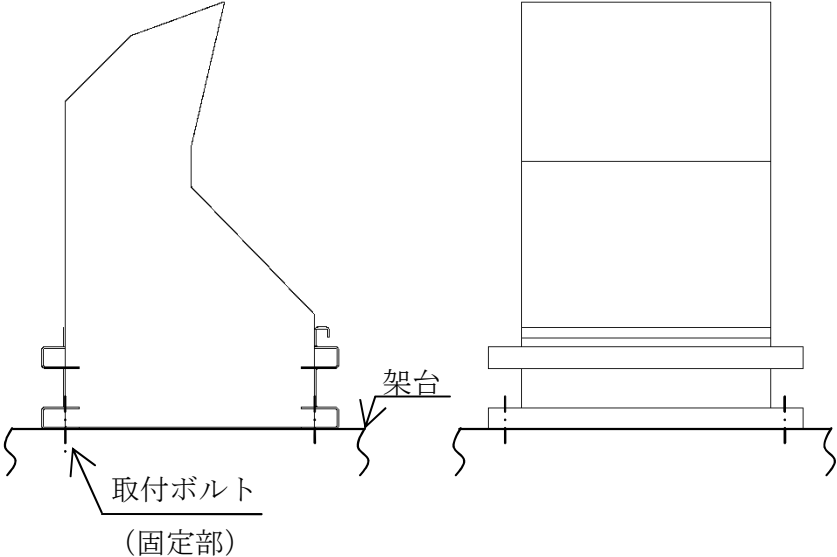
*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

2. 構造説明

2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概 略 構 造 図
	基礎・支持構造	主体構造	
(1) 再結合装置	静的触媒式水素再結合器は取付ボルトにて架台に取り付ける。	角形	

3. 計算方法

3.1 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

静的触媒式水素再結合器は構造的に 1 個の大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ、下面が取付ボルトにて固定されている。

したがって、全体的に一つの剛体と見なせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

3.2 応力の計算方法

3.2.1 計算条件

- (1) 静的触媒式水素再結合器の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 静的触媒式水素再結合器は取付ボルトにて十分剛な架台に固定されるものとする。
- (3) 地震力は静的触媒式水素再結合器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (4) 転倒方向は図 3-1 概要図における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。

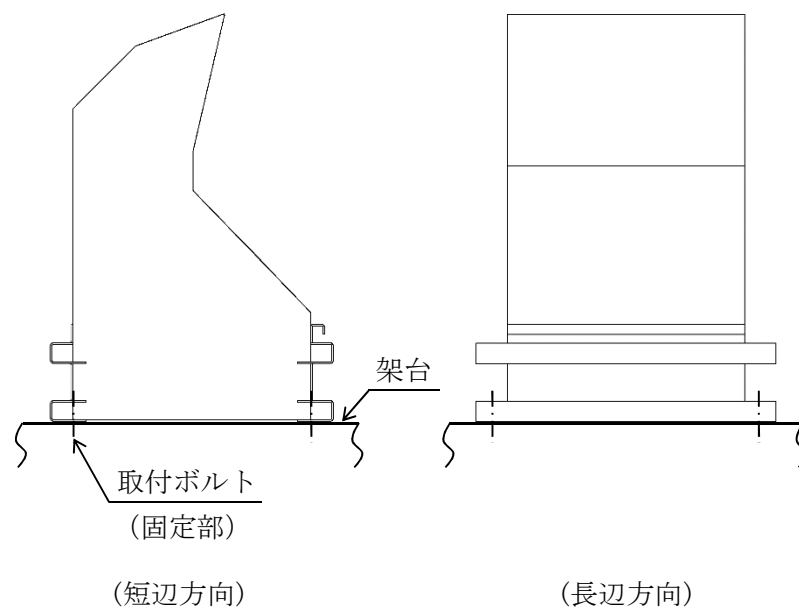


図 3-1 概要図

3.2.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

静的触媒式水素再結合器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2.2 許容応力

静的触媒式水素再結合器の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.2.3 使用材料の許容応力

静的触媒式水素再結合器の使用材料の許容応力を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	静的触媒式水素再結合器	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s^{*2}$	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*3}$

注記 *1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

*3： $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。

∞

記号の説明

D : 死荷重

P_D : 地震と組合すべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又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

M_D : 地震と組合すべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重

M_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による機械的荷重

$IV_A S$: 設計・建設規格の供用状態Ⅰ相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

$V_A S$: 運転状態Ⅴ相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許 容 限 界* ¹ (ボ ル ト 等)		
	一 次 応 力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^{*2}$	$1.5 \cdot f_s^{*2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{*2}, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S* ³	$1.5 \cdot f_t^{*2}$	$1.5 \cdot f_s^{*2}$	$\text{Min} \{1.5 \cdot f_t^{*2}, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$

6

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：支持構造物においてF 値の算出時，S_y 及びS_y（RT）をそれぞれ1.2・S_y 及び1.2・S_y（RT）と読み替える。

ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

*3：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
取付ボルト		最高使用温度	300	127	391	—

3.2.3 設計震度

静的触媒式水素再結合器の評価に用いる設計震度を表 3-4 に示す。

表 3-4 静的触媒式水素再結合器の設計震度

	固有周期(s)	設計震度
		基準地震動 S_s
水平方向	— *	2.09
鉛直方向	— *	1.77

注記 * : 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

3.2.4 ボルトの応力計算

取付ボルトの応力は、地震による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

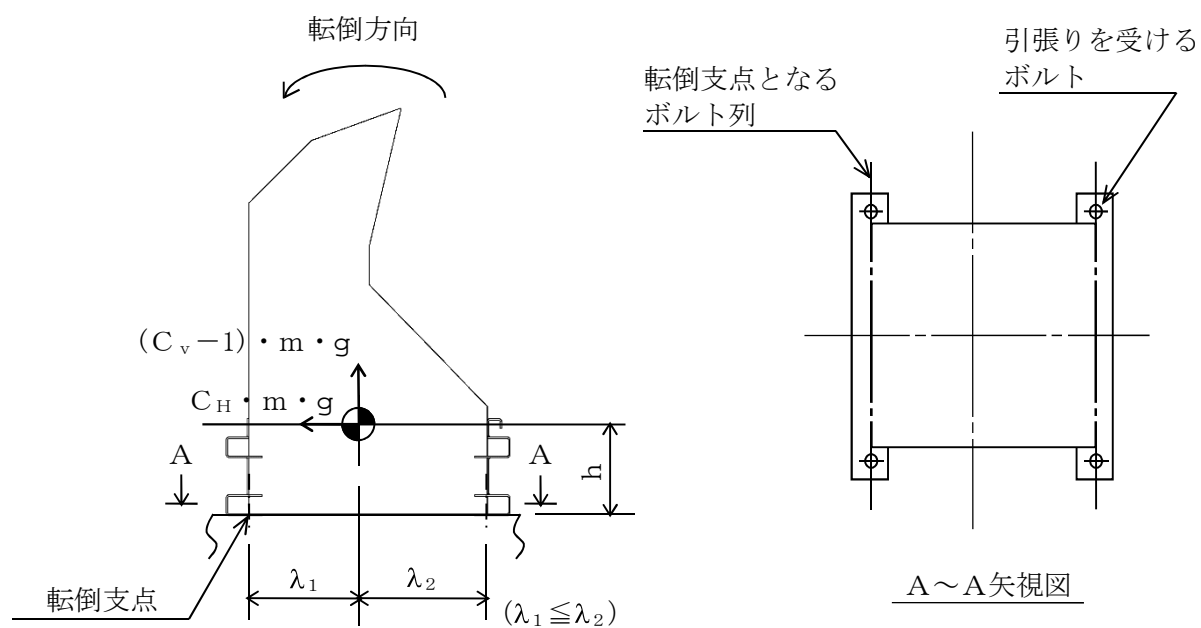


図 3-2 計算モデル（短辺方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は図 3-2 で取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルト 1 本で受けるものとして計算する。

引張力 (F_b)

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \lambda_1}{n_f \cdot (\lambda_1 + \lambda_2)} \dots\dots\dots (3.2.1)$$

引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.2.2)$$

(2) セン断応力

取付ボルトに対するせん断力は，取付ボルト 1 本で受けるものとして計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (3.2.3)$$

せん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.2.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積 A_b は

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.2.5)$$

4. 評価方法

4.1 ボルトの応力評価

3.2 節で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。
せん断応力 τ_b はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \cdots \cdots \cdots (4.1.1)$$

かつ,

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \cdots \cdots \cdots (4.1.2)$$

ただし, f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素再結合器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を次ページ以降に示す。

【静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

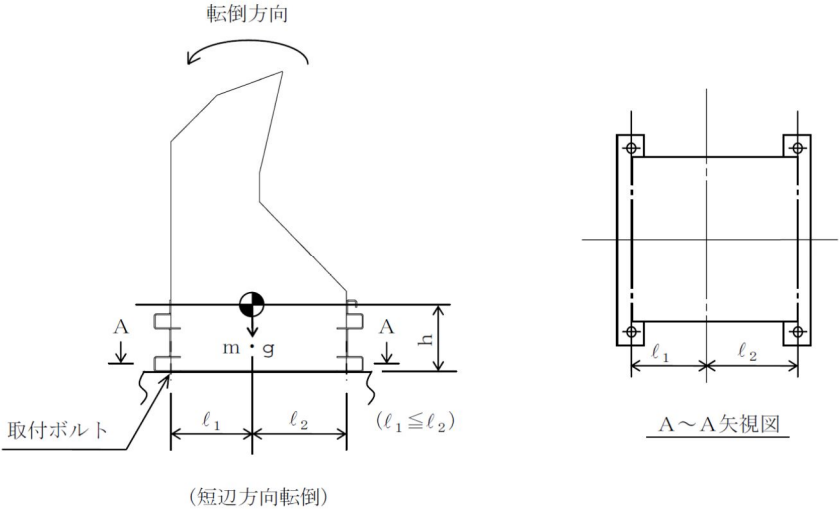
機 器 名 称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
静的触媒式水素再結合器	－(S _s 機能維持)	原子炉建屋 EL. 57.0*1	－*2	－	－	C _H =2.09*3	C _V =1.77*3	300	－

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
*3：基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	λ_1 (mm)	λ_2 (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f
							基準地震動 S _s
取付ボルト						1	1

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	転倒方向
			基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
取付ボルト	127	391	171	短辺



1.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)		
部 材	F_b	Q_b
	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
取付ボルト	569.9	1.025×10^3

1.4 結論

ボルトの応力 (単位：MPa)				
部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	$\sigma_b = 5$	$f_{ts} = 128$
		せん断	$\tau_b = 9$	$f_{sb} = 98$

すべて許容応力以下である。

V-2-9-3-5 主蒸気隔離弁漏えい抑制系の耐震性についての計算書

V-2-9-3-5-1 低圧マニホールドの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	12
3. 評価部位	13
4. 固有周期	13
4.1 固有周期の計算方法	13
5. 構造強度評価	18
5.1 構造強度評価方法	18
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	18
5.3 設計用地震力	22
5.4 計算方法	23
5.5 計算条件	32
5.6 評価方法	32
6. 引用文献	36

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧マニホールドが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

低圧マニホールドは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧マニホールドの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図	備考
基礎・支持構造	主体構造		
胴を 4 個の脚で支持し，脚を溶接で架台に据え付ける。	上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形		

2.2 評価方針

低圧マニホールドの応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す低圧マニホールドの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

低圧マニホールドの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

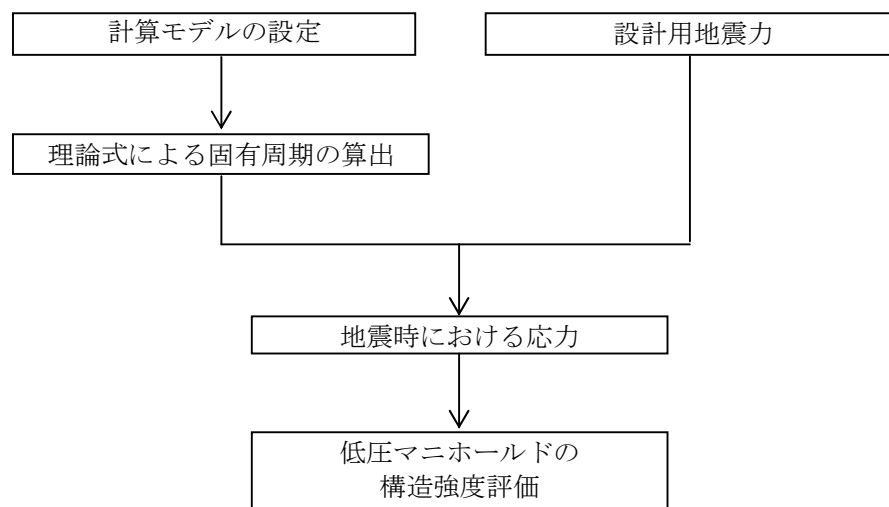


図 2-1 低圧マニホールドの耐震評価フロー

2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補－1984, J E A G 4 6 0 1 －1987 及び J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

2.4 記号の説明

記 号	記 号 の 説 明	単 位
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
A_f	脚の圧縮フランジの断面積	mm^2
A_s	脚の断面積	mm^2
A_{s1}	脚の半径方向軸に対するせん断断面積	mm^2
A_{s2}	脚の周方向軸に対するせん断断面積	mm^2
A_{sf}	脚の圧縮フランジとせいの6分の1から成る T 形断面の断面積	mm^2
A_{sr}	脚の半径方向軸に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{st}	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	mm^2
a	脚底板の半径方向幅	mm
b	脚底板の周方向幅	mm
C	脚の座屈曲げモーメントに対する修正係数	—
C_1	脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1（胴の周方向）	mm
C_2	脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1（胴の軸方向）	mm
C_{cj}	周方向モーメントによる応力の補正係数（引用文献(2)より得られる値） ($j=1$: 周方向応力, $j=2$: 軸方向応力)	—
C_H	水平方向設計震度	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
C_{lj}	鉛直方向モーメントによる応力の補正係数（引用文献(2)より得られる値） ($j=1$: 周方向応力, $j=2$: 軸方向応力)	—
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
e	脚中心から偏心荷重作用点までの距離	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F_o	振動モデル系における水平力	N
F_v	鉛直方向荷重	N
f_{br}	脚の半径方向軸回りの許容曲げ応力	MPa
f_{bt}	脚の半径方向に直角な方向の軸回りの許容曲げ応力	MPa
f_c	脚の許容圧縮応力	MPa

記 号	記 号 の 説 明	単 位
f_t	脚の許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
H	水頭	mm
h	脚断面のせい	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm^4
i	脚の弱軸についての断面二次半径	mm
i_f	脚の圧縮フランジとせいの6分の1から成る T 形断面のウェブ 軸回りの断面二次半径	mm
I_{sf}	脚の圧縮フランジとせいの6分の1から成る T 形断面のウェブ 軸回りの断面二次モーメント	mm^4
I_{sr}	脚の半径方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
I_{st}	脚の周方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
J_s	脚のねじりモーメント係数	mm^4
K_{1j}, K_{2j}	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 ($j=1$: 周方向応力, $j=2$: 軸方向応力)	—
K_c	胴の脚付け根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数 (引用文献(1)より得られる値)	—
K_H	ばね定数 (水平方向)	N/m
K_ℓ	胴の脚付け根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数 (引用文献(1)より得られる値)	—
K_r	胴の脚付け根部における半径方向荷重に対する局部ばね定数 (引用文献(1)より得られる値)	—
K_v	ばね定数 (鉛直方向)	N/m
k_c, k_ℓ	引用文献(1)によるアタッチメントパラメータの周方向及び軸方向の補正係数	—
ℓ	脚の長さ	mm
ℓ_c	脚の中立軸間の距離	mm
ℓ_g	架台から容器重心までの距離	mm
ℓ_k	脚の有効座屈長さ	mm
M_1	Z 方向地震による胴の脚付け根部の鉛直方向モーメント	N・mm

記 号	記 号 の 説 明	単 位
M_3	Z方向地震による胴の脚付け根部のねじりモーメント	N・mm
M_c	Z方向地震による胴の脚付け根部の周方向モーメント	N・mm
M_ℓ	運転時質量による胴の脚付け根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$M_{\ell 2}$	鉛直方向地震による胴の脚付け根部の鉛直方向モーメント	N・mm
M_{s1}, M_{s2}	脚の上下両端に作用する曲げモーメント	N・mm
M_{x1}	X方向地震により脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
M_{z1}	Z方向地震により第1脚及び第3脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
M_{z2}	Z方向地震により第2脚及び第4脚の底部に作用する合成モーメント	N・mm
m_0	容器の運転時質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
P	運転時質量による胴の脚付け根部の半径方向荷重	N
P_1	Z方向地震による胴の脚付け根部の半径方向荷重	N
P_2	鉛直方向地震による胴の脚付け根部の半径方向荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
Q	Z方向地震による胴の脚付け根部の周方向荷重	N
R	運転時質量による脚の軸力	N
R_1	Z方向地震により脚に作用する軸力	N
R_2	鉛直方向地震により脚に作用する軸力	N
R_{x1}	X方向地震により脚に作用する軸力	N
R_{z1}	Z方向地震により第1脚及び第3脚に作用する軸力	N
R_{z2}	Z方向地震により第2脚及び第4脚に作用する軸力	N
r_m	胴の平均半径	mm

記 号	記 号 の 説 明	単 位
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
T_H	水平方向の固有周期	s
T_v	鉛直方向の固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
u	脚の中心軸から胴板の厚さの中心までの距離	mm
Z_{sp}	脚のねじり断面係数	mm ³
Z_{sr}	脚の半径方向軸に対する断面係数	mm ³
Z_{st}	脚の周方向軸に対する断面係数	mm ³
β, β_1, β_2	引用文献(2) によるアタッチメントパラメータ	—
γ	引用文献(2) によるシェルパラメータ	—
δ_H	水平力 F_o による胴重心の水平方向変位量	mm
δ_v	胴重心の鉛直方向変位量	mm
Δ_r	運転時質量による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{r1}	水平力 F_o による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 F_o による第1脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力 F_o による第2脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{y1}	水平力 F_o による第1脚の鉛直方向変位量	mm
Δ_{y2}	鉛直方向荷重 F_v による支持脚の鉛直方向変位量	mm
Δ_{y3}	鉛直方向荷重 F_v による胴の鉛直方向変位量	mm
Δ_{y4}	運転時質量による胴付け根部における局部傾き角による鉛直方向変位量	mm
θ	運転時質量による胴の脚付け根部における局部傾き角	rad
θ_o	水平力 F_o による胴の中心軸の傾き角	rad
θ_1	水平力 F_o による第1脚の傾き角	rad
θ_1'	水平力 F_o による胴の第1脚付け根部における局部傾き角	rad
θ_3	水平力 F_o による第2脚の傾き角	rad
Λ	脚の限界細長比	—
λ	脚の有効細長比	—
ν	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—

記 号	記 号 の 説 明	単 位
ρ'	液体の密度（＝比重 $\times 10^{-6}$ ）	kg/mm ³
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向の一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	胴の軸方向の一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{11}, σ_{12}	Z方向地震が作用した場合の胴の第1脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{13}, σ_{14}	Z方向地震が作用した場合の胴の第2脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{15}, σ_{16}	X方向地震が作用した場合の胴の脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}, σ_{s2}	運転時質量による脚の圧縮及び曲げ応力	MPa
σ_{s3}, σ_{s4}	鉛直方向地震による脚の圧縮及び曲げ応力	MPa
$\sigma_{s5}, \sigma_{s6}, \sigma_{s7}$	Z方向地震による脚の圧縮並びに第1脚及び第2脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{s8}, \sigma_{s9}, \sigma_{s10}$	X方向地震による脚の圧縮並びに半径方向及び周方向の曲げ応力	MPa
σ_{sc}	脚の圧縮応力の和	MPa
σ_{sr}	脚の半径方向軸回りの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_{st}	脚の半径方向に直角な軸回りの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_{sx}	X方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}$	Z方向地震が作用した場合の第1脚及び第2脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}, \sigma_{x1}$	静水頭又は内圧による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 7}$	鉛直方向地震による胴の周方向応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 3}, \sigma_{x3}$	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 4}, \sigma_{x4}$	運転時質量により生じる半径方向荷重による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
σ_{x5}	水平方向地震が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
σ_{x7}	鉛直方向地震による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 8}, \sigma_{x8}$	鉛直方向地震により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa

記 号	記 号 の 説 明	単 位
$\sigma_{\phi 9}, \sigma_{x 9}$	鉛直方向地震により生じる半径方向荷重による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 61}, \sigma_{x 61}$	Z方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 71}, \sigma_{x 71}$	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 81}, \sigma_{x 81}$	Z方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 91}, \sigma_{x 91}$	X方向地震が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 101}, \sigma_{x 101}$	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 111}, \sigma_{x 111}$	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{x x 1}, \sigma_{x x 2}$	X方向地震が作用した場合の胴の脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{x z 1}, \sigma_{x z 2}$	Z方向地震が作用した場合の胴の第1脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{x z 3}, \sigma_{x z 4}$	Z方向地震が作用した場合の胴の第2脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi x 1}, \sigma_{\phi x 2}$	X方向地震が作用した場合の胴の脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi z 1}, \sigma_{\phi z 2}$	Z方向地震が作用した場合の胴の第1脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi z 3}, \sigma_{\phi z 4}$	Z方向地震が作用した場合の胴の第2脚付け根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次応力の和	MPa
τ_3	Z方向地震により胴の脚付け根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_6	X方向地震により胴の脚付け根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa

記 号	記 号 の 説 明	単 位
τ_{c1}	Z方向地震により胴の脚付け根部に生じる周方向せん断応力	MPa
τ_{c4}	X方向地震により胴の脚付け根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell1}$	運転時質量により胴の脚付け根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell2}$	Z方向地震により胴の脚付け根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell5}$	X方向地震により胴の脚付け根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell3}$	鉛直方向地震により胴の脚付け根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{s1}	運転時質量による脚のせん断応力	MPa
τ_{s2}	鉛直方向地震による脚のせん断応力	MPa
τ_{s3}, τ_{s4}	Z方向地震による第1脚及び第2脚のせん断応力	MPa
τ_{s5}	X方向地震による脚のせん断応力	MPa

注：「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 J S M E S N C 1－2005）（日本機械学会 2005年9月）をいう。

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ ^{*1}	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

低圧マニホールドは、胴及び脚について評価を実施する。

低圧マニホールドの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

本容器は、1.2項より脚下端の支持条件を組み合わせることで次の計算モデルができる。

a. 第1脚及び第2脚とも固定の場合

図4-1にa項の変形モードを示す。

(2) 固有周期

それぞれの脚及び胴について、荷重、モーメント及び変形の釣合い条件の方程式を作ることにより、以下のように固有周期を求める。

a. 水平方向の固有周期

(a) 第1脚及び第2脚とも固定の場合（図4-1 参照）

水平力の釣合いより

$$2 \cdot P_1 + 2 \cdot Q = F_0 \quad \dots\dots\dots (4.1.1)$$

転倒モーメントの釣合いより

$$2 \cdot M_1 - 2 \cdot M_3 + 2 \cdot R_1 \cdot r_m = F_0 \cdot (\ell_g - \ell) \quad \dots\dots\dots (4.1.2)$$

ただし、

$$r_m = (D_i + t) / 2 \quad \dots\dots\dots (4.1.3)$$

水平力 F_0 による第1脚の水平方向変位量、傾き角及び鉛直方向変位量は

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 \cdot \ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot \ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \quad \dots\dots\dots (4.1.4)$$

ここで、（図4-1 参照）

$$u = \frac{\ell_c}{2} - r_m \quad \dots\dots\dots (4.1.5)$$

$$\theta_1 = \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) \cdot \ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \quad \dots\dots\dots (4.1.6)$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 \cdot \ell}{A_s \cdot E_s} \quad \dots\dots\dots (4.1.7)$$

水平力 F_o による胴の半径方向局部変位量と局部傾き角は

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r \cdot P_1}{r_m \cdot E} \quad \dots\dots\dots (4.1.8)$$

$$\theta_{1'} = \frac{K_\ell \cdot M_1}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \quad \dots\dots\dots (4.1.9)$$

ここで、 K_r 及び K_ℓ は引用文献(1)に基づく胴の半径方向荷重による局部変位と長手方向曲げモーメントによる局部傾き角に対する定数であり、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β は、以下のように定義する。

$$r_m = (D_i + t) / 2 \quad \dots\dots\dots (4.1.10)$$

$$\gamma = r_m / t \quad \dots\dots\dots (4.1.11)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \quad \dots\dots\dots (4.1.12)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \quad \dots\dots\dots (4.1.13)$$

$$\beta = k_\ell \cdot \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \quad \dots\dots\dots (4.1.14)$$

水平力 F_o による第 2 脚の傾き角（胴の中心軸の傾き角に同じ。）と水平方向変位量は

$$\theta_o = \frac{-M_3 \cdot \ell}{E_s \cdot I_{sr}} + \frac{Q \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{sr}} \quad \dots\dots\dots (4.1.15)$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q \cdot \ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{sr}} + \frac{Q \cdot \ell}{G_s \cdot A_{st}} - \frac{M_3 \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{sr}} \quad \dots\dots (4.1.16)$$

第 1 脚と胴の傾き角の釣合いより

$$\theta_1 + \theta_{1'} - \theta_o = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.17)$$

水平力 F_o による第 2 脚のねじれ角と胴の局部傾き角は等しいから

$$\theta_3 = \frac{(Q \cdot u - M_c) \cdot \ell}{G_s \cdot J_s} = \frac{K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \quad \dots\dots\dots (4.1.18)$$

ここで、 K_c は、引用文献(1)に基づく胴の周方向曲げモーメントによる局部傾き角に対する定数であり、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β は、(4.1.10) 式～ (4.1.14) 式とする。ただし、(4.1.14) 式の k_ℓ を k_c 、 β_1 を β_2 及び β_2 を β_1 に置き換える。

脚と胴の水平方向変位量の釣合いより

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \cdot \theta_3 \quad \dots\dots\dots (4.1.19)$$

さらに、鉛直方向の釣合いより

$$\Delta_{y1} - u \cdot \theta_1 - r_m \cdot \theta_0 = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.20)$$

(4.1.20) 式へ (4.1.6) 式, (4.1.7) 式及び (4.1.15) 式を代入して

$$\begin{aligned} & \frac{R_1 \cdot \ell}{A_s \cdot E_s} - \frac{u \cdot (M_1 - R_1 \cdot u) \cdot \ell}{E_s \cdot I_{st}} - \frac{u \cdot P_1 \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{r_m \cdot M_3 \cdot \ell}{E_s \cdot I_{sr}} \\ & - \frac{r_m \cdot Q \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{sr}} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.21) \end{aligned}$$

(4.1.17) 式へ (4.1.6) 式, (4.1.9) 式及び (4.1.15) 式を代入して

$$\begin{aligned} & \frac{M_3 \cdot \ell}{E_s \cdot I_{sr}} - \frac{Q \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) \cdot \ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \\ & + \frac{K_\ell \cdot M_1}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.22) \end{aligned}$$

(4.1.18) 式を変形して

$$\frac{u \cdot Q \cdot \ell}{G_s \cdot J_s} - \frac{M_c \cdot \ell}{G_s \cdot J_s} - \frac{K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.1.23)$$

(4.1.19) 式へ (4.1.4) 式, (4.1.8) 式, (4.1.16) 式及び (4.1.18) 式を代入して

$$\begin{aligned} & \frac{P_1 \cdot \ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot \ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_r \cdot P_1}{r_m \cdot E} \\ & - \frac{Q \cdot \ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{sr}} - \frac{Q \cdot \ell}{G_s \cdot A_{st}} + \frac{M_3 \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{sr}} - \frac{u \cdot K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} = 0 \\ & \dots\dots\dots (4.1.24) \end{aligned}$$

以上より、6 変数 P_1 , Q , R_1 , M_1 , M_3 及び M_c に対して (4.1.1) 式, (4.1.2) 式及び (4.1.21) 式～ (4.1.24) 式を連立させ、 Δ_{x1} , Δ_{r1} 及び θ_0 を求める。

胴重心の変位量 δ_H , ばね定数 K_H 及び固有周期 T_H は次式で求める。

$$\delta_H = \Delta_{x1} + \Delta_{r1} + (\ell_g - \ell) \cdot \theta_0 + \frac{(\ell_g - \ell)^3}{3 \cdot E \cdot I} \cdot F_0 + \frac{(\ell_g - \ell)}{G \cdot A_e} \cdot F_0 \quad \dots\dots\dots (4.1.25)$$

$$K_H = \frac{1000 \cdot F_0}{\delta_H} \quad \dots\dots\dots (4.1.26)$$

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots\dots\dots (4.1.27)$$

ここで、胴の断面性能は次式で求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \quad \dots\dots\dots (4.1.28)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad \dots\dots\dots (4.1.29)$$

b. 鉛直方向の固有周期

鉛直方向荷重 F_v による支持脚の鉛直方向変位量と胴の鉛直方向変位量は次式で求める。

$$\Delta_{y2} = \frac{F_v \cdot \ell}{4 \cdot A_s \cdot E_s} \quad \dots\dots\dots (4.1.30)$$

$$\Delta_{y3} = \frac{F_v \cdot (\ell_g - \ell)}{A \cdot E} \quad \dots\dots\dots (4.1.31)$$

ここで、

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad \dots\dots\dots (4.1.32)$$

運転時質量による胴の脚付け根部における局部傾き角による鉛直方向変位量は次式で求める。

$$\Delta_{y4} = \theta \cdot u \quad \dots\dots\dots (4.1.33)$$

局部傾き角は脚下端の支持条件により、

(a) 脚下端が固定の場合

$$\theta = \frac{K_\ell \cdot M_\ell}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \quad \dots\dots\dots (4.1.34)$$

ここで、

$$\begin{aligned} M_\ell = & \left\{ \left(\frac{\ell^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \cdot \frac{F_v \cdot u \cdot \ell}{4 \cdot E_s \cdot I_{st}} \right\} \\ & \nearrow \left\{ \left(\frac{\ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \right. \\ & \cdot \left. \left(\frac{\ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_\ell}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \right)^2 \right\} \\ & \dots\dots\dots (4.1.35) \end{aligned}$$

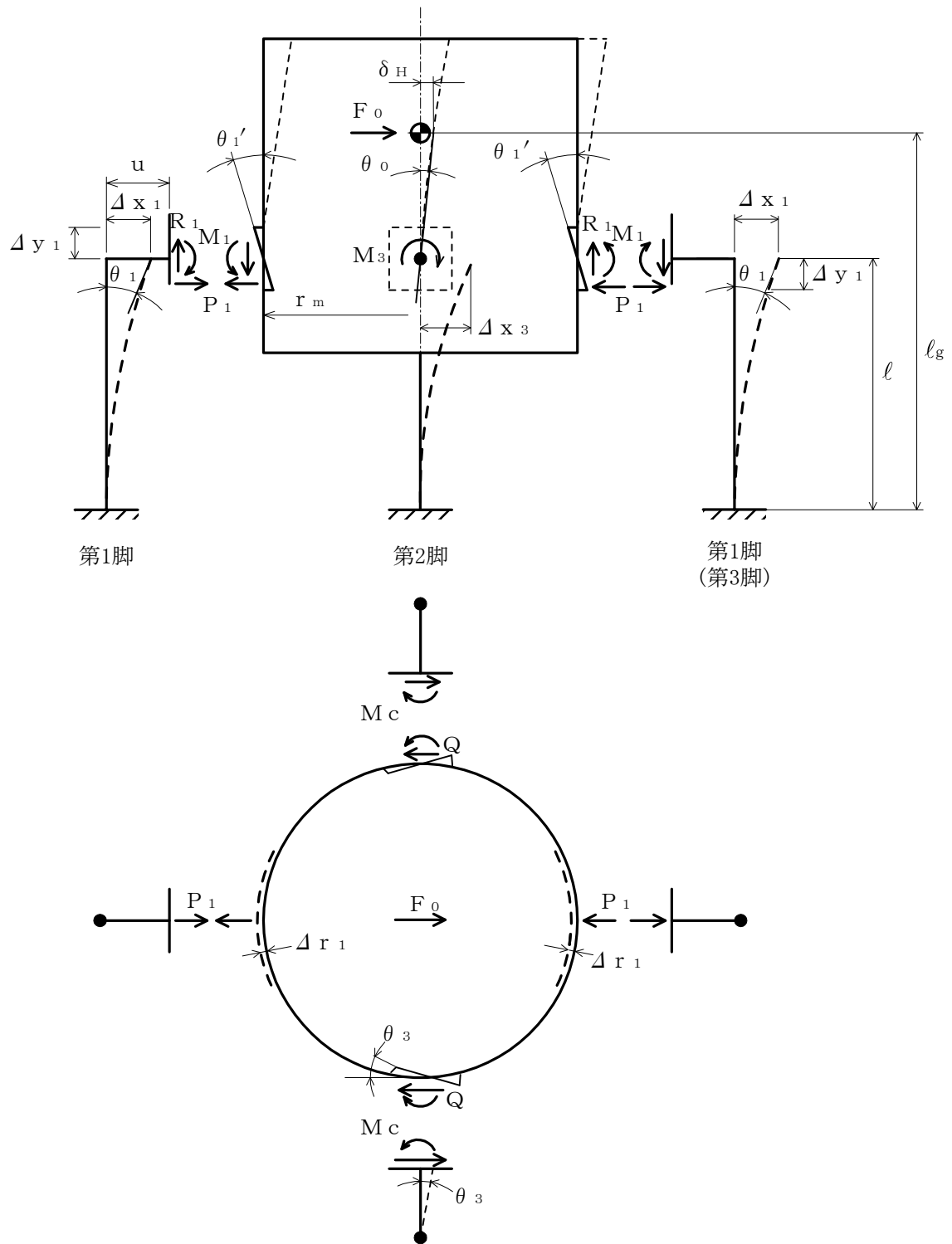


図 4-1 第 1 脚及び第 2 脚とも脚下端が固定されている場合の変形モード

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 容器及び内容物の質量は，重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 低圧マニホールドは胴を4個の脚で支持し，脚は溶接で架台に据え付けているため，固定端として評価する。
- (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

低圧マニホールドの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

低圧マニホールドの許容応力を表 5-2 及び表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 の循環設備	低圧マニホールド	S	クラス 3 容器 [*]	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 5-2 許容応力（クラス 2， 3 容器）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2}			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ A S	S _y と 0.6・S _u の小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・S との大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動 S _d 又は基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い，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 2・S _y 以下であれば，疲労解析は行わない。	
Ⅳ A S	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値		

注記 *1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

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

表 5-3 許容応力（クラス 2， 3 支持構造物）

許容応力状態	許容限界 [*] (脚)
	一 次 応 力
	組 合 せ
Ⅲ A S	$1.5 \cdot f_t$
Ⅳ A S	$1.5 \cdot f_t^*$

注記 *：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 設計用地震力

耐震評価に用いる「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s 」は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

応力計算において、静的地震力を用いるため絶対値和を用いる。

5.4.1.1 胴の応力

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 7} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 7} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$\sigma_{x 7} = \frac{m_0 \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

(3) 運転時質量による胴の脚付け根部の応力

脚下端が固定の場合

脚の半径方向変位量と胴の半径方向局部変位量は等しいから

$$\begin{aligned} \Delta_r &= \frac{-P \cdot \ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{-P \cdot \ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{(R \cdot u - M\ell) \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \\ &= \frac{K_r \cdot P}{r_m \cdot E} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9) \end{aligned}$$

また、脚上端の傾き角と胴の局部傾き角は等しいから

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{(R \cdot u - M\ell) \cdot \ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{-P \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \\ &= \frac{K\ell \cdot M\ell}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.10) \end{aligned}$$

ここで、

$$R = \frac{m_0 \cdot g}{4} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

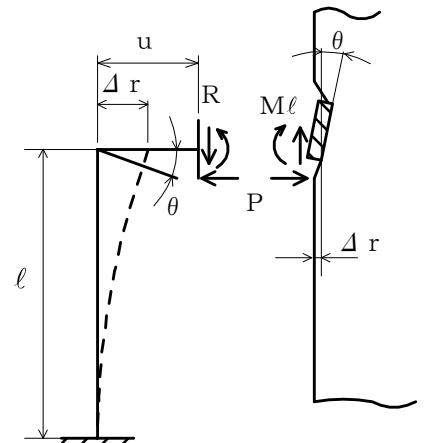


図 5-1 脚下端が固定されている場合の運転時質量による脚及び胴の変形

したがって、(5.4.1.1.11) 式を (5.4.1.1.9) 式及び (5.4.1.1.10) 式に代入した式を連立することにより、 M_ℓ を以下のように求める。

$$M_\ell = \left\{ \left(\frac{\ell^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \cdot \frac{m_o \cdot g \cdot u \cdot \ell}{4 \cdot E_s \cdot I_{st}} \right\} \\ \left/ \left(\frac{\ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \right. \\ \left. \cdot \left(\frac{\ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_\ell}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.12)$$

P は (5.4.1.1.9) 式に (5.4.1.1.11) 式を代入して整理すると

$$P = \frac{\frac{m_o \cdot g}{4} \cdot u - M_\ell}{\frac{2 \cdot E_s \cdot I_{st}}{\frac{\ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E}}} \cdot \ell^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.13)$$

となる。

鉛直方向曲げモーメント M_ℓ により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は引用文献 (2) により次のようにして求める。

シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β を以下のように定義する。

$$r_m = (D_i + t) / 2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.14)$$

$$\gamma = r_m / t \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.15)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.16)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.17)$$

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.18)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって引用文献 (2) の図より値 (以下 ℓ を付記するもの) を求めることにより、次式で求める。

$$\sigma_{\phi 3} = \left\{ \frac{N_\phi}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 1} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.19)$$

$$\sigma_{x 3} = \left\{ \frac{N_x}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.20)$$

半径方向荷重 P により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

$$\sigma_{\phi 4} = \left(\frac{N_\phi}{P / r_m} \right)^* \cdot \left(\frac{P}{r_m \cdot t} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.21)$$

$$\sigma_{x4} = \left(\frac{N_x}{P/r_m} \right)^* \cdot \left(\frac{P}{r_m \cdot t} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.22)$$

ここで、 γ 及び β は (5.4.1.1.14) 式～ (5.4.1.1.18) 式によるが、(5.4.1.1.18) 式を

$$4 \geq \beta_1 / \beta_2 \geq 1 \text{ のとき}$$

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} \cdot (\beta_1 / \beta_2 - 1) \cdot (1 - K_{1j}) \right\} \cdot \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

\dots\dots\dots (5.4.1.1.23)

ただし、 $\beta \leq 0.5$

$$\frac{1}{4} \leq \beta_1 / \beta_2 < 1 \text{ のとき}$$

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} \cdot (1 - \beta_1 / \beta_2) \cdot (1 - K_{2j}) \right\} \cdot \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

\dots\dots\dots (5.4.1.1.24)

ただし、 $\beta \leq 0.5$

に置き換える。

反力 R によるせん断応力は

$$\tau_{\ell 1} = \frac{R}{4 \cdot C_2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.25)$$

(4) 水平方向地震による胴の曲げ応力

水平方向地震により胴に転倒モーメントが作用するため、脚が取り付く胴の円周上に以下の曲げ応力が発生する。

$$\sigma_{x5} = \frac{C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot (\ell_g - \ell) \cdot (D_i + 2 \cdot t)}{2 \cdot I} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.26)$$

(5) Z 方向地震による胴の脚付け根部の応力

4.1 項の固有周期計算において (4.1.1) 式及び (4.1.2) 式の水平力 F_0 を $C_H \cdot m_0 \cdot g$ に置き換えて得られる数値を使用する。

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は (5.4.1.1.21) 式及び (5.4.1.1.22) 式と同様にして

$$\sigma_{\phi 61} = \left(\frac{N_\phi}{P_1 / r_m} \right)^* \cdot \left(\frac{P_1}{r_m \cdot t} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.27)$$

$$\sigma_{x 61} = \left(\frac{N_x}{P_1 / r_m} \right)^* \cdot \left(\frac{P_1}{r_m \cdot t} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.28)$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

(5.4.1.1.19) 式及び (5.4.1.1.20) 式と同様にして

$$\sigma_{\phi 71} = \left\{ \frac{N_\phi}{M_1 / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_1}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 1} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.29)$$

$$\sigma_{x71} = \left\{ \frac{N_x}{M_1 / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_1}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 2} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.30)$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は
(5.4.1.1.19) 式及び (5.4.1.1.20) 式と同様にして

$$\sigma_{\phi 81} = \left\{ \frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{c1} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.31)$$

$$\sigma_{x81} = \left\{ \frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{c2} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.32)$$

ここで、 γ 及び β は (5.4.1.1.14) 式～(5.4.1.1.18) 式によるが、(5.4.1.1.18) 式
を

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.33)$$

ただし、 $\beta \leq 0.5$

に置き換える。

周方向せん断力 Q によるせん断応力は

$$\tau_{c1} = \frac{Q}{4 \cdot C_1 \cdot t} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.34)$$

鉛直方向せん断力 R_1 によるせん断応力は

$$\tau_{\ell 2} = \frac{R_1}{4 \cdot C_2 \cdot t} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.35)$$

ねじりモーメント M_3 により生じる胴のせん断応力は

$$\tau_3 = \frac{M_3}{2 \cdot \pi \cdot C_1^2 \cdot t} \quad \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.36)$$

ここで、 $C_1 > C_2$ のとき C_1 を C_2 に置き換える。(図 5-2 参照)

(6) X 方向地震による胴の脚付け根部の応力

(5.4.1.1.27) 式～(5.4.1.1.32) 式までの右边に $\frac{1}{\sqrt{2}}$ を乗じて得られる値を使用し、

半径方向荷重による場合には $\sigma_{\phi 91}$ 及び σ_{x91} ，鉛直方向曲げモーメントによる場合
には $\sigma_{\phi 101}$ 及び σ_{x101} 並びに周方向曲げモーメントによる場合には、
 $\sigma_{\phi 111}$ 及び σ_{x111} とする。

また、(5.4.1.1.34) 式～(5.4.1.1.36) 式までの右边に $\frac{1}{\sqrt{2}}$ を乗じて得られる値を
使用し、周方向せん断力による場合には τ_{c4} ，鉛直方向せん断力による場合には $\tau_{\ell 5}$
及びねじりモーメントによる場合には τ_6 とする。

(7) 鉛直方向地震による胴の脚付け根部の応力

脚下端が固定の場合の軸力，胴の脚付け根部の鉛直方向モーメント及び半径方向荷重を以下のように求める。

$$R_2 = \frac{m_0 \cdot g \cdot C_v}{4} \dots\dots\dots (5.4.1.1.37)$$

$$M_{\ell 2} = \left\{ \left(\frac{\ell^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \cdot \frac{R_2 \cdot u \cdot \ell}{E_s \cdot I_{st}} \right. \\ \left. \begin{aligned} & \nearrow \left\{ \left(\frac{\ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \right. \\ & \quad \cdot \left(\frac{\ell}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_{\ell}}{r_m^3 \cdot \beta^2 \cdot E} \right) - \left(\frac{\ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \right)^2 \left. \right\} \dots\dots\dots \end{aligned} \right. \quad (5.4.1.1.38)$$

$$P_2 = \frac{(R_2 \cdot u - M_{\ell 2}) \cdot \ell^2}{2 \cdot E_s \cdot I_{st}} \nearrow \left(\frac{\ell^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{\ell}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.39)$$

a. 一次応力

鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell 2}$ により生じる胴の周方向及び軸方向応力は次式で求める。

$$\sigma_{\phi 8} = \left\{ \frac{N_{\phi}}{M_{\ell 2} \nearrow (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_{\ell 2}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.40)$$

$$\sigma_{x 8} = \left\{ \frac{N_x}{M_{\ell 2} \nearrow (r_m^2 \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{M_{\ell 2}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta} \right) \cdot C_{\ell 2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.41)$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の周方向及び軸方向応力は次式で求める。

$$\sigma_{\phi 9} = \left\{ \frac{N_{\phi}}{P_2 \nearrow r_m} \right\}^* \cdot \left(\frac{P_2}{r_m \cdot t} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.42)$$

$$\sigma_{x 9} = \left\{ \frac{N_x}{P_2 \nearrow r_m} \right\}^* \cdot \left(\frac{P_2}{r_m \cdot t} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.43)$$

b. 二次応力

鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell 2}$ により生じる胴の周方向及び軸方向応力は次式で求める。

$$\sigma_{\phi 10} = \left\{ \frac{M_{\phi}}{M_{\ell 2} \nearrow (r_m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{6 \cdot M_{\ell 2}}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.44)$$

$$\sigma_{x 10} = \left\{ \frac{M_x}{M_{\ell 2} \nearrow (r_m \cdot \beta)} \right\}^* \cdot \left(\frac{6 \cdot M_{\ell 2}}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.45)$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の周方向及び軸方向応力は次式で求める。

$$\sigma_{\phi 11} = \left\{ \frac{M_{\phi}}{P_2} \right\}^* \left(\frac{6 \cdot P_2}{t^2} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.46)$$

$$\sigma_{x 11} = \left\{ \frac{M_x}{P_2} \right\}^* \left(\frac{6 \cdot P_2}{t^2} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.47)$$

$$\tau_{\phi 3} = \frac{R_2}{4 \cdot C_2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.4.1.1.48)$$

(8) 組合せ応力

(1)～(7)によって求めた胴の脚付け根部に生じる応力を以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \text{Max} \{ \text{周方向応力} (\sigma_{\phi 0}), \text{軸方向応力} (\sigma_{x 0}) \} \dots\dots\dots (5.4.1.1.49)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi 0} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} \dots\dots\dots (5.4.1.1.50)$$

$$\sigma_{x 0} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 5} \dots\dots\dots (5.4.1.1.51)$$

b. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の組合せ一次応力

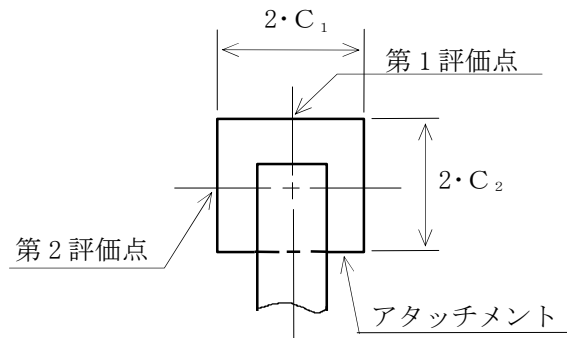


図 5-2 胴の評価点

【絶対値和】

(a) 第1脚付け根部

第1評価点については

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi z 1} = & \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 71} + \sigma_{\phi 8} \\ & + \sigma_{\phi 9} \dots\dots\dots (5.4.1.1.52) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x z 1} = & \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 61} + \sigma_{x 71} \\ & + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} \dots\dots\dots (5.4.1.1.53) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{11} = & \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{\phi z 1} + \sigma_{x z 1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z 1} - \sigma_{x z 1})^2} \right\} \\ & \dots\dots\dots (5.4.1.1.54) \end{aligned}$$

第2評価点については

$$\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 61} + \sigma_{\phi 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.55)$$

$$\sigma_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 61} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.56)$$

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\sigma_{\phi z 2} + \sigma_{x z 2}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z 2} - \sigma_{x z 2})^2 + 4 \cdot (\tau_{\ell 1} + \tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 3})^2} \} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.57)$$

(b) 第2脚付け根部

第1評価点については

$$\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.58)$$

$$\sigma_{x z 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.59)$$

$$\sigma_{13} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\sigma_{\phi z 3} + \sigma_{x z 3}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z 3} - \sigma_{x z 3})^2 + 4 \cdot (\tau_{c 1} + \tau_3)^2} \} \quad \cdots \quad (5.4.1.1.60)$$

第2評価点については

$$\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 81} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.61)$$

$$\sigma_{x z 4} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 81} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.62)$$

$$\sigma_{14} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\sigma_{\phi z 4} + \sigma_{x z 4}) + \sqrt{(\sigma_{\phi z 4} - \sigma_{x z 4})^2 + 4 \cdot (\tau_{\ell 1} + \tau_3 + \tau_{\ell 3})^2} \} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.63)$$

c. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合の組合せ一次応力

【絶対値和】

第1評価点については

$$\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 101} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.64)$$

$$\sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 91} + \sigma_{x 101} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.65)$$

$$\sigma_{15} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\sigma_{\phi x 1} + \sigma_{x x 1}) + \sqrt{(\sigma_{\phi x 1} - \sigma_{x x 1})^2 + 4 \cdot (\tau_{c 4} + \tau_6)^2} \} \quad \cdots \cdots \quad (5.4.1.1.66)$$

第2評価点については

$$\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 111} + \sigma_{\phi 9} \dots \dots \dots (5.4.1.1.67)$$

$$\sigma_{xx 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 91} + \sigma_{x 111} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} \dots \dots \dots (5.4.1.1.68)$$

$$\sigma_{16} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\sigma_{\phi x 2} + \sigma_{xx 2}) + \sqrt{(\sigma_{\phi x 2} - \sigma_{xx 2})^2 + 4 \cdot (\tau_{\ell 1} + \tau_{\ell 5} + \tau_6 + \tau_{\ell 3})^2} \} \dots \dots \dots (5.4.1.1.69)$$

d. 胴の一次応力の最大値_{xx}

ここで、b項及びc項により組み合わせた一次応力のうち最大のものを σ_1 とする。

$$\sigma_1 = \text{Max} (\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}) \dots \dots \dots (5.4.1.1.70)$$

5.4.2 脚の応力

脚にかかる荷重の大きい方について計算する。

(1) 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R}{A_s} \dots \dots \dots (5.4.2.1)$$

$$\sigma_{s2} = \frac{\text{Max} (|R \cdot u - M_{\ell} - P \cdot \ell|, |R \cdot u - M_{\ell}|)}{Z_{st}} \dots \dots \dots (5.4.2.2)$$

$$\tau_{s1} = \frac{P}{A_{s1}} \dots \dots \dots (5.4.2.3)$$

(2) 鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{s3} = \frac{R_2}{A_s} \dots \dots \dots (5.4.2.4)$$

$$\sigma_{s4} = \frac{\text{Max} (|R_2 \cdot u - M_{\ell 2} - P_2 \cdot \ell|, |R_2 \cdot u - M_{\ell 2}|)}{Z_{st}} \dots \dots \dots (5.4.2.5)$$

$$\tau_{s2} = \frac{P_2}{A_{s1}} \dots \dots \dots (5.4.2.6)$$

(3) Z方向地震による応力

第1脚については

$$\sigma_{s5} = \frac{R_1}{A_s} \dots \dots \dots (5.4.2.7)$$

$$\sigma_{s6} = \frac{\text{Max} (|R_1 \cdot u - M_1 - P_1 \cdot \ell|, |R_1 \cdot u - M_1|)}{Z_{st}} \dots \dots \dots (5.4.2.8)$$

$$\tau_{s3} = \frac{P_1}{A_{s1}} \dots\dots\dots (5.4.2.9)$$

第2脚については

$$\sigma_{s7} = \frac{\text{Max} (|Q \cdot \ell - M_3|, |M_3|)}{Z_{sr}} \dots\dots\dots (5.4.2.10)$$

$$\tau_{s4} = \frac{Q}{A_{s2}} + \frac{Q \cdot u - M_c}{Z_{sp}} \dots\dots\dots (5.4.2.11)$$

(4) X方向地震による応力

$$\sigma_{s8} = \frac{R_1}{\sqrt{2} \cdot A_s} \dots\dots\dots (5.4.2.12)$$

$$\sigma_{s9} = \frac{\text{Max} (|R_1 \cdot u - M_1 - P_1 \cdot \ell|, |R_1 \cdot u - M_1|)}{\sqrt{2} \cdot Z_{st}} \dots\dots\dots (5.4.2.13)$$

$$\sigma_{s10} = \frac{\text{Max} (|Q \cdot \ell - M_3|, |M_3|)}{\sqrt{2} \cdot Z_{sr}} \dots\dots\dots (5.4.2.14)$$

$$\tau_{s5} = \frac{P_1}{\sqrt{2} \cdot A_{s1}} + \frac{Q}{\sqrt{2} \cdot A_{s2}} + \frac{Q \cdot u - M_c}{\sqrt{2} \cdot Z_{sp}} \dots\dots\dots (5.4.2.15)$$

(5) 組合せ応力

脚の最大応力は次式で求める。

a. Z方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

【絶対値和】

第1脚については

$$\sigma_{sz1} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s5} + \sigma_{s6})^2 + 3 \cdot (\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s3})^2} \dots\dots\dots (5.4.2.16)$$

第2脚については

$$\sigma_{sz2} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s4})^2} \dots\dots\dots (5.4.2.17)$$

b. X方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

【絶対値和】

$$\sigma_{sx} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s8} + \sigma_{s9} + \sigma_{s10})^2 + 3 \cdot (\tau_{s1} + \tau_{s2} + \tau_{s5})^2} \dots\dots\dots (5.4.2.18)$$

ここで、組み合わせた応力のうち最大のものを σ_s とする。

$$\sigma_s = \text{Max} (\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}, \sigma_{sx}) \dots\dots\dots (5.4.2.19)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧マニホールドの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 評価方法

5.6.1 固有周期の評価

4.1 項で求めた固有周期から「IV-2-2 申請設備に係る耐震設計の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向の設計震度を求める。

5.6.2 応力の評価

5.6.2.1 胴の応力評価

5.4.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力の種類	許 容 応 力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の0.6倍のいずれか小さい方の値。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては許容引張応力 S の1.2倍の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。
一 次 応 力	設計降伏点 S_y とする。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては許容引張応力 S の1.2倍の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。

5.6.2.2 脚の応力評価

(1) 5.4.2項で求めた脚の組合せ応力が許容引張応力 f_t 以下であること。

$$f_t = \frac{F}{1.5} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.1)$$

(2) 圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せは次式を満足すること。(座屈の評価)

$$\frac{\sigma_{s r}}{f_{b r}} + \frac{\sigma_{s t}}{f_{b t}} + \frac{\sigma_{s c}}{f_c} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.2)$$

a. f_c は次による。

$\lambda \leq \Lambda$ のとき

$$f_c = 1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.3)$$

$\lambda > \Lambda$ のとき

$$f_c = 1.5 \cdot 0.277 \cdot F \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.4)$$

ここで,

$$\lambda = \ell_k / i \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.5)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E_s}{0.6 \cdot F}} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.6)$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.7)$$

$$i = \sqrt{\frac{\text{Min}(I_{st}, I_{sr})}{A_s}} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.8)$$

ℓ_k は有効座屈長さで脚下端を固定とする場合は $1.2 \cdot \ell$ とする。

b. f_{br} , f_{bt} は次による。

(a) 脚が鋼管の場合

$$f_{br} = f_{bt} = f_t \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.9)$$

(b) 脚が形鋼の場合で弱軸が半径方向軸の場合

イ. みぞ形鋼

$$f_{br} = f_t \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.10)$$

f_{bt} は次の2つの式より計算した値のうちいずれか大きい値又は f_t のいずれか小さい方の値とする。

$$f_{bt} = \left(1 - 0.4 \cdot \frac{\ell^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i_f^2} \right) \cdot f_t \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.11)$$

$$f_{bt} = \left(\frac{0.433 \cdot E_s \cdot A_f}{\ell \cdot h} \right) \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.12)$$

ここで, i_f は脚の圧縮フランジとはりのせいの6分の1から成る T 形断面のウェブ軸回りの断面二次半径で次式による。

$$i_f = \sqrt{\frac{I_{sf}}{A_{sf}}} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.13)$$

C は次の計算式より計算した値又は 2.3 のうちいずれか小さい方の値とし, M_{s2} 及び M_{s1} はそれぞれの脚の両端における強軸回りの曲げモーメントとする。

この場合において M_{s2} と M_{s1} との比は 1 より小さいものとし, 単曲率の場合を正に, 複曲率の場合を負とする。

$$C = 1.75 - 1.05 \cdot \left(\frac{M_{s2}}{M_{s1}} \right) + 0.3 \cdot \left(\frac{M_{s2}}{M_{s1}} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.14)$$

脚が形鋼の場合で強軸が半径方向軸の場合は、(b)と同様にして求めた f_{br} を f_{bt} に、 f_{bt} を f_{br} に置き換える。

c. 応力の区分は次のようにする。

(a) Z方向地震が作用した場合の第1脚及び第3脚について

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s5} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.15)$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} + \sigma_{s6} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.16)$$

$$\sigma_{sr} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.17)$$

脚の強軸が半径方向に直角で脚下端がその軸回りに固定の場合、強軸回りの曲げモーメント M_{s1} 及び M_{s2} は次の2つの式より計算し、 M_{s2} の絶対値が M_{s1} の絶対値より大きいときは M_{s1} と M_{s2} を置き換える。(以下同じ。)

【絶対値和】

$$M_{s1} = - (M_\ell + M_{\ell2} + M_1) + (R + R_2 + R_1) \cdot u \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.18)$$

$$M_{s2} = - (P + P_2 + P_1) \cdot \ell - (M_\ell + M_{\ell2} + M_1) + (R + R_2 + R_1) \cdot u \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.19)$$

(b) Z方向地震が作用した場合の第2脚及び第4脚について

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.20)$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.21)$$

$$\sigma_{sr} = \sigma_{s7} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.22)$$

脚の強軸が半径方向で脚下端がその軸回りに固定の場合、強軸回りの曲げモーメントは

$$M_{s1} = M_3 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.23)$$

$$M_{s2} = M_3 - Q \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.24)$$

脚の強軸が半径方向に直角で脚下端がその軸回りに固定の場合、強軸回りの曲げモーメントは

$$M_{s1} = - (M_\ell + M_{\ell2}) + (R + R_2) \cdot u \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.25)$$

$$M_{s2} = - (P + P_2) \cdot \ell - (M_\ell + M_{\ell2}) + (R + R_2) \cdot u \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.26)$$

(c) X方向地震が作用した場合について

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s8} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.27)$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} + \sigma_{s9} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.28)$$

$$\sigma_{sr} = \sigma_{s10} \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.29)$$

脚の強軸が半径方向に直角で脚下端がその軸回りに固定の場合，強軸回りの曲げモーメントは

【絶対値和】

$$M_{s1} = -(M_{\ell} + M_{\ell 2}) + (R + R_2) \cdot u + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (-M_1 + R_1 \cdot u) \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.30)$$

$$M_{s2} = -(P + P_2) \cdot \ell - (M_{\ell} + M_{\ell 2}) + (R + R_2) \cdot u + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (-P_1 \cdot \ell - M_1 + R_1 \cdot u) \dots\dots (5.6.2.2.31)$$

脚の強軸が半径方向で脚下端がその軸回りに固定の場合，強軸回りの曲げモーメントは

$$M_{s1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot M_3 \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.32)$$

$$M_{s2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (M_3 - Q \cdot \ell) \quad \dots\dots\dots (5.6.2.2.33)$$

6. 引用文献

- (1) Bijlaard, P.P.: Stresses from Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels, The Welding Journal, 34(12), Research Supplement, 1955.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107 / August 1965.

V-2-9-3-5-2 主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアの耐震性についての 計算書

目 次

1. 概要	1
2. 構造説明	1
2.1 構造計画	1
3. 応力評価	3
3.1 基本方針	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3

1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

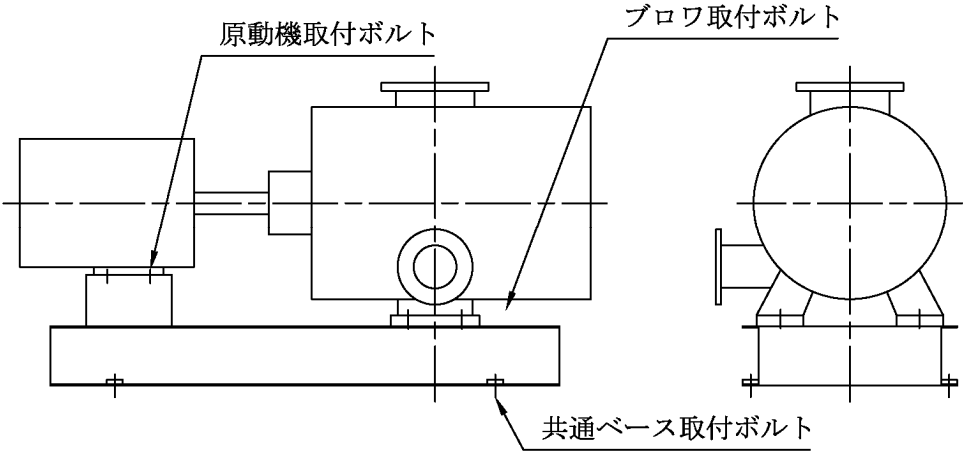
主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアは、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアの構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
(1)ブロワ	ブロワは共通ベースに固定され、共通ベースは共通ベースボルトで架台に据え付ける。	遠心直結型	

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は、付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

主蒸気隔離弁漏えい抑制系ブロアの許容応力を表3-2に示す。

表3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	原子炉冷却系 設備	主蒸気隔離弁漏えい 抑制系ブロー	S	—	$D + P_D + M_D + S_{d*}$	$III_A S$
					$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

表3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許 容 限 界* ¹ (ボ ル ト 等)		
	一 次 応 力		
	引張り	せん断	組合せ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, 2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b\}$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_{t^{**2}}$	$1.5 \cdot f_{s^{**2}}$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_{t^{**2}}, 2.1 \cdot f_{t^{**2}} - 1.6 \cdot \tau_b\}$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：支持構造物においてF値の算出時， S_y 及び $S_y(RT)$ をそれぞれ $1.2 \cdot S_y$ 及び $1.2 \cdot S_y(RT)$ と読み替える。

ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

V-2-9-3-5-3 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2

1. 概要

本計算書は、「付録6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

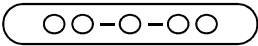
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

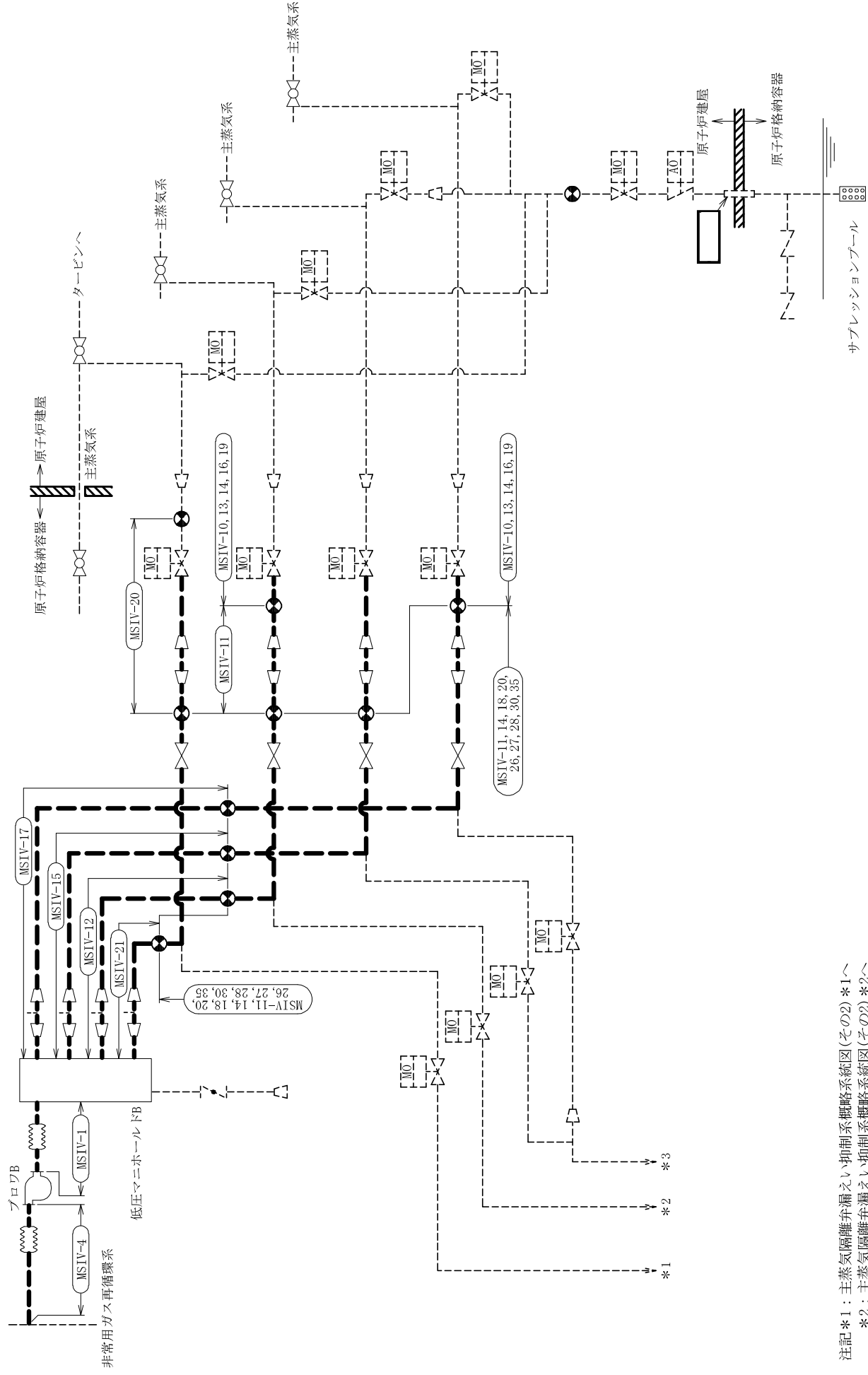
(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

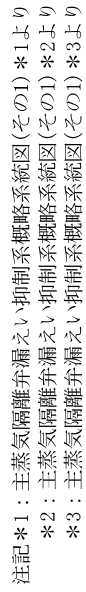
2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



注記＊1：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2)＊1へ
＊2：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2)＊2へ
＊3：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2)＊3へ



主蒸気隔離弁漏えい抑制系統図(その2)