

VI-2-11-2-6 原子炉遮蔽壁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 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	2
2.4 適用規格・基準等	2
2.5 記号の説明	4
2.6 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 構造強度評価	7
4.1 構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力度	7
4.2.1 荷重の組合せ	7
4.2.2 許容応力度	7
4.3 設計用地震力	8
4.4 計算方法	9
4.5 計算条件	10
4.5.1 原子炉遮蔽壁の応力計算条件	10
4.6 応力の評価	10
5. 評価結果	10
5.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果	10
6. 参照図書	10

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、下位クラス設備である原子炉遮蔽壁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確認することで、隣接している上位クラス施設である原子炉圧力容器に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。また、重大事故等時においても波及的影響を及ぼさないことを説明するため、重大事故等時を考慮した構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応設工認対象となる設計用地震力に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による原子炉遮蔽壁の評価は、平成3年8月23日付け3資庁第6674号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 配置概要

原子炉遮蔽壁は、原子炉本体の基礎の上部に設置される。原子炉遮蔽壁は、図2-1の位置関係図に示すように、上位クラス施設である原子炉圧力容器の周辺に設置されており、損傷により原子炉圧力容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

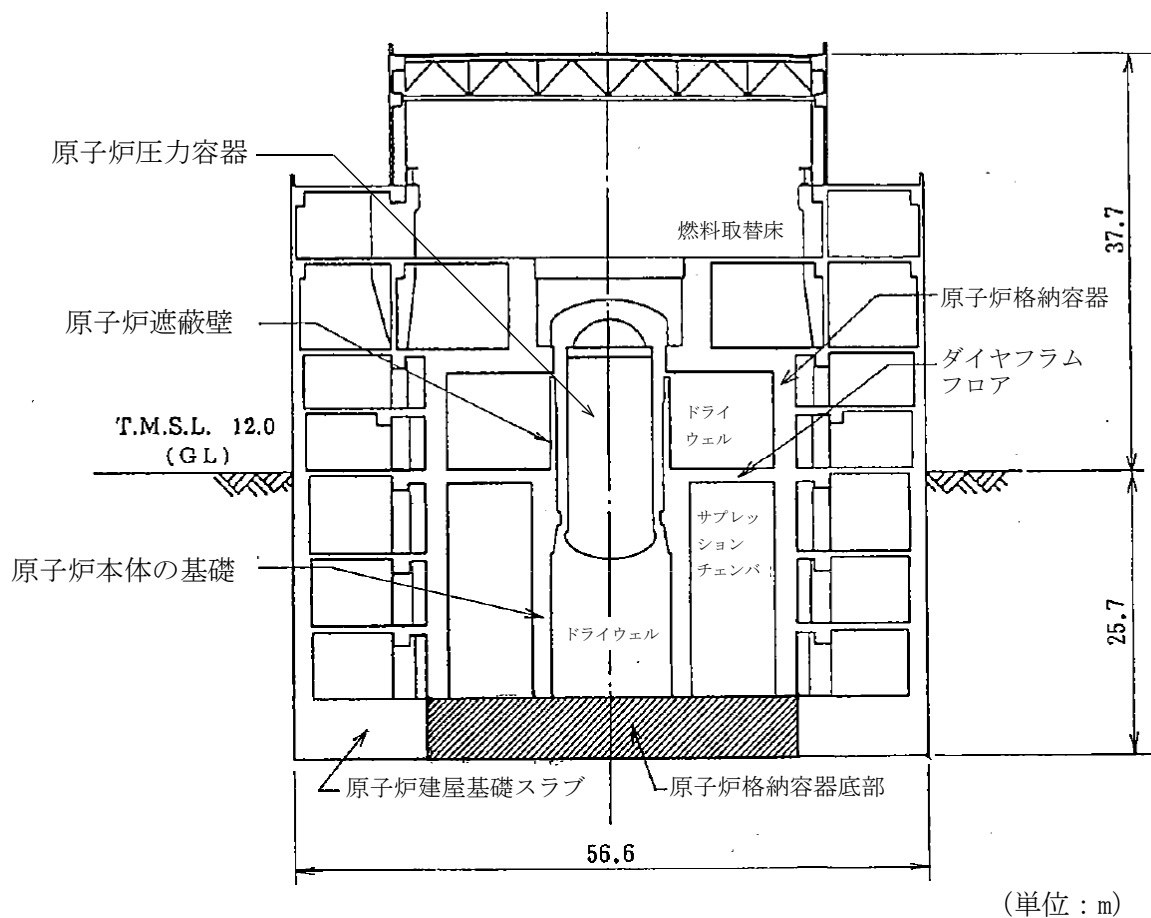


図2-1 原子炉遮蔽壁の位置関係図

2.2 構造計画

原子炉遮蔽壁の構造計画を表 2-1 に示す。

2.3 評価方針

原子炉遮蔽壁の応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」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、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力度が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉遮蔽壁の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

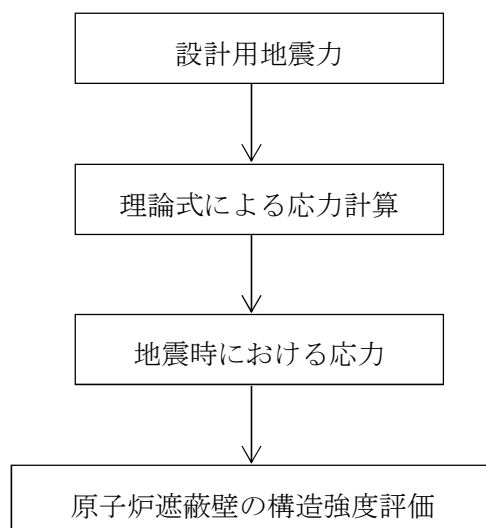


図 2-2 原子炉遮蔽壁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 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 -1987 ((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)
- ・鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005改定)

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>基部は溶接により T. M. S. L. 約 12.3m で原子炉本体の基礎に固定されている。 鉛直方向荷重及び水平方向荷重は原子炉本体の基礎を介して原子炉格納容器底部に伝達させる。</p>	<p>原子炉遮蔽壁は、外径約 <input type="text"/> mm, 壁厚約 <input type="text"/> mm 及び <input type="text"/> mm, 高さ <input type="text"/> mm の原子炉压力容器を取り囲む円筒形の壁であり、内外の鋼板及びその内部に充填されたモルタルより構成されている。 なお、原子炉遮蔽壁のモルタルは、強度部材として考慮しない。</p>	
		(単位 : mm)

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D	死荷重, 直径	—, mm
f _b	許容曲げ応力度	N/mm ²
f _c	許容圧縮応力度	N/mm ²
f _s	許容せん断応力度	N/mm ²
f _t	許容引張応力度	N/mm ²
F	許容応力度の基準値	N/mm ²
M	モーメント	N・mm
M _D	機械的荷重	—
M _{SAD}	機械的荷重 (S A時)	—
P _D	圧力	—
P _{SAD}	圧力 (S A時)	—
Q	せん断力	N
S _s	基準地震動 S _s により定まる地震力	—
t _i	原子炉遮蔽壁各部の厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
W	鉛直荷重	N
W _D	死荷重	N
Z	断面係数	mm ³
σ	組合せ応力度	N/mm ²
σ _b	曲げ応力度	N/mm ²
σ _c	圧縮応力度	N/mm ²
τ	せん断応力度	N/mm ²

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字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
許容応力度	N/mm ²	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力度	N/mm ²	小数点以下第1位	切上げ	整数位

3. 評価部位

原子炉遮蔽壁の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる一般胴部及び開口集中部について実施する。

形状及び主要寸法を図 3-1 に、評価部位及び使用材料を表 3-1 に示す。

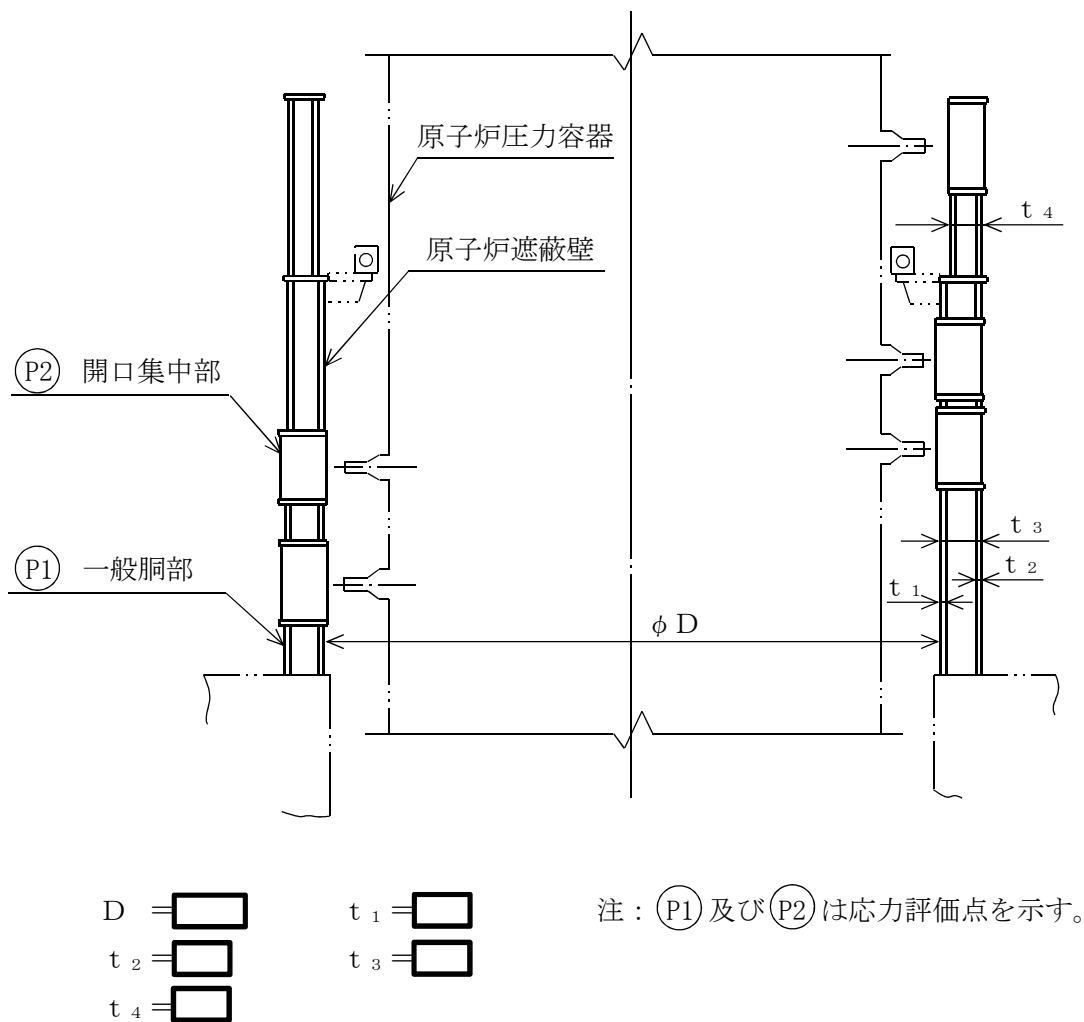


図 3-1 原子炉遮蔽壁の形状及び主要寸法 (単位: mm)

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
外側円筒鋼板 (原子炉格納容器側)	□	□
内側円筒鋼板 (原子炉压力容器側)		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 地震力は、原子炉遮蔽壁に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 耐震計算は、原子炉遮蔽壁の自重及びその他すべての付帯物の重量に加えて、地震荷重を考慮する。
- (3) 設計基準対象施設としての評価及び重大事故等時を考慮した評価において、設計用地震力及び許容応力度の値が変わらないことから、同一の条件で構造強度評価を行う。
- (4) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (5) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力度

4.2.1 荷重の組合せ

原子炉遮蔽壁の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

名称	荷重の組合せ
原子炉遮蔽壁	$D + P_D + M_D + S_s$ $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$

4.2.2 許容応力度

原子炉遮蔽壁の許容応力度は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

表 4-2 許容応力度

材料	基準値 F	短期許容応力度 (N/mm ²)			
		圧縮	曲げ	せん断	組合せ
		$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$

注記* :

4.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-3 に示す。

原子炉遮蔽壁に加わる鉛直方向地震力及び水平方向地震力は、VI-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた基準地震動 S_s の応答値を用いる。

表 4-3 設計用地震力（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

耐震 重要度 分類	設備 区分	設置高さ (m)	応力評価点	基準地震動 S_s		
				鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
B	生体遮蔽 装置	T. M. S. L. 12.3	一般胴部			
			開口集中部			

4.4 計算方法

原子炉遮蔽壁の応力評価点は、原子炉遮蔽壁を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表4-4及び図3-1に示す。応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	一般胴部
P 2	開口集中部

4.5 計算条件

4.5.1 原子炉遮蔽壁の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉遮蔽壁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。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が許容応力度以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉遮蔽壁各部の評価結果を【原子炉遮蔽壁の耐震性についての計算結果】に示す。発生値は許容応力度を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第1回工事計画認可申請書
IV-2-6-1「原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算書」

【原子炉遮蔽壁の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	設置高さ (m)	応力評価点	基準地震動 S_s		
				鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
原子炉遮蔽壁	B	T. M. S. L. 12.3	一般胴部			
			開口集中部			

1.2 機器要目

W_D (N)	D (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	t_4 (mm)	F (N/mm ²)	A (mm ²)		Z (mm ³)	
							一般胴部	開口集中部	一般胴部	開口集中部

1.3 結論

評価対象設備	評価部位		応力分類	発生値	許容応力度	判定
				N/mm ²	N/mm ²	
原子炉遮蔽壁	P1	一般胴部	圧縮応力度 σ_c	14		○
			曲げ応力度 σ_b	21		○
			せん断応力度 τ	10		○
			組合せ応力度 σ	39		○
	P2	開口集中部	圧縮応力度 σ_c	28		○
			曲げ応力度 σ_b	27		○
			せん断応力度 τ	19		○
			組合せ応力度 σ	64		○

すべて許容応力度以下である。

注記*：組合せ応力度は、鋼構造設計規準に従い短期応力に対する許容引張応力度（ $1.5 \cdot f_t$ ）以下であること。

VI-2-11-2-7 原子炉ウェル遮蔽プラグ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 配置概要	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 評価部位	6
4. 耐震評価	7
4.1 評価概要	7
4.2 荷重及び荷重の組合せ	7
4.2.1 荷重	7
4.2.2 荷重の組合せ	8
4.3 評価基準値	9
4.4 使用材料及び材料の許容応力度	10
4.5 応力評価方法	11
4.6 計算条件	12
4.7 評価方法	12
5. 評価結果	13

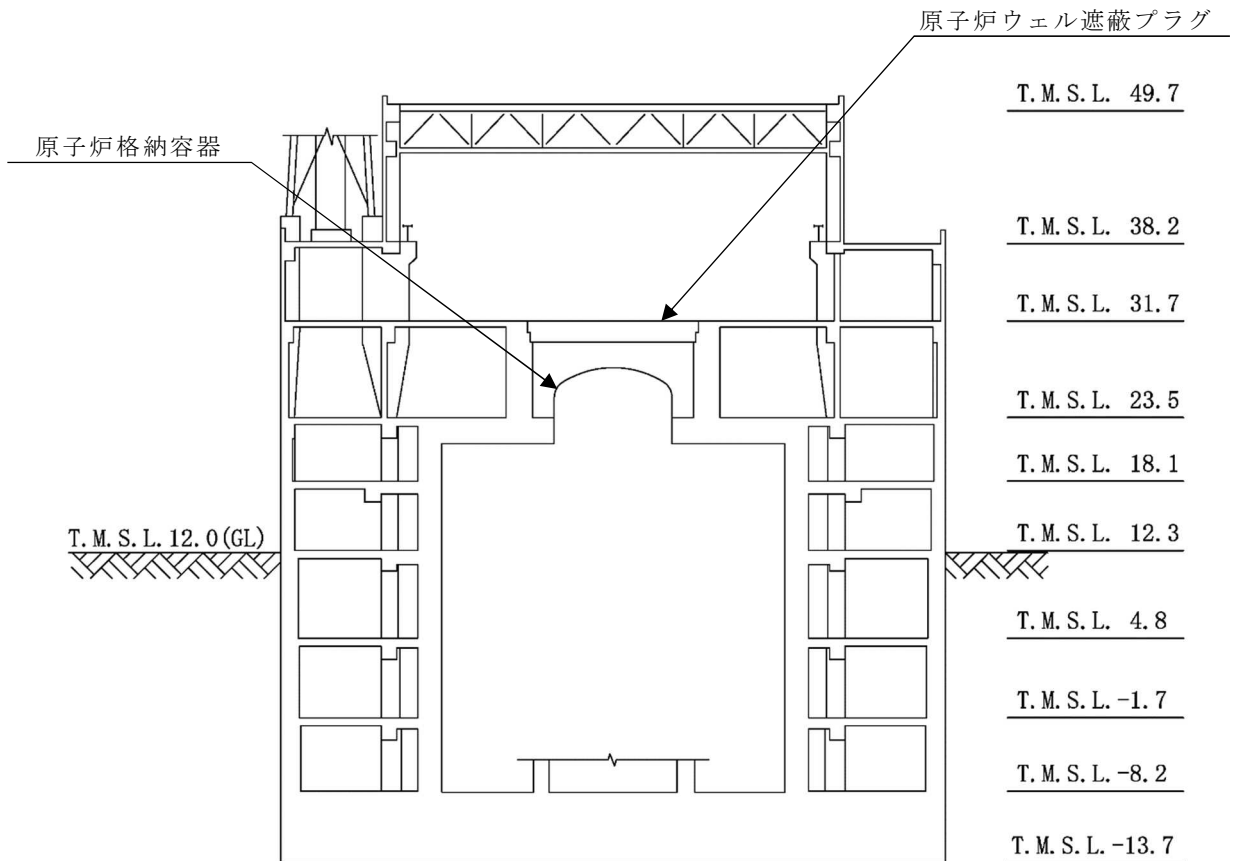
1. 概要

本資料は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、下位クラス施設である原子炉ウェル遮蔽プラグ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確認することで、下部に設置された上位クラス施設である原子炉格納容器に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

原子炉ウェル遮蔽プラグは、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である原子炉格納容器の上部に設置されており、落下時に原子炉格納容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。



注：東京湾平均海面を、以下「T.M.S.L.」という。

図 2-1 原子炉ウェル遮蔽プラグと原子炉格納容器の位置関係図（単位：m）

2.2 構造概要

図 2-2 に原子炉ウェル遮蔽プラグ概要図を示す。原子炉ウェル遮蔽プラグは、原子炉ウェル直上の燃料取替床 (T. M. S. L. 31.7m) に設置された、鉄骨ばりを内蔵する鉄筋コンクリート造の構造物である。内蔵された鉄骨ばり (以下「遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり」という。) の使用部材を表 2-1 に示す。

原子炉ウェル遮蔽プラグの大きさは、全体で最外径 13.3m、厚さ 1.854m の円盤状となっており、クレーンでの取外しを考慮して 5 分割で構成されている。

原子炉ウェル遮蔽プラグは、円盤外周部が原子炉ウェルに支持されている。

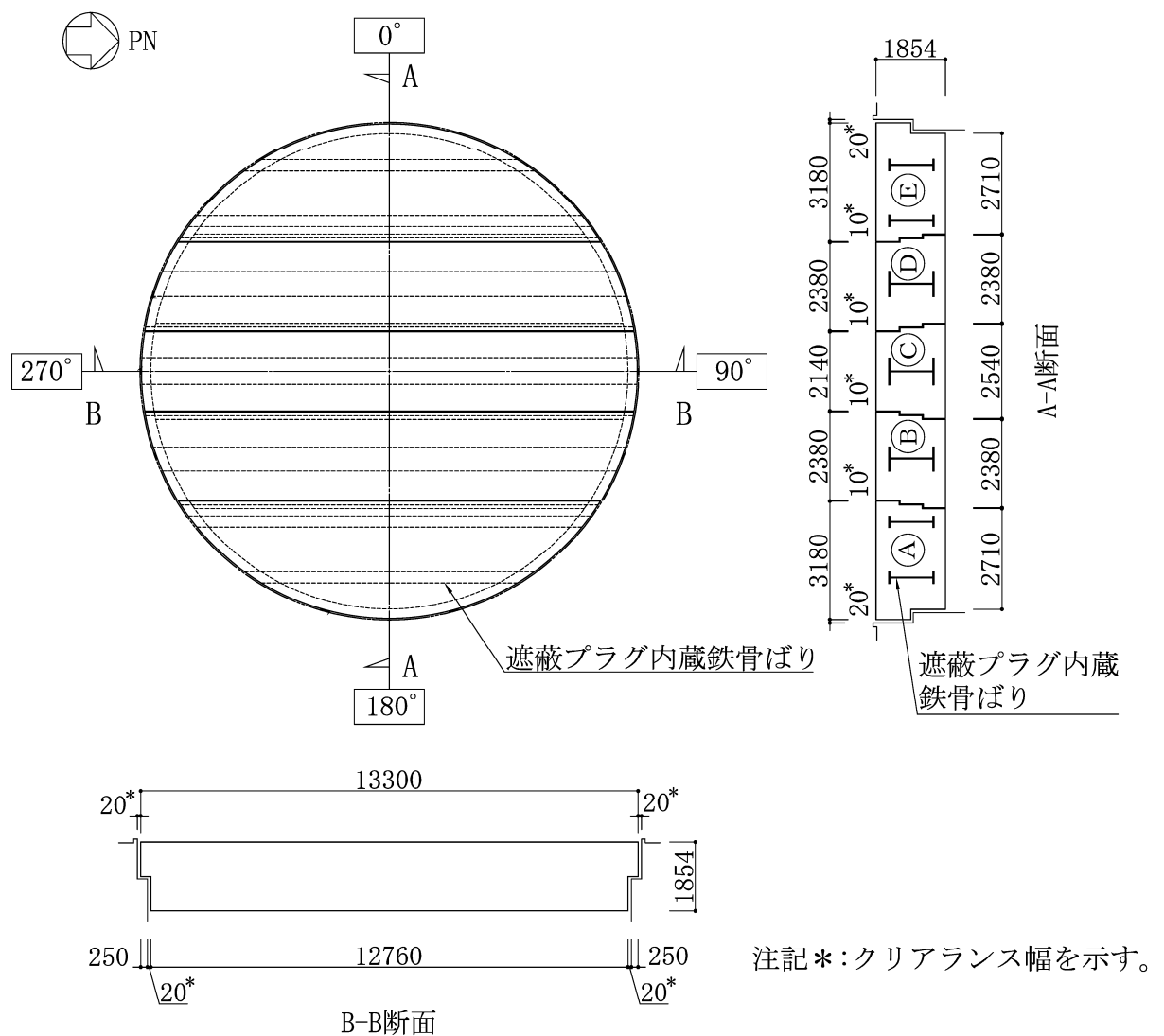








図 2-2 原子炉ウェル遮蔽プラグ概要図 (単位: mm)

表 2-1 遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりの使用部材

(単位：mm)

	箇所		
	A, E	B, D	C
中央部			
	BH-1213×300×22×32	BH-1213×650×22×32	BH-1213×700×22×32
端部			
	BH-823×300×22×32	BH-823×650×22×32	BH-823×700×22×32

2.3 評価方針

原子炉ウェル遮蔽プラグの応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造概要」に示す原子炉ウェル遮蔽プラグの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する部位において応力が評価基準値を超えないことを、「4. 耐震評価」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。地震荷重の設定については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた基準地震動 S_s による結果を用いる。

原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価フローを図 2-3 に示す。

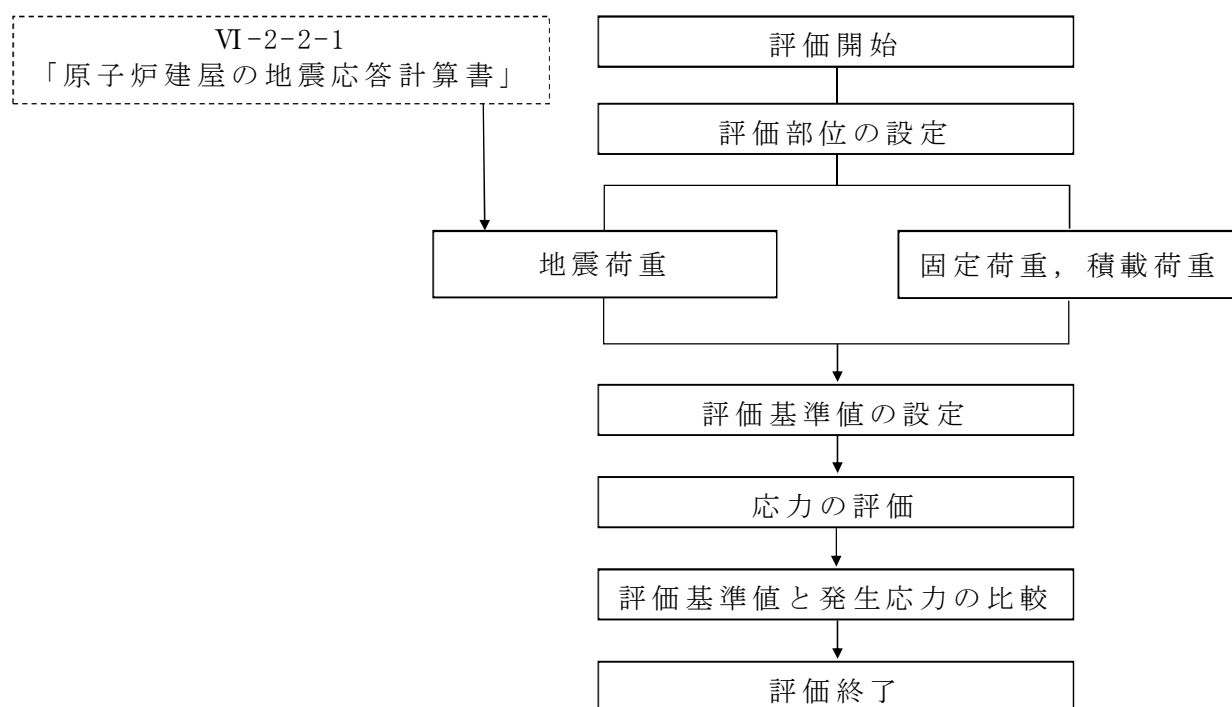


図 2-3 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用規格・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 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999 改定)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・ 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 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

原子炉ウェル遮蔽プラグが落下することにより、波及的影響を及ぼさないことを確認する観点から、原子炉ウェル遮蔽プラグ本体（以下「遮蔽プラグ本体」という。）及び原子炉建屋躯体の支持部（以下「支持部」という。）を評価する。ただし、遮蔽プラグ本体については、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりに全ての応力を負担させるものとし、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりを評価する。

以上より、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり及び支持部を評価部位として選定する。評価部位を図 3-1 に示す。

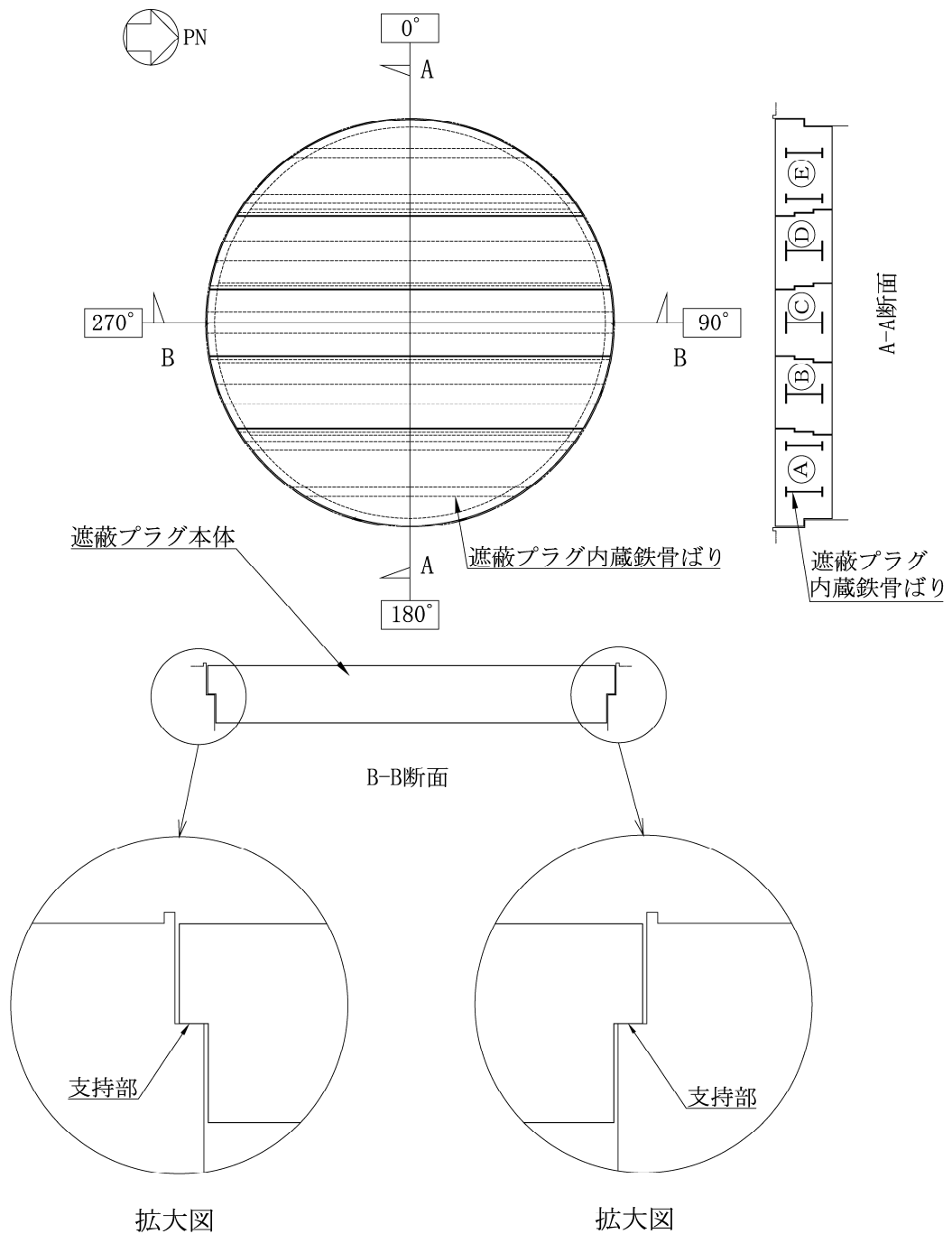


図 3-1 原子炉ウェル遮蔽プラグの評価部位

4. 耐震評価

4.1 評価概要

遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり及び支持部に対する評価方法を表 4-1 に示す。評価用応力が評価基準値を超えないことを確認する。

なお、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりは、コンクリートにより覆われているため、座屈に対する検討は省略する。

表 4-1 評価方法

部位	評価用応力	評価基準値
遮蔽プラグ 内蔵鉄骨ばり	曲げモーメント	許容曲げモーメント
	せん断力	許容せん断力
支持部	圧縮力	許容圧縮力

4.2 荷重及び荷重の組合せ

4.2.1 荷重

耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、遮蔽プラグ本体の自重を考慮する。

なお、遮蔽プラグ本体の単位体積重量は、鉄筋コンクリートの単位体積重量 24kN/m³ に遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり、鉄板型枠等を考慮して 27kN/m³ とする。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、3kN/m² を考慮する。

(3) 地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮する。鉛直方向の慣性力により遮蔽プラグ本体に作用する地震荷重が面外方向に作用するのに対し、水平方向の慣性力により遮蔽プラグ本体に作用する水平荷重は剛性の高い面内方向に作用する。また、水平方向の慣性力が作用した際に遮蔽プラグ本体を支持する領域は、鉛直方向の慣性力が作用した際に遮蔽プラグ本体を支持する領域より広いことから、鉛直方向の慣性力に対して検討を行う。

地震荷重は遮蔽プラグ本体の固定荷重と積載荷重の和に評価用鉛直震度 C_v を乗じた下式により算出する。

$$S_s = (G + P) \cdot C_v \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

評価用鉛直震度 C_v は、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による基準地震動 S_s の地震応答解析結果から算出された、遮蔽プラグ本体の設置レベルにおける最大応答鉛直加速度から設定する。最大応答鉛直加速度及び評価用鉛直震度 C_v を表 4-2 に示す。

表 4-2 最大応答鉛直加速度及び評価用鉛直震度

	最大応答鉛直加速度 (m/s^2)						評価用鉛直震度 C_v
	ケース 1*1	ケース 2*2	ケース 3*2	ケース 4*2	ケース 5*2	最大値	
コンクリート剛性	実強度	実強度 + σ	実強度 - σ	コア平均	実強度 - 2σ		最大値
地盤剛性	標準地盤	標準地盤 + σ	標準地盤 - σ	標準地盤	標準地盤		
算定結果	9.02	9.41	8.71	8.83	9.10	9.41	0.96

注記*1 : $S_{s-1} \sim S_{s-8}$ の最大値を示す。

*2 : $S_{s-1} \sim S_{s-3}$, S_{s-8} の最大値を示す。

4.2.2 荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重の組合せ
G + P + S_s

4.3 評価基準値

評価に用いる許容荷重を以下に示す。

遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりの許容曲げモーメント M_a 及び許容せん断力 Q_a は下式により算出する。

$$M_a = f_b \cdot Z \quad \dots \dots \dots (4. 2)$$

$$Q_a = f_s \cdot A_w \quad \dots \dots \dots (4. 3)$$

ここで、

f_b : 鋼材の許容曲げ応力度 (=許容引張応力度 f_t) (短期) (N/mm²)

Z : ボルト孔による欠損分を除いた鋼材の断面係数 (m³)

f_s : 鋼材の許容せん断応力度 (短期) (N/mm²)

A_w : 遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりのウェブ部断面積 (m²)

支持部の許容圧縮力 N_a は、下式により算出する。

$$N_a = f_c \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4. 4)$$

$$A_c = B \cdot L_1 \quad \dots \dots \dots (4. 5)$$

ここで、

f_c : コンクリートの許容圧縮応力度 (短期) (N/mm²)

A_c : 支持部水平投影面積 (m²)

B : 遮蔽プラグ本体部材幅 (m)

L_1 : かかり代 (m)

4.4 使用材料及び材料の許容応力度

鋼材は J I S G 3 1 0 6 で規定される溶接構造用圧延鋼材 SM400A を使用する。
 コンクリートは普通コンクリートとし、設計基準強度 F_c は 32.3N/mm^2 とする。各使用材料の許容応力度を表 4-4 及び表 4-5 に示す。

表 4-4 鋼材の許容応力度

(単位： N/mm^2)

SM400A	基準強度 F	短期	
		引張 f_t	せん断 f_s
	235	235	135

表 4-5 コンクリートの許容応力度

(単位： N/mm^2)

普通コンクリート	設計基準強度 F_c	短期
		圧縮 f_c
	32.3	21.5

4.5 応力評価方法

遮蔽プラグ本体に生じる曲げモーメントM及びせん断力Qは、単純ばりとして下式により算出する。

$$M = (1/8) \cdot w \cdot L_2^2 \quad \dots \dots \dots (4. 6)$$

$$Q = (1/2) \cdot w \cdot L_2 \quad \dots \dots \dots (4. 7)$$

ここで、

w : 評価用荷重 (kN/m)

L_2 : 支持スパン (m)

支持部には、遮蔽プラグ本体からの反力が圧縮力として作用する。支持部に作用する圧縮力Nは、下式により算出する。

$$N = (1/2) \cdot w \cdot L_2 \quad \dots \dots \dots (4. 8)$$

4.6 計算条件

評価基準値及び評価用応力の計算条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 評価基準値及び評価用応力の計算条件

箇所	Z^{*1} ($\times 10^{-4}m^3$)	A_w^{*2} ($\times 10^{-4}m^2$)	B^{*3} (m)	L_1^{*3} (m)	w (kN/m)	L_2 (m)
A, E	131.3	167.0	—	—	105.03 ^{*4}	11.3
B, D	222.6	167.0	—	—	228.02	13.1
C	241.0	167.0	2.14	0.25	235.99	13.3

注記*1 : 曲げモーメントに対する断面検討においては、曲げモーメントが最も大きくなる中央部の断面係数 Z を用いて検討を行う。

*2 : せん断力に対する断面検討においては、せん断力が最も大きくなる端部の A_w を用いて検討を行う。

*3 : 支持部の検討については、支持部の圧縮力が最も大きく、支持部水平投影面積が最も小さい箇所 C で代表する。

*4 : 箇所 A, E の遮蔽プラグ本体は、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりを 2 本内蔵するため、1 本で半分の荷重を負担するものとして算定した。

4.7 評価方法

「4.5 応力評価方法」で求めた曲げモーメント M 、せん断力 Q 及び圧縮力 N が「4.3 評価基準値」で求めた許容曲げモーメント M_a 、許容せん断力 Q_a 及び許容圧縮力 N_a を超えないことを確認する。

5. 評価結果

原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価結果を表 5-1 に示す。各部の評価用応力は評価基準値を超えないことを確認し、下部に設置された上位クラス施設である原子炉格納容器に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

表 5-1 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価結果

部位		応力	評価用応力	評価基準値
遮蔽プラグ 内蔵鉄骨ばり	A, E	曲げモーメント (kN・m)	1680	3080
		せん断力 (kN)	594	2250
	B, D	曲げモーメント (kN・m)	4900	5230
		せん断力 (kN)	1500	2250
	C	曲げモーメント (kN・m)	5220	5660
		せん断力 (kN)	1570	2250
支持部		圧縮力 (kN)	1570	11500

VI-2-11-2-8 耐火隔壁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	配置概要	2
2.2	構造計画	6
2.3	評価方針	7
2.4	適用規格・基準等	8
2.5	記号の説明	9
2.6	計算精度と数値の丸め方	11
3.	評価部位	12
4.	地震応答解析及び構造強度評価	12
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	12
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	12
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	12
4.2.2	許容応力	12
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	12
4.3	解析モデル及び諸元	16
4.4	固有周期	18
4.4.1	耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）	18
4.5	設計用地震力	22
4.6	計算方法	23
4.6.1	フレーム部材の応力計算方法	23
4.6.2	基礎ボルトの計算方法	24
4.7	計算条件	25
4.8	応力の評価	25
4.8.1	フレーム部材の応力評価	25
4.8.2	基礎ボルトの応力評価	26
5.	評価結果	27
5.1	設計基準対象施設としての評価結果	27
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果	27

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、耐火隔壁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確認することで、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火隔壁は鋼製であり、原子炉建屋及びコントロール建屋に設置する。耐火隔壁の設置位置を図2-1～図2-4に示す。

本資料では、図2-1～図2-4に示す耐火隔壁のうち、構造強度評価の評価部位である基礎ボルトとフレーム部材の裕度が最も厳しい耐火隔壁を代表として、耐震性について示す。なお、その他の耐火隔壁の評価結果については「【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】1.4.3 代表機器の選定結果及び全機器の評価結果」にて示す。

対象とした耐火隔壁は、表2-1に示すように、上位クラス施設である非常用ガス処理系排風機の(A)号機及び(B)号機の間には設置されており、耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の転倒に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

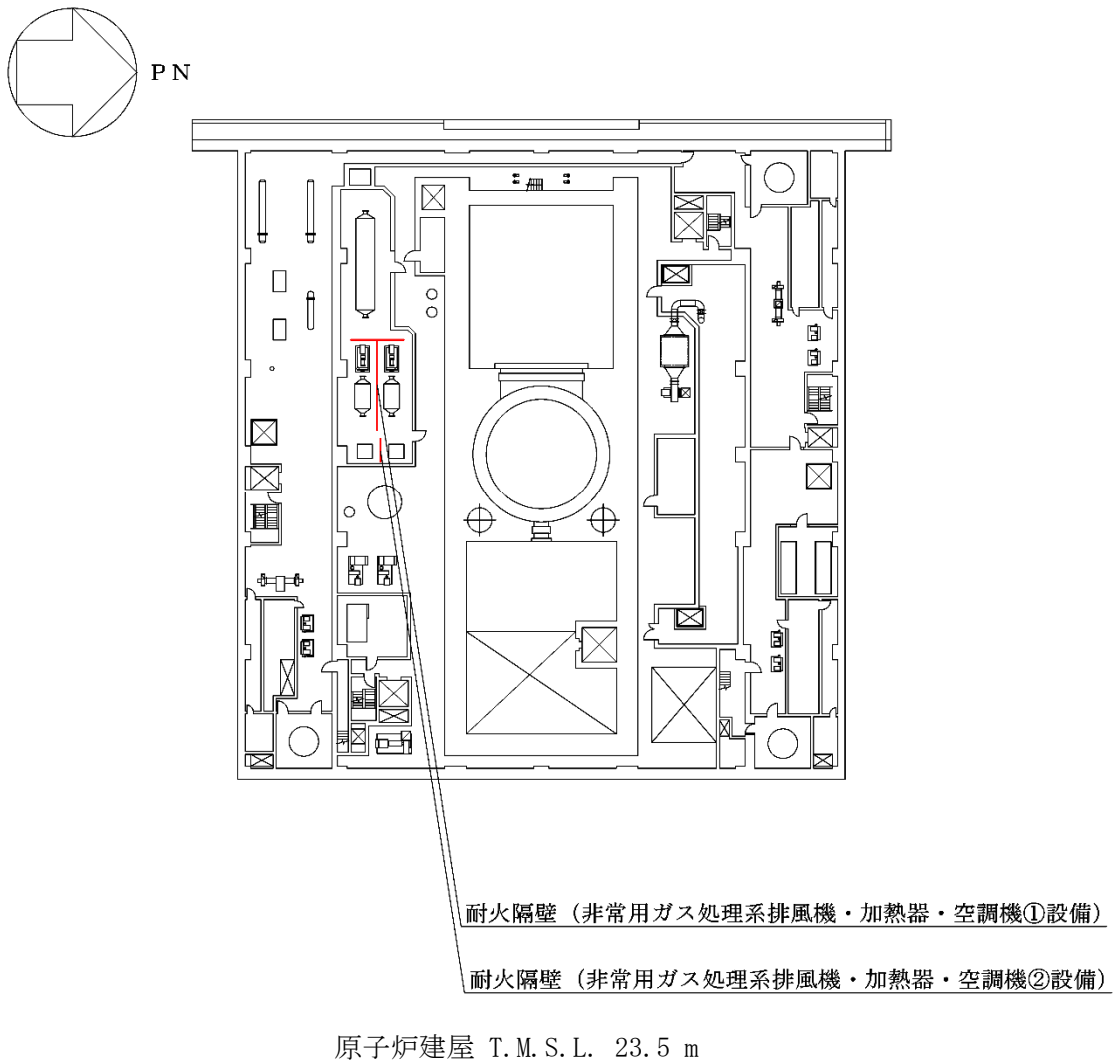
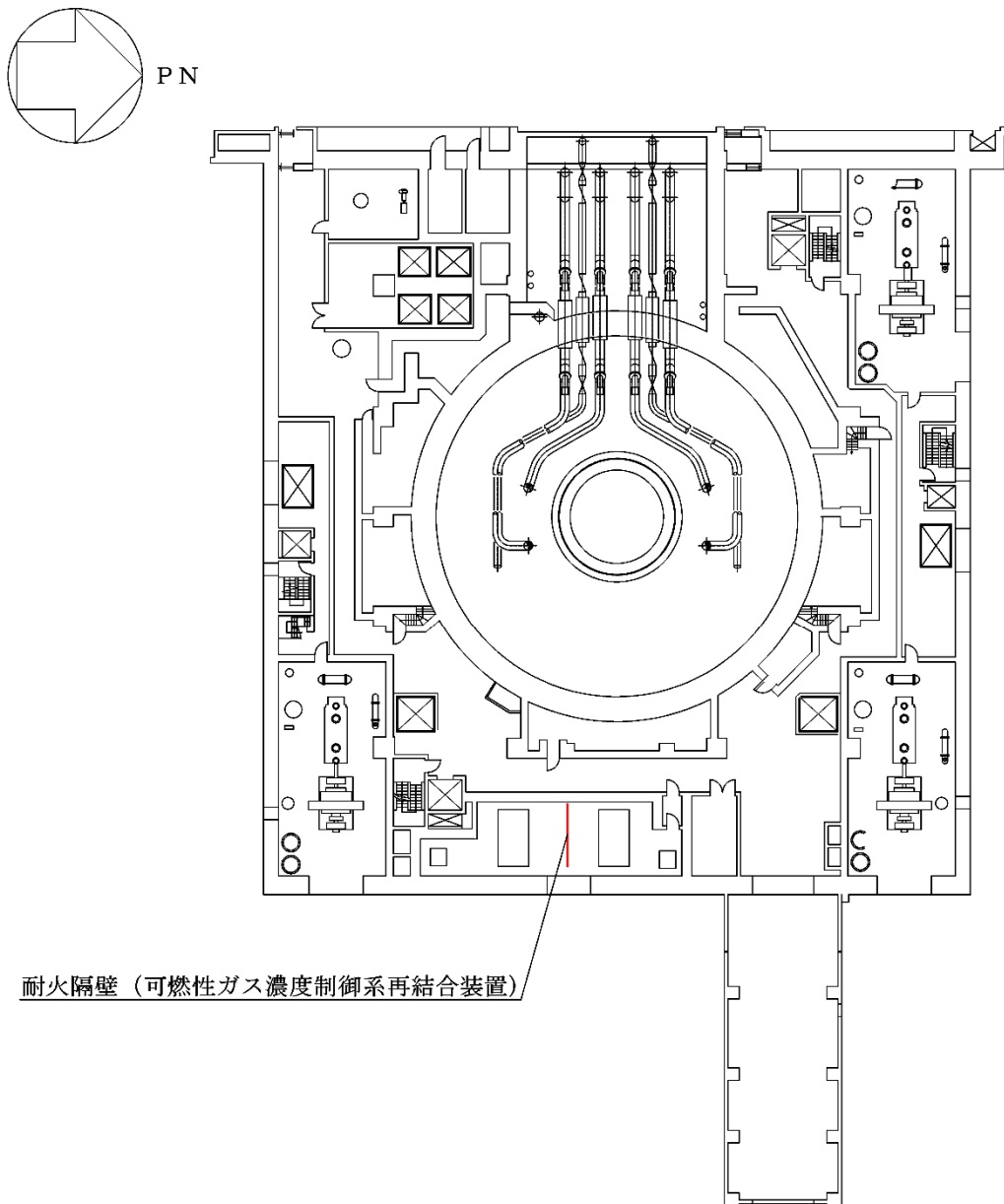
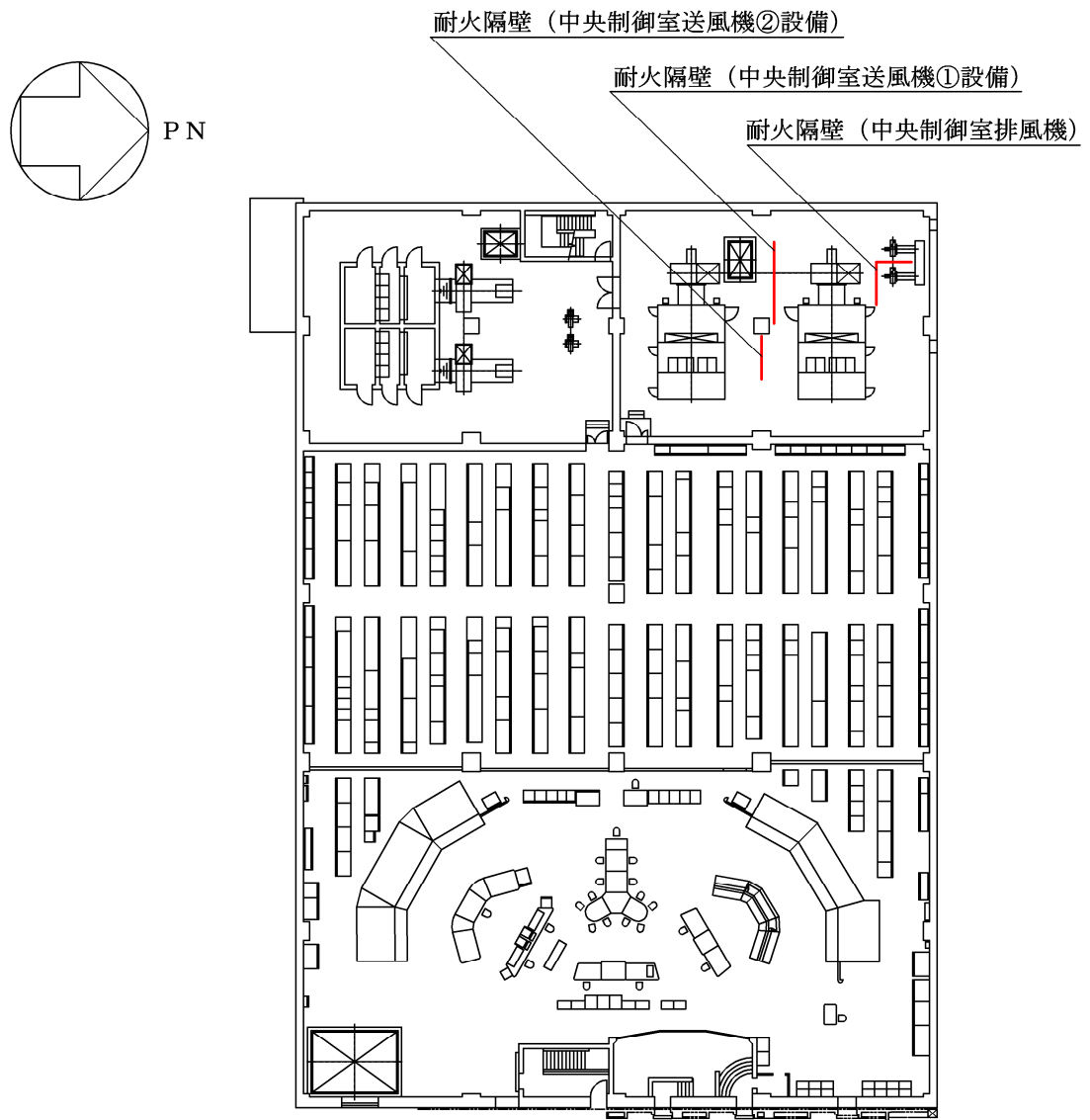


図2-1 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備，②設備）の設置位置



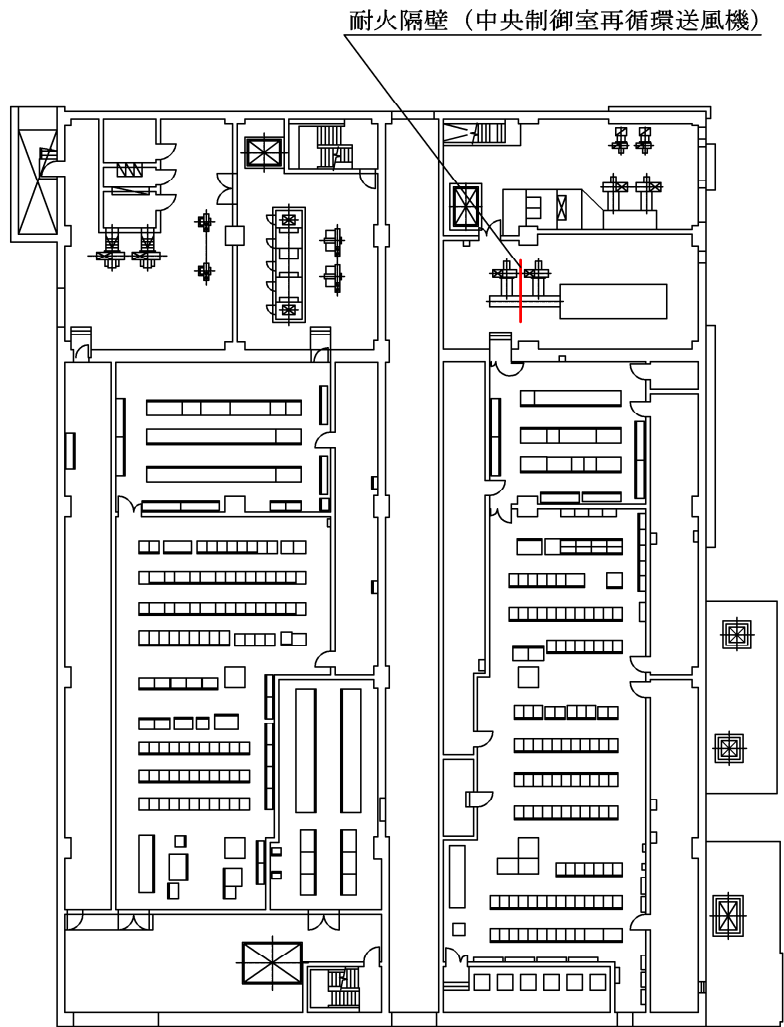
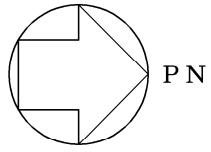
原子炉建屋 T.M.S.L. 12.3 m

図2-2 耐火隔壁（可燃性ガス濃度制御系再結合装置）の設置位置



コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3 m

図2-3 耐火隔壁（中央制御室送風機①設備，②設備，中央制御室排風機）の設置位置



コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3 m

図2-4 耐火隔壁 (中央制御室再循環送風機) の設置位置

2.2 構造計画

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）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	
耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）は、基礎ボルトにより建屋躯体である床に固定される。	耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）を形成する鋼板（発泡性耐火被覆貼付）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床に固定される。	<p>耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）</p> <p>非常用ガス処理系加熱器</p> <p>非常用ガス処理系排風機</p> <p>D-D立面図</p> <p>A-A立面図</p> <p>C-C立面図</p> <p>B-B立面図</p> <p>（単位：mm）</p> <p>非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備</p>

2.3 評価方針

耐火隔壁の応力評価は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す耐火隔壁の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

耐火隔壁の耐震評価フローを図 2-5 に示す。



図 2-5 耐火隔壁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本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 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 -1987 ((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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一 (日本建築学会, 2005)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010年改定)
- ・日本産業規格 (J I S)

2.5 記号の説明

表2-2 耐火隔壁の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの呼び径断面積	mm ²
A _{s y}	フレーム部材の有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²
A _{s z}	フレーム部材の有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F _N	アンカー部に作用する引張力	N
F _{s x}	アンカー部に作用するx軸方向のせん断力	N
F _{s y}	アンカー部に作用するy軸方向のせん断力	N
f _b	フレーム部材の許容曲げ応力	MPa
f _c	許容圧縮応力	MPa
f _s	フレーム部材の許容せん断応力	MPa
f _{s b}	ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	フレーム部材の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張応力について規定するボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張応力とせん断応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
l _k	座屈長さ	mm
M _t	フレーム部材に作用するねじりモーメント	N・mm
M _{t A}	アンカー部に作用するねじりモーメント	N・mm
M _{x A}	アンカー部に作用するX軸周りのモーメント	N・mm
M _y	フレーム部材に作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm
M _{y A}	アンカー部に作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm
M _z	フレーム部材に作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm
N	基礎ボルト総本数	本
N _c	フレーム部材に作用する圧縮力	N

記号	記号の説明	単位
N_t	フレーム部材に作用する引張力	N
n_x	M_{xA} に対する基礎ボルトの列本数	本
n_y	M_{yA} に対する基礎ボルトの列本数	本
Q	基礎ボルト1本に作用するせん断力	N
Q_y	フレーム部材に作用するY軸方向のせん断力	N
Q_z	フレーム部材に作用するZ軸方向のせん断力	N
r_x	M_{xA} に対するモーメントアーム	mm
r_y	M_{yA} に対するモーメントアーム	mm
l	M_{tA} に対するモーメントアーム	mm
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y(RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
T	ボルト1本に作用する引張力	N
Z_p	フレーム部材のねじり断面係数	mm ³
Z_y	フレーム部材のY軸周りの断面係数	mm ³
Z_z	フレーム部材のZ軸周りの断面係数	mm ³
τ	フレーム部材に作用するせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルト1本に生じるせん断応力	MPa
σ_a	フレーム部材に生じる軸応力 (σ_c と σ_t のいずれか大きい方)	MPa
σ_b	フレーム部材に生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレーム部材に生じる圧縮応力	MPa
σ_t	フレーム部材に生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	基礎ボルト1本に生じる引張応力	MPa

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-3に示すとおりとする。

表 2-3 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
断面係数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
フレーム部材の断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
寸法	mm	公称寸法を採用		
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
温度	°C	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
設計降伏点	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
設計引張強さ	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
ボルトの軸部断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
裕度	—	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位

3. 評価部位

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム部材及び基礎ボルトについて実施する。耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①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. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）を形成する鋼板（発泡性耐火被覆貼付）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床に固定される。
- (2) 地震力は、耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、組み合わせるものとする。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として1.2ZPAの加速度を静的に作用させた静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 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

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）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。

4.2.2 許容応力

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の許容応力は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき表4-3に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5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
その他	耐火隔壁（非常用ガス 処理系排風機・加熱 器・空調機①設備）	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記*：その他支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 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	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
その他	耐火隔壁（非常用ガス 処理系排風機・加熱 器・空調機①設備）	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	IVAS

注記*：その他支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表4-3 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *3 (ボルト等以外)				許容限界*2 (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）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。

*3：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 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	—	234	385	—
基礎ボルト	SS400* (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	—	234	385	—

注記* :SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）





評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	—	234	385	—
基礎ボルト	SS400* (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	—	234	385	—

注記* :SS400 相当

4.3 解析モデル及び諸元

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）を構成するフレーム部材をばり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) 拘束条件は、ベースプレート固定基礎ボルト位置において完全拘束とする。
- (3) モデルの全体質量については発泡性耐火被覆の質量を加味する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コード「MSC 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。

部材リスト	材質	断面積	縦弾性係数
 : L65×65×6	SS400	752.7mm ²	2.000×10 ⁵ MPa
 : 2-L65×65×6	SS400	1505mm ²	2.000×10 ⁵ MPa
 : 2-L75×75×6	SS400	1745mm ²	2.000×10 ⁵ MPa
 : H150×150×7×10	SS400	3965mm ²	2.000×10 ⁵ MPa
 : H175×175×7.5×11	SS400	5142mm ²	2.000×10 ⁵ MPa
 : H250×125×6×9	SS400	3697mm ²	2.000×10 ⁵ MPa

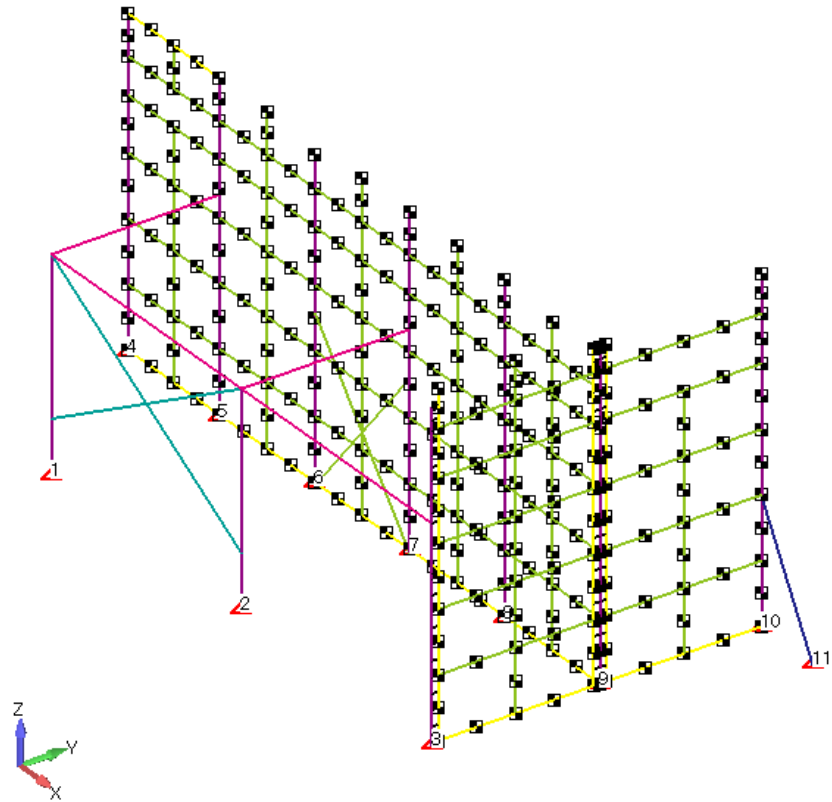


図 4-1 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）解析モデル

4.4 固有周期

4.4.1 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）の固有値解析の結果を表4-6に示す。

表4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数		
			水平方向		鉛直方向 Z方向
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.168	0.001	-1.113	0.001
2次	水平	0.165	-0.001	-0.801	0.000
3次	水平	0.146	0.001	0.664	0.000
4次	水平	0.141	-0.011	1.104	-0.006
5次	水平	0.124	-0.004	-0.495	0.000
6次	水平	0.087	1.448	0.018	0.005
7次	水平	0.085	0.053	0.867	0.001
8次	水平	0.082	0.811	-0.046	-0.004
9次	水平	0.078	0.029	-0.678	-0.002
10次	水平	0.069	0.116	0.009	-0.012
11次	水平	0.066	-0.004	0.269	0.000
12次	水平	0.064	-0.344	-0.001	0.006
13次	水平	0.061	0.639	0.013	0.002
14次	水平	0.059	0.236	-0.060	0.001
15次	水平	0.056	0.032	-0.001	0.001
16次	水平	0.056	0.071	-0.012	0.001
17次	水平	0.052	-0.002	0.492	-0.004
18次	水平	0.051	0.004	-0.045	0.001
19次	水平	0.051	0.002	-0.174	0.000
20次	水平	0.049	—	—	—
40次	鉛直	0.034	—	—	—

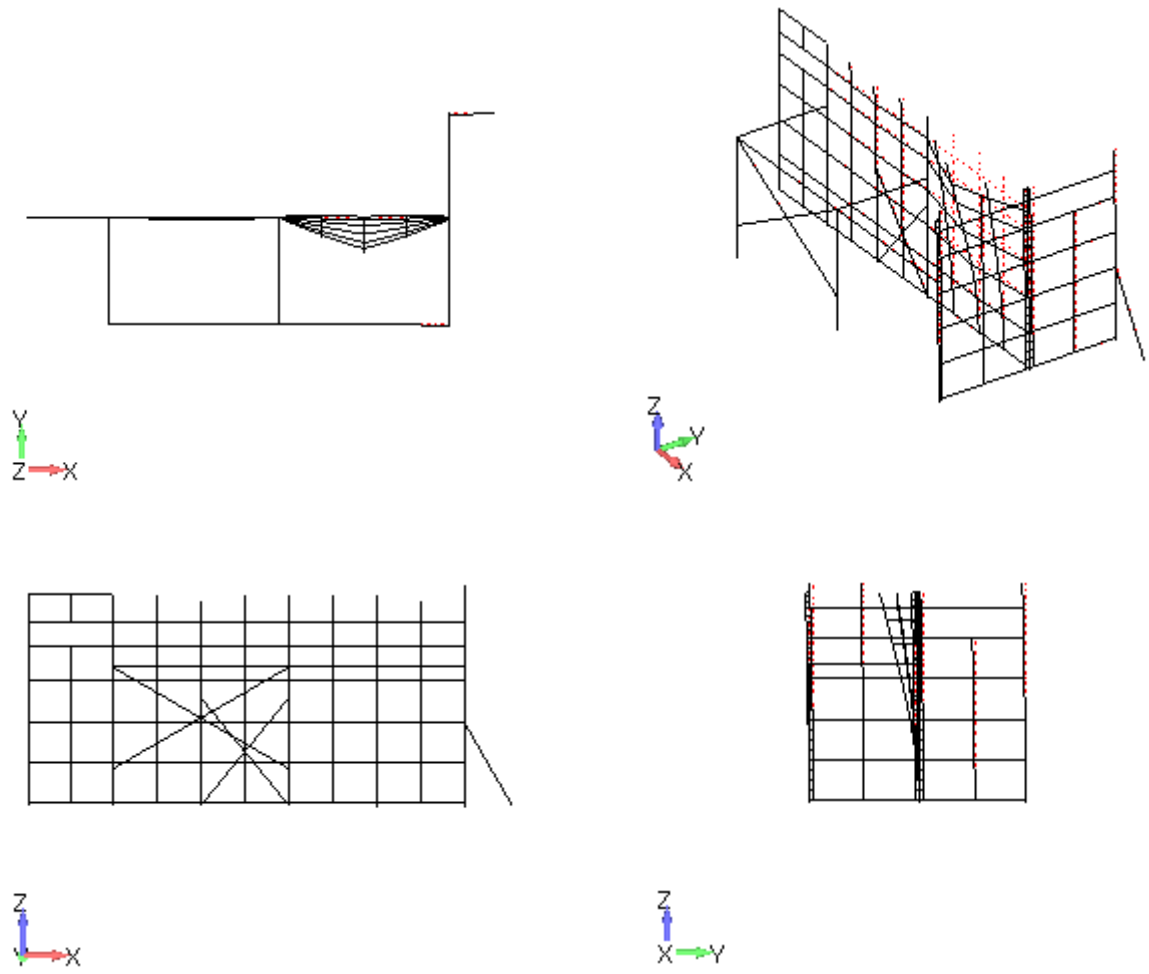


図 4-2 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）
1次固有振動モード図

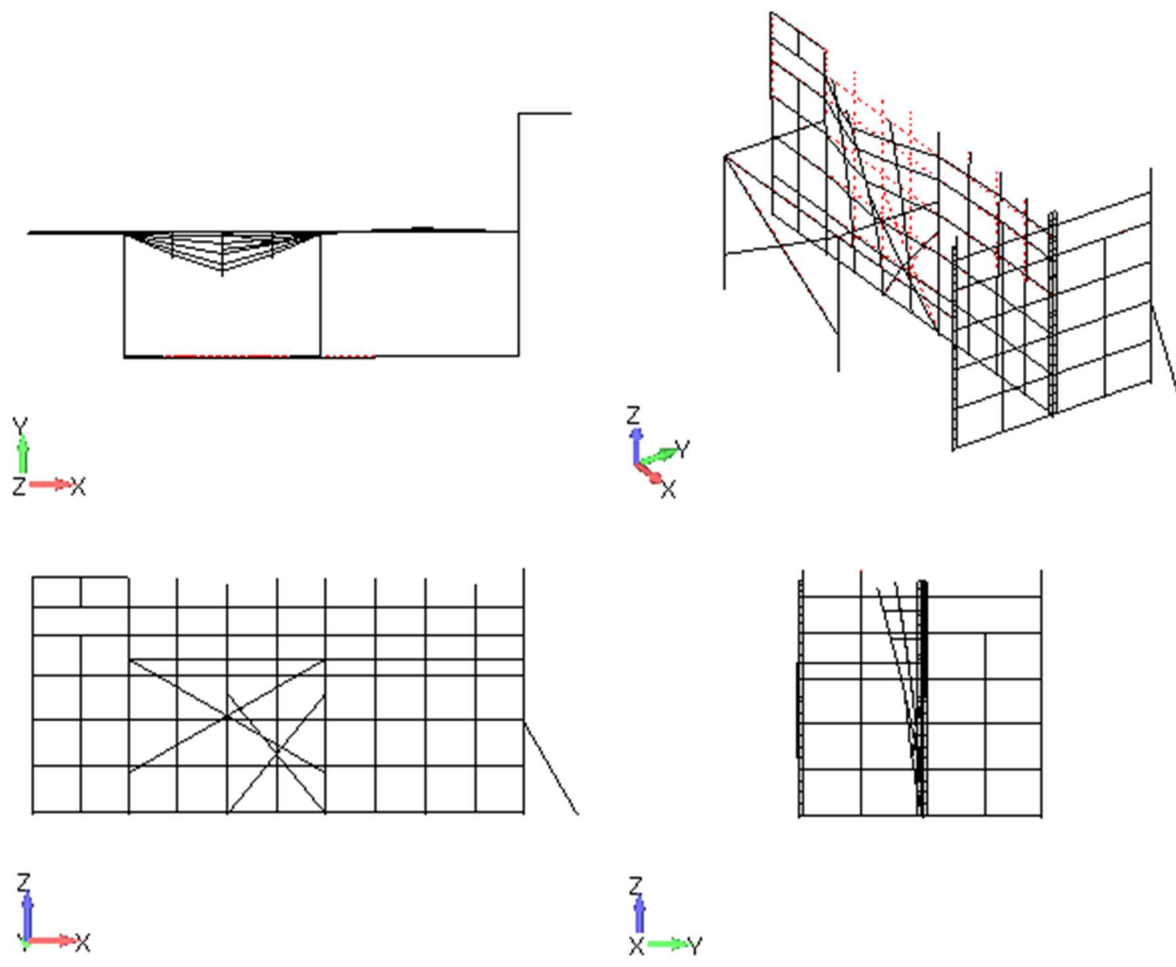


図 4-3 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）
2次固有振動モード図

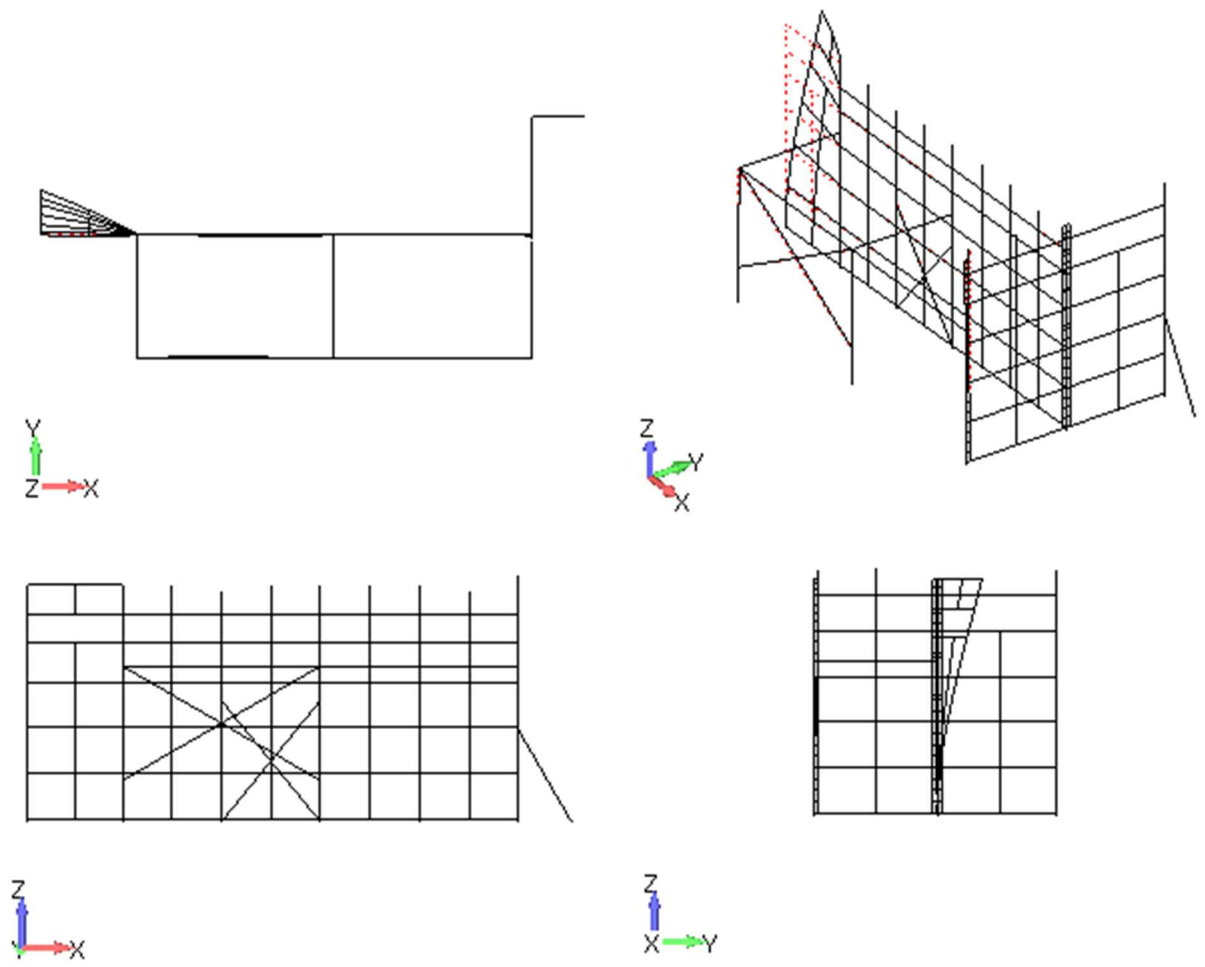


図 4-4 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）

3次固有振動モード図

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-7に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数はVI-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。

表 4-7 設計用地震力

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5 ^{*1}					
固有周期(s)		水平：0.168 ^{*2} 鉛直：0.034					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：1.0					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度 ^{*3}		応答鉛直震度 ^{*3}
		NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	
1次	0.168	—	—	—	1.56	1.56	3.87
2次	0.165	—	—	—	1.48	1.48	3.87
3次	0.146	—	—	—	1.42	1.42	3.76
4次	0.141	—	—	—	1.47	1.47	3.98
5次	0.124	—	—	—	2.13	2.13	3.98
6次	0.087	—	—	—	1.64	1.64	2.86
7次	0.085	—	—	—	1.64	1.64	2.80
8次	0.082	—	—	—	1.63	1.63	2.70
9次	0.078	—	—	—	1.52	1.52	2.48
10次	0.069	—	—	—	1.36	1.36	2.13
11次	0.066	—	—	—	1.36	1.36	2.13
12次	0.064	—	—	—	1.36	1.36	2.13
13次	0.061	—	—	—	1.38	1.38	2.00
14次	0.059	—	—	—	1.36	1.36	1.80
15次	0.056	—	—	—	1.35	1.35	1.53
16次	0.056	—	—	—	1.35	1.35	1.53
17次	0.052	—	—	—	1.28	1.28	1.34
18次	0.051	—	—	—	1.25	1.25	1.30
19次	0.051	—	—	—	1.25	1.25	1.30
20次	0.049	—	—	—	1.21	1.21	1.30
動的地震力 ^{*4}		—	—	—	1.22	1.22	1.13
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度（1.2ZPA）より定めた震度を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 フレーム部材の応力計算方法

モデルを用いて動的地震力に対する解析を行い、フレーム部材に生じる引張応力、圧縮応力、せん断応力、曲げ応力並びに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

- (1) 引張応力

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A}$$

- (2) 圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A}$$

- (3) せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_y}{A_{s y}}\right)^2 + \left(\frac{Q_z}{A_{s z}}\right)^2} + \frac{M_t}{Z_p}$$

- (4) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z}$$

- (5) 組合せ応力

$$\frac{\sqrt{\left(|\sigma_a| + \sigma_{b y} + \sigma_{b z}\right)^2 + 3\tau^2}}{f_t}$$

- (6) 組合せ応力（引張り+曲げ）

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t}$$

- (7) 組合せ応力（圧縮+曲げ）

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

4.6.2 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルト1本に生じる引張応力並びにせん断応力が、許容応力以下となることを確認する。

(1) 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{T}{A_b}$$

ここで、

$$T = \frac{F_N}{N} + \frac{M_x}{r_x \cdot n_x} + \frac{M_y}{r_y \cdot n_y}$$

(2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q}{A_b}$$

ここで、

$$Q = \frac{\sqrt{F_{sx}^2 + F_{sy}^2} + \frac{M_t}{\ell}}{N}$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の図4-1及び【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】の設計条件に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレーム部材の応力評価

4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

	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_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F^*}{\nu} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \times \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{l_k}{i}$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}}$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{tA} は許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

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

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	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}	$\frac{F^*}{1.5 \times \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることにより波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

設計基準対象施設における評価と条件が同じであるため，記載を省略する。

【耐火隔壁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	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
耐火隔壁（非常用 ガス処理系排風 機・加熱器・空調 機①設備）	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 23.5*1	0.168	0.034	C _H =1.22 又は*2	C _V =1.13 又は*2	—	66

注記*1：基準床レベルを示す

*2：基準地震動 S s に基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.2 機器要目

1.2.1 フレーム部材

部材	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	A (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	A _{s y} (mm ²)	A _{s z} (mm ²)	l _k (mm)	i (mm)	Z _p (mm ³)
2-L75×75×6	2.000×10 ⁵	234	385	269	1745	22170	16950	900	900	4156	23	5256

1.2.2 基礎ボルト

部材	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	A _b (mm ²)	N (本)	n _x (本)	n _y (本)	r _x (mm)	r _y (mm)	ℓ (mm)
基礎ボルト (M12)	2.000×10 ⁵	234	385	269	113.1	12	4	4	600	600	284

1.3 計算数値

1.3.1 フレーム部材の荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	N_t	N_c	Q_y	Q_z
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
6008	—	3.731×10^3	3.989×10^3	8.447×10^2	4.754×10^2

1.3.2 フレーム部材のモーメント

(単位：N・mm)

要素番号	節点番号	M_y	M_z	M_t
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
6008	—	2.782×10^6	2.310×10^5	1.023×10^{-8}

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	F_N	F_{sx}	F_{sy}
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
—	8	9.865×10^2	1.537×10^3	1.058×10^4

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素番号	節点番号	M_{xA}	M_{yA}	M_{tA}
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
—	8	3.273×10^7	8.287×10^5	0

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

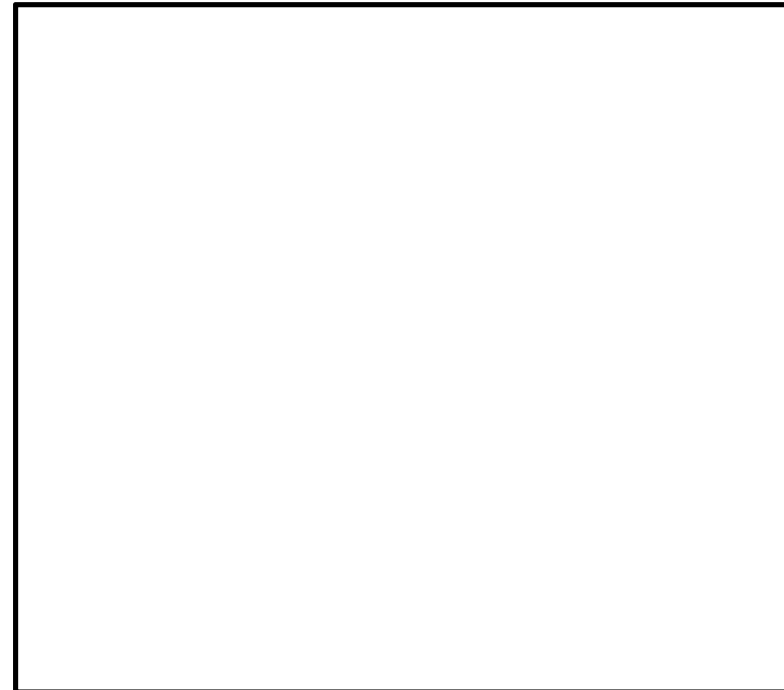
要素番号	節点番号	T	Q
		基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
—	8	1.407×10^4	8.911×10^2

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期	卓越方向
1次	0.168	水平
2次	0.165	水平
3次	0.146	水平
4次	0.141	水平
5次	0.124	水平
6次	0.087	水平
7次	0.085	水平
8次	0.082	水平
9次	0.078	水平
10次	0.069	水平
11次	0.066	水平
12次	0.064	水平
13次	0.061	水平
14次	0.059	水平
15次	0.056	水平
16次	0.056	水平
17次	0.052	水平
18次	0.051	水平
19次	0.051	水平
20次	0.049	水平



1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S _s		備考
					算出応力	許容応力	
フレーム部材 2-L75×75×6	SS400	引張り	6008	—	$\sigma_t=3$	$f_t=269$	
		圧縮	6008	—	$\sigma_c=3^{*1}$	$f_c=41$	
		せん断	6008	—	$\tau=2$	$f_s=155$	
		曲げ	6008	—	$\sigma_b=140$	$f_b=269$	
		組合せ	6008	—	0.53	1 ^{*3}	単位：なし
		組合せ (引張り+曲げ)	6008	—	0.53	1 ^{*3}	単位：なし
		組合せ (圧縮+曲げ)	6008	—	0.58	1 ^{*3}	単位：なし
基礎ボルト (M12)	SS400 相当	引張り	—	8	$\sigma_{tb}=125$	$f_{ts}=201^{*2}$	
		せん断	—	8	$\tau_b=8$	$f_{sb}=155$	

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

*3：算出応力を裕度表記にしたため「1」を記載

1.4.3 代表機器の選定結果及び全機器の評価結果

機器名称	据付場所及び 床面高さ (m)	対象	応力	基準地震動 S _s			代表	備考
				算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度		
耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）	原子炉建屋 T. M. S. L. 23.5* ¹	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	—	—	0.58	○	単位：なし
		基礎ボルト	引張り	125	201	0.63	○	
耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機②設備）	原子炉建屋 T. M. S. L. 31.7 (T. M. S. L. 23.5* ¹)	フレーム部材	組合せ	116	269	0.44		
		基礎ボルト	引張り	93	201	0.47		
耐火隔壁（可燃性ガス濃度制御系再結合装置）	原子炉建屋 T. M. S. L. 18.1 (T. M. S. L. 12.3* ¹)	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	—	—	0.34		単位：なし
		基礎ボルト	引張り	67	201	0.34		
耐火隔壁（中央制御室送風機①設備）	コントロール建屋 T. M. S. L. 17.3* ¹	フレーム部材	曲げ	134	280	0.48		
		基礎ボルト	引張り	83	210	0.40		
耐火隔壁（中央制御室送風機②設備）	コントロール建屋 T. M. S. L. 24.1 (T. M. S. L. 17.3* ¹)	フレーム部材	組合せ	110	280	0.40		
		基礎ボルト	引張り	99	210	0.48		
耐火隔壁（中央制御室排風機）	コントロール建屋 T. M. S. L. 17.3* ¹	フレーム部材	組合せ	102	280	0.37		
		基礎ボルト	引張り	123	210	0.59		
耐火隔壁（中央制御室再循環送風機）	コントロール建屋 T. M. S. L. 12.3* ¹	フレーム部材	組合せ	86	280	0.31		
		基礎ボルト	引張り	59	210	0.29		

すべて許容応力以下である。

注記*1：基準床レベルを示す

VI-2-12 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価
結果

目 次

1. 概要	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動	1
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価結果	1
3.1 建物・構築物	1
3.1.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出	1
3.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果	10
3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針	12
3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	13
3.2 機器・配管系	39
3.2.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	39
3.2.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	40
3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果	41
3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	41
3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	41
3.2.6 まとめ	42
3.3 屋外重要土木構造物	56
3.3.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出	56
3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	65
3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	65
3.3.4 まとめ	66
3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備	67
3.4.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出	67

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「4.1 地震力の算定法（2）動的地震力」及び、VI-2-1-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

なお、VI-2-2「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」、VI-2-3～VI-2-10 の各申請設備の耐震計算書及びVI-2-11「波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書」における耐震性に関する説明が令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画によることとしている施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果は、同様に令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画の V-2-12「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」による。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動 S_s を用いる。基準地震動 S_s は、VI-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」による。

ここで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動 S_s は、複数の基準地震動 S_s における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。

3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価結果

3.1 建物・構築物

3.1.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表 3-1-1 に示す。

(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性の整理

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

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁(ラーメン構造では柱及びはり)を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

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

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位として、主排気筒の柱(隅部)、原子炉建屋、原子炉建屋(大物搬入建屋)、タービン建屋、廃棄物処理建屋及び格納容器圧力逃がし装置基礎の基礎スラブ並びに原子炉建屋(大物搬入建屋)、格納容器圧力逃がし装置基礎の杭基礎を抽出した。

また、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として原子炉建屋(使用済燃料貯蔵プール)及び廃棄物処理建屋(復水貯蔵槽)の壁(一般部)並びに原子炉建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の壁(地下部)を抽出した。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

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

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位として、原子炉建屋(燃料取替床レベル)の壁(一般部)を抽出した。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位として、抽出する部位はなかった。

表 3-1-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価部位		原子炉建屋	タービン建屋	廃棄物処理建屋	主排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	S造 及びRC造	RC造
柱	一般部	○	○	○	○*1	—
	隅部	○	○	○	○*2	—
	地下部	○	○	○	—	—
はり	一般部	○	○	○	○	—
	地下部	○	○	○	—	—
	鉄骨トラス	○	○	○	—	—
壁	一般部	○	○	○	—	○
	地下部	○	○	○	—	—
	鉄骨ブレース	—	○	○	○	—
床 屋根	一般部	○	○	○	—	—
基礎	基礎スラブ	○	○	○	—	○
	杭基礎	○	—	—	—	○

凡例 ○：対象の構造部材あり

—：対象の部材なし

注記*1：筒身を示す。

*2：基礎立上り部を含む。

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

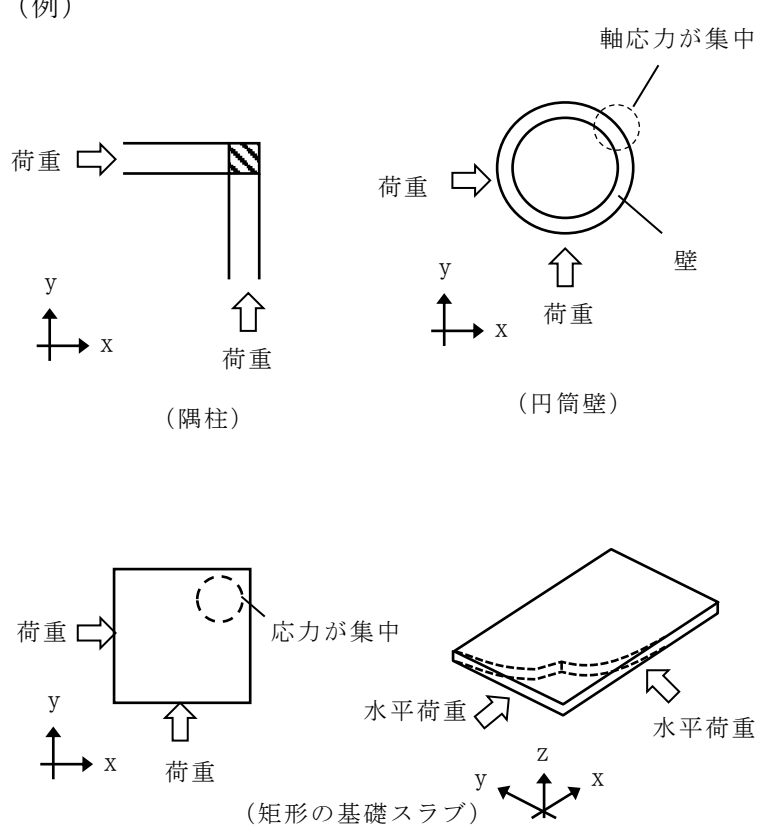
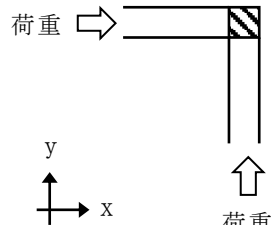
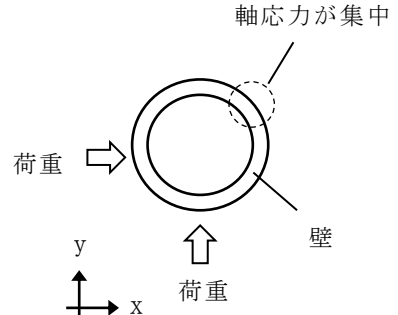
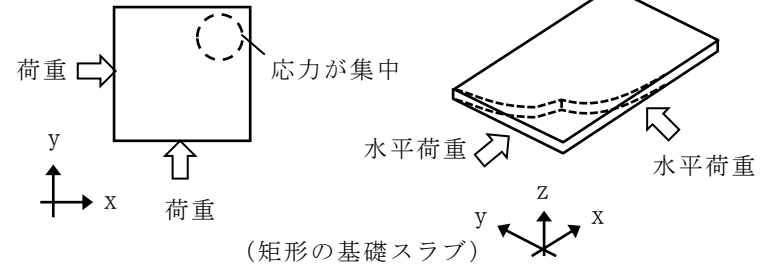
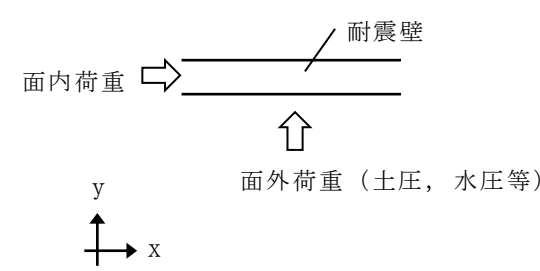
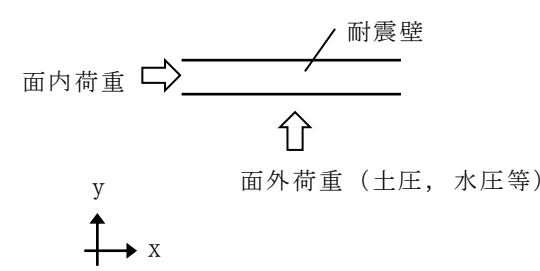
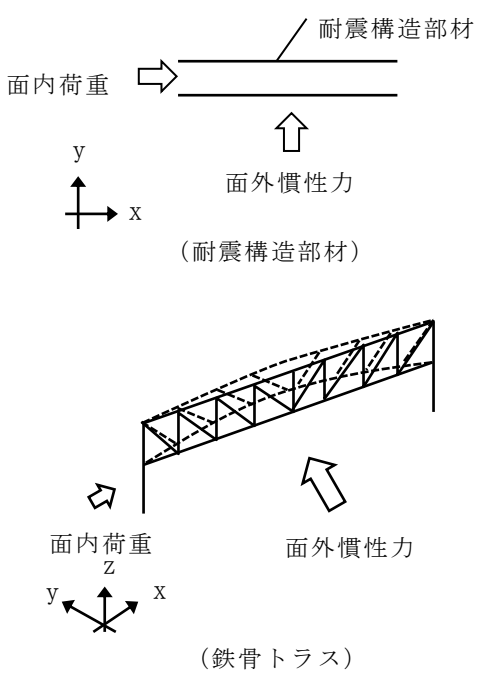
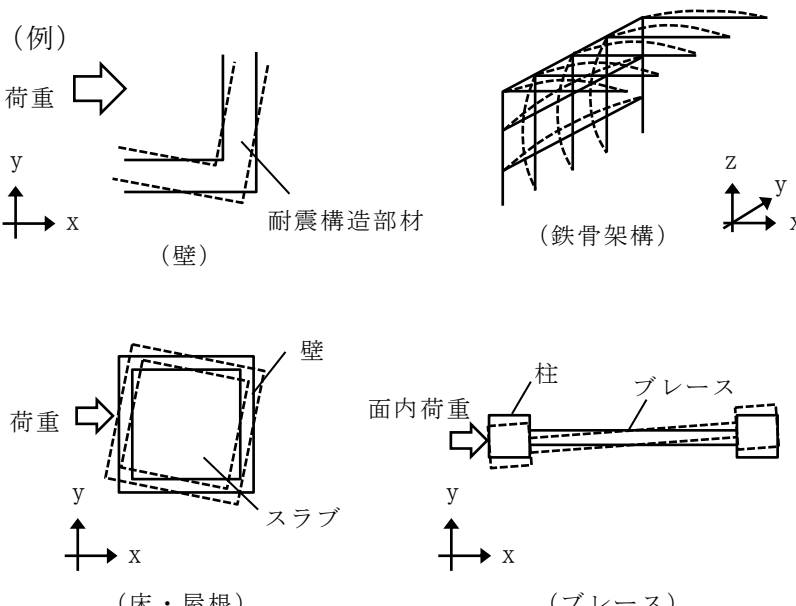
荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 →  (隅柱)</p> <p>荷重 →  (円筒壁)</p> <p>荷重 →  (矩形の基礎スラブ)</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用</p>	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 →  耐震壁</p> <p>↑ 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

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

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

K6 ① VI-2-12 R0

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

耐震評価部位		原子炉建屋	タービン 建屋	廃棄物処理 建屋	主排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	S造 及びRC造	RC造
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	隅部	該当なし	不要*	不要*	①-1要	—
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
はり	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
	鉄骨トラス	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
壁	一般部	①-2要 (使用済燃料貯蔵プール)	該当なし	①-2要 (復水貯蔵槽)	—	該当なし
	地下部	①-2要	①-2要	①-2要	—	—
	鉄骨ブレース	—	該当なし	該当なし	該当なし	—
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
基礎	基礎スラブ	①-1要	①-1要	①-1要	—	①-1要
	杭基礎	①-1要 (大物搬入建屋)	—	—	—	①-1要

凡例 要 : 評価必要

不要 : 評価不要

①-1 : 応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が, 応力として集中」

①-2 : 応答特性「面内荷重を負担しつつ, 面外方向の荷重が作用」

注記*: 鉄骨造部の隅柱については, 応力の集中が考えられるが, 下部に上位クラス施設がないため不要とする。

表 3-1-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出

(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震評価部位		原子炉建屋	タービン建屋	廃棄物処理建屋	主排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	RC造, S造 及びSRC造	S造 及びRC造	RC造
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	—
	隅部	不要	不要	不要	要	—
	地下部	不要	不要	不要	—	—
はり	一般部	不要	不要	不要	不要	—
	地下部	不要	不要	不要	—	—
	鉄骨トラス	不要	不要	不要	—	—
壁	一般部	要 (使用済燃料貯蔵プール) ②-1 (燃料取替床レベル)	不要*	要 (復水貯蔵槽)	—	不要
	地下部	要	要	要	—	—
	鉄骨ブレース	—	不要*	不要*	不要	—
床 屋根	一般部	不要	不要	不要	—	—
基礎	基礎スラブ	要	要	要	—	要
	杭基礎	要 (大物搬入建屋)	—	—	—	要

凡例 要 : 荷重組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み

不要 : 評価不要

②-1 : 応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

②-2 : 応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

注記* : 大スパン部については、面内荷重方向に加え、面外慣性力の影響が大きいと考えられるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

(5) 3次元 FEM モデルによる精査方法

上記(4)で抽出した3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した部位について、3次元 FEM モデルにより精査を行う。精査方法を表 3-1-6 に示す。

②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位については、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対して3次元 FEM モデルによる精査を行う。

また、原子炉建屋の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元 FEM モデルによる精査を行う。精査は、地震応答解析により水平2方向及び鉛直方向入力時の影響を評価することで行う。

(6) 3次元 FEM モデルによる精査結果

3次元 FEM モデルによる精査の結果、建物・構築物の有している耐震性への影響が小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価が必要な部位は抽出されなかった。精査した結果を表 3-1-6 に示す。

表 3-1-6 3次元 FEM モデルを用いた精査

耐震評価部位		対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3次元モデルを用いた 精査方法	3次元モデルを用いた精査結果
壁	一般部	・原子炉建屋 (燃料取替床レベル)	②-1 (面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい)	水平2方向及び鉛直方向入力時の応答の水平1方向入力時の応答に対する増分が小さいことを確認する。	水平2方向及び鉛直方向地震力による左記の対象に有する耐震性への影響が想定されないため抽出しない。
耐震評価 部位全般		・原子炉建屋	局所的な応答	同上	原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁では、面外方向に応答が増幅する傾向が確認されたものの、保守的な静的応力解析モデルを用いた評価により面外慣性力によって生じる応力が、許容値を超えないことを確認した。よって、水平2方向及び鉛直方向地震力による耐震性への影響は想定されないため抽出しない。

3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果

(1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるとして抽出した部位を表3-1-7に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位のうち、主排気筒の支柱材（基礎立上り部を含む）及び建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）の壁（一般部）を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

(2) 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響の観点から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

主排気筒の支柱材（基礎立上り部を含む）については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

原子炉建屋の基礎については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）の壁（一般部）については、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位であるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

表 3-1-7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果

応答特性	耐震評価部位		対象 建物・構築物	代表評価部位
	①-1	柱	隅部	・ <u>主排気筒</u>
基礎		基礎スラブ ・ 杭基礎	・ <u>原子炉建屋</u> ・ 原子炉建屋（大物搬入建屋） ・ タービン建屋 ・ 廃棄物処理建屋 ・ 格納容器圧力逃がし装置基礎	建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	水圧作用部 ・ 地下部	・ 原子炉建屋（壁地下部） ・ <u>原子炉建屋（使用済燃料貯蔵プール）</u> ・ タービン建屋（壁地下部） ・ 廃棄物処理建屋（壁地下部） ・ 廃棄物処理建屋（復水貯蔵槽）	施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料貯蔵プールの壁を代表として評価する。

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

注：下線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価した。評価は従来設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いた。

また、影響評価は、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価、又は、基準地震動 S_s の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国Regulatory Guide 1.92*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいた評価により実施した。

注記* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

(1) 主排気筒の支柱材の評価

主排気筒の鉄塔のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である鉄塔部支柱材及び基礎立上り部を対象に評価を行う。

評価に当たっては、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力（以下「3方向同時入力」という。）する時刻歴応答解析を行い、主排気筒が有する耐震性に影響しないことを確認する。鉄塔部支柱材及び基礎（鉄塔部基礎ボルト及び鉄塔部基礎立上り部）の耐震性への影響については、基準地震動 S_s を3方向同時入力した地震応答解析の結果による各断面算定結果（検定値）が、1.0を超えないことにより確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」（以下「主排気筒の耐震計算書」という。）に示すものと同一である。主排気筒の概要図を図3-1-1及び図3-1-2に、解析モデルを図3-1-3に示す。

主排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は、 S_s-1 による原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる屋上レベル（T.M.S.L. 38.2m）における応答値を用いる。

主排気筒の耐震計算書による評価では、3次元FEMモデルを用いた上で、一部の地震動（ S_s-1 ～ S_s-8 のうち、 S_s-2 及び S_s-4 ～ S_s-7 が該当）については3方向同時入力を行っている。そのため、3方向同時入力を行っていない基準地震動 S_s のうち、鉄塔部支柱材及び基礎への影響が大きい S_s-1 を検討に採用する。なお、水平2方向の地震動のうち1方向には S_s-1 の水平方向成分を入力し、直交する方向は S_s-1 の水平方向成分の設計用スペクトルに適合するが S_s-1 の水平方向成分とは位相特性の異なる模擬地震波を入力する。

地震動の入力方法は、主排気筒の耐震計算書に基づくものとする。

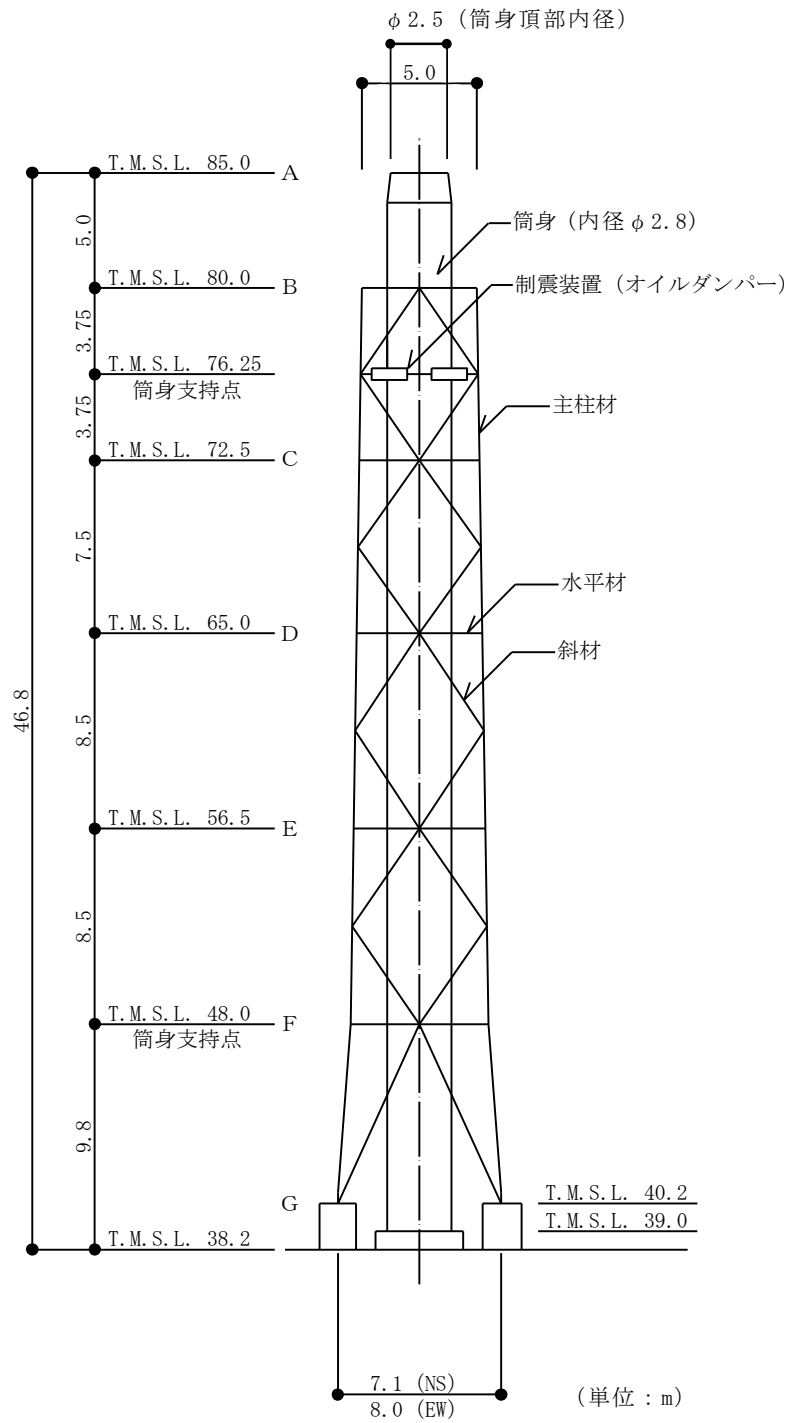
鋼材、コンクリート及び鉄筋の許容応力度は、主排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

使用材料の物性値は主排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

3方向同時入力時及び2方向同時入力時の鉄塔部支柱材の検定値を表3-1-8に、鉄塔部基礎ボルトの検定値を表3-1-9に、鉄塔部基礎立上り部の検定値を表3-1-10に示す。

評価の結果、2方向同時入力時の検定値と比較し、3方向同時入力時の検定値は増加傾向であるものの、各鉄塔部支柱材及び基礎の検定値が1.0を超えないことを確認した。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、主排気筒の鉄塔部支柱材及び基礎が有する耐震性への影響が無いことを確認した。



STK490 [STK50]*	φ 711.2 × 19	φ 609.6 × 16	φ 508.0 × 7.9	φ 406.4 × 6.4	φ 318.5 × 6	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	t = 6
主柱材									
STK400 [STK41]*	φ 406.4 × 6.4	φ 318.5 × 6	φ 355.6 × 7.9	φ 267.4 × 6	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	t = 6
水平材									
STK490 [STK50]*	φ 558.8 × 16	φ 406.4 × 12.7	φ 355.6 × 7.9	φ 267.4 × 6	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	φ 216.3 × 4.5	t = 6
斜材									
SMA400AP [SMA41A]*	t = 12	t = 8	t = 8	t = 8	t = 8	t = 8	t = 8	t = 8	t = 6
筒身板厚									
部材リスト (単位 : mm)									

注記* : []内は従来標記を示す。

注 : 東京湾平均海面を、以下「T.M.S.L.」という。

図 3-1-1 主排気筒概要図

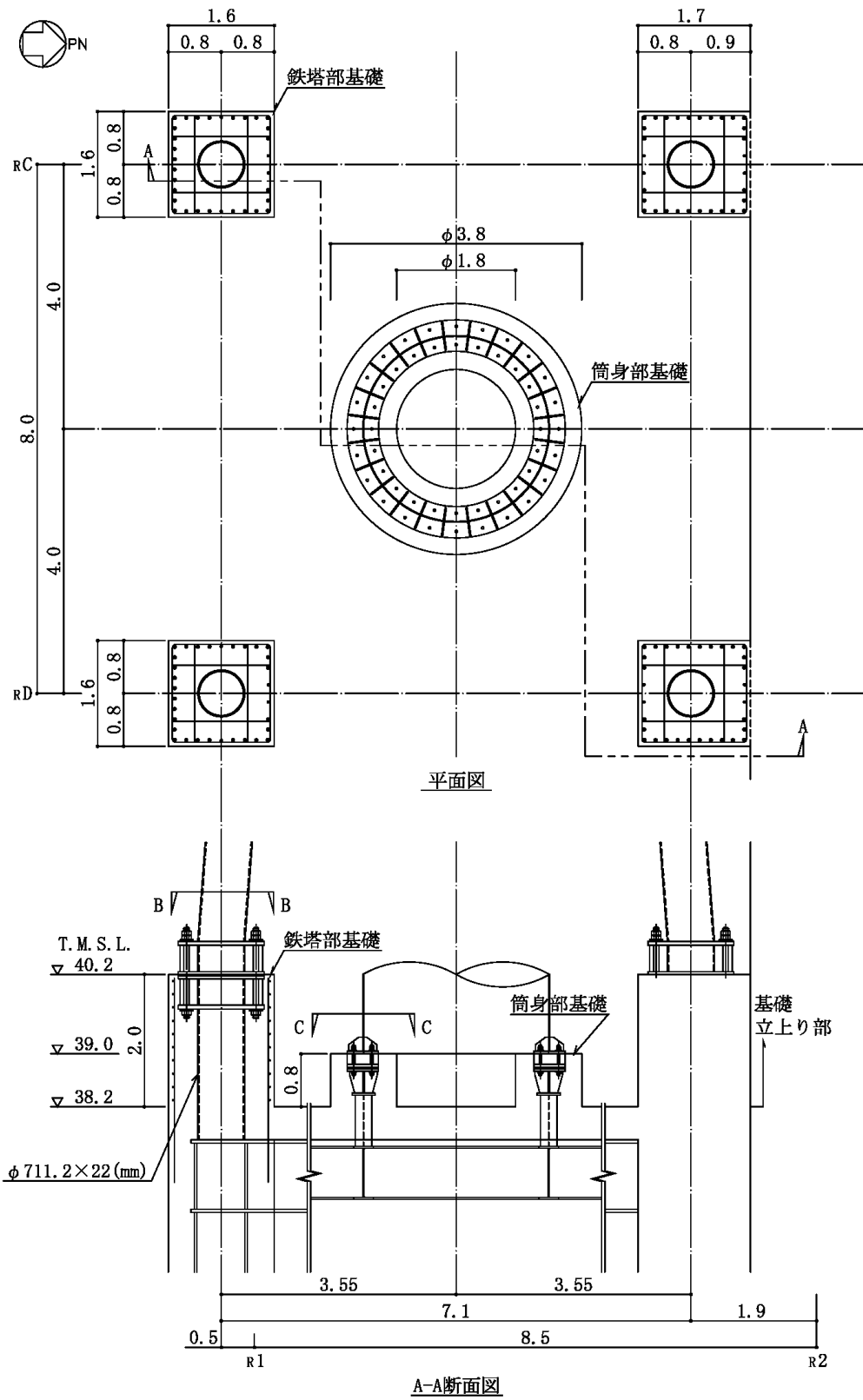
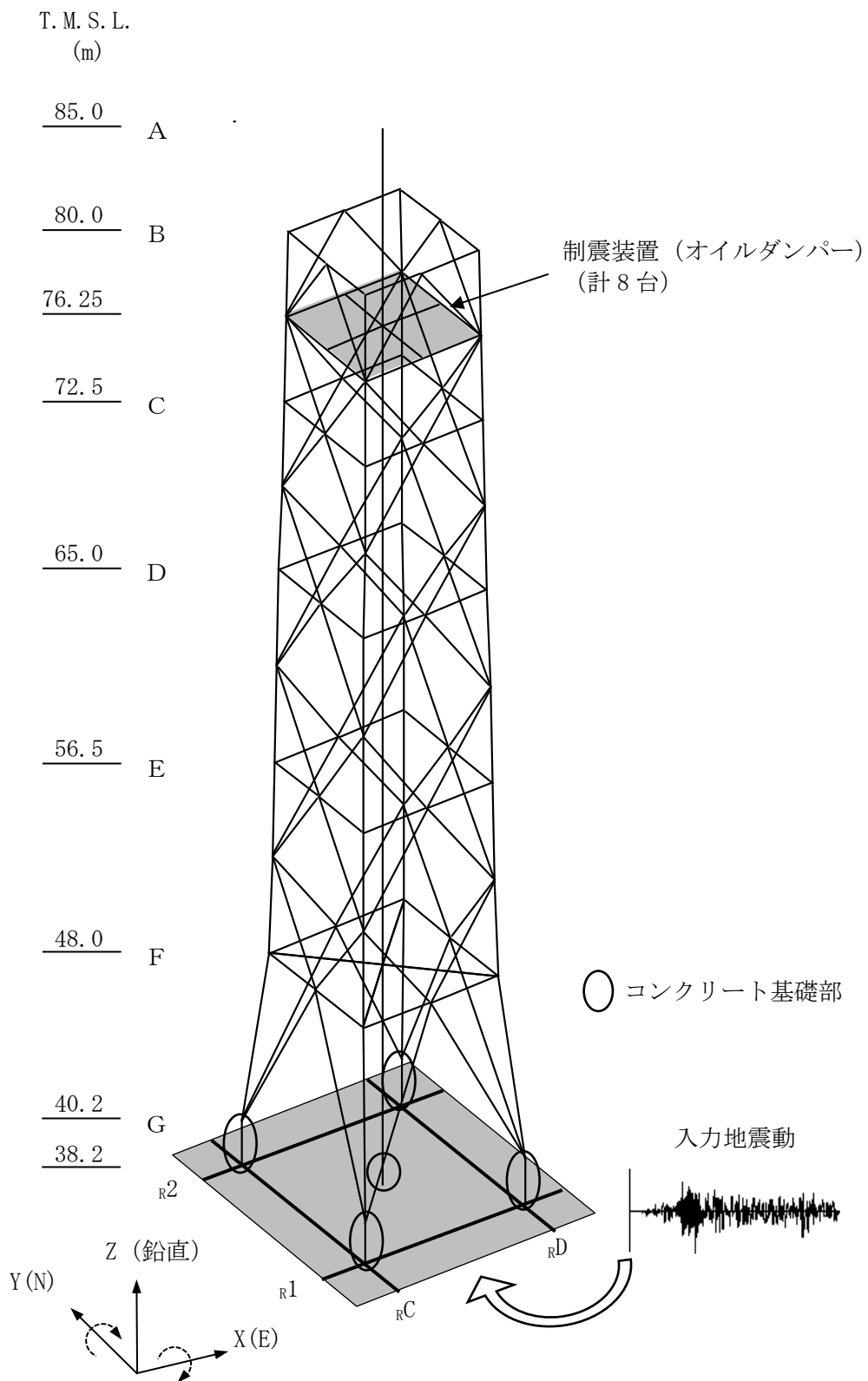


図 3-1-2 主排気筒の基礎の概要図 (単位 : m)



注：並進成分を実線で、回転成分を破線で示す。

図 3-1-3 主排気筒の解析モデル

表 3-1-8 鉄塔部支柱材の検定値

部材間	使用部材 (STK490)	2 方向同時入力		3 方向 同時入力
		NS 方向	EW 方向	
B-C	φ 318.5×6	0.13	0.13	0.18
C-D	φ 406.4×6.4	0.52	0.49	0.68
D-E	φ 508.0×7.9	0.60	0.58	0.79
E-F	φ 609.6×16	0.63	0.56	0.79
F-G	φ 711.2×19	0.51	0.50	0.68

表 3-1-9 鉄塔部基礎ボルトの検定値

評価 対称部位	評価項目	2 方向同時入力		3 方向 同時入力
		NS 方向	EW 方向	
鉄塔部 基礎ボルト	引張応力度	0.57	0.50	0.75
	せん断応力度	0.19	0.16	0.24

表 3-1-10 鉄塔部基礎立上り部の検定値

評価 対称部位	評価項目	2 方向同時入力		3 方向 同時入力
		NS 方向	EW 方向	
コンクリート (1.6m×1.6m*)	鉄筋コンクリート部 主筋の応力度	0.65	0.53	0.80
	コンクリートの せん断応力度	0.53	0.44	0.66
鉄骨柱 (φ 711.2×22)	鉄骨柱の応力度	0.38	0.33	0.49

注記*：基礎寸法は 2 種類 (1.6m×1.6m 及び 1.6m×1.7m) あるが、ここでは断面性能の低い基礎 (1.6m×1.6m) を評価対象とする。

(2) 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する使用済燃料貯蔵プールの壁について、評価を行う。

評価に当たっては、S_s地震時に対して、3次元 FEM モデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-4-2-1「使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書」(以下「SFP の耐震計算書」という。)に示すものと同一である。

使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 3-1-4 及び図 3-1-5 に、使用済燃料貯蔵プール周りの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-6 及び図 3-1-7 に示す。

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、SFP の耐震計算書の「3.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデル概要図を図 3-1-8 に示す。解析モデルの詳細は、SFP の耐震計算書の「3.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S_s地震時の応力は、SFP の耐震計算書の「3.5.1 応力解析方法」に示す、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

D L	: 死荷重及び活荷重
P ₁	: 運転時圧力
H ₁	: 逃がし安全弁作動時荷重
K _{s S N} *	: S→N 方向 S _s 地震荷重
K _{s W E} *	: W→E 方向 S _s 地震荷重
K _{s D U} *	: 鉛直方向 S _s 地震荷重
R _s	: S _s 地震時配管荷重
K H _{s W E} *	: W→E 方向 S _s 地震時動水圧荷重
K H _{s S N} *	: S→N 方向 S _s 地震時動水圧荷重

注記* : 計算上の座標軸を基準として、EW 方向は W→E 方向の加力、NS 方向は S→N 方向の加力、鉛直方向は上向きの加力を記載している。

使用済燃料貯蔵プールの壁の評価は、SFP の耐震計算書の「3.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

断面の評価結果を以下に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋

及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 3-1-9 及び図 3-1-10 に，評価結果を表 3-1-11 及び表 3-1-12 に示す。

S s 地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて，水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると，水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり，一部最大となる要素が変わるものもあるが，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

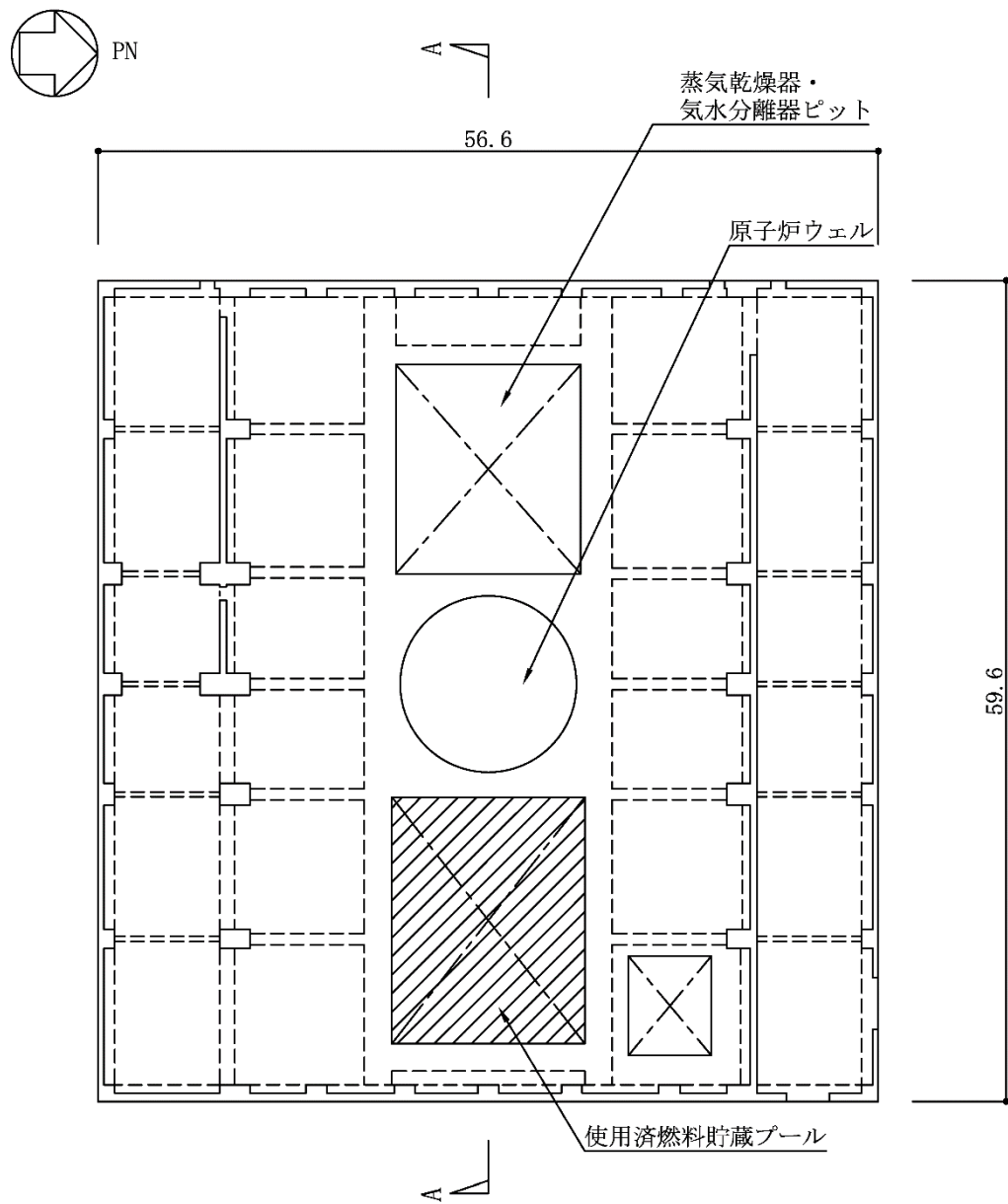
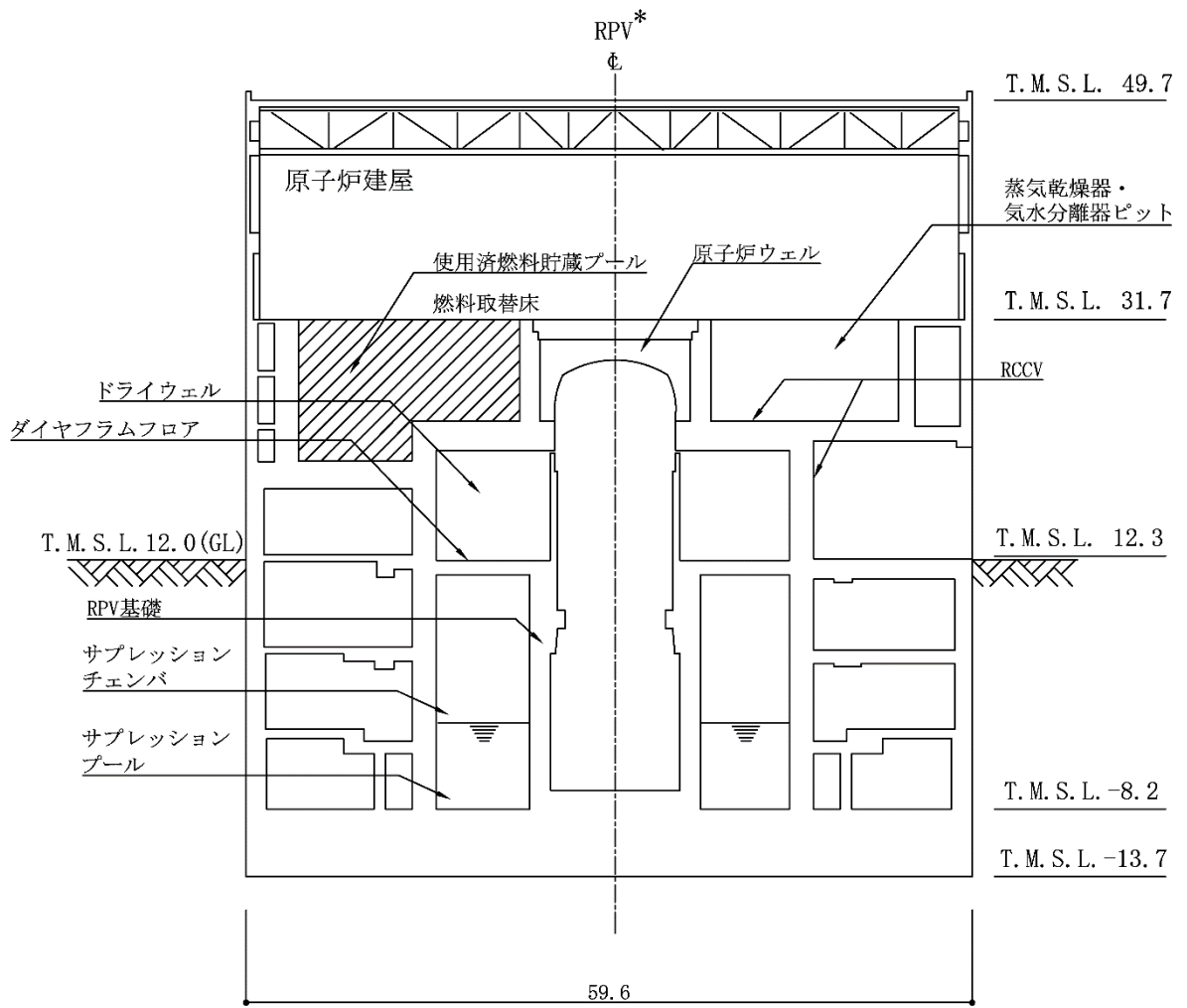


図 3-1-4 使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略平面図 (T.M.S.L. 31.7m)

(単位 : m)



注記*：原子炉圧力容器を，以下「RPV」という。

図 3-1-5 使用済燃料貯蔵プールを含む原子炉建屋の概略断面図

(A-A 断面) (単位：m)

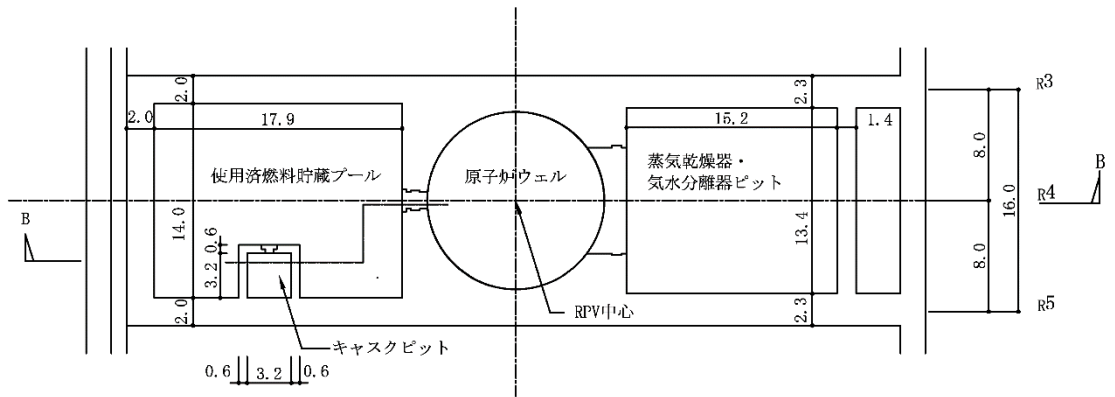
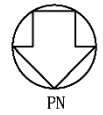


図 3-1-6 使用済燃料貯蔵プール周りの概略平面図 (単位: m)

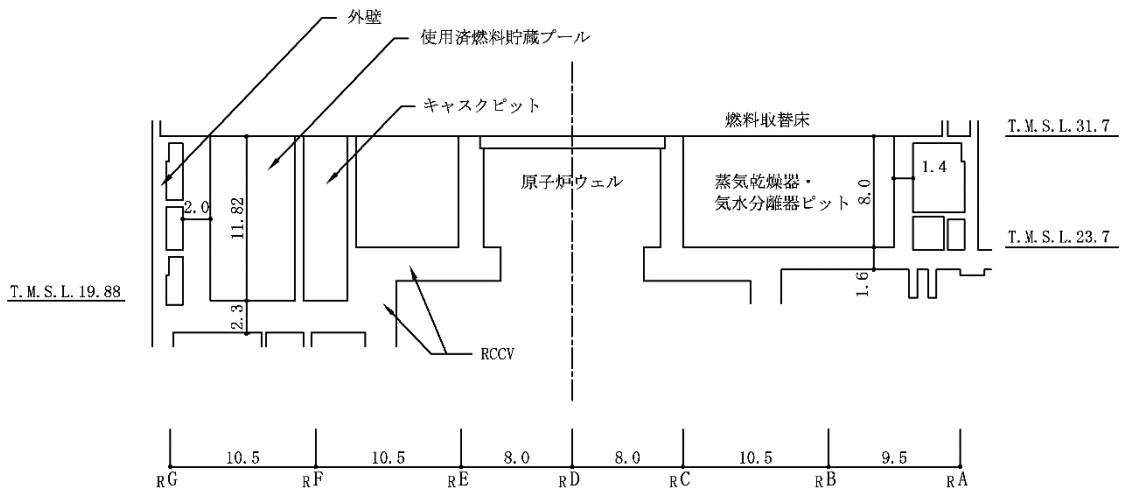
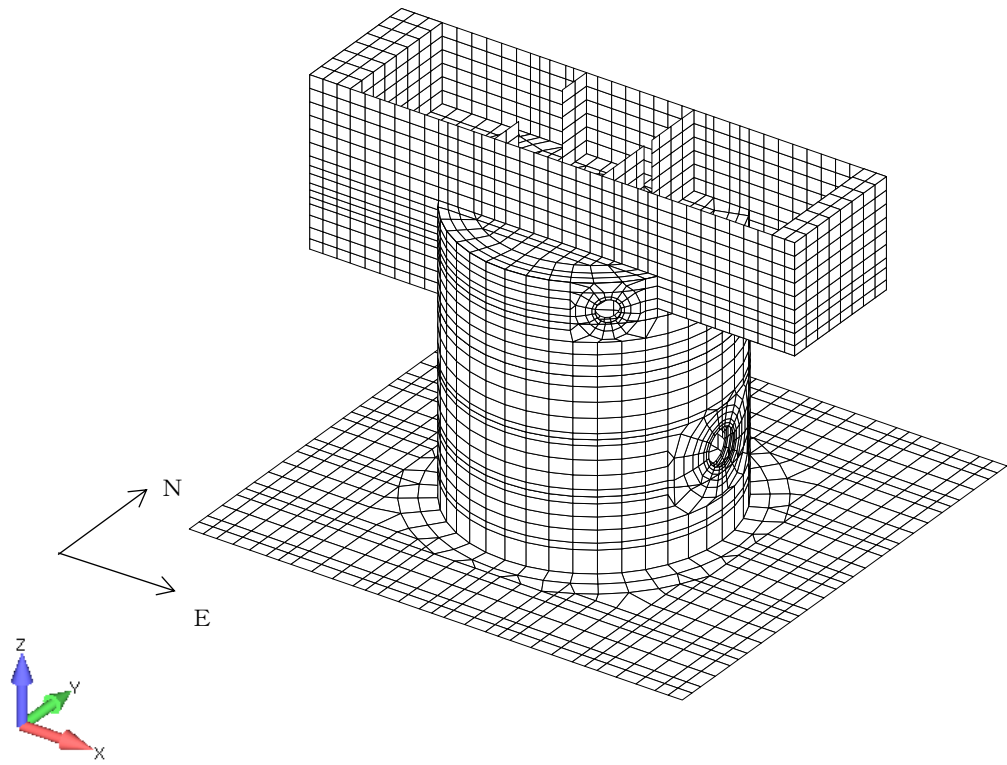
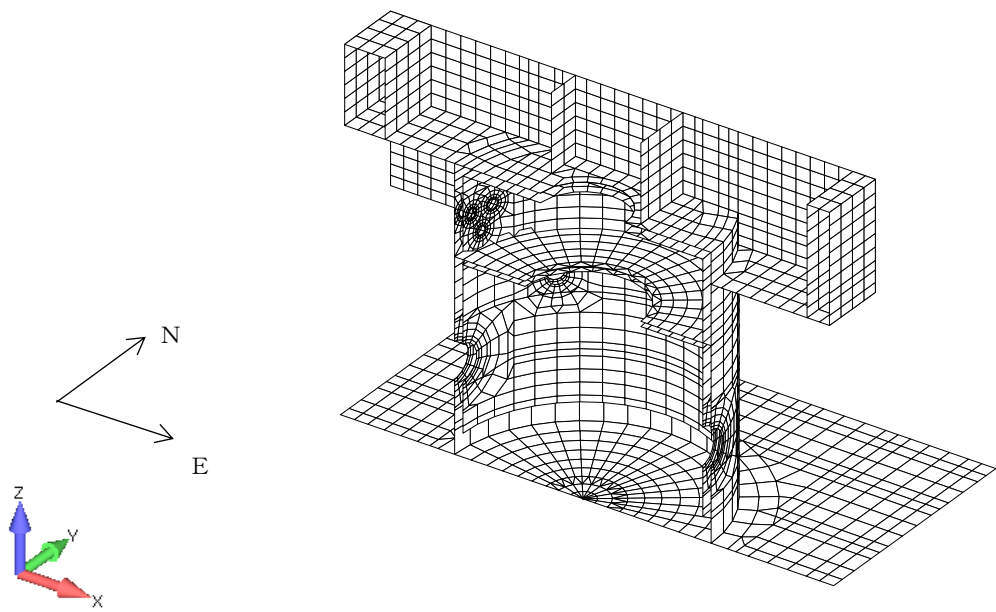


図 3-1-7 使用済燃料貯蔵プール周りの概略断面図
(B-B 断面) (単位: m)

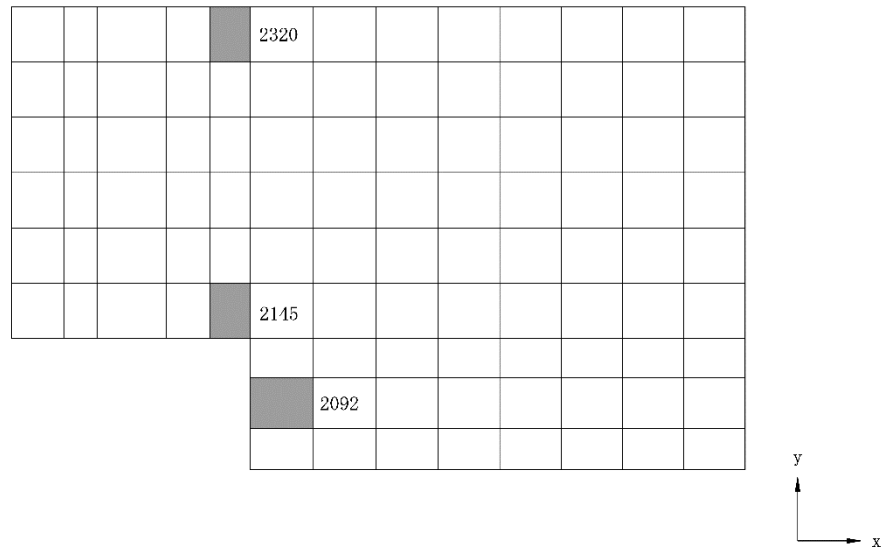


(a) 全体鳥瞰図

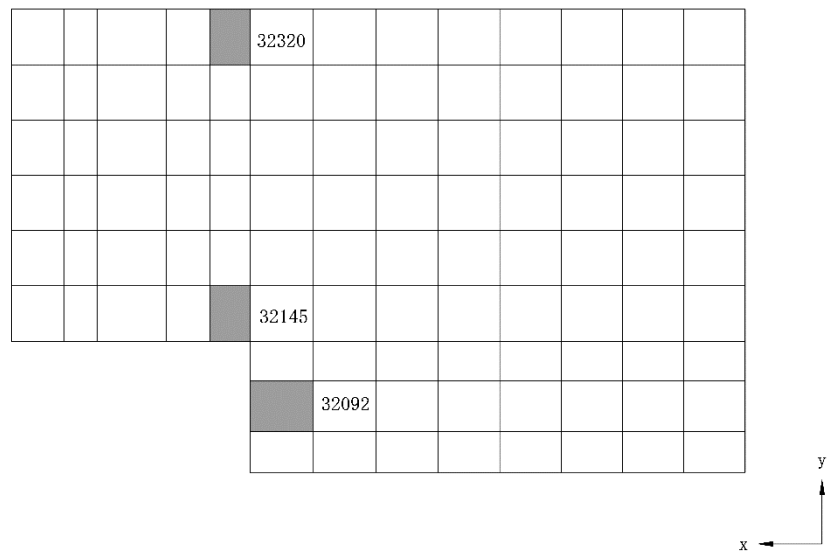


(b) 全体断面図 (EW 方向断面)

図 3-1-8 解析モデル (地震荷重時) 概要図

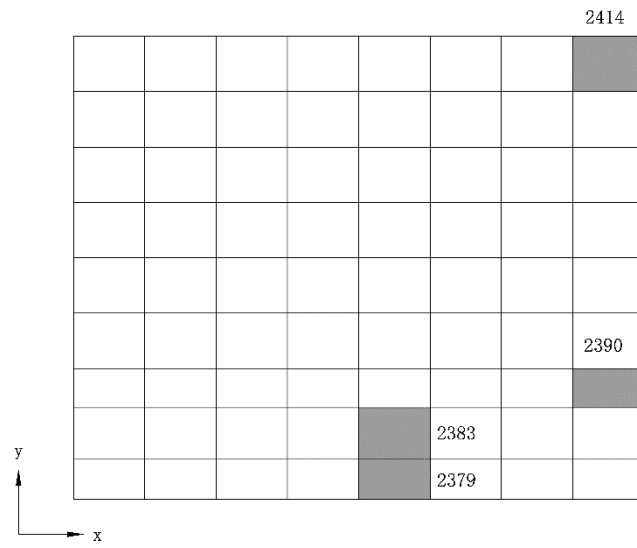


(a) 北側壁

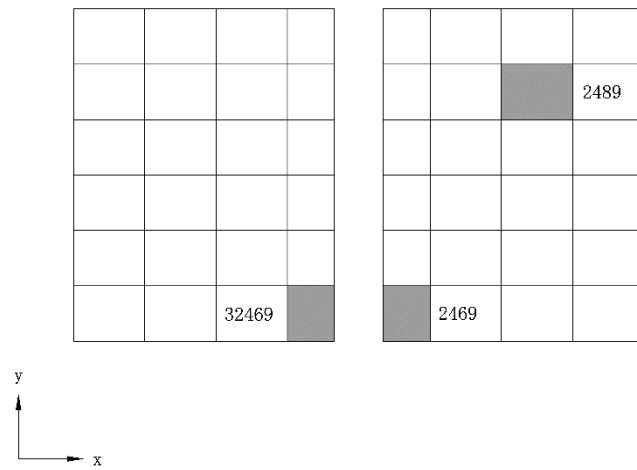


(b) 南側壁

図 3-1-9 選定した要素の位置 S s 地震時 (水平 2 方向) (1/2)

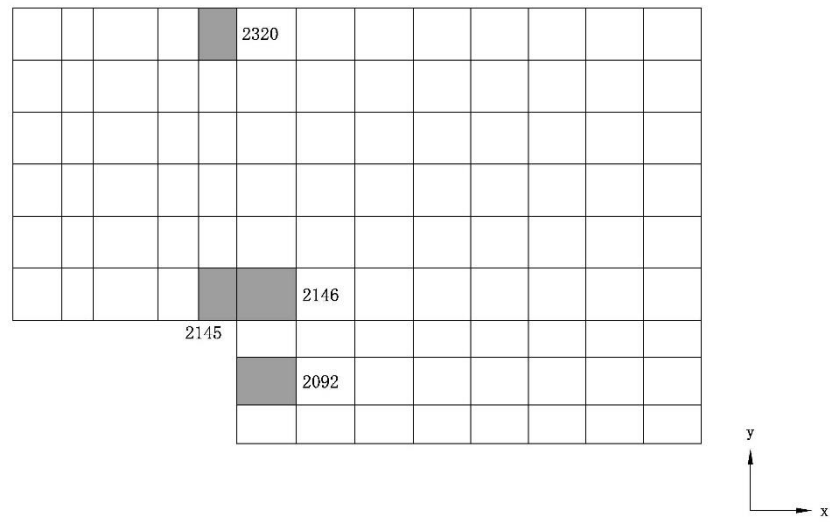


(c) 東側壁

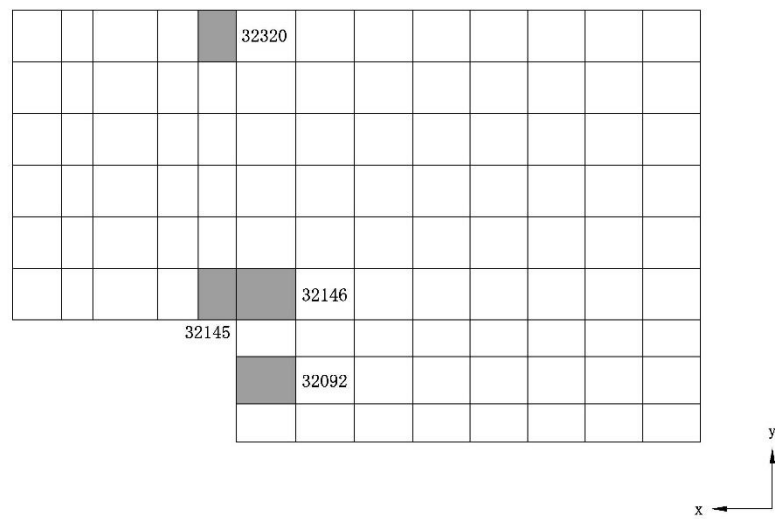


(d) 西側壁

図 3-1-9 選定した要素の位置 S s地震時 (水平 2 方向) (2/2)

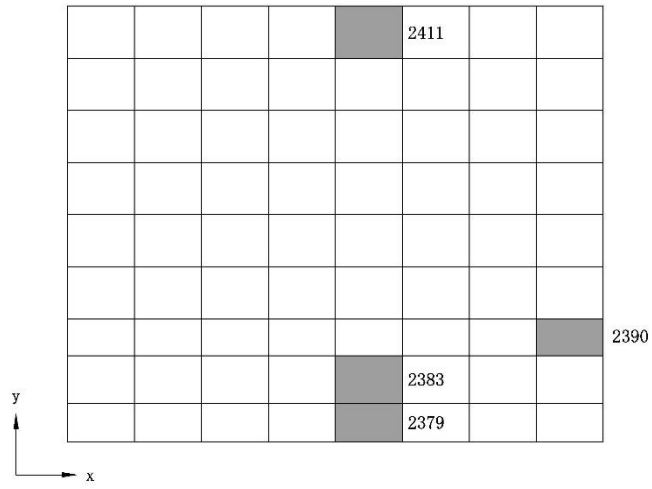


(a) 北側壁

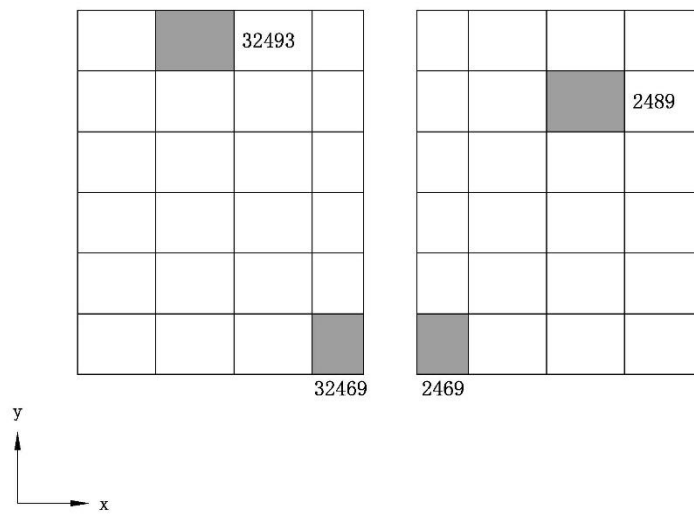


(b) 南側壁

図 3-1-10 選定した要素の位置 S s 地震時 (水平 1 方向) (1/2)



(c) 東側壁



(d) 西側壁

図 3-1-10 選定した要素の位置 S s地震時 (水平 1 方向) (2/2)

表 3-1-11 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 2 方向)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2145	5-10	0.287	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	2320	5-15	0.410	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	5-15	6.47	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2092	5-10	3.08	5.89
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	5-9	0.716	1.92
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	32145	5-14	0.286	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	32320	5-8	0.404	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	32145	5-16	6.44	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	32092	5-14	3.07	5.89
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	32145	5-13	0.714	1.92
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2379	5-11	0.337	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2379	5-11	0.624	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	2414	5-15	0.932	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2390	5-10	1.04	3.75
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2383	5-11	0.682	1.73
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	32469	5-9	0.184	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2469	5-1	0.474	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	32469	5-1	5.28	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2489	5-1	0.682	1.41
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	32469	5-16	0.336	1.97

表 3-1-12 使用済燃料貯蔵プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 1 方向)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2145	2-5	0.277	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	2320	2-8	0.382	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2146	2-16	6.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2092	2-16	3.16	5.89
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	2-5	0.700	1.98
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	32145	2-7	0.275	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	32320	2-8	0.380	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	32146	2-16	6.39	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	32092	2-16	3.15	5.89
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	32145	2-7	0.698	1.99
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2379	2-6	0.337	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2379	2-6	0.622	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	2411	2-16	0.940	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2390	2-5	1.04	3.80
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2383	2-6	0.682	1.73
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	32469	2-5	0.169	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2469	2-5	0.423	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	32469	2-5	4.98	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	2489	2-1	0.647	1.43
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	水平	32493	2-8	0.237	1.49

K6 ① VI-2-12 R0

(3) 原子炉建屋の基礎スラブの評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中する部位である周辺部基礎について、評価を行う。

評価に当たっては、 S_s 地震時に対して、3次元 FEM モデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、VI-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」(以下「基礎スラブの耐震計算書」という。)に示すものと同一である。原子炉建屋基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-11 及び図 3-1-12 に示す。

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、基礎スラブの耐震計算書の「4.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデル図を図 3-1-13 に示す。解析モデルの詳細は、基礎スラブの耐震計算書の「4.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S_s 地震時の応力は、基礎スラブの耐震計算書の「4.5.1 応力解析方法」に示す、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

D L	: 死荷重及び活荷重
P_1	: 運転時圧力
H_1	: 逃がし安全弁作動時荷重
$K_{s\ S\ N}^*$: S→N 方向 S_s 地震荷重
$K_{s\ W\ E}^*$: W→E 方向 S_s 地震荷重
$K_{s\ D\ U}^*$: 鉛直方向 S_s 地震荷重
$E_{s\ N\ S}$: NS 方向 S_s 地震時土圧荷重
$E_{s\ E\ W}$: EW 方向 S_s 地震時土圧荷重

注記* : 計算上の座標軸を基準として、EW 方向は W→E 方向の加力、NS 方向は S→N 方向の加力、鉛直方向は上向きの加力を記載している。

断面の評価結果を以下に示す。断面の評価結果を記載する要素は、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力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 3-1-14 に、評価結果を表 3-1-13 に示す。

S_s 地震時における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、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が，各許容値を超えないことを確認した。

K6 ① VI-2-12 R0

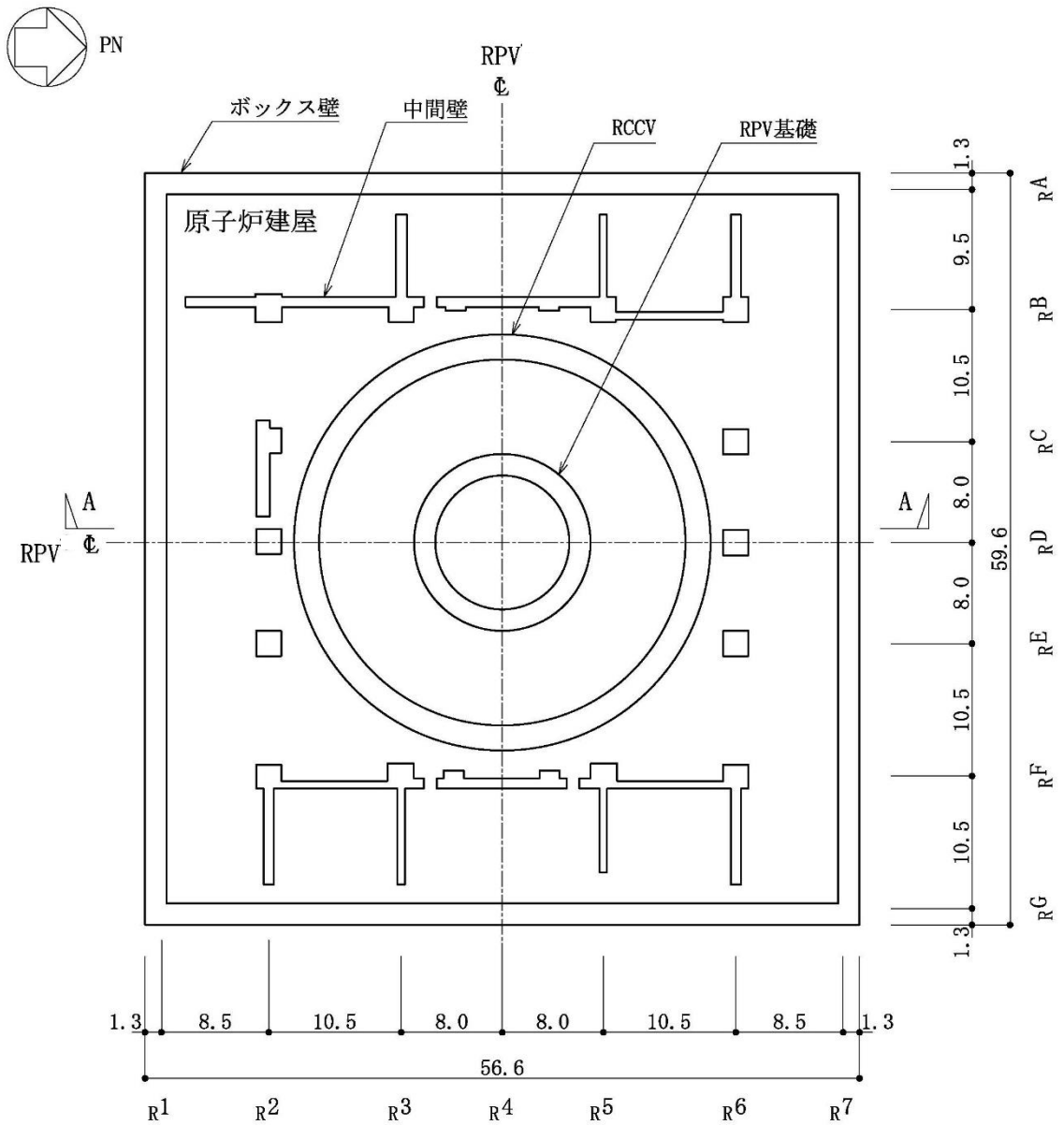


図 3-1-11 原子炉建屋基礎スラブの概略平面図 (T.M.S.L. -8.2m) (単位 : m)

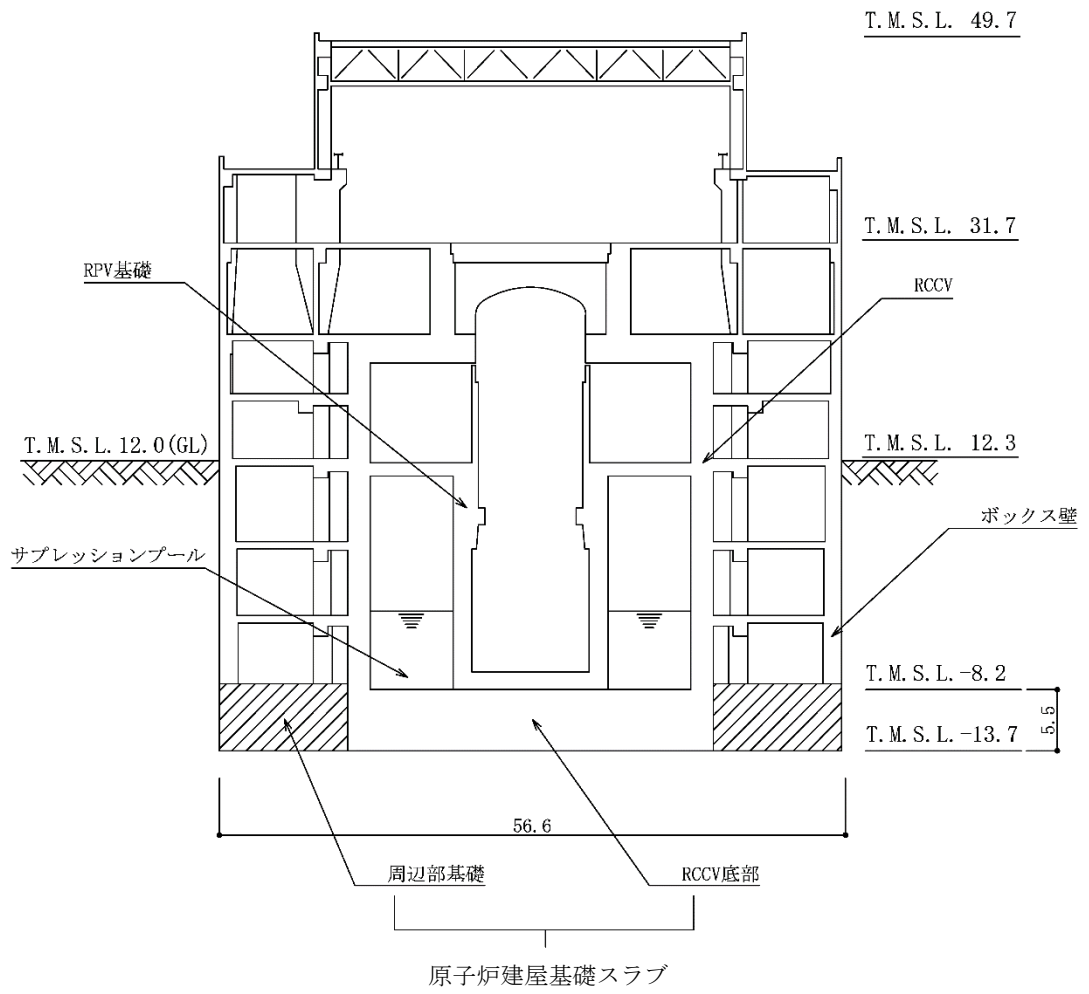
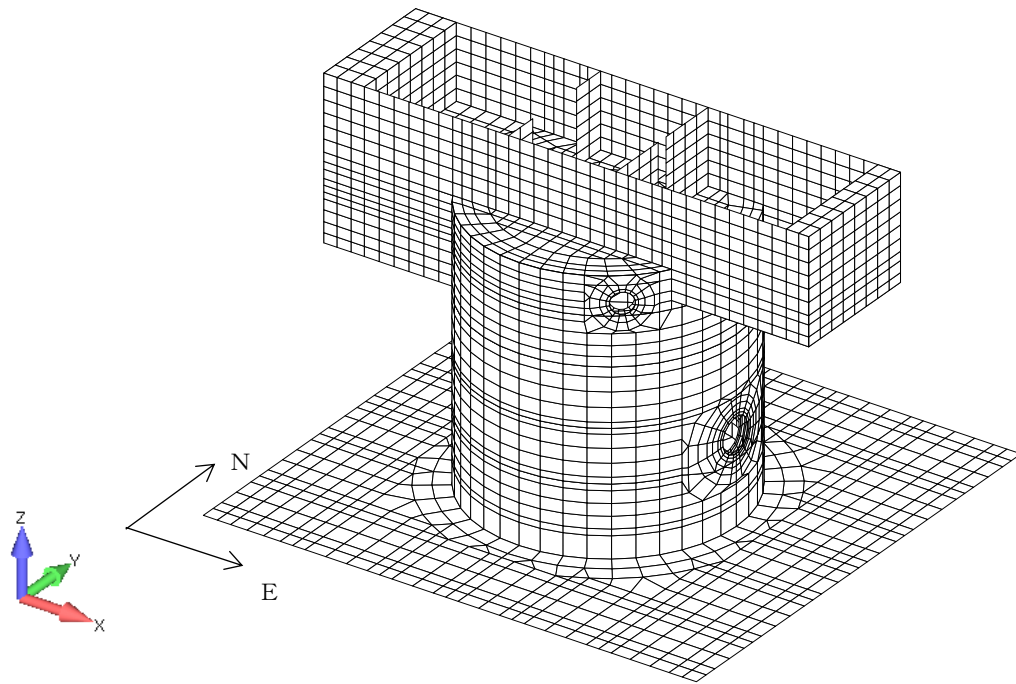
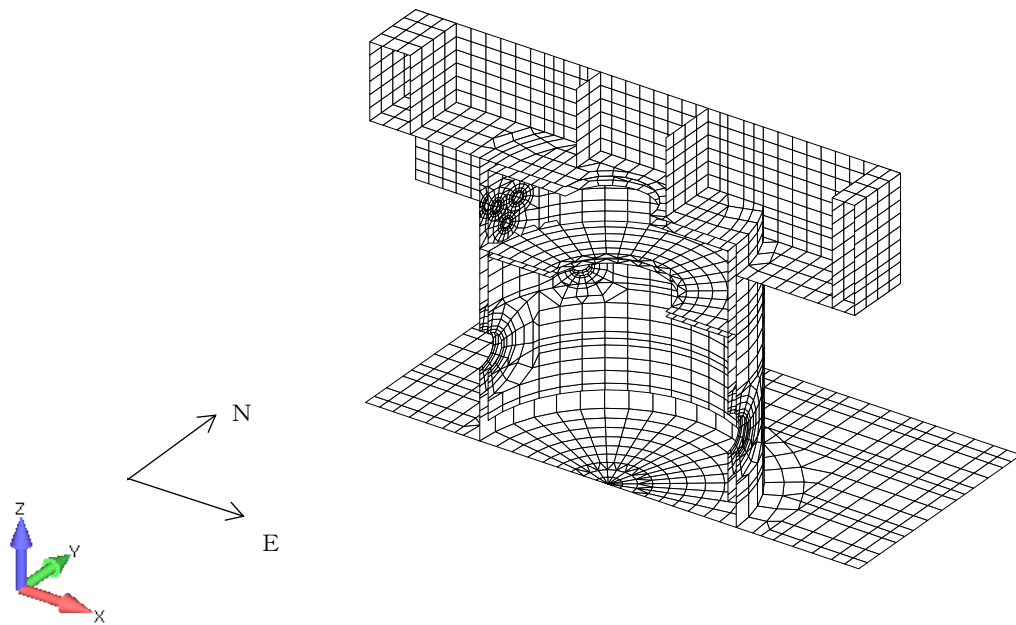


図 3-1-12 原子炉建屋基礎スラブの概略断面図 (A-A 断面) (単位: m)



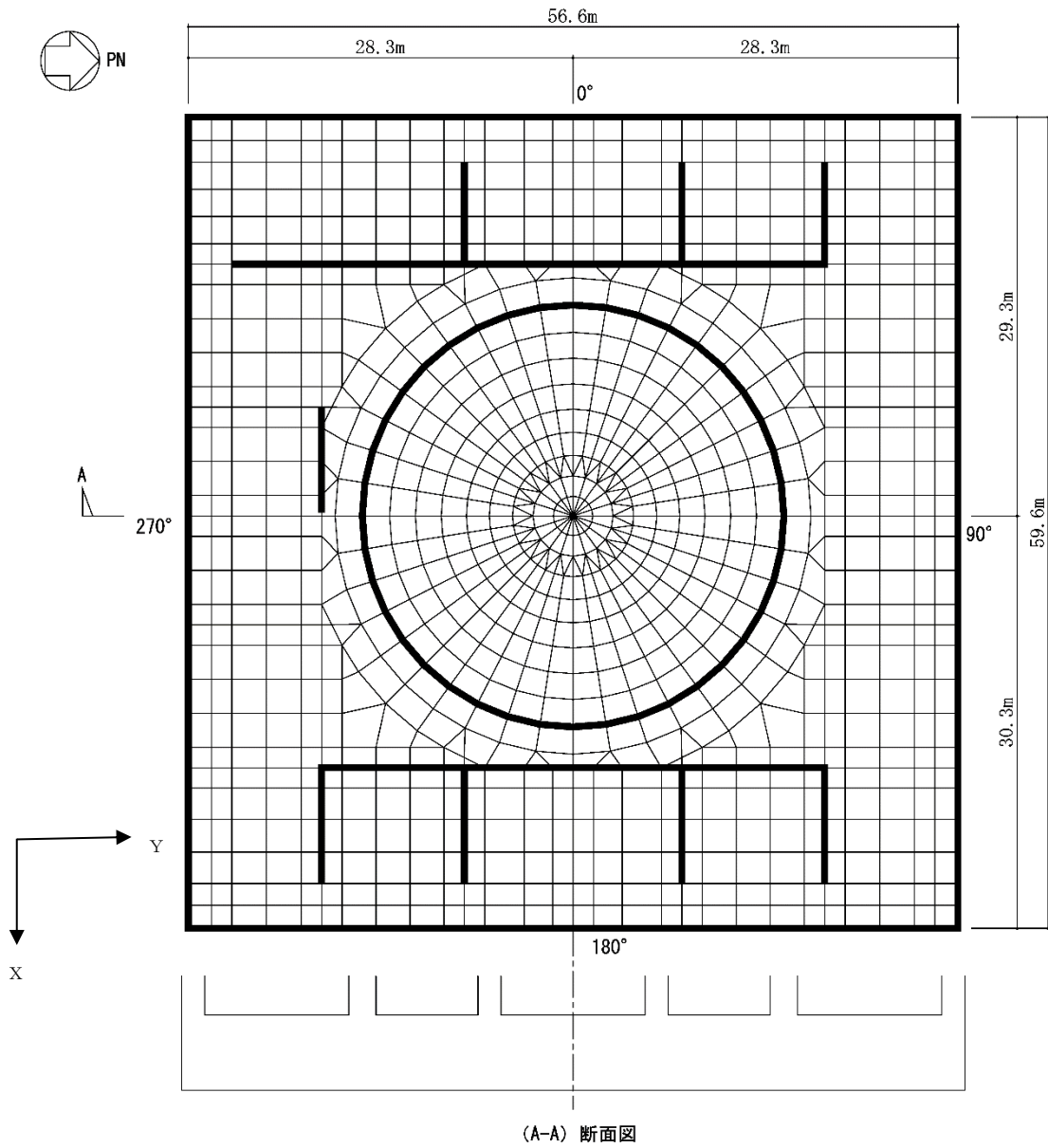
(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体断面図

図 3-1-13 解析モデル (1/2)

K6 ① VI-2-12 R0



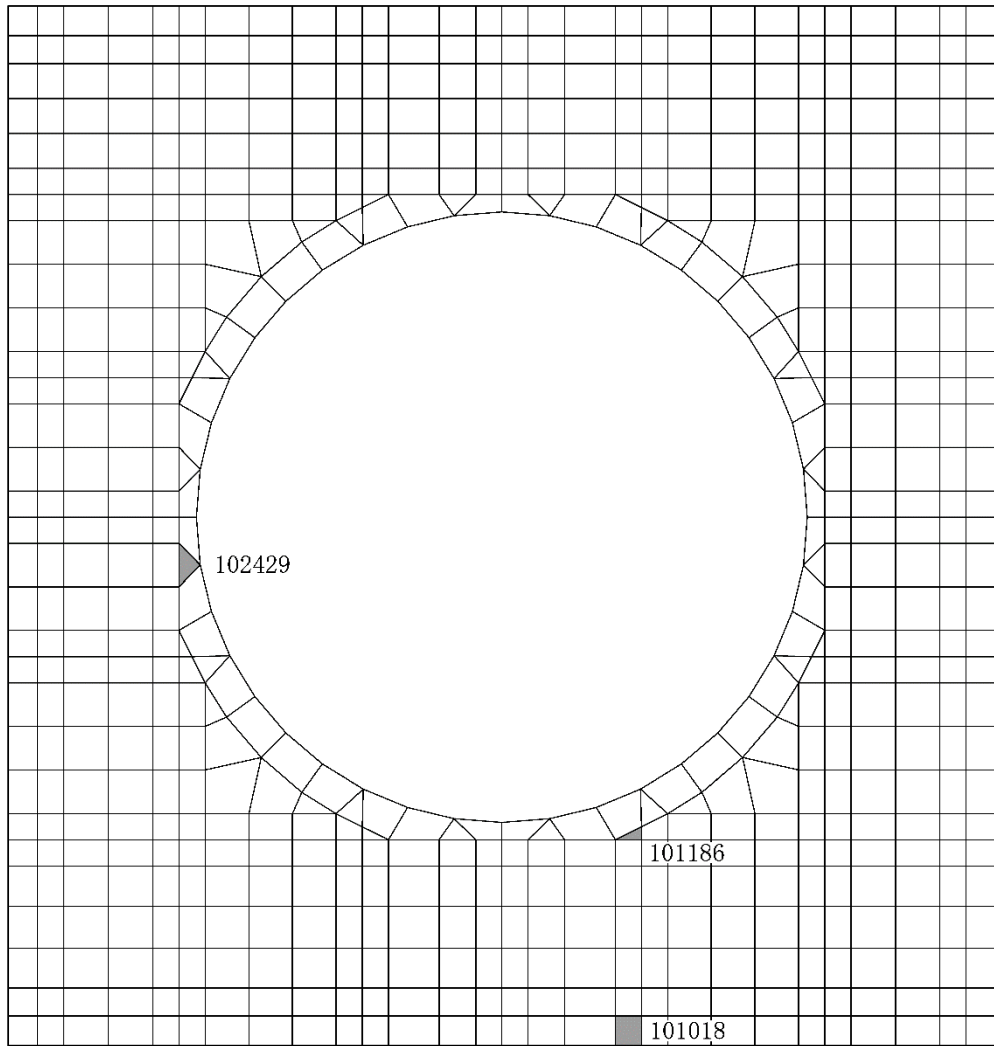
注：太線部は耐震壁の位置を示す。

(c) 基礎スラブ要素分割図

図3-1-13 解析モデル (2/2)

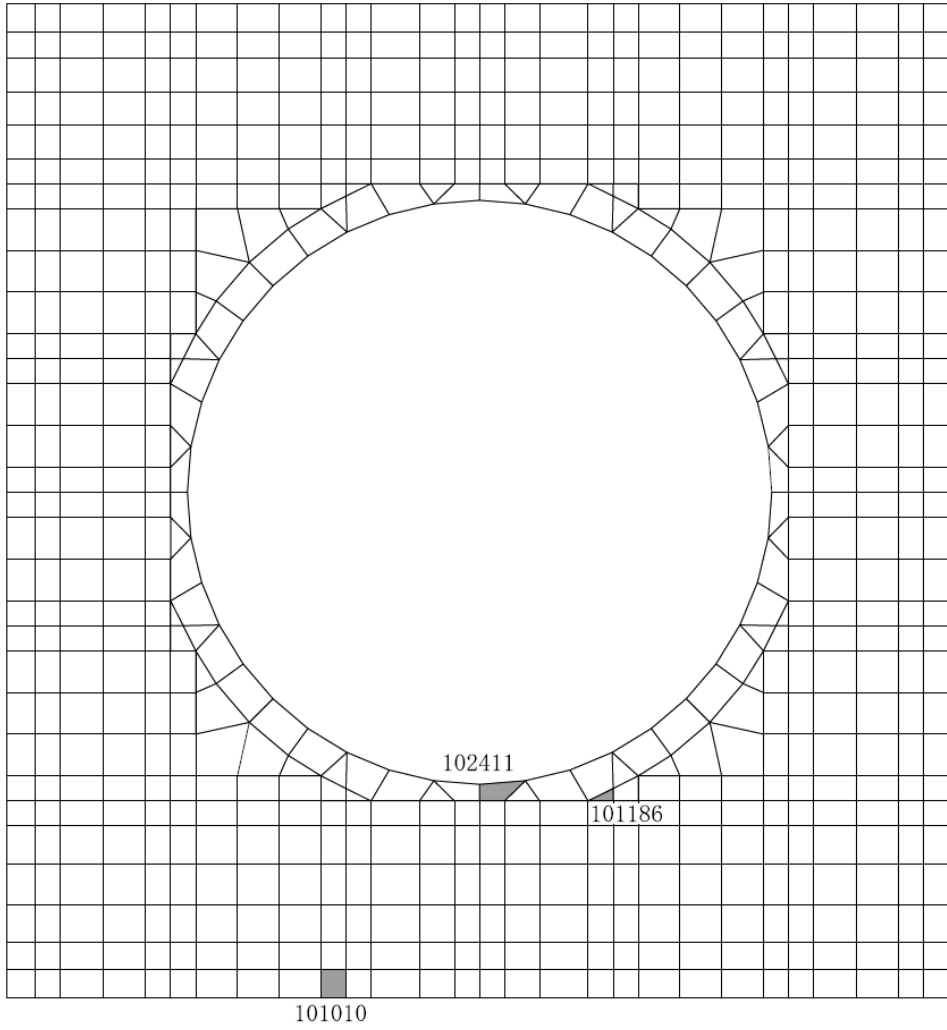


K6 ① VI-2-12 R0



(a) 水平 2 方向

図 3-1-14 選定した要素の位置 S s 地震時 (1/2)



(b) 水平 1 方向

図 3-1-14 選定した要素の位置 S s 地震時 (2/2)

表 3-1-13 周辺部基礎の評価結果 S s 地震時

(a) 水平 2 方向

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101186	3-1	0.294	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	101018	3-15	0.443	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	102429	3-5	2.55	3.01

(b) 水平 1 方向

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101186	2-1	0.285	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	101010	2-8	0.303	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	EW	102411	2-2	2.43	3.01

3.2 機器・配管系

3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

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

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

水平1方向の地震力に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

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

制御棒・破損燃料貯蔵ラックのサポートや横置き容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや、水平各方向で振動性状及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平1方向の地震力しか負担しないものを分類した。

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

一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものを分類した。

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

原子炉圧力容器スタビライザは、周方向8箇所を支持する構造で配置され、水平1方向の地震力を6体で支持する設計としており、水平2方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受けもつ部位が異なることで、水平1方向の地震力による荷重と水平2方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり、水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等のものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等と言えるものを分類した。

d. 従来評価において、保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮した評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケットは、従来評価において、水平2方向地震を考慮した評価を行っているため、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものを分類した。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている設備は、評価上有意なねじれ振動は発生しない。

一方、3次元的な広がりを持つ配管系等は、系全体として考えた場合、有意なねじれ振動が発生する可能性がある。しかし、水平方向とその直交方向が相関する振動モードが想定される設備は、従来設計より3次元のモデル化を行っており、その振動モードは適切に考慮した評価としているため、この観点から抽出される設備はなかった。

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

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

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。水平2方向の地震力の組合せは米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮したSRSS法により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。算出の方法を以下に示す。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみ組み合わせた後、地震以外による応力と組み合わせで算出する。
- ・設備（部位）によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものは、水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

3.2.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1 項及び 3.3 項における建物・構築物及び屋外重要土木構造物の影響評価において機

器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念される部位は抽出されなかった。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.1項で検討した、水平2方向の地震力が重畳する観点、水平方向とその直行方向が関連する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点、水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力増分の観点で、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出した結果を表3-2-2に示す。

3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

3.2.1項の観点から抽出される設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方法により算出する。

発生値の算出における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

(1) 従来評価データを用いた算出

従来の水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて、以下の条件により水平2方向及び鉛直方向地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平1方向と鉛直方向の地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を各方向で算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平方向を包絡した地震力と鉛直方向地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合、地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。

3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

3.2.1項の観点から3.2.3項で抽出した以下の設備に対して、3.2.4項の影響評価条件で算出した発生値に対して設備が有する耐震性への影響を確認した。評価した内容を設備（部位）毎に以下に示し、その影響評価結果については重大事故時等の状態も考慮した結果を表3-2-3に示す。

a. 原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1) ケーシング側付根 R 部

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、水平 2 方向及び鉛直方向地震荷重を SRSS 法で組み合わせた一次+二次応力が許容応力を上回ることから、簡易弾塑性解析により疲労累積係数を算定し、許容値を満足することを確認した。

b. 原子炉本体基礎 円筒部 (内筒)

従来設計では、水平各方向の応力解析により算定した発生値のうち、大きな値を示す方向の発生値を用いて評価を実施している。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、従来考慮している方向の直行方向の発生値を組合せ係数法により足し合わせ、水平 2 方向を考慮した配管反力及びその他荷重と組み合わせることで算定し、許容値を満足することを確認した。

c. 原子炉補機冷却海水ポンプ原動機

従来設計では、地震応答解析により算定される水平各方向の最大応答加速度を用いて評価を実施している。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価は、水平方向の最大応答加速度を組合せ係数法により組み合わせて算定した最大応答加速度が機能確認済加速度を満足することを確認した。

3.2.6 まとめ

機器・配管系において、水平 2 方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備 (部位) について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、従来設計の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため、従来設計の発生値をそのまま用いて水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・従来設計の発生値 (水平 1 方向及び鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分の組合せ) に対して、係数 ($\sqrt{2}$) を乗じて水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出しているため、係数を乗じる必要のない鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分についても係数を乗じている。
- ・従来設計において水平各方向を包絡した床応答曲線を各方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平 2 方向に働くことを想定した発生値として算出している。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力については、機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (1/11)

設備		部位
燃料集合体		燃料被覆管
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部胴上端 上部胴下端 下部胴上端
		炉心支持板支持面
	シュラウドサポート	レグ
		シリンダ プレート 下部胴
	上部格子板	リム胴板
		グリッドプレート
	炉心支持板	補強ビーム 支持板
	燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具
制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	
原子炉圧力容器本体	ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット
		蒸気乾燥器支持ブラケット
		給水スパージャブラケット 低圧注水スパージャブラケット
原子炉圧力容器支持構造物	原子炉圧力容器スカート	スカート
	原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト
原子炉圧力容器本体	胴板 下部鏡板	胴板 スカート付根部 球殻部
		球殻部と円錐部の接続部 ナックル部 ナックル部と円筒胴部の接続部
	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	スタブチューブ
		ハウジング 下部鏡板リガメント
	原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔 (N1)	ケーシング側付根 R 部 RIP ノズル溶接部 スタブと下部鏡板の接続部
		貫通孔スタブ

K6 ① VI-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (2/11)

設備		部位
原子炉圧力容器本体	主蒸気ノズル(N3) 給水ノズル(N4) 低圧注水ノズル(N6) 上蓋スプレイ・ベントノズル(N7) 原子炉停止時冷却材出口ノズル(N8, N10) 計装ノズル(N12, N13, N14) ドレンノズル(N15) 高圧炉心注水ノズル(N16)	各部位
	原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル(N9)	ノズルエンド
	炉心支持板差圧検出ノズル(N11)	肉盛溶接部
容器付属構造物 原子炉圧力容器	原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング	ケーシング
	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド
		ブラケット
	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム	プレート
原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器	ユニットサポート
		耐震用ブロックせん断面 A
		耐震用ブロック支圧面 A
		耐震用ブロック支圧面 B
	気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 中性子束計測案内管	各部位
給水スパージャ 高圧炉心注水スパージャ 低圧注水スパージャ 高圧炉心注水系配管 (原子炉圧力容器内部)	各部位	
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック	
	サポート	
	基礎ボルト (サポート部)	
	基礎ボルト (底部)	
使用済燃料貯蔵ラック	角管及び枳板 補強板, 燃料支持板及びベース	
	基礎ボルト	

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (3/11)

設備	部位
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA)	架構
	基礎ボルト
	サポート (上部)
	サポート (下部)
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域)	検出器
	検出器架台 (基礎ボルト)
	検出器架台 (部材)
	検出器サポート (上部)
	検出器サポート (下部)
監視カメラ	基礎ボルト
	取付ボルト
	カメラ架台
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置	基礎ボルト
横形ポンプ ポンプ駆動用タービン 補機海水ストレータ 空調ファン 空調ユニット 空気圧縮機	基礎ボルト 取付ボルト
横置円筒形容器	胴板
	脚
	基礎ボルト
横置円筒形容器 (原子炉補機冷却水系熱交換器)	胴板
	脚
	基礎ボルト
	補強材

K6 ① VI-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (4/11)

設備	部位
配管本体, サポート (多質点梁モデル解析)	配管本体
	サポート
ダクト本体, サポート	ダクト本体 (矩形)
	ダクト本体 (円形)
	サポート
原子炉冷却材再循環ポンプ	モータカバー 補助カバー
	スタッドボルト 補助カバー取付ボルト
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ 主蒸気逃がし自動減圧機能用アキュムレータ	U-バンド及びリブ
	ボルト
	支柱
立形ポンプ (ピットバレル形ポンプ)	コラムパイプ バレルケーシング
	基礎ボルト 取付ボルト
立形ポンプ (立形斜流ポンプ)	コラムパイプ
	基礎ボルト 取付ボルト
残留熱除去系ストレーナ 高圧炉心注水系ストレーナ	エンドコア エンドディスク 中間ディスク コアチューブ
	アウターリム インナーギャップ
	フランジ
	ストレーナ取付部ボルト
原子炉隔離時冷却系ストレーナ	こし筒とフランジの取付部
	フランジ
	ストレーナ取付部ボルト
ECCS ストレーナ部ティー	ティー

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (5/11)

設備	部位
平底たて置円筒形容器	胴板
	基礎ボルト
ラグ支持たて置き円筒容器	胴板
	ラグ
	取付ボルト
スカート支持たて置円筒形容器	胴板
	スカート
	基礎ボルト
伝送器 (矩形床置)	基礎ボルト 取付ボルト
	溶接部
伝送器 (矩形壁掛)	基礎ボルト 取付ボルト
	溶接部
伝送器 (サポート鋼材固定)	取付ボルト
	溶接部
伝送器 (円形吊下)	保持金具支持部固定ボルト
	保持金具支持部
伝送器 (円形壁掛)	取付ボルト
制御棒駆動機構	スプールピース最小断面
水圧制御ユニット	フレーム
	取付ボルト
核計装設備	各部位
電気盤 (矩形床置)	基礎ボルト 取付ボルト
電気盤 (矩形壁掛)	基礎ボルト 取付ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (6/11)

設備		部位
通信連絡設備 (床置アンテナ)		基礎ボルト
静的触媒式水素再結合器動作監視装置		基礎ボルト
配管遮蔽		架台
		基礎ボルト
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ		ブレース
		ベース取付溶接部
		取付ボルト
原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	ライナプレート
		ライナアンカ
	ドライウェル上鏡	上鏡球殻部とナックル部の結合部 上鏡円筒部とフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	鏡板 鏡板のスリーブとの結合部 スリーブのフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	クエンチャサポート基礎	ベースプレート
		ガセットプレート
		ベアリングプレート
		基礎ボルト
		コンクリート部

K6 ① VI-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (7/11)

設備		部位
原子炉格納容器	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ サプレッションチェンバ出入口 上部ドライウエル所員用エアロック	円筒胴
		円筒胴のフランジプレートとの結合部
		フランジプレート
		ガセットプレート
		コンクリート部
	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 下部ドライウエル所員用エアロック	円筒胴
		円筒胴の鏡板との結合部
	原子炉格納容器配管貫通部	スリーブ
		スリーブのフランジプレートとの結合部 端板
		フランジプレート ガセットプレート
		コンクリート部
	原子炉格納容器電気配線貫通部	スリーブ
		スリーブのフランジプレートとの結合部
		フランジプレート ガセットプレート
		コンクリート部
	真空破壊弁	真空破壊弁パイプ
ダイヤフラムフロア	鉄筋コンクリートスラブ放射方向 鉄筋コンクリートスラブ円周方向	
	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部(地震時水平力伝達用シアプレート) 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部(地震時鉛直力伝達用シアプレート)	
	原子炉本体基礎接合部 (地震時水平力伝達用シアプレート)	
	原子炉本体基礎接合部(半径方向水平力伝達用頭付きスタッド)	
ベント管	垂直管支持部	
	水平吐出管の垂直管との結合部	
	水平吐出管支持部	
	リターンラインの垂直管との結合部	

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (8/11)

設備	部位
ドライウェルスプレイ管 サプレッションチェンバスプレイ管	スプレイ管 スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部 スプレイ管案内管
静的触媒式水素再結合器	本体
	架台
	取付ボルト
	基礎ボルト
下部ドライウェルアクセストンネル	各部位
コリウムシールド	補強フレーム
	縦材 水平材
	ガセットプレート
	ベースプレート
	アンカーボルト (M16)
	アンカーボルト (M12)
	水平プレート
	鋼棒
遠隔手動弁操作設備	等速ジョイント
	マイタギヤボックス取付ボルト
	ベアリングユニット取付ボルト
	基礎ボルト
遠隔手動弁操作設備遮蔽	架台
	基礎ボルト 取付ボルト

K6 ① VI-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (9/11)

設備	部位
燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置	扉部材
	ガイドレール 門ピン
	ハンガーレール
	テーパブロック取付ボルト
	チェーン
非常用ディーゼル発電機	基礎ボルト 取付ボルト
その他電源設備	基礎ボルト 取付ボルト
止水堰 (鋼板組合せ堰)	止水板
	梁材
	床アンカーボルト
	壁アンカーボルト
止水堰 (L型鋼製堰)	H型鋼
	アンカーボルト
止水堰 (鋼製落とし込み型堰)	鋼製板 H型鋼
	枠材
	アンカーボルト
止水堰 (鉄筋コンクリート製堰)	アンカー筋
	堰底部のコンクリート
床ドレンライン浸水防止治具 (フロート式治具)	弁本体
	フロートガイド
床ドレンライン浸水防止治具 (スプリング式治具)	本体・ガイド
	ばねガイド
	弁体

K6 ① VI-2-12 R0

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (10/11)

設備	部位
貫通部止水処置 (モルタル)	モルタル
貫通部止水処置 (ケーブルトレイ金属ボックス)	ケーブルトレイ金属ボックスの固定ボルト
原子炉補機冷却海水ポンプ取水槽水位計用アキュムレータ	胴板
	ラグ
	ボルト
ボンベラック	ボンベラック
	溶接部
原子炉本体基礎	円筒部 (内筒)
	円筒部 (外筒)
	たてリブ
	アンカボルト
	ベアリングプレート
竜巻防護設備	ブラケット部
	防護鋼板
	架構
	アンカボルト
中央制御室天井照明	ボックス鋼
	レースウェイ
	取付ボルト
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガーダ
	脱線防止ラグ トロリストopp
	トロリ
	吊具

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (11/11)

設備	部位
燃料取替機	構造物フレーム ブリッジガイドフレーム ブリッジ脱線防止ラグ(本体) 走行レール
	トロリ脱線防止ラグ(本体) 横行レール
	ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト)
	ワイヤーロープ
	先端金具
原子炉遮蔽壁	一般胴部 開口集中部
耐火隔壁	フレーム部材
	基礎ボルト

表 3-2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果（基準地震動 S s）

(凡例) ○：影響の可能性あり
△：影響軽微

(1) 構造強度評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1 項(1)水平 2 方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点	3.2.1 項(3)水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1) *	△	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。
給水ノズル(N4) 低圧注水ノズル(N6) 上蓋スプレイ・ベントノズル(N7) 原子炉停止時冷却材出口ノズル(N10) 炉心支持板差圧検出ノズル(N11) 計装ノズル(N12, 13) ドレンノズル(N15) 高圧炉心注水ノズル(N16)	○	△	従来評価における設計荷重が、水平 2 方向の地震力を考慮した荷重を包絡する。
原子炉本体基礎*	△	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。

注記*：水平 1 方向及び鉛直方向地震力による裕度（許容値／発生値）が 1.1 未満の設備（機種）及び部位。

(凡例) ○：影響の可能性あり
△：影響軽微

(2) 機能維持評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1 項(1)水平 2 方向の地震力が重畳する観点及び(2)の観点水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点	3.2.1 項(3)水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
原子炉補機冷却海水ポンプ原動機	○	○	影響評価結果は表 3-2-3 参照。

表 3-2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果（基準地震動 S s）

(1) 構造強度評価

評価対象設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						備考
	評価部位	応力分類	1 方向入力 発生値	2 方向想定 発生値	許容値	判定	
原子炉冷却材再循環 ポンプ貫通孔(N1)	ケーシング側付根 R 部	一次+二次応力	520	0.790* (疲労累積係数)	552	○	単位：MPa
原子炉本体基礎	円筒部（内筒）	組合せ応力度	404.8	416.0	427	○	単位：N/mm ²

注記*：2 方向想定発生値（一次+二次応力）が許容応力を上回ることから、簡易弾塑性解析による疲労累積係数が許容値を満たすことを確認。

(2) 機能維持評価

評価対象設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				備考
	1 方向入力 応答加速度	2 方向想定 応答加速度	確認済加速度	判定	
原子炉補機冷却海水ポ ンプ原動機	1.88	2.03	2.50	○	単位：震度

3.3 屋外重要土木構造物

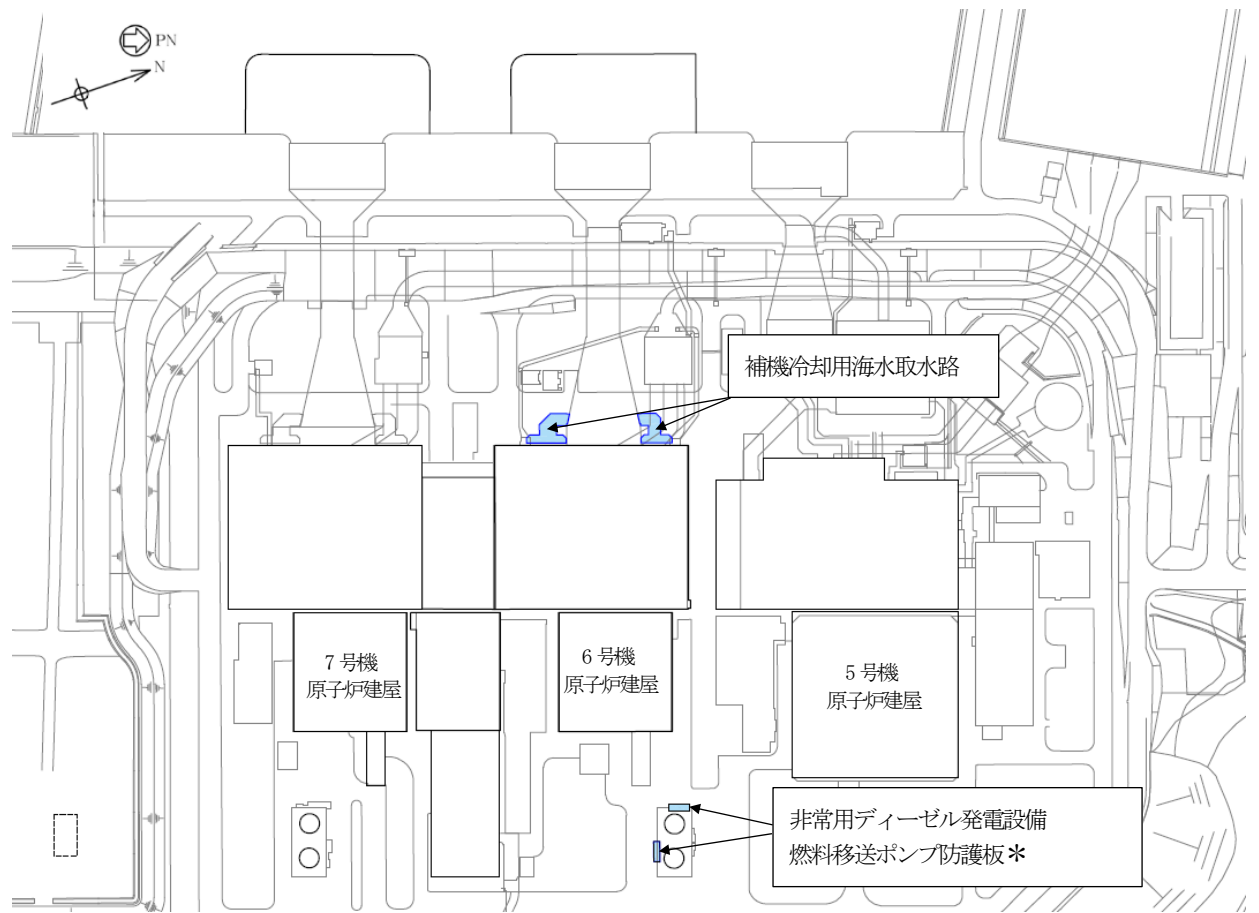
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

図3-3-1に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より1) 補機冷却用海水取水路（立坑部）のような立坑構造物、2) 補機冷却用海水取水路のような妻壁を有する箱型構造物、3) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板のような壁構造物の3つに大別される。

屋外重要土木構造物の構造形式を表3-3-1に示す。



注記* : 波的影響防止のために耐震評価を行う土木構造物

図3-3-1 屋外重要土木構造物配置図

表 3-3-1 屋外重要土木構造物の構造形式

対象構造物		構造形式		
		1) 立坑構造物	2) 箱型構造物	3) 壁構造物
	補機冷却用海水取水路	○	○	
*	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ防護板			○

注記*：波及的影響防止のために耐震評価を行う土木構造物

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

表 3-3-2 に従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

表 3-3-2 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ
① 動土圧 及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	<p style="text-align: center;">動土圧・動水圧</p>
② 摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	<p style="text-align: center;">摩擦力</p>
③ 慣性力	躯体に作用する慣性力	<p style="text-align: center;">慣性力</p>

注：作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

表 3-3-3 に、3.3.1(1)で整理した構造形式ごとに、3.3.1(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

評価対象構造物のうち 1) 立坑構造物、2) 箱型構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.1(2)で整理した荷重のうち②摩擦力や③慣性力は、①動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、①動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

立坑構造物は、その構造形状の特徴として表 3-3-3 に示すように従来設計手法における評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用する。

箱型構造物は、妻壁等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用する。

評価対象構造物のうち3)壁構造物は、地上構造物であることから、3.3.1(2)で整理した荷重のうち③慣性力による影響を考慮する。

以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、地中埋設構造物のうち、従来評価手法における評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用する立坑構造物、箱型構造物を抽出する。また、地上構造物である壁構造物も慣性力による影響が想定されるため、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として抽出する。

表 3-3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出(1/3)

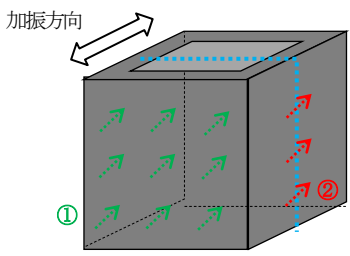
3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	1) 立坑構造物 補機冷却用海水取水路 (立坑部)							
3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況	<div style="text-align: center;"> <p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力は全ての構造部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="846 877 1572 976"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> </div>		①動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	②摩擦力	主に胴体部に作用	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用							
②摩擦力	主に胴体部に作用							
③慣性力	全ての部材に作用							
従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度	胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。							
抽出結果 (○影響検討実施)	<div style="text-align: center;">○</div>							

表 3-3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出(2/3)

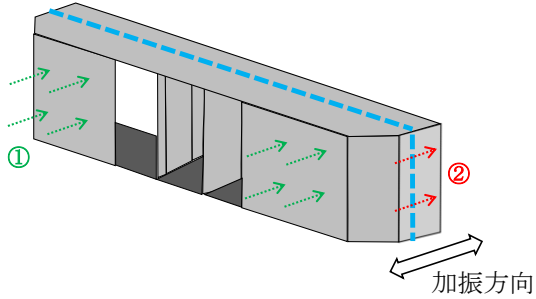
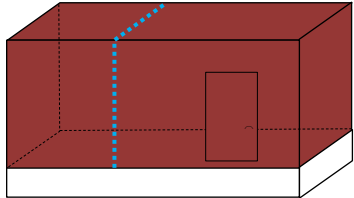
3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	2)箱型構造物 補機冷却用海水取水路							
3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況	<div style="text-align: center;"> <p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>注：③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>主に妻壁に作用</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>側壁に作用</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> </div>		①動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	②摩擦力	側壁に作用	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用							
②摩擦力	側壁に作用							
③慣性力	全ての部材に作用							
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響程 度	従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材（妻壁）を有し、①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。							
抽出結果 (○影響検討実施)	○							

表 3-3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出(3/3)

3.3.1(1)で整理した 構造形式の分類 (対象構造物)	3)壁構造物 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板							
3.3.1(2)で整理した 荷重の作用状況	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p> <p>加振方向 ↔</p>  <p>注：③慣性力は全ての部材に作用</p> <table border="1" data-bbox="837 847 1585 946"> <tr> <td>①動土圧及び動水圧</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>②摩擦力</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>③慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>		①動土圧及び動水圧	作用しない	②摩擦力	作用しない	③慣性力	全ての部材に作用
①動土圧及び動水圧	作用しない							
②摩擦力	作用しない							
③慣性力	全ての部材に作用							
従来設計手法における評価 対象断面に対して直交する 荷重の影響程度	地上構造物である壁構造物は、③慣性力による荷重の組合せによる影響が想定されるため影響大。							
抽出結果 (○影響検討実施)	○							

(4) 従来設計手法の妥当性確認

補機冷却用海水取水路の従来設計では、図 3-3-2 に示すとおり、屈曲部における 3 次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計であり、十分に保守的な評価となっている。また、補機冷却用海水取水路は直接若しくはマンメイドロックを介して西山層に設置されており、躯体が底版で拘束されていることから、屈曲部における強軸方向の曲げの影響はない。

以上のことから、補機冷却用海水取水路における屈曲部での水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

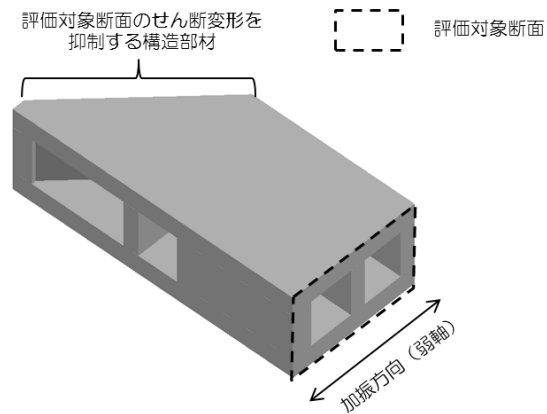


図 3-3-2 屈曲部における 3 次元的な拘束効果

3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.1の検討を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造形式として、構造及び作用荷重の観点から、立坑構造物、箱型構造物及び壁構造物を抽出した。

3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

(1) 立坑構造物

補機冷却用海水取水路（立坑部）の水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価については、周辺地盤状況や構造物に生じる変位の観点から、取水路（7号機設備）の立坑部の評価に代表させる。

取水路（7号機設備）の立坑部については、VI-2-10-3-1-7「取水路（7号機設備）の耐震性についての計算書」のうち「別紙 取水路立坑の健全性評価について」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(2) 箱型構造物

補機冷却用海水取水路については、VI-2-10-3-1-8「補機冷却用海水取水路の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認している。

(3) 壁構造物

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板については、VI-2-11-2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の耐震性についての計算書」において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないことを確認している。

3.3.4 まとめ

屋外重要土木構造物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある施設（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生応力が許容値を満足し、施設が有する耐震性に影響のないことを確認した。

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 評価対象となる施設の整理

津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は，添付書類VI-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.1 建物・構築物」，「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物」に分類し評価を行っていることから，その分類を表3-4-1に示す。

表 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

No.	施設，設備分類	施設，設備名称	区分
1	津波防護施設	海水貯留堰	屋外重要土木 構造物
2	浸水防止設備	タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板 1	建物・構築物
3	浸水防止設備	タービン補機冷却用海水取水槽 閉止板 2	建物・構築物
4	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(A) 閉止板	建物・構築物
5	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(B) 閉止板	建物・構築物
6	浸水防止設備	補機冷却用海水取水槽(C) 閉止板	建物・構築物
7	浸水防止設備	タービン建屋地下 2 階北西階段室 水密扉	建物・構築物
8	浸水防止設備	タービン補機冷却水系 熱交換器・ポンプ室 水密扉	建物・構築物
9	浸水防止設備	C系原子炉補機冷却水系 熱交換器・ポンプ室 水密扉	建物・構築物
10	浸水防止設備	建屋間連絡水密扉(タービン建屋 地下 2 階～配管トレンチ)	建物・構築物
11	浸水防止設備	建屋間連絡水密扉(タービン建屋 地下 2 階～廃棄物処理建屋地下 3 階)	建物・構築物
12	浸水防止設備	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉 1	建物・構築物
13	浸水防止設備	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉 2	建物・構築物
14	浸水防止設備	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系 空気圧縮機室 水密扉 1	建物・構築物
15	浸水防止設備	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系 空気圧縮機室 水密扉 2	建物・構築物
16	浸水防止設備	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 1	建物・構築物
17	浸水防止設備	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 2	建物・構築物
18	浸水防止設備	タービン建屋地下中 2 階北西階段室 水密扉	建物・構築物
19	浸水防止設備	タービン建屋地下中 2 階南西階段室 水密扉	建物・構築物
20	浸水防止設備	A系原子炉補機冷却水系 熱交換器・ポンプ室 水密扉	建物・構築物
21	浸水防止設備	B系原子炉補機冷却水系 熱交換器・ポンプ室 水密扉	建物・構築物
22	浸水防止設備	床ドレンライン浸水防止治具	機器・配管系
23	浸水防止設備	貫通部止水処置	機器・配管系
24	津波監視設備	取水槽水位計	機器・配管系*
25	津波監視設備	津波監視カメラ	機器・配管系

* : 表 3-2-1 「伝送器 (矩形壁掛)」に分類。

VI-2-別添1 火災防護設備の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 評価対象設備	2
2.3 適用規格・基準等	23
2.4 記号の説明	24
2.5 計算精度と数値の丸め方	38
3. 評価部位	44
4. 固有周期	47
5. 構造強度評価	47
5.1 構造強度評価方法	47
5.1.1 火災感知器	47
5.1.2 火災受信機盤	47
5.1.3 ボンベラック	48
5.1.4 選択弁	48
5.1.5 消火配管	48
5.1.6 制御盤	49
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	50
5.2.1 荷重の種類	50
5.2.2 荷重の組合せ	50
5.2.3 許容応力	50
5.2.4 ボルトの許容引張応力	50
5.3 設計用地震力	53
5.4 計算方法	54
5.4.1 火災感知器の計算方法	54
5.4.2 火災受信機盤の計算方法	60
5.4.3 ボンベラックの計算方法	63
5.4.4 選択弁ラックの計算方法	65
5.4.5 消火配管の計算方法	66
5.4.6 制御盤の計算方法	67
6. 機能維持評価	70
6.1 火災感知器	70
6.2 火災受信機盤	70
6.3 ボンベラック	71
6.4 選択弁	71
6.5 制御盤	71

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 11 条及び第 52 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」が適合することを要求している「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（平成 25 年 6 月 19 日制定）（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合する設計とするため、VI-1-1-8「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「VI-1-1-8」という。）に示す火災感知設備及び消火設備が、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

火災防護設備の計算結果は、VI-2-別添 1-2「火災感知器の耐震計算書」、VI-2-別添 1-3「火災受信機盤の耐震計算書」、VI-2-別添 1-4「ボンベラックの耐震計算書」、VI-2-別添 1-5「選択弁の耐震計算書」、VI-2-別添 1-6「消火配管の耐震計算書」及びVI-2-別添 1-7「制御盤の耐震計算書」に示すと共に、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備に影響評価結果をVI-2-別添 1-8「火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

7 号機設備、6, 7 号機共用の火災防護設備に適用する地震力は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」に基づく地震力を設定する。

2. 一般事項

2.1 評価方針

応力評価は、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、機能維持評価は地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

耐震評価フローを図 2-1 に示す。

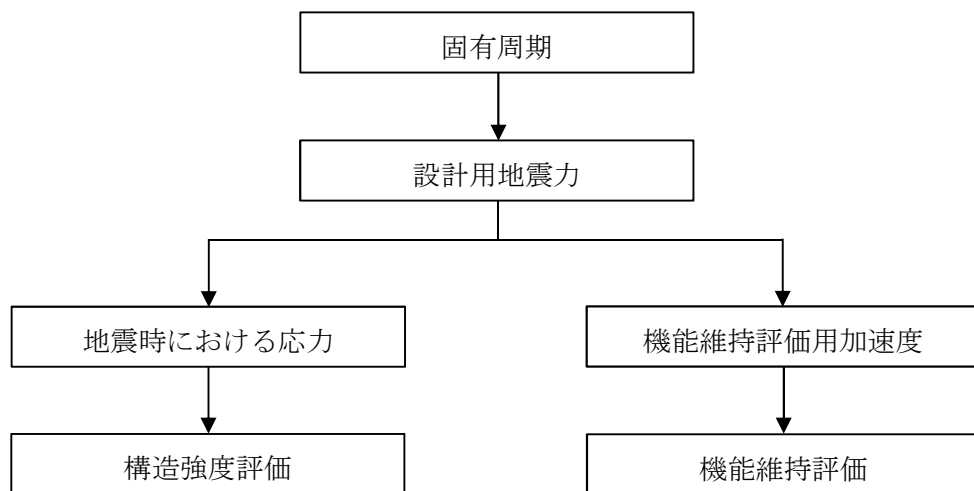


図 2-1 耐震評価フロー

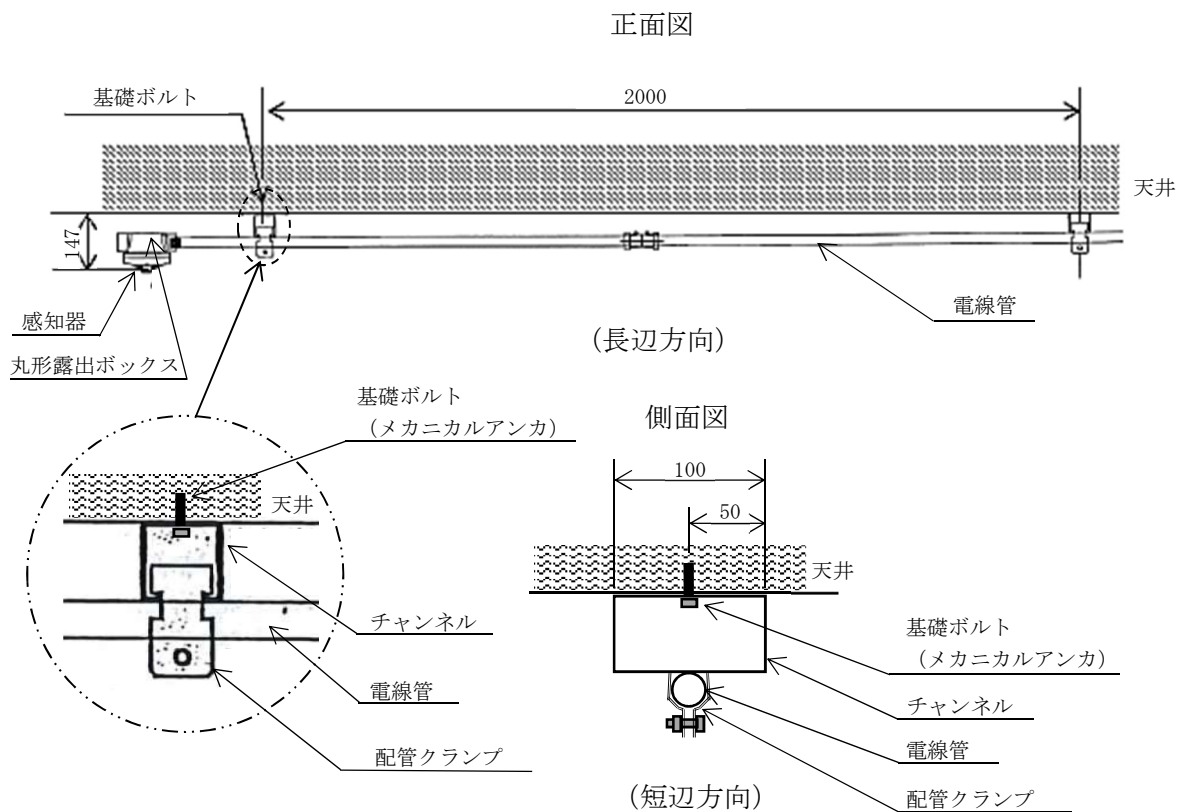
2.2 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-8 のうち「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災感知器及び火災受信機盤並びにVI-1-1-8 のうち「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうちボンベラック、選択弁、消火配管及び制御盤を対象とする。

火災感知設備の構造計画を表 2-1、表 2-2 に、消火設備の構造計画を表 2-3 から表 2-6 に示す。

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (1/7)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
熱感知器 煙感知器	熱感知器及び煙感知器は、丸形露出ボックスに取り付け、丸形露出ボックスに接続された電線管を配管クランプにてチャンネルに固定する。チャンネルは、基礎ボルトにより天井に固定する。	熱感知器 煙感知器 (天井取付形)	図 2-2



- ・熱感知器 約 0.16 kg
- ・煙感知器 約 0.16 kg

(単位 : mm)

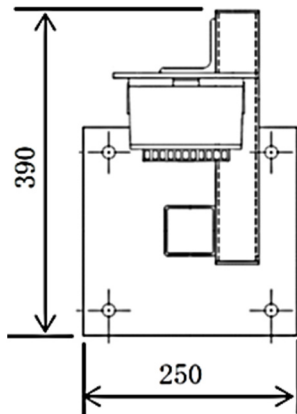
図 2-2 火災感知器 (熱感知器及び煙感知器) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (2/7)

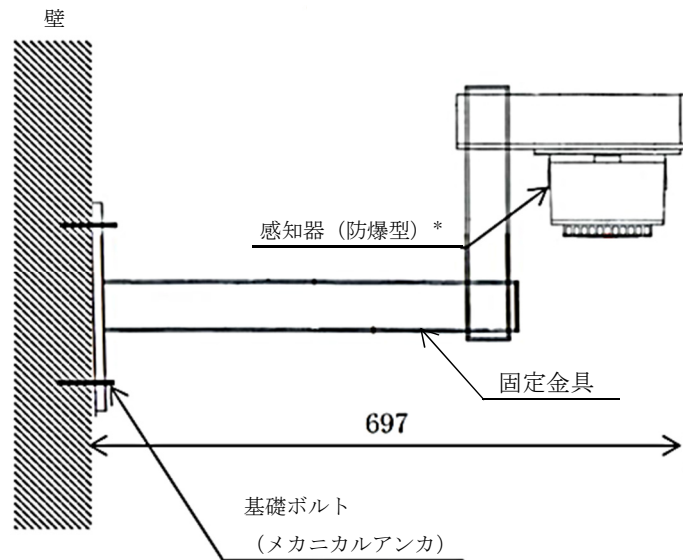
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
煙感知器 (防爆型) 熱感知器 (防爆型)	煙感知器 (防爆型) 及び熱感知器 (防爆型) は, 固定金具に取り付け, 固定金具を基礎ボルトにより壁に固定する。	煙感知器 (防爆型) 熱感知器 (防爆型) (壁掛形)	図 2-3

正面図



(正面方向)

側面図



(側面方向)

- ・煙感知器 (防爆型) 約 3 kg
- ・熱感知器 (防爆型) 約 0.95 kg

注記* : 図の感知器 (防爆型) は, 質量のより大きい煙感知器 (防爆型) とする。

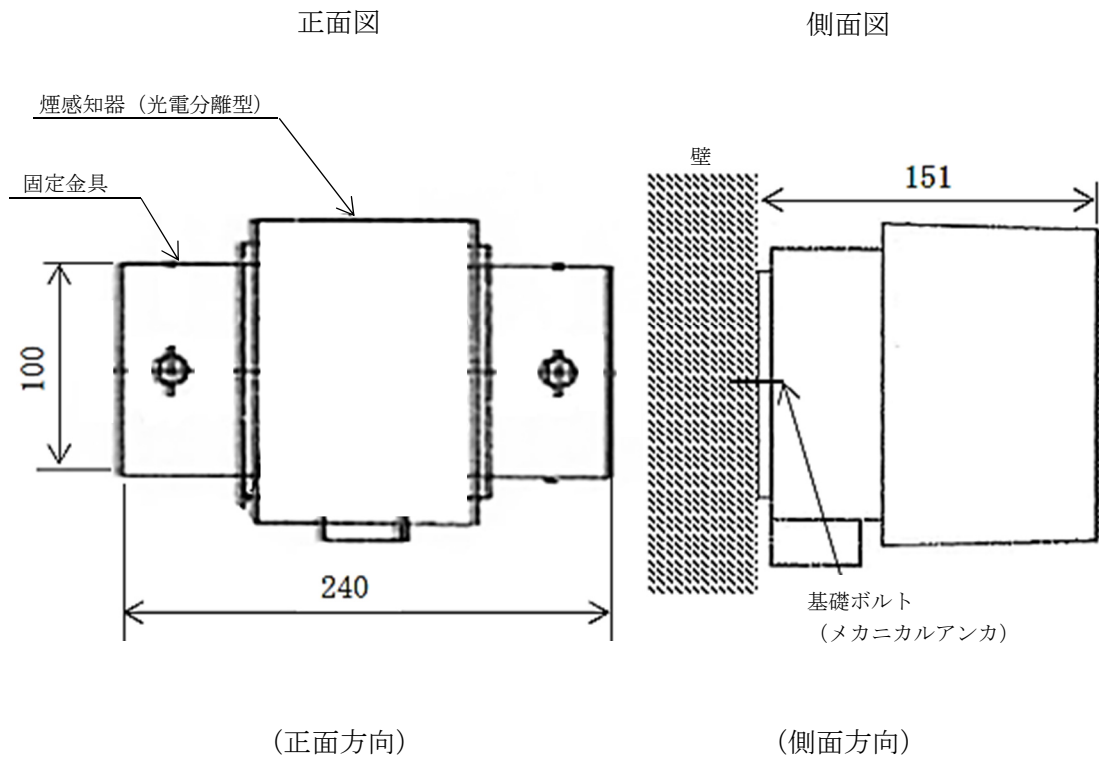
(単位 : mm)

図 2-3 火災感知器 (煙感知器 (防爆型) 及び熱感知器 (防爆型)) の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (3/7)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
煙感知器 (光電分離型)	煙感知器 (光電分離型) は、 固定金具に取り付け、固定金 具を基礎ボルトにより壁に固 定する。	煙感知器 (光電分離型) (壁掛形)	図 2-4

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0



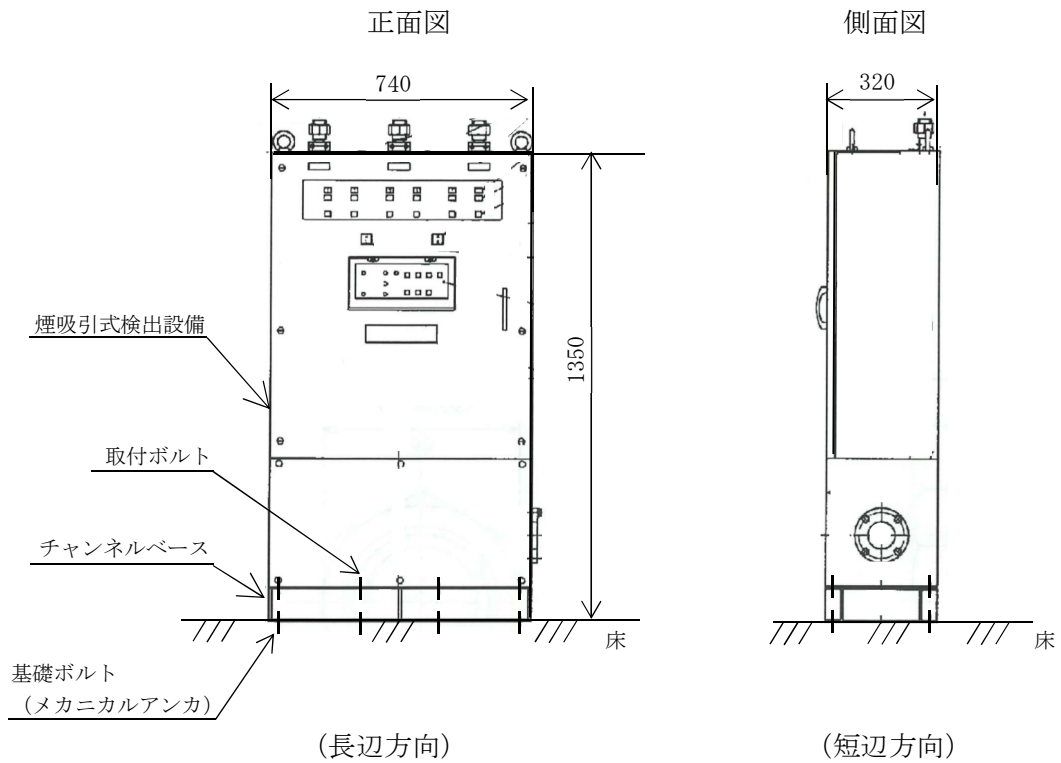
・煙感知器 (光電分離型) 約 0.75 kg

(単位 : mm)

図 2-4 火災感知器 (煙感知器 (光電分離型)) の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (4/7)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
煙吸引式検出設備	煙吸引式検出設備は，取付ボルトにてチャンネルベースに取り付け，チャンネルベースを基礎ボルトにより床に固定する。	煙吸引式検出設備 (直立形)	図 2-5



・煙吸引式検出設備 約 320 kg

(単位 : mm)

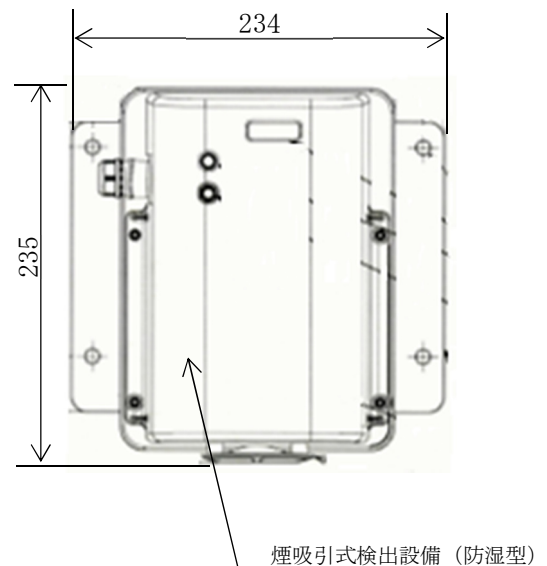
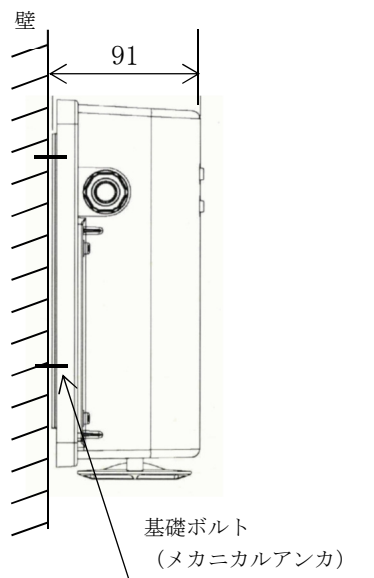
図 2-5 火災感知器 (煙吸引式検出設備) の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (5/7)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
煙吸引式検出設備 (防湿型)	煙吸引式検出設備 (防湿型) は、基礎ボルトにより壁に固定する。	煙吸引式検出設備 (防湿型) (壁掛形)	図 2-6

側面図

正面図



(側面方向)

(正面方向)

- ・ 煙吸引式検出設備 (防湿型) 約 2.8 kg

(単位 : mm)

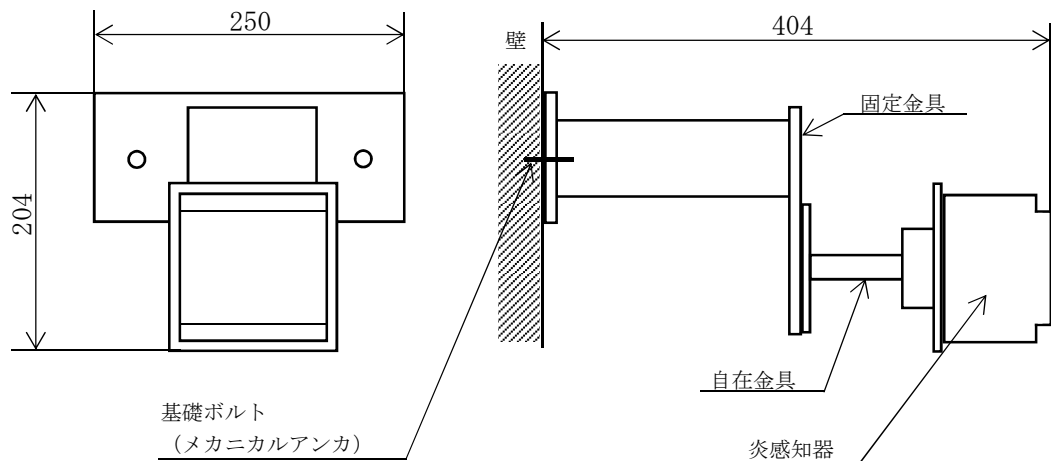
図 2-6 火災感知器 (煙吸引式検出設備 (防湿型)) の概要図

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (6/7)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
炎感知器	炎感知器は、自在金具に取り付け、自在金具を固定した固定金具を基礎ボルトにより壁に固定する。	炎感知器 (壁掛形)	図 2-7

正面図

側面図



(正面方向)

(側面方向)

- ・ 炎感知器 約 1.3 kg

(単位 : mm)

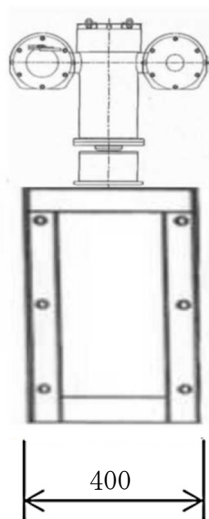
図 2-7 火災感知器 (炎感知器) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画 (7/7)

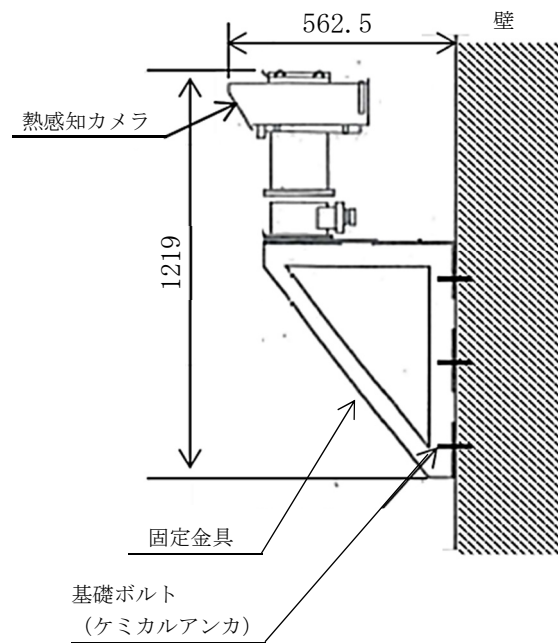
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
熱感知カメラ	熱感知カメラは、固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより屋外の壁に固定する。	熱感知カメラ (壁掛形)	図 2-8

正面図



(正面方向)

側面図



(側面方向)

・ 熱感知カメラ 約 40 kg

(単位：mm)

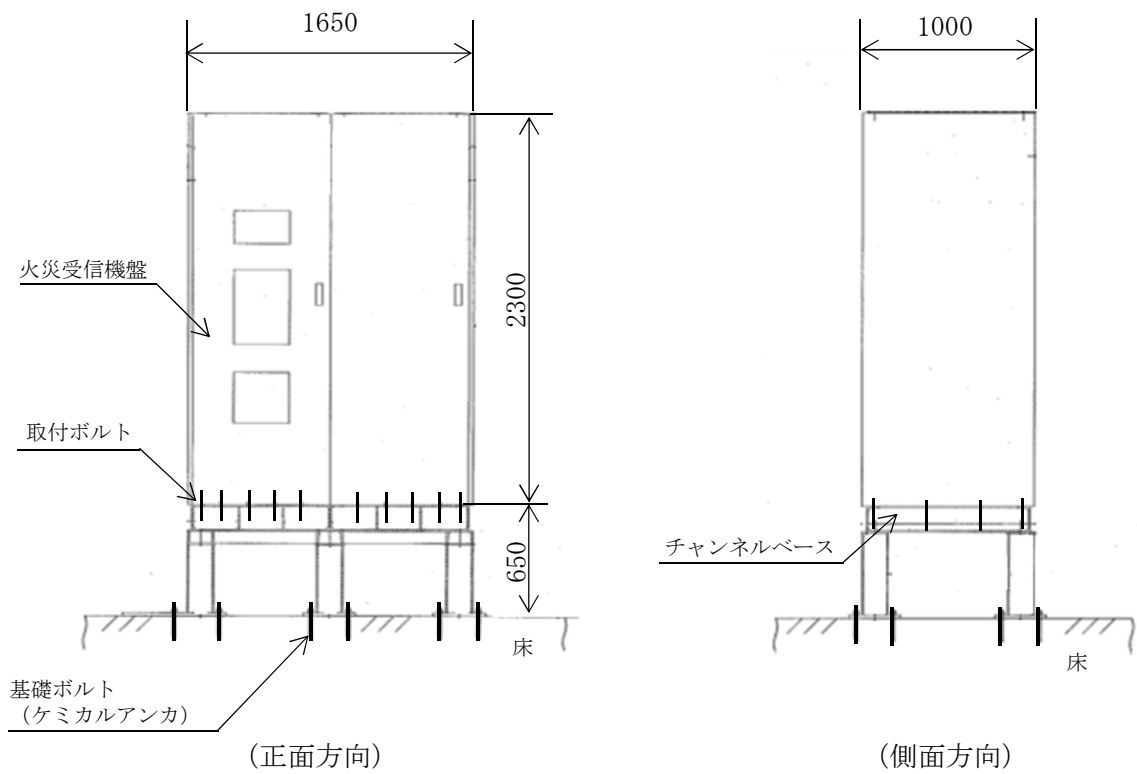
図 2-8 火災感知器 (熱感知カメラ) の概要図

表 2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤	火災受信機盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	火災受信機盤 (直立形)	図 2-9

正面図

側面図

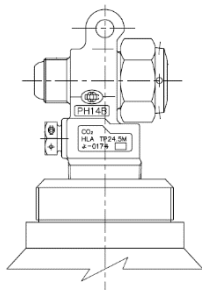


(単位 : mm)

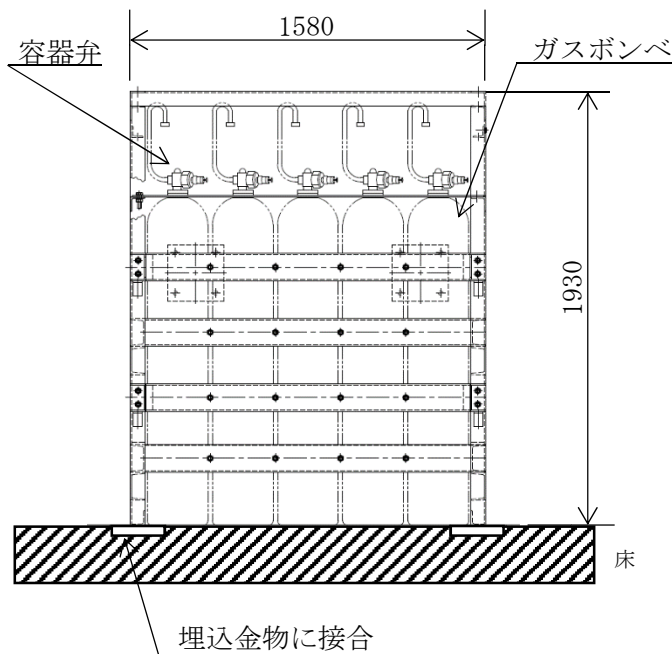
図 2-9 火災受信機盤の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (1/8)

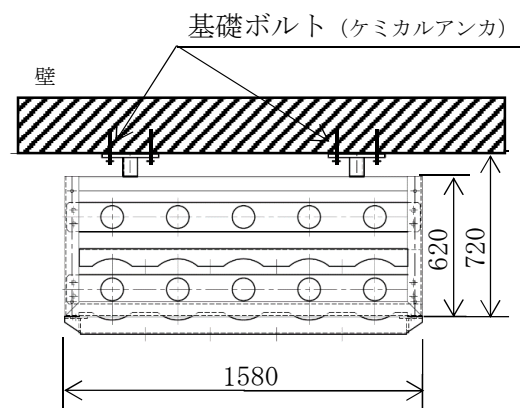
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (二酸化炭素消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である壁と床の埋込金物に溶接し固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (壁支持を含む 直立形)	図 2-10



容器弁外観図



6802 列 10 本用ボンベラック外観図



ボンベラック平面図

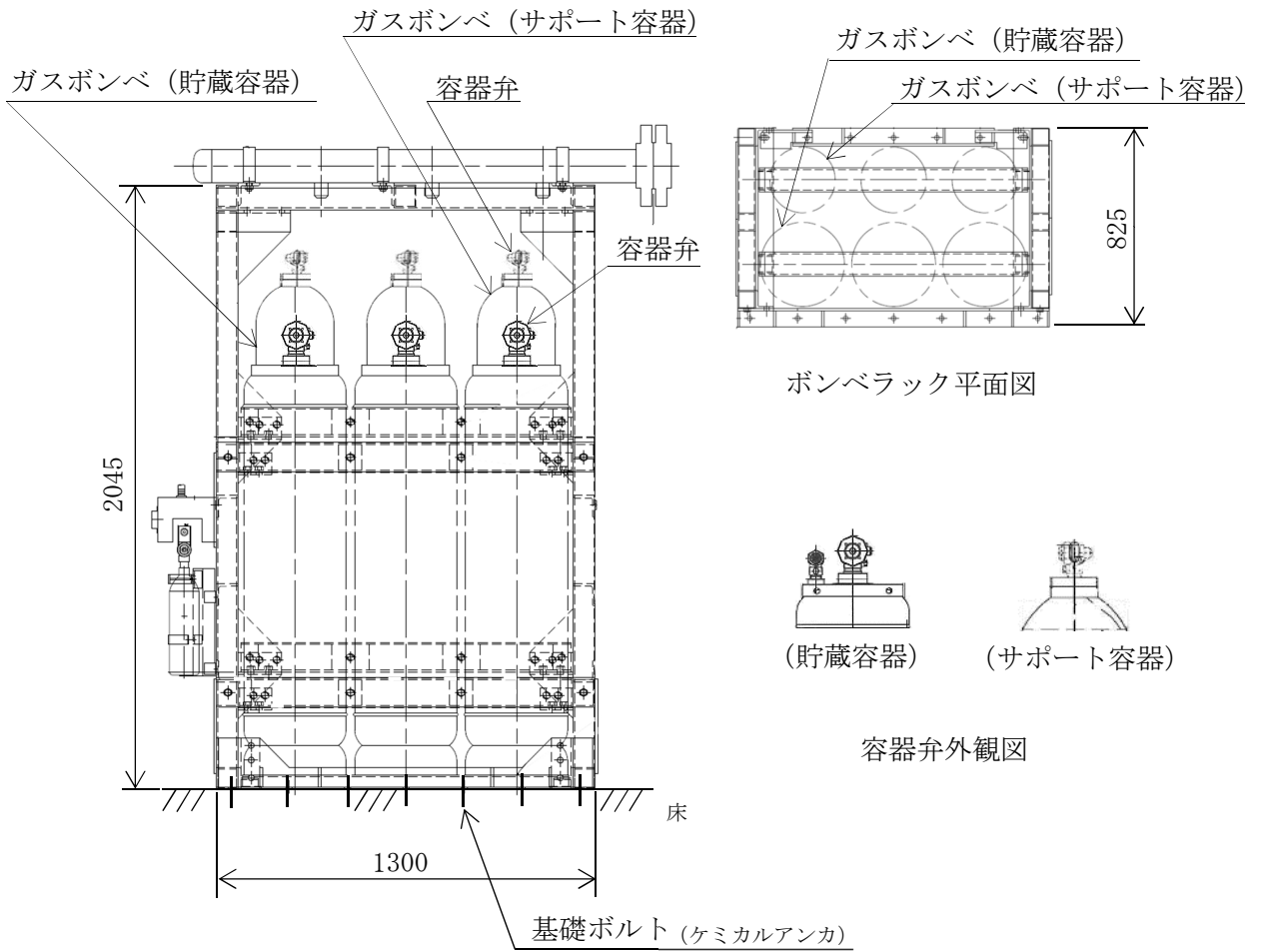
(単位 : mm)

図 2-10 ボンベラック (二酸化炭素消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (2/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (小空間固定式消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-11



ピストンフロー2列6本用ボンベラック外観図

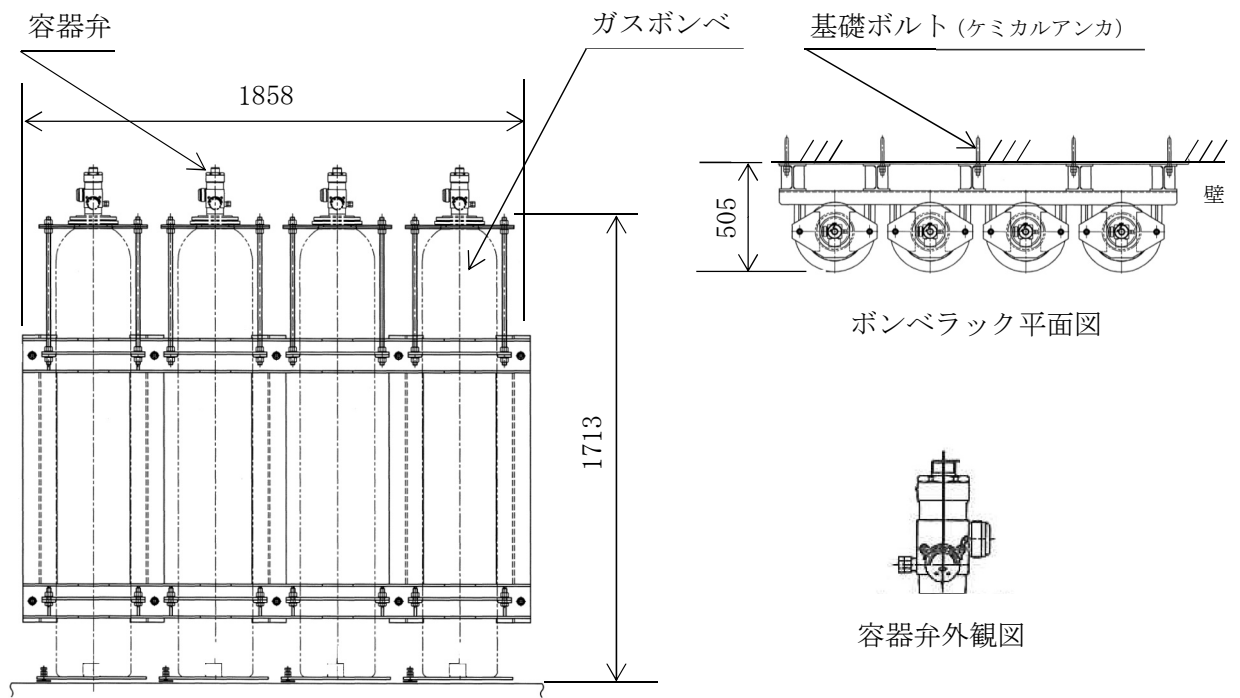
(単位 : mm)

図 2-11 ボンベラック (小空間固定式消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (3/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (小空間固定式消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (壁掛形)	図 2-12



82.501 列 4 本用ボンベラック外観図

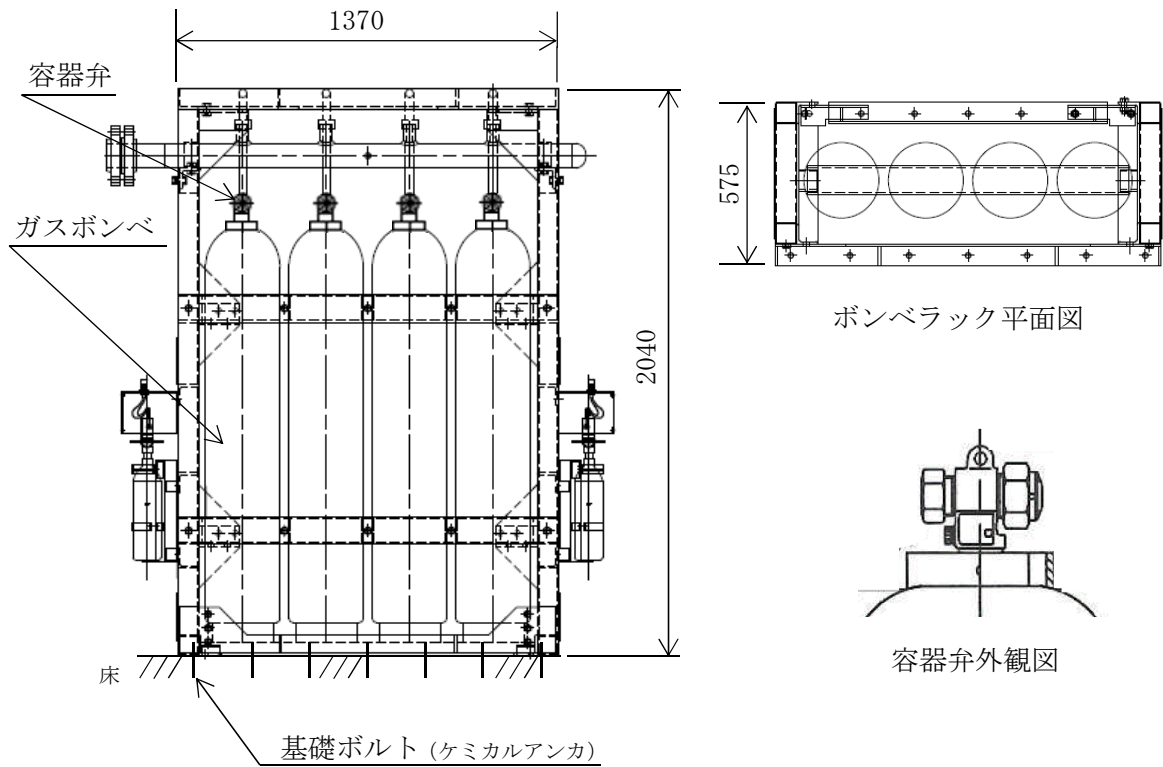
(単位 : mm)

図 2-12 ボンベラック (小空間固定式消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (4/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (SLC ポンプ・CRD ポンプ 局所消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-13



7004 本用ボンベラック外観図

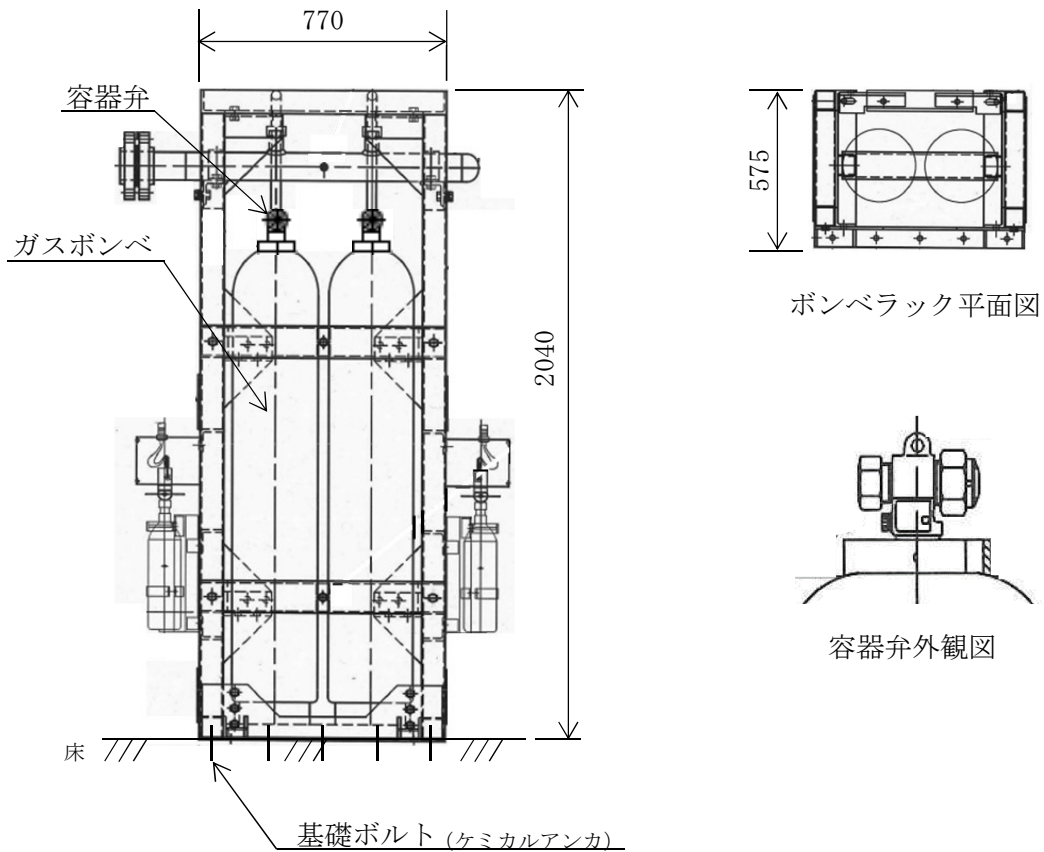
(単位 : mm)

図 2-13 ボンベラック (SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (5/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (SLC ポンプ・CRD ポンプ 局所消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-14



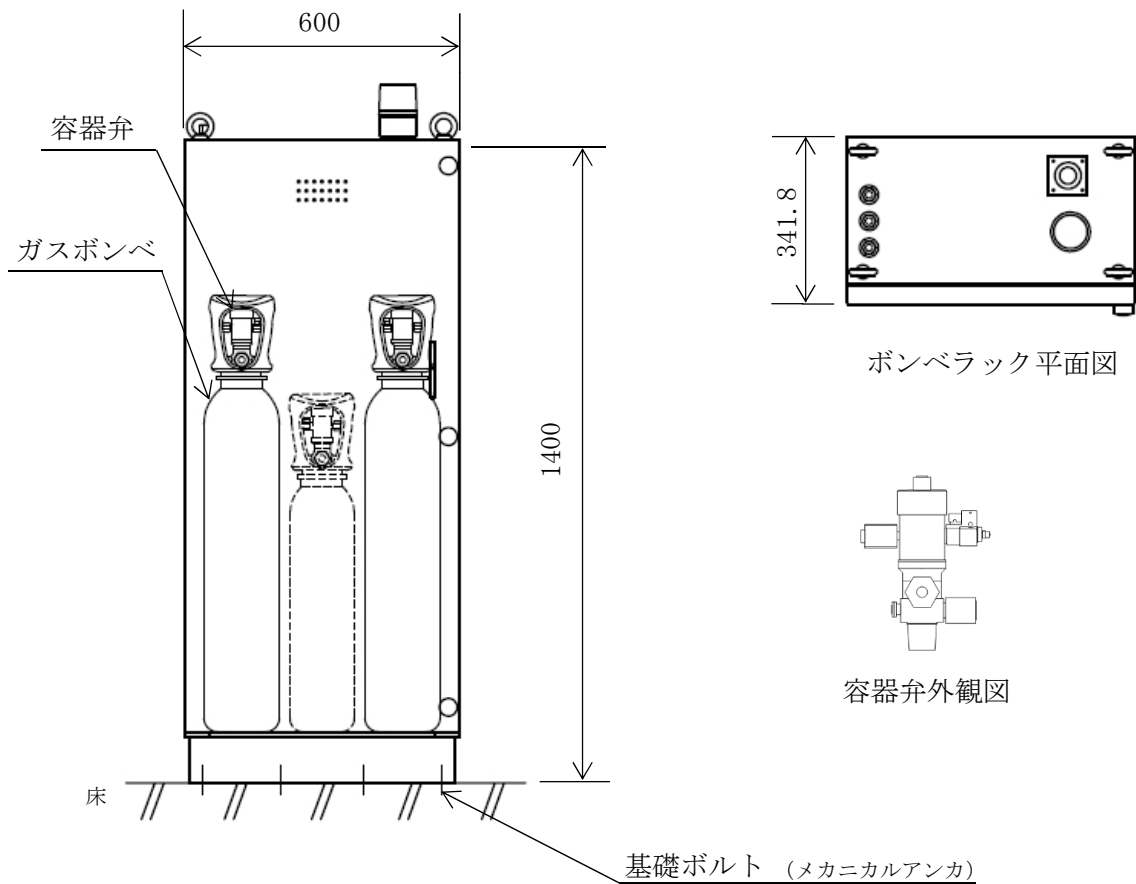
7002 本用ボンベラック外観図

(単位：mm)

図 2-14 ボンベラック (SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (6/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (電源盤・制御盤 消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (直立形)	図 2-15



13. 402 本用ボンベラック外観図

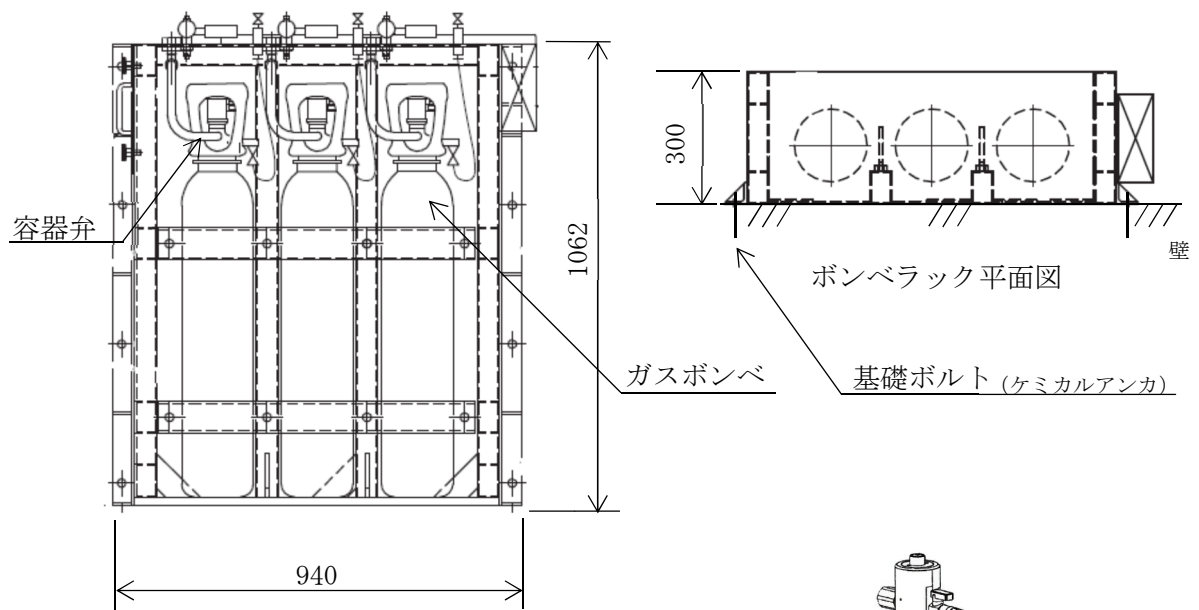
(単位 : mm)

図 2-15 ボンベラック (電源盤・制御盤消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (7/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (ケーブルトレイ 消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。	ガスボンベ 及び容器弁 (壁掛形)	図 2-16



13. 40壁掛け 3 本用ボンベラック外観図

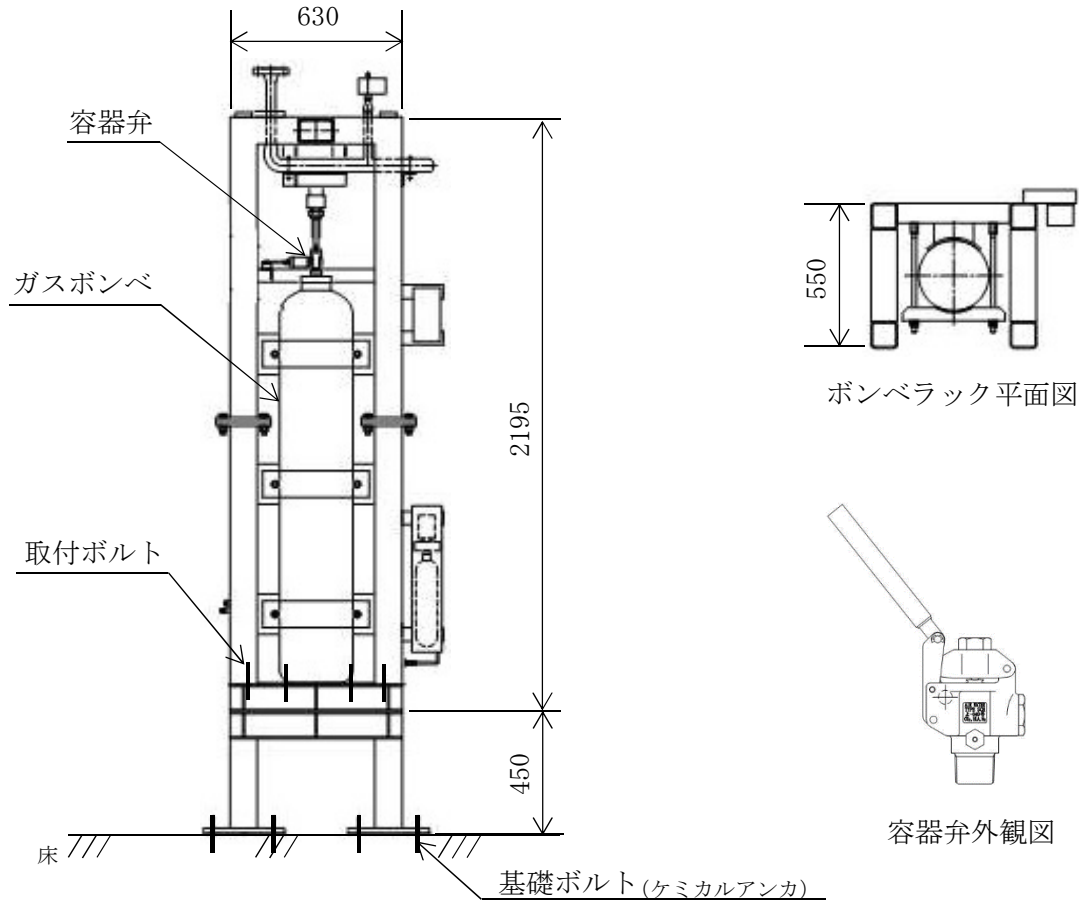
容器弁外観図

(単位 : mm)

図 2-16 ボンベラック (ケーブルトレイ消火設備) の概要図

表 2-3 火災防護設備のうちボンベラックの構造計画 (8/8)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
ボンベラック (中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備)	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラックに固定し、ボンベラックは、取付ボルトにて架台に固定する。架台は基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	ガスボンベ及び容器弁 (直立形)	図 2-17



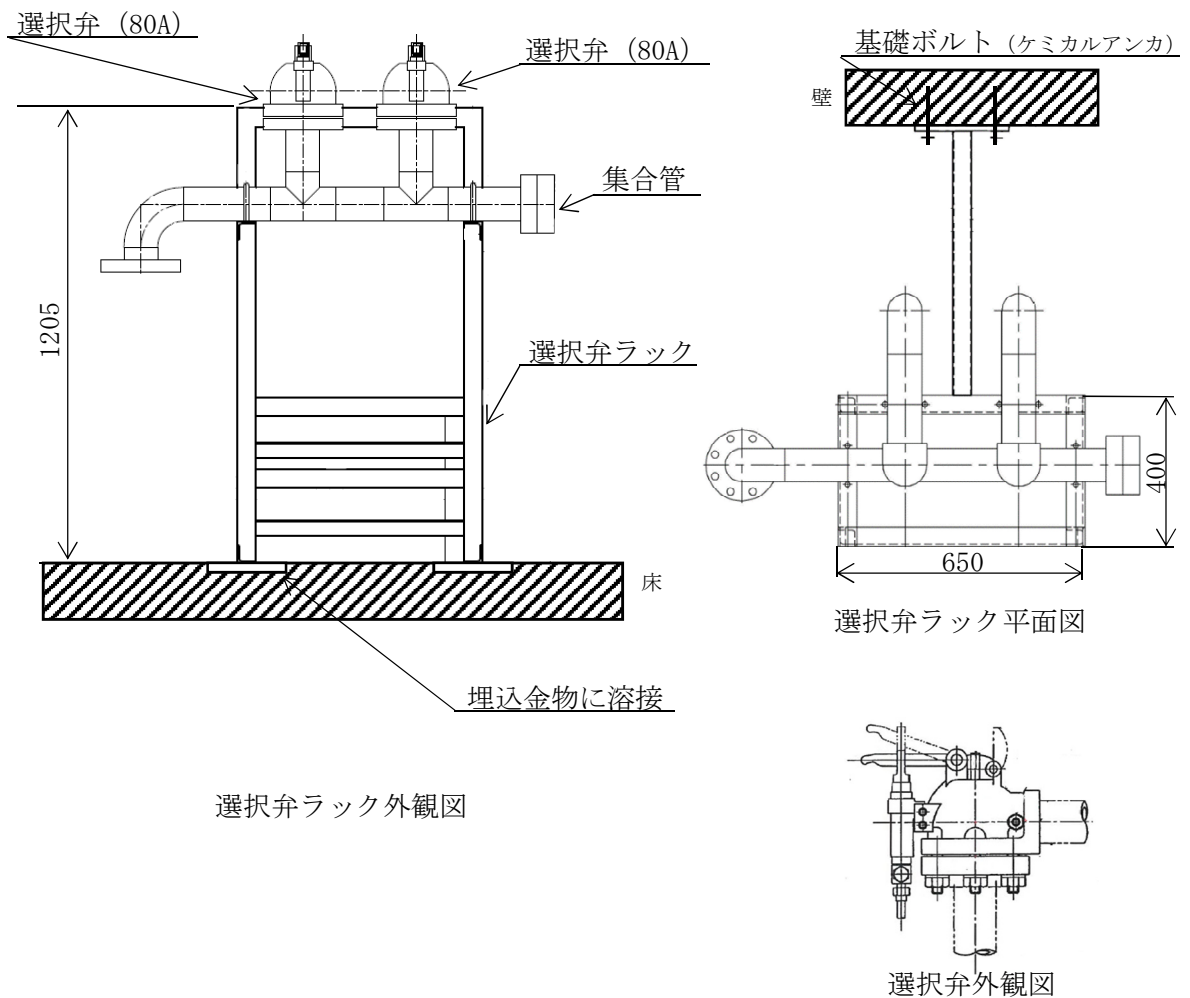
6801 本用ボンベラック外観図

(単位：mm)

図 2-17 ボンベラック (中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備) の概要図

表 2-4 火災防護設備のうち選択弁の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
選択弁ラック (二酸化炭素消火設備)	選択弁は、集合管に取り付けて固定する。集合管は、選択弁ラックに固定し、選択弁ラックは、基礎ボルトにより基礎部である壁と床の埋込金物に溶接し固定する。	選択弁、集合管及び選択弁ラック(壁支持を含む直立形)	図 2-18



(単位 : mm)

図 2-18 選択弁ラック (二酸化炭素消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-5 火災防護設備のうち消火配管の構造計画 (1/2)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
消火配管 (電源盤・制御盤 消火設備)	消火配管は、配管の自在性を活かすため、UボルトやUバンド等にて支持することなくパンチングトレイ内に設置する。	消火配管	図 2-19

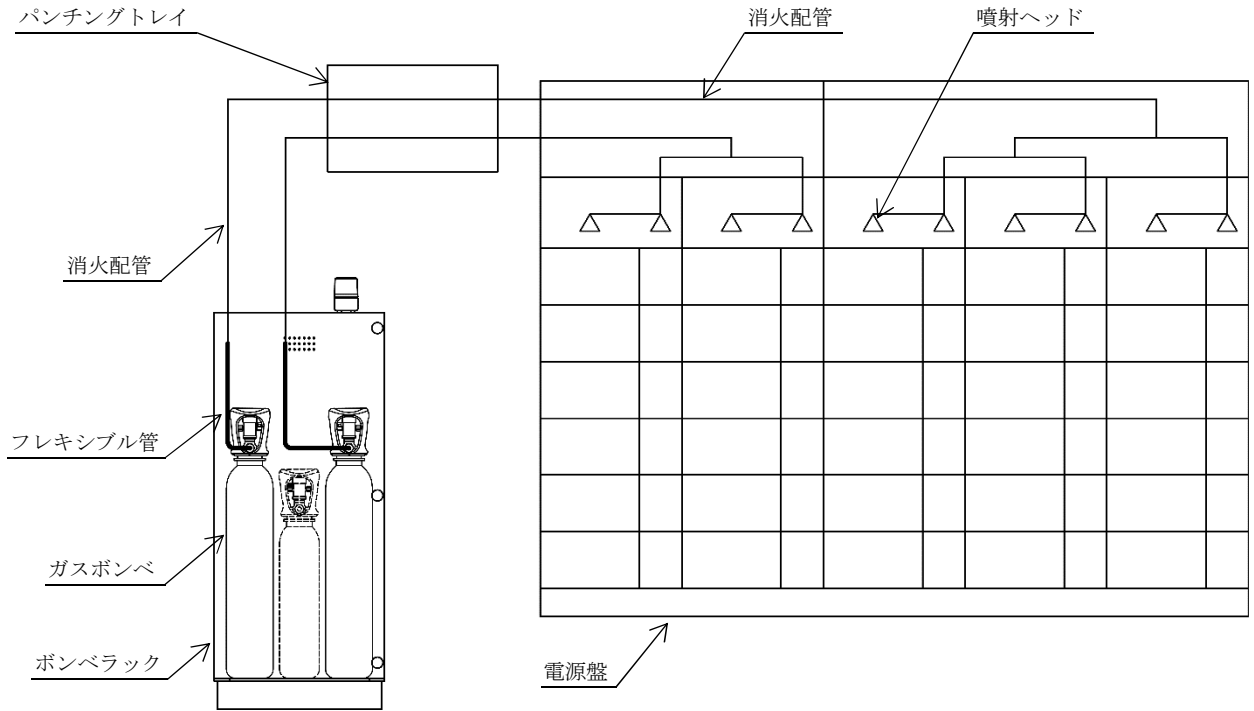


図 2-19 消火配管 (電源盤・制御盤消火設備) の概要図

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0

表 2-5 火災防護設備のうち消火配管の構造計画 (2/2)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
消火配管 (ケーブルトレイ 消火設備)	消火配管はケーブルトレイ外において、配管の自在性を活かすため、UボルトやUバンド等にて支持することなくパンチングトレイ内に設置する。	消火配管	図 2-20

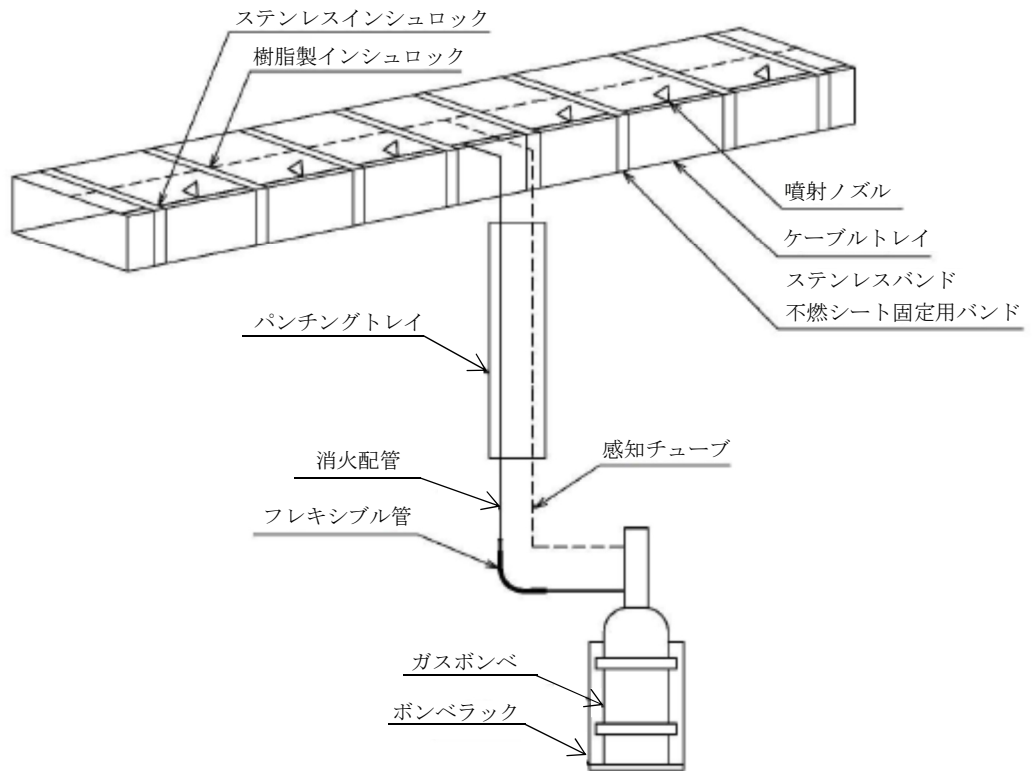
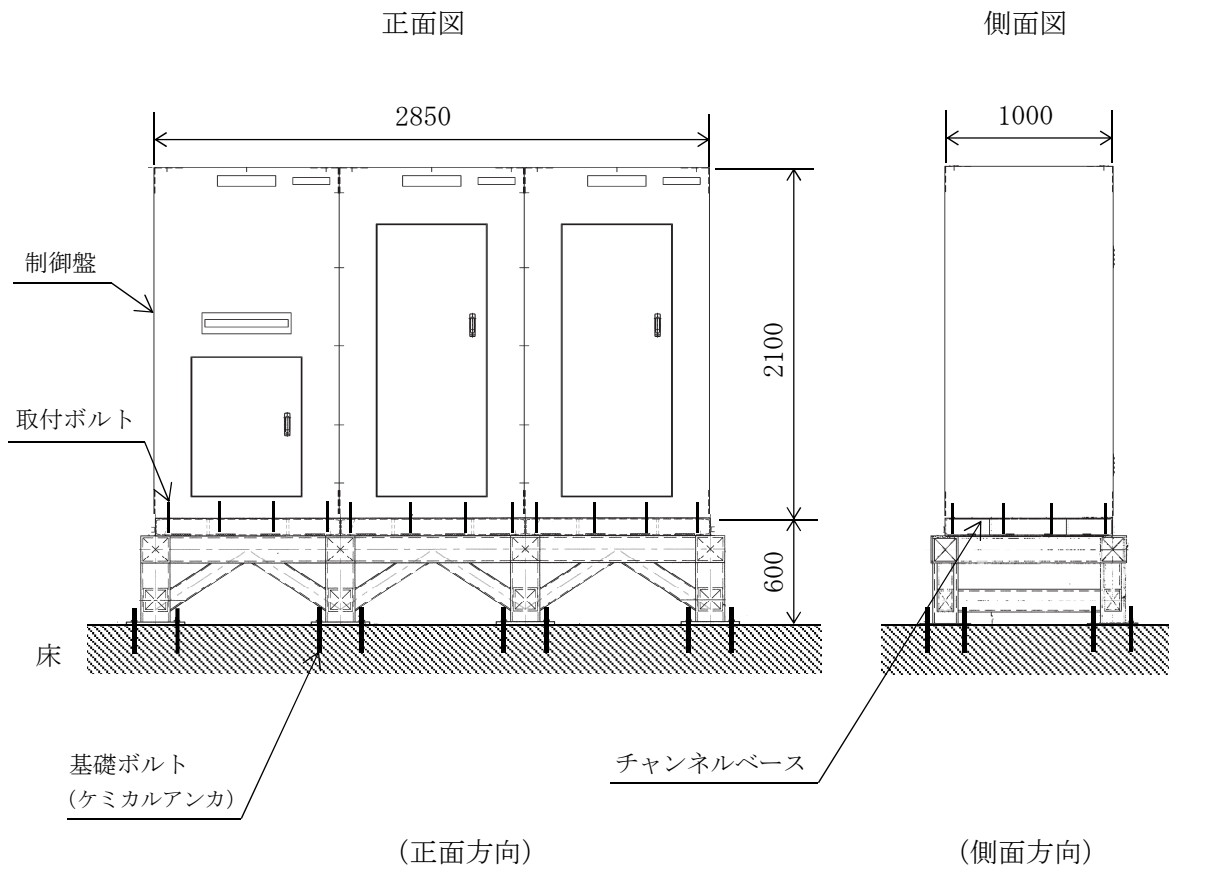


図 2-20 消火配管 (ケーブルトレイ消火設備) の概要図

表 2-6 火災防護設備のうち制御盤の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
制御盤	制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。	制御盤 (直立形)	図 2-21

K6 ① VI-2-別添 1-1 R0



(単位：mm)

図 2-21 制御盤の概要図

2.3 適用規格・基準等

本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 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 1－1987（(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）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一（日本建築学会，2005）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010 年改定）
- ・日本産業規格（J I S）

2.4 記号の説明

表 2-7 熱感知器及び煙感知器の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積 ^{*1}	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径 ^{*1}	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 ^{*1}	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 ^{*1}	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) ^{*1}	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 ^{*1}	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 ^{*1}	MPa
f_{tsi}	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 ^{*1}	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離 ^{*2}	mm
l_{1i}	重心と転倒支点間の水平方向距離 ^{*1, *3}	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*1, *3}	mm
m_i	機器の質量 (丸形露出ボックス, 電線管, チャンネル及び配管クランプの質量を含む) ^{*2}	kg
n_i	ボルトの本数 ^{*1}	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 ^{*1}	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力 ^{*1}	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値 ^{*1}	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値 ^{*1}	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値 ^{*1}	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力 ^{*1}	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力 ^{*1}	MPa

注記*1 : A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3 : $l_{1i} \geq l_{2i}$

表 2-8 煙感知器（防爆型），熱感知器（防爆型），煙感知器（光電分離型），煙吸引式検出設備（防湿型），炎感知器及び熱感知カメラの応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1本当たり）* ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）（壁掛形）* ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	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* ¹	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と転倒支点間の鉛直方向距離* ¹	mm
l_{2i}	転倒支点と上側ボルト間の鉛直方向距離* ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離* ¹	mm
m_i	機器の質量（固定金具の質量を含む）* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fvi}	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）* ¹	—
n_{fHi}	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）* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1 : A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 l_{3i} , n_i , nf_{vi} , nf_{Hi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$,
 σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

表 2-9 煙吸引式検出設備の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	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* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	機器の質量 (チャンネルベースの質量を含む) * ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*¹ : A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*² : h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*³ : $l_{1i} \leq l_{2i}$

表 2-10 火災受信機盤の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{bi1}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{bi2}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	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* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ⁴	mm
m_i	運転時質量 (基礎ボルト評価時は, チャンネルベース及び架台の質量を含む) * ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ⁴	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1 : A_{bi} , d_{i} , F_{i} , F_{i}^* , F_{bi} , F_{bi1} , F_{bi2} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 n_{i} , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は,
以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_{i} 及び m_{i} の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3 : $l_{1i} \leq l_{2i}$

*4 : L_j 及び n_{fj} の印字 j の意味は, 以下のとおりとする。

評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離が等しいボルト群を
 $1 \sim j$ で示す。

表 2-11 ポンベラックの応力評価に用いる記号の定義 (1/2)

記号	記号の説明	単位
d	ボルトの呼び径	mm
A _b	基礎ボルト断面積	mm ²
F _s	基礎ボルトのせん断力	N
F _t	基礎ボルトの引張力	N
F _x	軸力	N
F _y	せん断力 (水平方向)	N
F _z	せん断力 (水平方向)	N
M _x	ねじりモーメント	N・mm
M _y	曲げモーメント	N・mm
Z _x	ねじり断面係数	mm ³
Z _y	断面係数	mm ³
A	軸方向断面積	mm ²
A _{s y}	ラック部材の有効せん断断面積 (Y 軸方向)	mm ²
A _{s z}	ラック部材の有効せん断断面積 (Z 軸方向)	mm ²
σ	ポンベラック部材の組合せ応力	MPa
σ _a	ポンベラック部材の引張応力	MPa
σ _b	ポンベラック部材の曲げ応力	MPa
σ _{b t}	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ポンベラック部材のせん断応力	MPa
τ _y	せん断応力 (水平方向)	MPa
τ _z	せん断応力 (水平方向)	MPa
τ _b	基礎ボルトに作用するせん断応力	MPa
τ _t	ねじりモーメントによるせん断応力	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
S _{y (R T)}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃ における値	MPa

表 2-11 ボンベラックの応力評価に用いる記号の定義 (2/2)

記号	記号の説明	単位
f_t	許容引張応力	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{s b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{t s}$	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
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
E	ボンベラックの縦弾性係数	MPa
E_b	基礎ボルトの縦弾性係数	MPa

表 2-12 選択弁ラックの応力評価に用いる記号の定義 (1/2)

記号	記号の説明	単位
d	ボルトの呼び径	mm
A _b	基礎ボルト断面積	mm ²
F _s	基礎ボルトのせん断力	N
F _t	基礎ボルトの引張力	N
F _x	軸力	N
F _y	せん断力 (水平方向)	N
F _z	せん断力 (水平方向)	N
M _x	ねじりモーメント	N・mm
M _y	曲げモーメント	N・mm
Z _x	ねじり断面係数	mm ³
Z _y	断面係数	mm ³
A	軸方向断面積	mm ²
A _{s y}	ラック部材の有効せん断断面積 (Y 軸方向)	mm ²
A _{s z}	ラック部材の有効せん断断面積 (Z 軸方向)	mm ²
σ	ラック部材の組合せ応力	MPa
σ _a	ラック部材の引張応力	MPa
σ _b	ラック部材の曲げ応力	MPa
σ _{b t}	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ラック部材のせん断応力	MPa
τ _y	せん断応力 (水平方向)	MPa
τ _z	せん断応力 (水平方向)	MPa
τ _b	基礎ボルトに作用するせん断応力	MPa
τ _t	ねじりモーメントによるせん断応力	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
S _y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃ における値	MPa

表 2-12 選択弁ラックの応力評価に用いる記号の定義 (2/2)

記号	記号の説明	単位
f_t	許容引張応力	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{s b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{t s}$	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
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
E	ラックの縦弾性係数	MPa
E_b	基礎ボルトの縦弾性係数	MPa

表 2-13 消火配管の応力評価に使用する記号の定義 (1/2)

記号	記号の説明	単位
B_1, B_2, B_{2b}, B_{2r}	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの)	—
C_2, C_{2b}, C_{2r}	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの)	—
D_o	管の外径	mm
E	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定する縦弾性係数	MPa
i_1	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値	—
i_2	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値	—
K_2, K_{2b}, K_{2r}	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの)	—
M_a	管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る) により生じるモーメント	N・mm
M_b	耐震性についての計算: 管の機械的荷重 (地震を含めた短期的荷重) により生じるモーメント	N・mm
M_b^*	地震による慣性力により生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_{bp}	耐震性についての計算: 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む) により生じるモーメント	N・mm
M_{bs}	耐震性についての計算: 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_c	耐震性についての計算: 地震による相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_{ip}	耐震性についての計算: 管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む) により生じるモーメント	N・mm
M_{is}	耐震性についての計算: 管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
M_{rp}	耐震性についての計算: 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む) により生じるモーメント	N・mm

表 2-13 消火配管の応力評価に使用する記号の定義 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$M_{r s}$	耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm 回
n_i	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数	回
N_i	繰返し荷重 i に対し、設計・建設規格 PPB-3534 に従って算出された許容繰返し回数	回
P	耐震性についての計算：地震と組合せるべき運転状態における圧力	MPa
S_h	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力	MPa
S_ℓ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ	MPa
S_n	一次＋二次応力	MPa
S_p	ピーク応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定する材料の設計引張強さ	MPa
t	管の厚さ	mm
$U S_s$	S_s 地震動のみによる疲労累積係数	—
Z, Z_i	管の断面係数	mm ³
Z_b	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数	mm ³
Z_r	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数	mm ³
ε_e	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値 $\varepsilon_e = \bar{\sigma}^* / E$ $\bar{\sigma}^*$ ：弾性解析によるミーゼス相当応力	—
$\varepsilon_{e p}$	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応力－ひずみ関係として、降伏応力を S_m の 1.5 倍の値とした弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値 $\varepsilon_{e p} = \bar{\sigma} / E + \bar{\varepsilon}_p$ $\bar{\sigma}$ ：弾塑性解析によるミーゼス相当応力 $\bar{\varepsilon}_p$ ：弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ	—

表 2-14 制御盤の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_{b i}$	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
$F_{b i}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
$F_{b i 1}$	$l_{1 i}$ 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
$F_{b i 2}$	$l_{2 i}$ 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
$f_{s b i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
$f_{t o i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
$f_{t s i}$	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* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
$l_{1 i}$	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
$l_{2 i}$	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ⁴	mm
m_i	運転時質量 (基礎ボルト評価時は, チャンネルベース及び架台の質量を含む) * ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
$n_{f i}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
$n_{f j}$	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ⁴	—
$Q_{b i}$	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
$S_{u i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
$S_{y i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{y i} (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C における値* ¹	MPa
π	円周率	—
$\sigma_{b i}$	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
$\tau_{b i}$	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1 : A_{bi} , d_{i} , F_{i} , F_{i}^* , F_{bi} , F_{bi1} , F_{bi2} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 n_{i} , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は,
以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_{i} 及び m_{i} の添字 i の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3 : $l_{1i} \leq l_{2i}$

*4 : L_j 及び n_{fj} の印字 j の意味は, 以下のとおりとする。

評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離が等しいボルト群を
 $1 \sim j$ で示す。

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-15から表2-20に示すとおりである。

表2-15 火災感知器の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	mm	—	—	整数位 ^{*1}
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。

表 2-16 火災受信機盤の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	mm	—	—	整数位 ^{*1}
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。

表 2-17 ポンベラックの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
刺激係数		—	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 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	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	ガスボンベの厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 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
機能維持評価用加速度		×9.8m/s ²	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s ²	—	—	小数点以下第 2 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。

表 2-18 選択弁ラックの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
刺激係数		—	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 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	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	ガスボンベの厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 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
機能維持評価用加速度		×9.8m/s ²	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
機能確認済加速度		×9.8m/s ²	—	—	小数点以下第 2 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。

表 2-19 消火配管の表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	変位量	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
計算条件	圧力	MPa	小数点第 3 位	四捨五入	小数点第 2 位 ^{*1}
	温度	℃	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
	厚さ	mm	小数点第 2 位	四捨五入	小数点第 1 位
	縦弾性係数	MPa	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	質量	kg	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第 1 位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
	方向余弦	—	小数点第 5 位	四捨五入	小数点第 4 位
	許容応力 ^{*2}	MPa	小数点第 1 位	切捨て	整数位
	減衰定数	%	—	—	小数点第 1 位
解析結果 及び評価	固有周期	s	小数点第 4 位	四捨五入	小数点第 3 位
	震度	—	小数点第 3 位	切上げ	小数点第 2 位
	刺激係数	—	小数点第 4 位	四捨五入	小数点第 3 位
	計算応力	MPa	小数点第 1 位	切上げ	整数位
	許容応力 ^{*2}	MPa	小数点第 1 位	切捨て	整数位
	計算荷重	kN	小数点第 1 位	切上げ	整数位
	許容荷重	kN	小数点第 1 位	切捨て	整数位
	疲労累積係数	—	小数点第 5 位	切上げ	小数点第 4 位
	機能維持評価用加速度	×9.8m/s ²	小数点第 2 位	切上げ	小数点第 1 位
	機能確認済加速度	×9.8m/s ²	—	—	小数点第 1 位

注記*1 : 必要に応じて小数点第 3 位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

*2 : 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許容応力は、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。

表 2-20 制御盤の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	mm	—	—	整数位 ^{*1}
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

火災防護設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、以下について評価を実施する。

(1) 火災感知器

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

火災感知器は、耐震性を有する原子炉建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災感知器は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災感知器を固定する火災感知器の基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(2) 火災受信機盤

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

火災受信機盤は、耐震性を有するコントロール建屋にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(3) ボンベラック

a. ボンベラック及び基礎ボルト

ボンベラックは、耐震性を有する原子炉建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ボンベラックは、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ボンベラックの構成部品であるボンベラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(4) 選択弁

a. 選択弁ラック及び基礎ボルト

選択弁ラックは、耐震性を有する原子炉建屋にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

選択弁は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、選択弁の構成部品である選択弁ラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 IV_{AS} の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(5) 消火配管

a. 管及び支持構造物

消火配管（電源盤・制御盤消火設備及びケーブルトレイ消火設備を除く。）は、耐震性を有する原子炉建屋等にボルトで固定し、主要な構造部材が、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、管及び支持構造物の許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

消火配管のうち電源盤・制御盤消火設備及びケーブルトレイ消火設備は、配管の自在性を活かすため、消火配管をUボルトやUバンド等にて支持することなくパンチングトレイ内に設置することで基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

(6) 制御盤

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

制御盤は、耐震性を有するコントロール建屋にボルトで固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

制御盤は、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、制御盤を固定する制御盤の基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

4. 固有周期

火災感知設備及び消火設備の固有周期は、振動試験、3次元多質点系はりモデル又は、はり・シェルモデルによる解析より求める。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 火災感知器

- (1) 火災感知器の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は火災感知器に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 火災感知器は基礎ボルト又は取付ボルトで固定されており、固定端とする。
- (4) 天井取付形及び直立形の火災感知器については、図5-1及び図5-3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（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。壁掛形の火災感知器については、図5-2における正面方向及び側面方向*について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (5) 重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記*：壁掛形の火災感知器の転倒方向は、火災感知器を正面より見て左右に転倒する場合を正面方向転倒、前方に転倒する場合を側面方向転倒という。

5.1.2 火災受信機盤

- (1) 火災受信機盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は火災受信機盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 火災受信機盤は基礎ボルト又は取付ボルトで固定されており、固定端とする。
- (4) 火災受信機盤については、図5-4及び図5-5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（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (7) 火災受信機盤と据付架台を接続する取付ボルトの構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料 9 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行う。

5.1.3 ボンベラック

- (1) ボンベラックについては、3次元多質点系はりモデル又は、はり・シェルモデルによる解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。
- (2) ガスボンベは、ボンベラックに固定される。ボンベラックは、基礎ボルトにより建屋躯体である壁若しくは床に直接固定、又は取付ボルトにより架台に固定され、架台に固定された状態で基礎ボルトにより建屋躯体である壁若しくは床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として1.2ZPAの加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.1.4 選択弁

- (1) 選択弁ラックについては、3次元多質点系はりモデルによる解析から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。
- (2) 選択弁は、集合管に固定され、選択弁ラックは、基礎ボルトにより建屋躯体である壁と床に固定される。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として1.2ZPAの加速度による静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.1.5 消火配管

- (1) 消火配管及び支持構造物の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料6 管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行う。
- (2) 電源盤・制御盤消火設備及びケーブルトレイ消火設備の消火配管については、消火配管の自在性を活かした設置方法であり、解析による評価が困難であることから、加振試験を行い、加振試験後の外観検査及び気密試験による健全性の確認及び、設置位置での加速度と加振台の最大加速度との比較により、耐震評価を実施する。

耐震評価に用いる設置位置での加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度とし、評価対象フロアは各消火配管の中で最上階に設置されたフロアを対象とするが、消火配管は建屋壁に支持されていることから、評価対象フロアの上下階のいずれか大きい方の応答加速度を適用する。

5.1.6 制御盤

- (1) 制御盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は制御盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 制御盤は基礎ボルト又は取付ボルトで固定されており、固定端とする。
- (4) 制御盤については、図5-6及び図5-7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（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 制御盤と据付架台を接続する取付ボルトの構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料 9 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行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の種類

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重を用いる。

5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器、配管系の荷重の組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重の組合せを表 5-1 に示す。

5.2.3 許容応力

許容限界は、VI-1-1-8 の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標に従い、評価対象部位ごとに設定する。

各評価項目の許容限界を、表 5-2 から表 5-7 に示す。

5.2.4 ボルトの許容引張応力

ボルトの許容引張応力 f_{ts} を次式に示す。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.2.4.1)$$

許容引張応力 f_{to} は下表による。

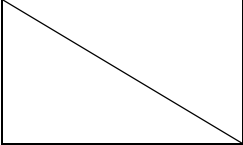
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$

表 5-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設分類	設備	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
DB	火災感知器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS
	火災受信機盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS
	ボンベラック	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS
	選択弁	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS
	消火配管	C	クラス3管	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS
	制御盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IVAS

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 5-2 火災感知器の許容限界

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
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 5-3 火災受信機盤の許容限界

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
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 5-4 ボンベラックの許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (部材)	許容限界*1, *2 (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 5-5 選択弁ラックの許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (部材)	許容限界*1, *2 (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 5-6 消火配管の許容限界

許容応力状態	許容限界		
	一次応力 (曲げ応力含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク 応力
IV _A S	$0.9 S_u$	S _s 地震動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2S _y 以下であれば、疲労解析は行わない。	

注記* : 2S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格PPB-3536(1),
(2), (4)及び(5) (ただし, S_yは2/3S_yと読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-7 制御盤の許容限界

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

5.3 設計用地震力

地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づく地震力又はそれを上回る地震力を設定する。

5.4 計算方法

5.4.1 火災感知器の計算方法

5.4.1.1 熱感知器及び煙感知器

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。重心位置については、電線管の自重が支配的であるため感知器の先端ではなく、電線管を支持する隣り合う支持点から水平方向に最も離れる支持点間の中心、天井面より鉛直方向に最も離れる感知器先端までの位置を重心として設定する。計算モデルを図5-1に示す。

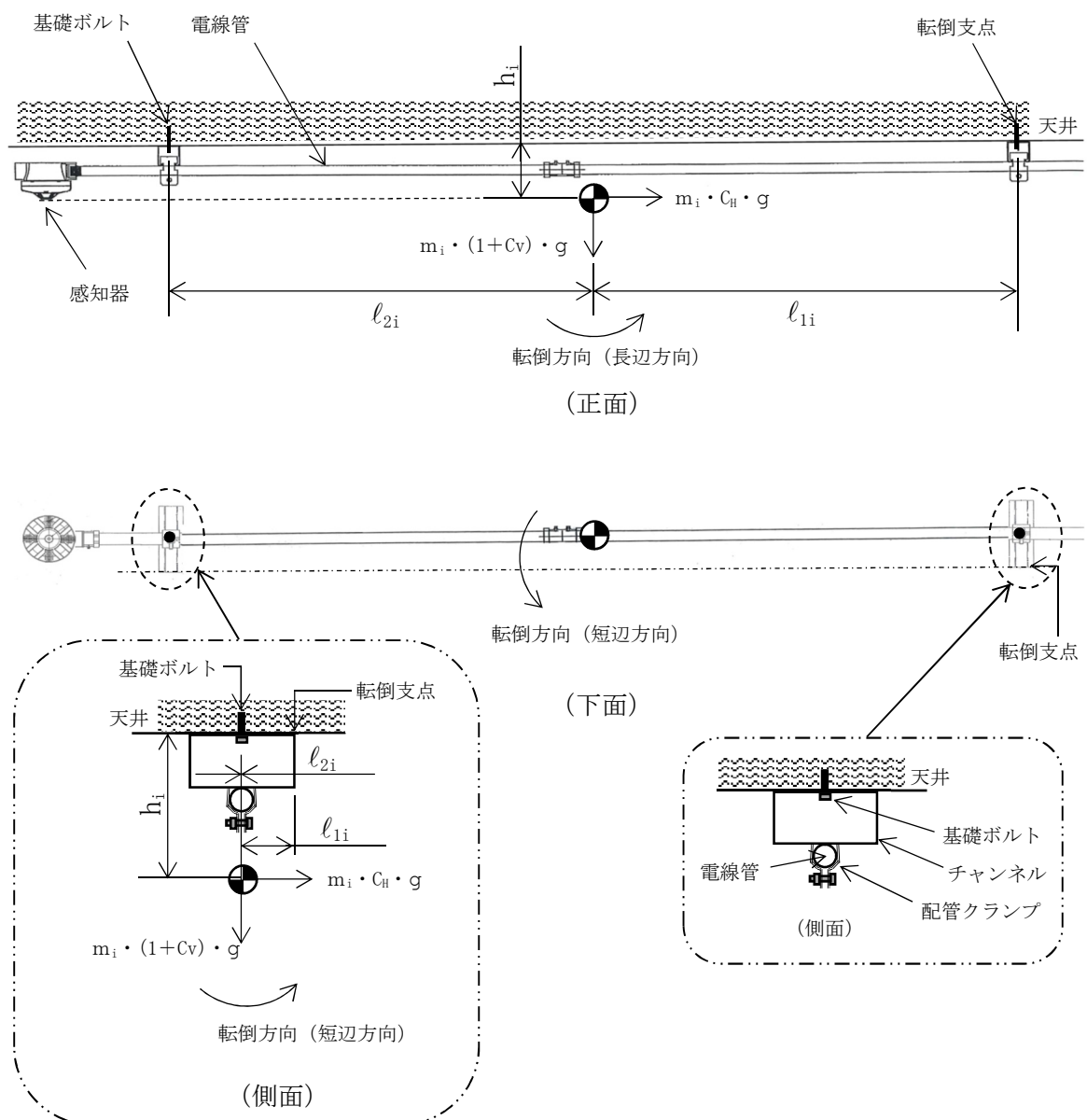


図5-1 熱感知器及び煙感知器 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 5-1 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot (1 + C_v) \cdot l_{1i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})} \quad \dots (5. 4. 1. 1. 1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \dots \dots \dots (5. 4. 1. 1. 2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \dots \dots \dots (5. 4. 1. 1. 3)$$

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \dots \dots \dots (5. 4. 1. 1. 4)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \quad \dots \dots \dots (5. 4. 1. 1. 5)$$

5.4.1.2 煙感知器（防爆型），熱感知器（防爆型），煙感知器（光電分離型），煙吸引式検出設備（防湿型），炎感知器及び熱感知カメラ

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。計算モデルを図5-2に示す。

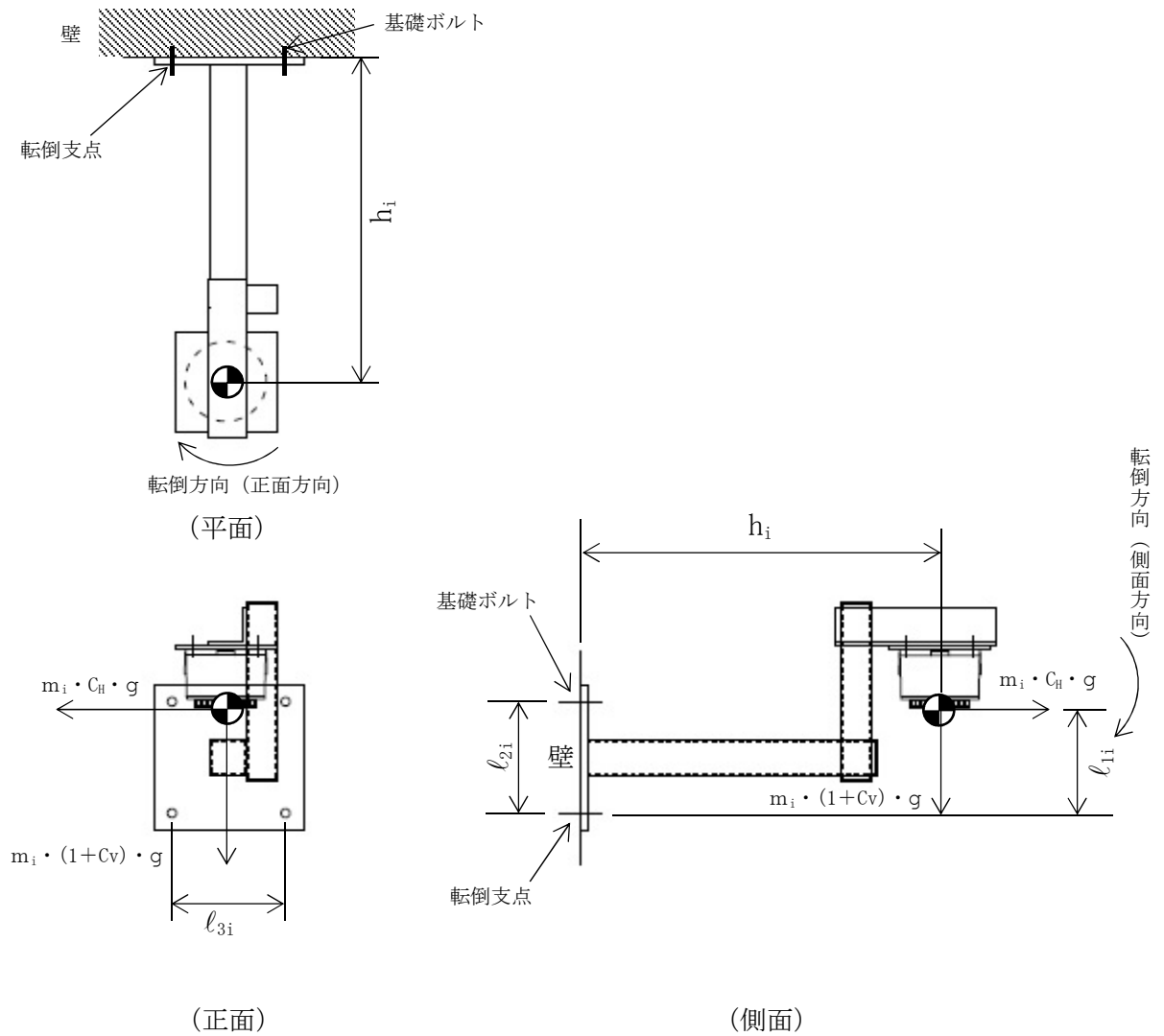


図5-2 煙感知器（防爆型），熱感知器（防爆型），煙感知器（光電分離型），煙吸引式検出設備（防湿型），炎感知器及び熱感知カメラ 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-2で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{2i}} + \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g}{n_{fHi} \cdot \ell_{3i}} \quad \cdot (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b2i} = \frac{m_i \cdot (1+Cv) \cdot h_i \cdot g + m_i \cdot C_H \cdot \ell_{1i} \cdot g}{n_{fvi} \cdot \ell_{2i}} \quad \cdot (5.4.1.2.2)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{b1i}, F_{b2i}) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.5)$$

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1i} = m_i \cdot C_H \cdot g \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b2i} = m_i \cdot (1+Cv) \cdot g \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{bi} = \sqrt{(Q_{b1i})^2 + (Q_{b2i})^2} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.4.1.2.9)$$

5.4.1.3 煙吸引式検出設備

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、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。計算モデルを図5-3に示す。

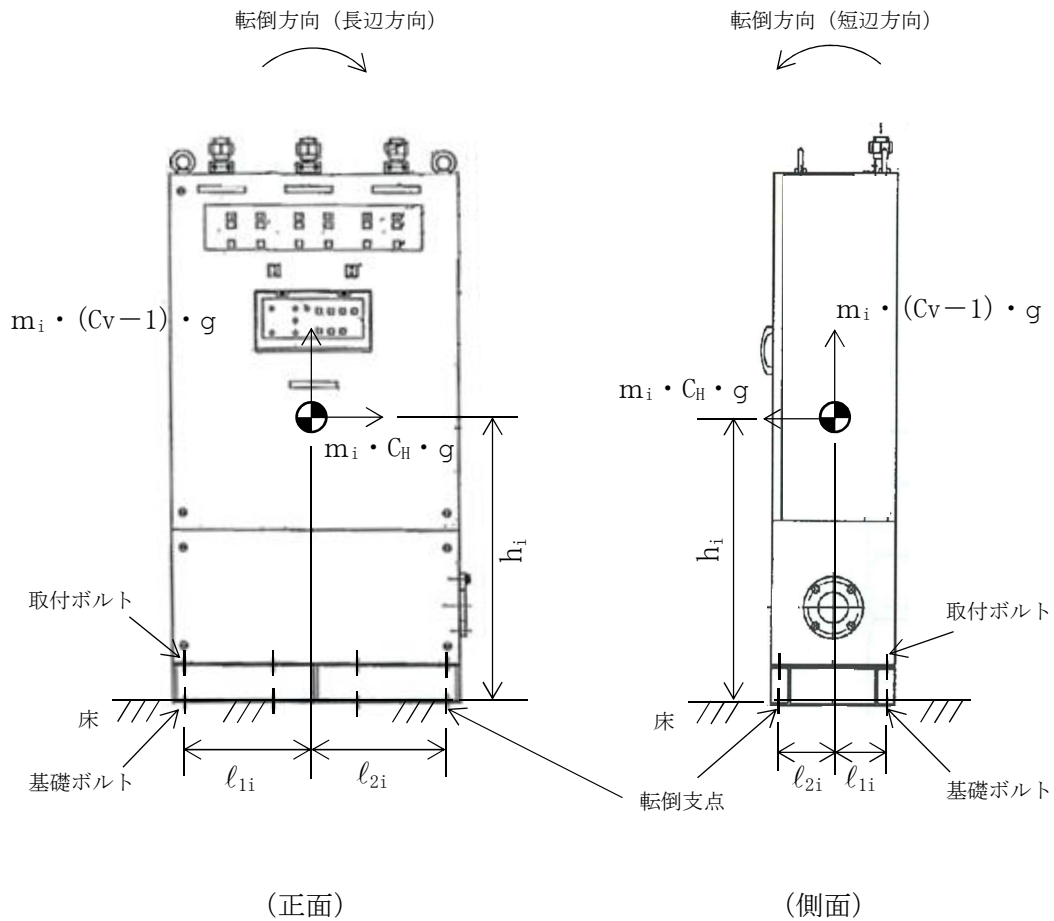


図5-3 煙吸引式検出設備 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 5-3 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_v) \cdot l_{2i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})} \dots (5. 4. 1. 3. 1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots (5. 4. 1. 3. 2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots (5. 4. 1. 3. 3)$$

ただし、 F_{bi} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots (5. 4. 1. 3. 4)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots (5. 4. 1. 3. 5)$$

5.4.2 火災受信機盤の計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-4及び図5-5に示す。

取付ボルトの計算方法は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料9 盤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行う。

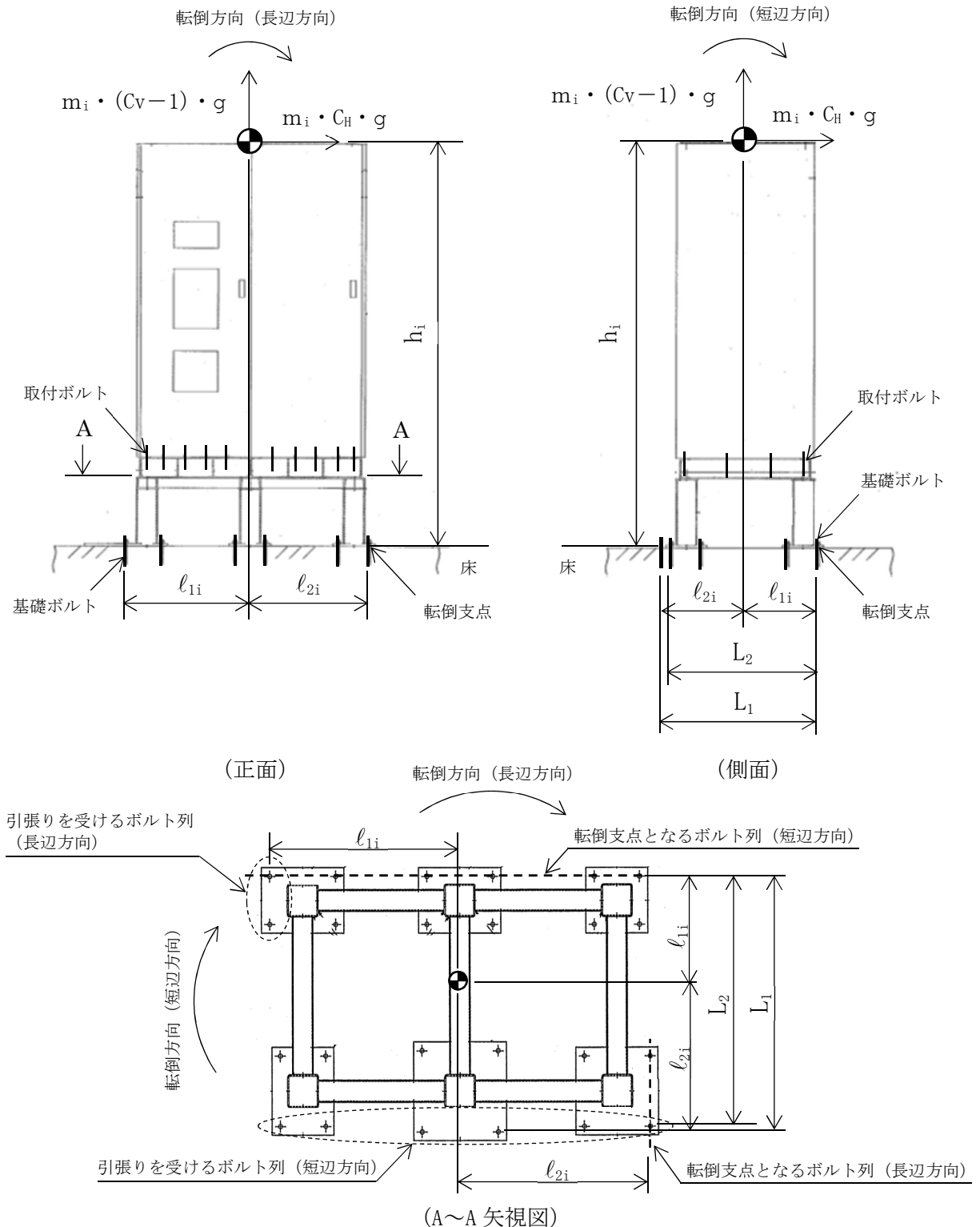


図5-4 火災受信機盤 計算モデル (短辺方向の l_{1i} 側転倒支点の場合)

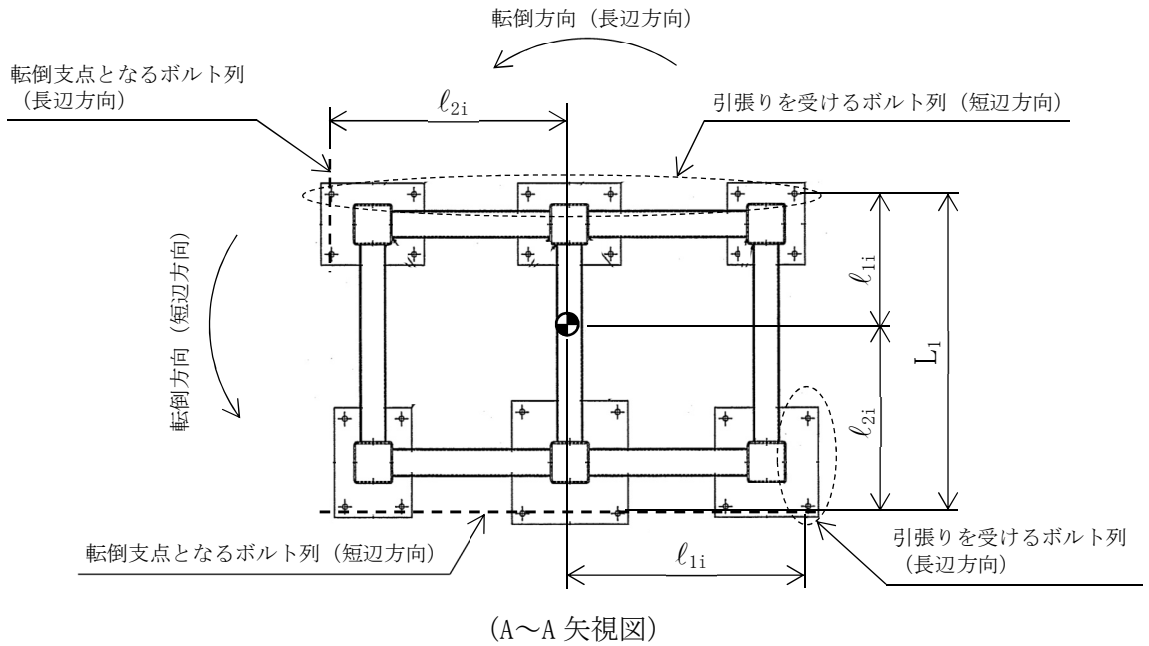
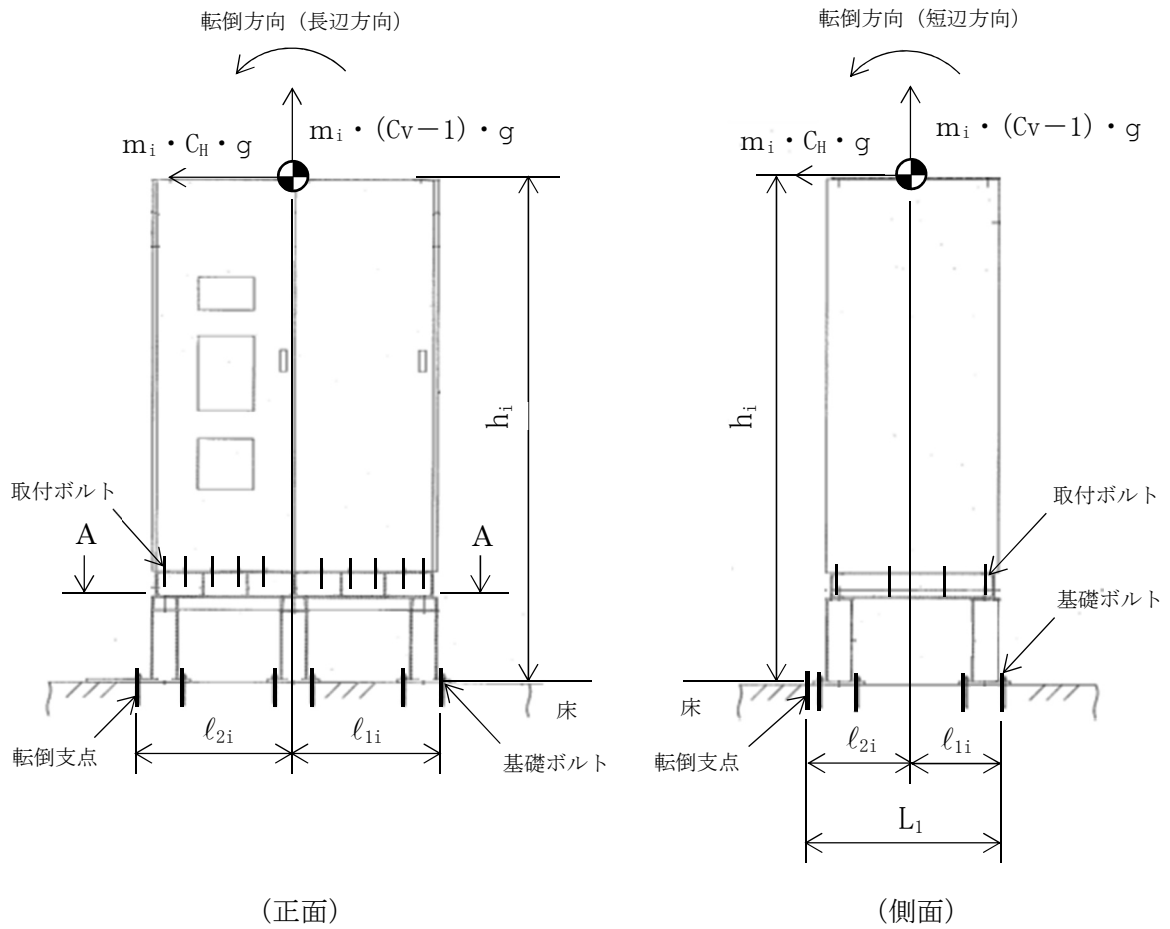


図 5-5 火災受信機盤 計算モデル（短辺方向の l_{2i} 側転倒支点の場合）

(1) 基礎ボルト

a. 引張応力（長辺方向）

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-4（図5-5）で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_v) \cdot \ell_{2i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})} \dots \dots (5. 4. 2. 1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots \dots \dots (5. 4. 2. 2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots \dots \dots (5. 4. 2. 3)$$

b. 引張応力（短辺方向）

基礎ボルトに対する引張力は、図5-4及び図5-5でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-4の場合の引張力

$$F_{bi1} = \frac{L_1 \cdot \{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_v) \cdot \ell_{1i} \cdot g\}}{n_{f1} \cdot L_1^2 + n_{f2} \cdot L_2^2} \dots \dots (5. 4. 2. 4)$$

計算モデル図5-5の場合の引張力

$$F_{bi2} = \frac{L_1 \cdot \{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_v) \cdot \ell_{2i} \cdot g\}}{n_{f1} \cdot L_1^2} \dots \dots (5. 4. 2. 5)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{bi1}, F_{bi2}) \dots \dots \dots (5. 4. 2. 6)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots \dots \dots (5. 4. 2. 7)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots \dots \dots (5. 4. 2. 8)$$

c. せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots \dots \dots (5. 4. 2. 9)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots \dots \dots (5. 4. 2. 10)$$

(2) 取付ボルト

取付ボルトの計算方法は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料9 盤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行う。

5.4.3 ボンベラックの計算方法

ボンベラックについては、3次元多質点系はりモデル又は、はり・シェルモデルによる地震応答解析結果から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表2-3に示すとおり、容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベは、ボンベラック、又は取付ボルトにより架台に固定されたボンベラックに固定する。ボンベラック、又はボンベラックを固定した架台は、基礎ボルトにより据え付けるため、ボンベラック及び基礎ボルトのそれぞれに対し、構造強度評価を実施する。

(1) ボンベラックの構造強度評価

a. ボンベラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めたボンベラック部材の引張応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりボンベラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_a = \frac{F_x}{A} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 2)$$

せん断応力

$$\tau_y = \frac{F_y}{A_{s_y}} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 3)$$

$$\tau_z = \frac{F_z}{A_{sz}} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 4)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 5)$$

ねじり応力

$$\tau_t = \frac{M_x}{Z_x} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 6)$$

ボンベラックの組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3(\tau + \tau_t)^2} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 7)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A_b} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 8)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_s}{A_b} \dots \dots \dots (5. 4. 3. 9)$$

5.4.4 選択弁ラックの計算方法

選択弁ラックについては、3次元多質点系はりモデルによる地震応答解析結果から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.2 評価対象設備」の表 2-4 に示すとおり、選択弁は、集合管に取り付けて固定する。集合管は、選択弁ラックに固定し、選択弁ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、選択弁ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) 選択弁ラックの構造強度評価

a. 選択弁ラック部材に発生する組合せ応力の算出

地震応答解析結果から求めた選択弁ラック部材の引張応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式により選択弁ラックの組合せ応力を算出する。

軸応力

$$\sigma_a = \frac{F_x}{A} \dots \dots \dots (5.4.4.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} \dots \dots \dots (5.4.4.2)$$

せん断応力

$$\tau_y = \frac{F_y}{A_{s_y}} \dots \dots \dots (5.4.4.3)$$

$$\tau_z = \frac{F_z}{A_{s_z}} \dots \dots \dots (5.4.4.4)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2} \dots \dots \dots (5.4.4.5)$$

ねじり応力

$$\tau_t = \frac{M_x}{Z_x} \dots \dots \dots (5.4.4.6)$$

選択弁ラックの組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3(\tau + \tau_t)^2} \dots \dots \dots (5.4.4.7)$$

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A_b} \dots \dots \dots (5.4.4.8)$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_s}{A_b} \dots \dots \dots (5.4.4.9)$$

5.4.5 消火配管の計算方法

管の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料6 管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行う。(電源盤・制御盤消火設備及びケーブルトレイ消火設備の消火配管については、消火配管の自在性を活かした設置方法であり、解析による評価が困難であるため加振試験により耐震評価を行う。)

5.4.6 制御盤の計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-6及び図5-7に示す。

取付ボルトの計算方法は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料9 盤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行う。

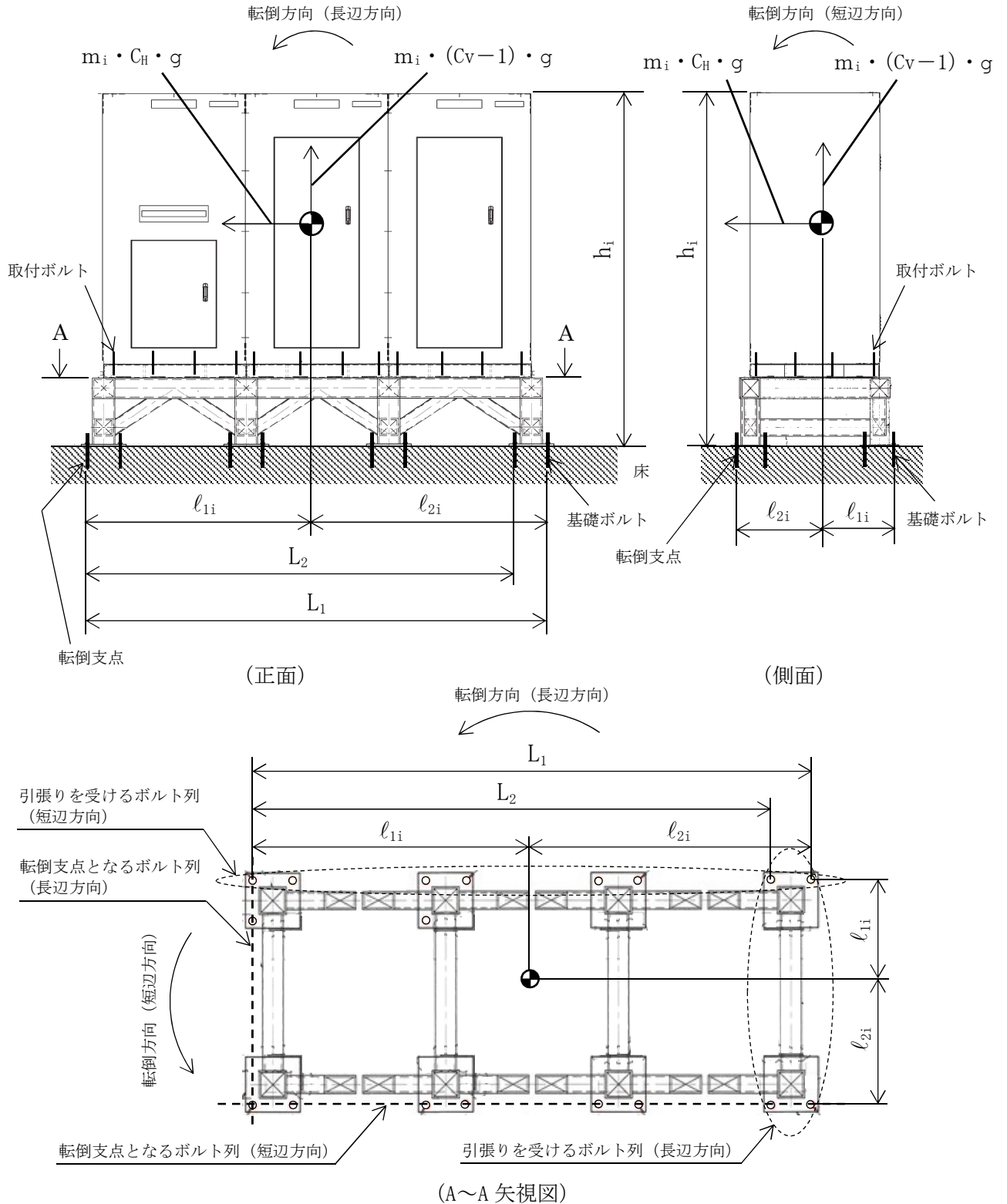


図5-6 制御盤 計算モデル (長辺方向の l_{1i} 側転倒支点の場合)

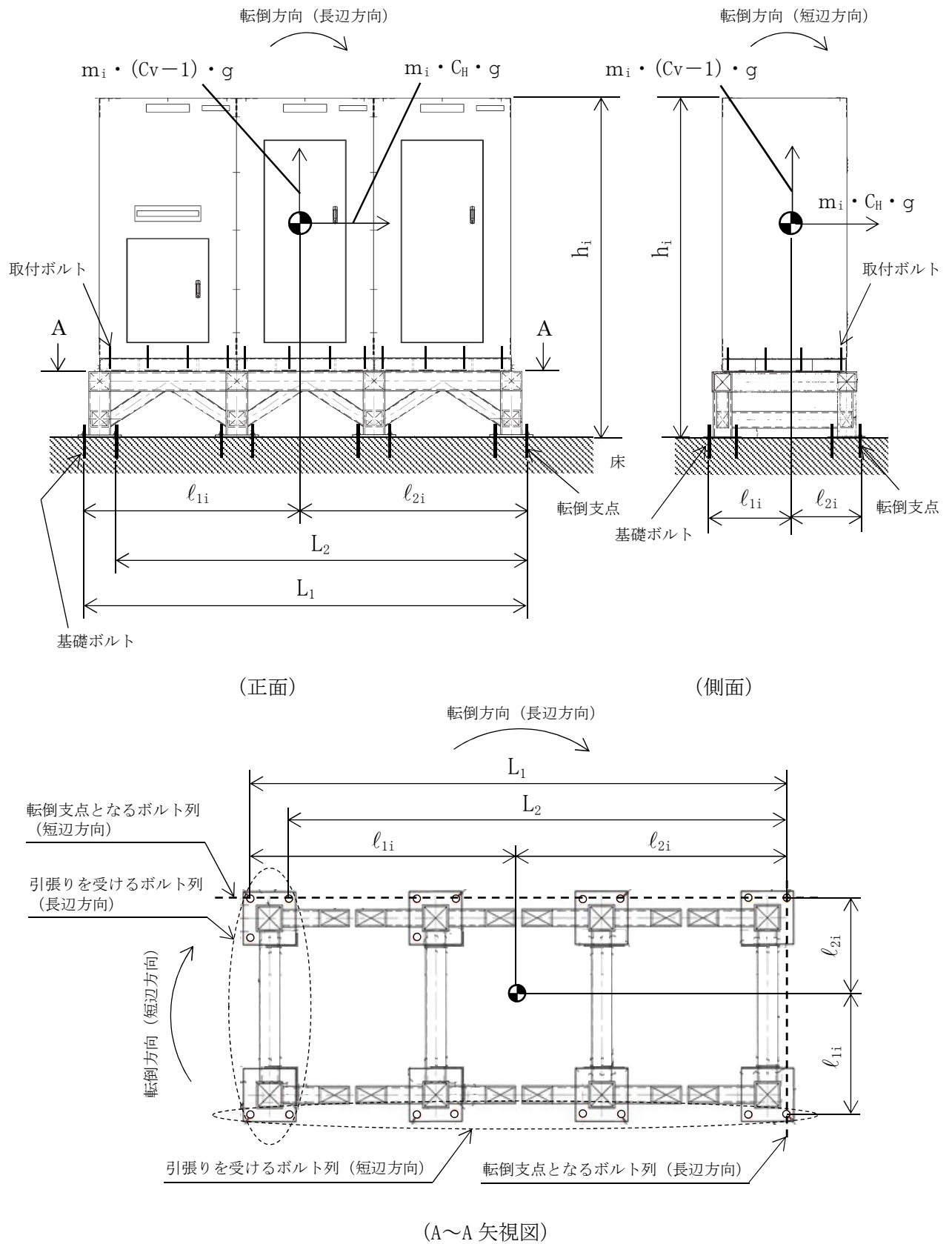


図 5-7 制御盤 計算モデル (長辺方向の l_{2i} 側転倒支点の場合)

(1) 基礎ボルト

a. 引張応力（長辺方向）

基礎ボルトに対する引張力は、図 5-6 及び図 5-7 でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 5-6 の場合の引張力

$$F_{bi1} = \frac{L_1 \cdot \{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1-Cv) \cdot \ell_{1i} \cdot g\}}{n_{f1} \cdot L_1^2 + n_{f2} \cdot L_2^2} \quad \dots (5. 4. 2. 4)$$

計算モデル図 5-7 の場合の引張力

$$F_{bi2} = \frac{L_1 \cdot \{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1-Cv) \cdot \ell_{2i} \cdot g\}}{n_{f1} \cdot L_1^2 + n_{f2} \cdot L_2^2} \quad \dots (5. 4. 2. 4)$$

$$F_{bi} = \text{Max} (F_{bi1}, F_{bi2}) \quad \dots \dots \dots (5. 4. 2. 6)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \dots \dots \dots (5. 4. 2. 2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \dots \dots \dots (5. 4. 2. 3)$$

b. 引張応力（短辺方向）

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 5-6（図 5-7）で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1-Cv) \cdot \ell_{2i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})} \quad \dots \dots (5. 4. 2. 1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \dots \dots \dots (5. 4. 2. 7)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \dots \dots \dots (5. 4. 2. 8)$$

c. せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots \dots \dots (5.4.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots \dots \dots (5.4.2.10)$$

(2) 取付ボルト

取付ボルトの計算方法は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料9 盤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行う。

6. 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能及び電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.1 火災感知器

火災感知器は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.2 火災受信機盤

火災受信機盤は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.3 ポンベラック

ポンベラックのうち容器弁は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.4 選択弁

選択弁は、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

6.5 制御盤

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

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

VI-2-別添 1-2 火災感知器の耐震計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	9
3.1 固有周期の確認方法	9
3.2 固有周期の確認結果	9
4. 構造強度評価	10
4.1 構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
4.2.2 許容応力	10
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
4.3 計算条件	15
5. 機能維持評価	15
5.1 電氣的機能維持評価方法	15
6. 評価結果	17
6.1 火災感知器の評価結果	17

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、火災感知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。

7号機設備，6,7号機共用の火災感知器の評価結果は，令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-別添 1-2「火災感知器の耐震計算書」による。

2. 一般事項

2.1 構造計画

火災感知器の構造計画を表 2-1 から表 2-7 に示す。

表 2-1 熱感知器及び煙感知器の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>熱感知器及び煙感知器は、丸型露出ボックスに取り付け、丸型露出ボックスに接続された電線管を配管クランプにてチャンネルに固定する。チャンネルは、基礎ボルトにより基礎部である天井に固定する。</p>	<p>熱感知器 煙感知器 (天井取付形)</p>	<p>【熱感知器及び煙感知器】</p> <p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>・熱感知器 約 0.16 kg ・煙感知器 約 0.16 kg</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-2 煙感知器（防爆型）及び熱感知器（防爆型）の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>煙感知器（防爆型）及び熱感知器（防爆型）は、固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。</p>	<p>煙感知器（防爆型） 熱感知器（防爆型） （壁掛形）</p>	<p>【煙感知器（防爆型）及び熱感知器（防爆型）】</p> <p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>壁</p> <p>感知器（防爆型）*</p> <p>固定金具</p> <p>697</p> <p>基礎ボルト （メカニカルアンカ）</p> <p>（正面方向）</p> <p>（側面方向）</p> <p>・煙感知器（防爆型） 約 3 kg ・熱感知器（防爆型） 約 0.95 kg</p> <p>（単位：mm）</p>

注記*：図の感知器（防爆型）は、質量のより大きい煙感知器（防爆型）とする。

表 2-3 煙感知器（光電分離型）の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>煙感知器（光電分離型）は、固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。</p>	<p>煙感知器（光電分離型）（壁掛形）</p>	<p>【煙感知器（光電分離型）】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p> <p>（正面方向）</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p> <p>（側面方向）</p> </div> </div> <p>・煙感知器（光電分離型） 約 0.75 kg (単位：mm)</p>

表 2-4 煙吸引式検出設備の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>煙吸引式検出設備は、取付ボルトにてチャンネルベースに取り付け、チャンネルベースを基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。</p>	<p>煙吸引式検出設備 (直立形)</p>	<p>【煙吸引式検出設備】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p> <p>(長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p> <p>(短辺方向)</p> </div> </div> <p>・煙吸引式検出設備 約 320 kg (単位：mm)</p>

表 2-5 煙吸引式検出設備（防湿型）の構造計画

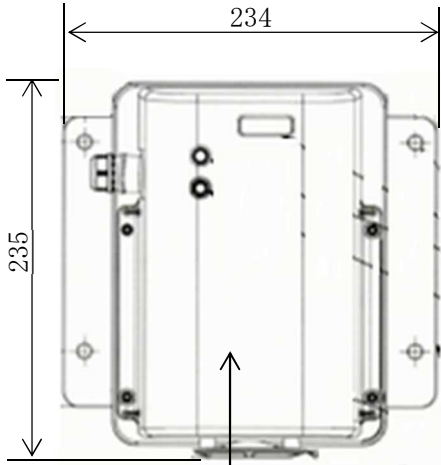
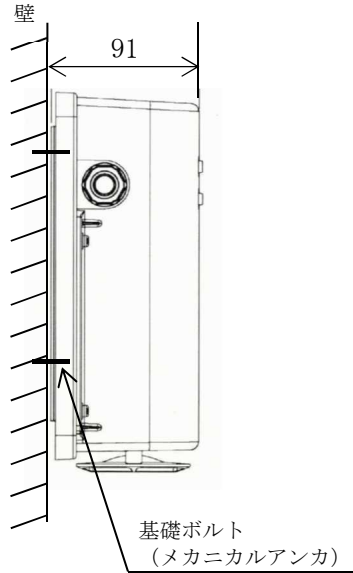
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
煙吸引式検出設備（防湿型）は、基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。	煙吸引式検出設備（防湿型） （壁掛形）	<p>【煙吸引式検出設備（防湿型）】</p> <p>正面図</p>  <p>側面図</p>  <p>煙吸引式検出設備（防湿型）</p> <p>（正面方向）</p> <p>（側面方向）</p> <p>・煙吸引式検出設備（防湿型） 約 2.8 kg</p> <p>（単位：mm）</p>

表 2-6 炎感知器の構造計画

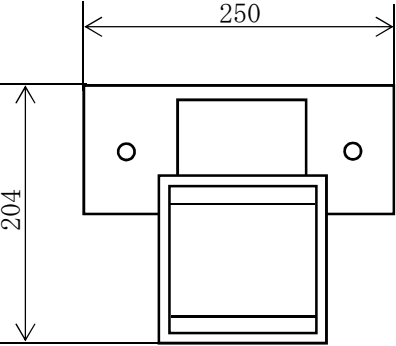
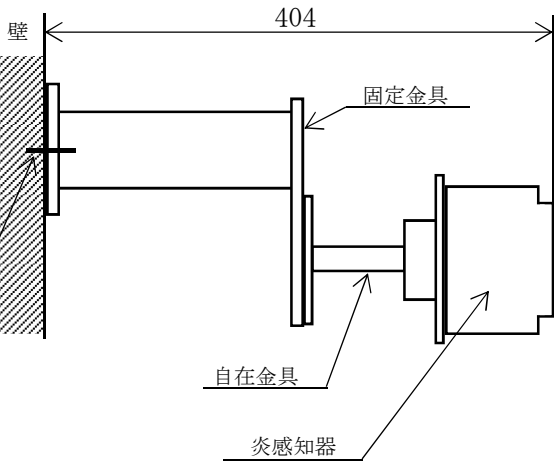
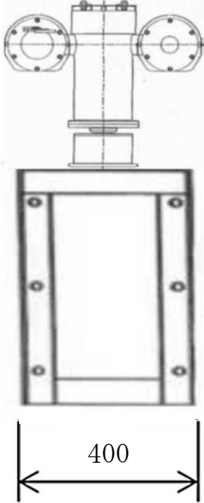
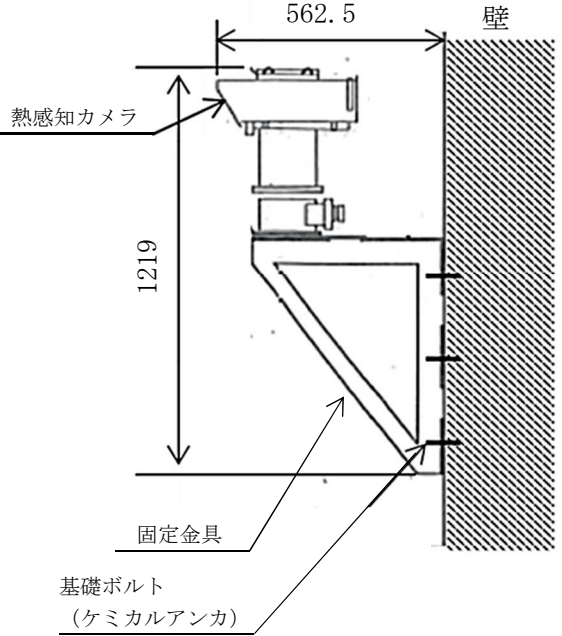
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>炎感知器は、自在金具に取り付け、自在金具を固定した固定金具を基礎ボルトにより基礎部である壁に固定する。</p>	<p>炎感知器 (壁掛形)</p>	<p>【炎感知器】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p>  <p>基礎ボルト (メカニカルアンカ)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  <p>壁</p> <p>固定金具</p> <p>自在金具</p> <p>炎感知器</p> </div> </div> <p>(正面方向) (側面方向)</p> <p>・ 炎感知器 約 1.3 kg</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

表 2-7 熱感知カメラの構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
熱感知カメラは、固定金具を基礎ボルトにより基礎部である屋外の壁に固定する。	熱感知カメラ (壁掛形)	<p>【熱感知カメラ】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p>  <p>400</p> <p>(正面方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  <p>562.5</p> <p>1219</p> <p>壁</p> <p>熱感知カメラ</p> <p>固定金具</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>(側面方向)</p> </div> </div> <p>・ 熱感知器カメラ 40 kg</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。火災感知器の外形図を表 2-1 から表 2-7 の概略構造図に示す。

3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1 から表 3-7 に示す。測定の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-1 熱感知器及び煙感知器の固有周期 (単位: s)

水平	0.033
鉛直	0.032

表 3-2 煙感知器 (防爆型) 及び熱感知器 (防爆型) の固有周期 (単位: s)

水平	0.030 以下
鉛直	0.030 以下

表 3-3 煙感知器 (光電分離型) の固有周期 (単位: s)

水平	0.030 以下
鉛直	0.030 以下

表 3-4 煙吸引式検出設備の固有周期 (単位: s)

水平	0.033
鉛直	0.030 以下

表 3-5 煙吸引式検出設備 (防湿型) の固有周期 (単位: s)

水平	0.030 以下
鉛直	0.030 以下

表 3-6 炎感知器の固有周期 (単位: s)

水平	0.030 以下
鉛直	0.030 以下

表 3-7 熱感知カメラの固有周期 (単位: s)

水平	0.046
鉛直	0.030 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

火災感知器の構造強度評価は、VI-2 別添 1-1 に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

火災感知器の荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 から表 4-7 に示す。

4.2.2 許容応力

火災感知器の許容応力は、VI-2-別添 1-1 に基づき表 4-8 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

火災感知器の使用材料の許容応力評価条件を表 4-9 から表 4-15 に示す。

表 4-1 熱感知器及び煙感知器の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
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	熱感知器 煙感知器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-2 煙感知器（防爆型）及び熱感知器（防爆型）の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
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	煙感知器（防爆型） 熱感知器（防爆型）	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-3 煙感知器（光電分離型）の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
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	煙感知器 （光電分離型）	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-4 煙吸引式検出設備の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
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	煙吸引式検出設備	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-5 煙吸引式検出設備（防湿型）の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
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護設備	煙吸引式検出設備 (防湿型)	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-6 炎感知器の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
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護設備	炎感知器	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-7 熱感知カメラの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
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護設備	熱感知カメラ	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	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 4-8 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
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 4-9 熱感知器及び煙感知器の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-10 煙感知器（防爆型）及び熱感知器（防爆型）の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-11 煙感知器（光電分離型）の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-12 煙吸引式検出設備の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-13 煙吸引式検出設備（防湿型）の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-14 炎感知器の使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

表 4-15 熱感知カメラの使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【火災感知器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. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

火災感知器の電氣的機能維持評価は、VI-2-別添 1-1 に記載の評価方法に基づき行う。

火災感知器の機能確認済加速度は、VI-2-別添 1-1 に基づき、同形式の火災感知器のサインビート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 5-1 から表 5-9 に示す。

表 5-1 熱感知器の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
熱感知器	水平	4
	鉛直	3

表 5-2 煙感知器の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
煙感知器	水平	4
	鉛直	3

表 5-3 煙感知器（防爆型）の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
煙感知器（防爆型）	水平	10.00
	鉛直	5.00

表 5-4 熱感知器（防爆型）の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
熱感知器（防爆型）	水平	10
	鉛直	10

表 5-5 煙感知器（光電分離型）の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
煙感知器（光電分離型）	水平	10.00
	鉛直	5.00

表 5-6 煙吸引式検出設備の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
煙吸引式検出設備	水平	4.00
	鉛直	3.00

表 5-7 煙吸引式検出設備（防湿型）の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
煙吸引式検出設備（防湿型）	水平	5.0
	鉛直	5.0

表 5-8 炎感知器の機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
炎感知器	水平	12.00
	鉛直	6.00

表 5-9 熱感知カメラの機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
熱感知カメラ	水平	12.00
	鉛直	6.00

6. 評価結果

6.1 火災感知器の評価結果

火災感知器の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
熱感知器 煙感知器	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 38. 2 (T. M. S. L. 49. 7*)	0. 033	0. 032	—	—	C _H =2. 31	C _V =1. 24	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} *2 (mm)	l _{2i} *2 (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *2
基礎ボルト (i=1)	6	147*1	50*1	0*1	8 (M8)	50. 27	2	2
			1000*1	1000*1				1

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i=1)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	短辺方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	265.7	—	135.9

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=8$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=2$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

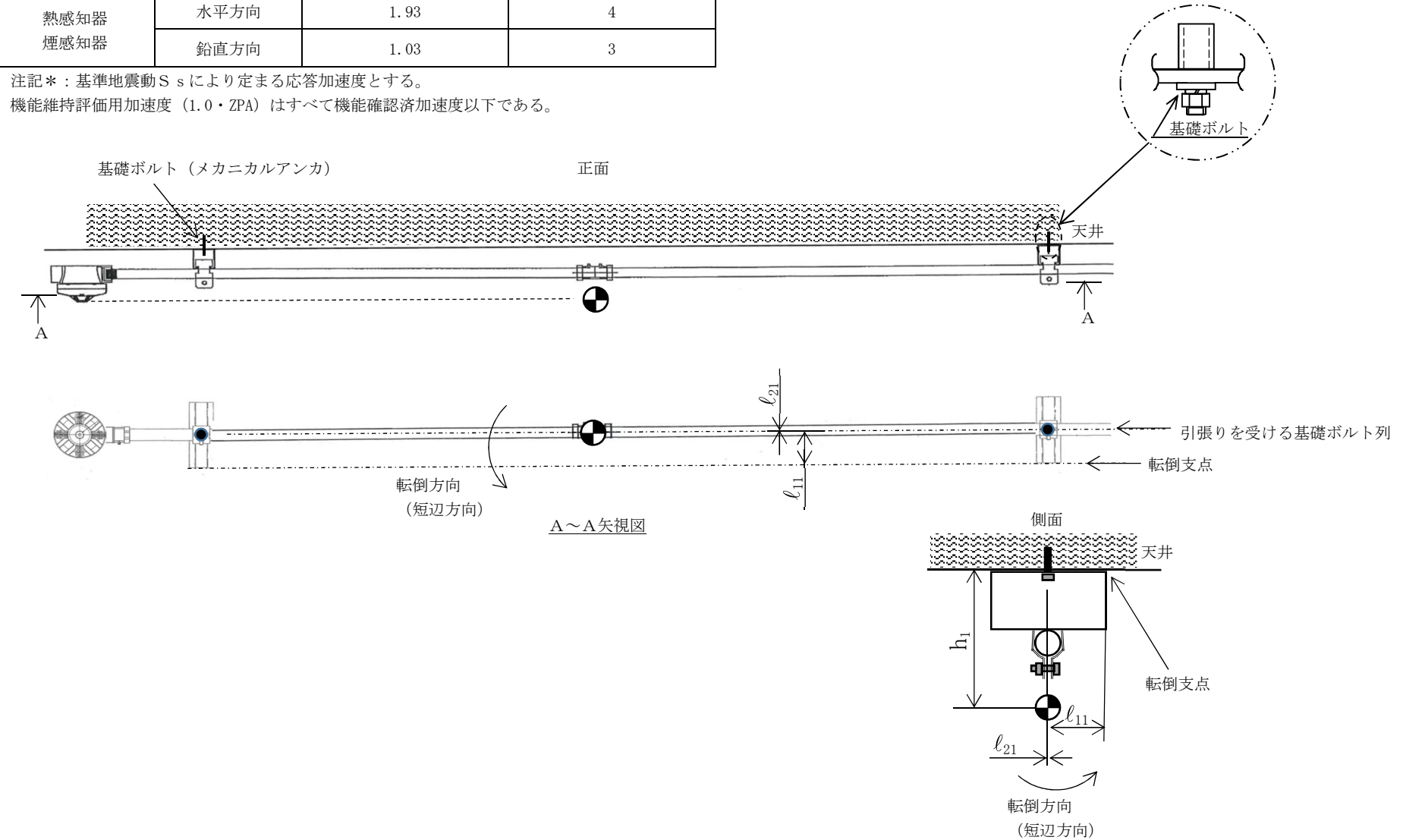
注記*： $f_{t s i}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i}-1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
熱感知器 煙感知器	水平方向	1.93	4
	鉛直方向	1.03	3

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
煙感知器 (防爆型) 熱感知器 (防爆型)	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 31.7 (T. M. S. L. 38.2*)	0.030 以下	0.030 以下	—	—	C _H =2.27	C _V =1.23	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * ² (mm)	l _{2i} * ² (mm)	l _{3i} * ² (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f v i} * ²	n _{f H i} * ²
基礎ボルト (i = 1)	15* ³	602* ¹	179* ¹	190	190	12 (M12)	113.1	4	2	2
			179* ¹	190	190				2	2

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i = 1)	215 (40mm < 径 ≤ 100mm)	400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	258	—	正面方向

注記*1 : 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2 : 機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*3 : 熱感知器 (防爆型) より重い煙感知器 (防爆型) の質量を適用する。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	1.049×10 ³	—	468.1

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=14$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=2$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{t s i}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i}-1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

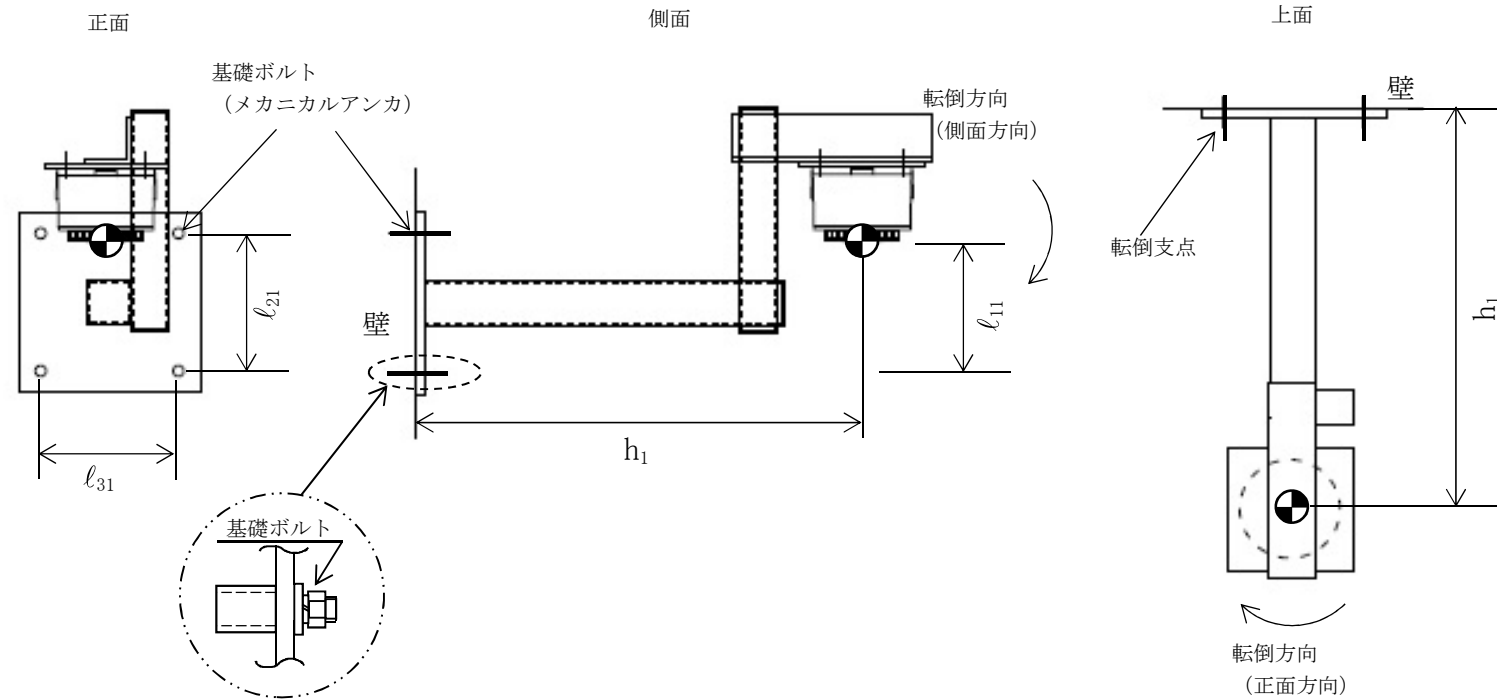
1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
煙感知器 (防爆型)	水平方向	1.35	10.00
	鉛直方向	1.00	5.00
熱感知器 (防爆型)	水平方向	1.35	10
	鉛直方向	1.00	10

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
煙感知器 (光電分離型)	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 38. 2 (T. M. S. L. 49. 7*)	0. 030 以下	0. 030 以下	—	—	C _H =2. 31	C _V =1. 24	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * ² (mm)	l _{2i} * ² (mm)	l _{3i} * ² (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f v i} * ²	n _{f H i} * ²
基礎ボルト (i = 1)	3	151* ¹	50* ¹	50	190	10 (M10)	78. 54	2	2	1
			50* ¹	50	190				2	1

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i = 1)	215 (40mm < 径 ≤ 100mm)	400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	258	—	正面方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	153.5	—	94.67

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=3$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=1$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

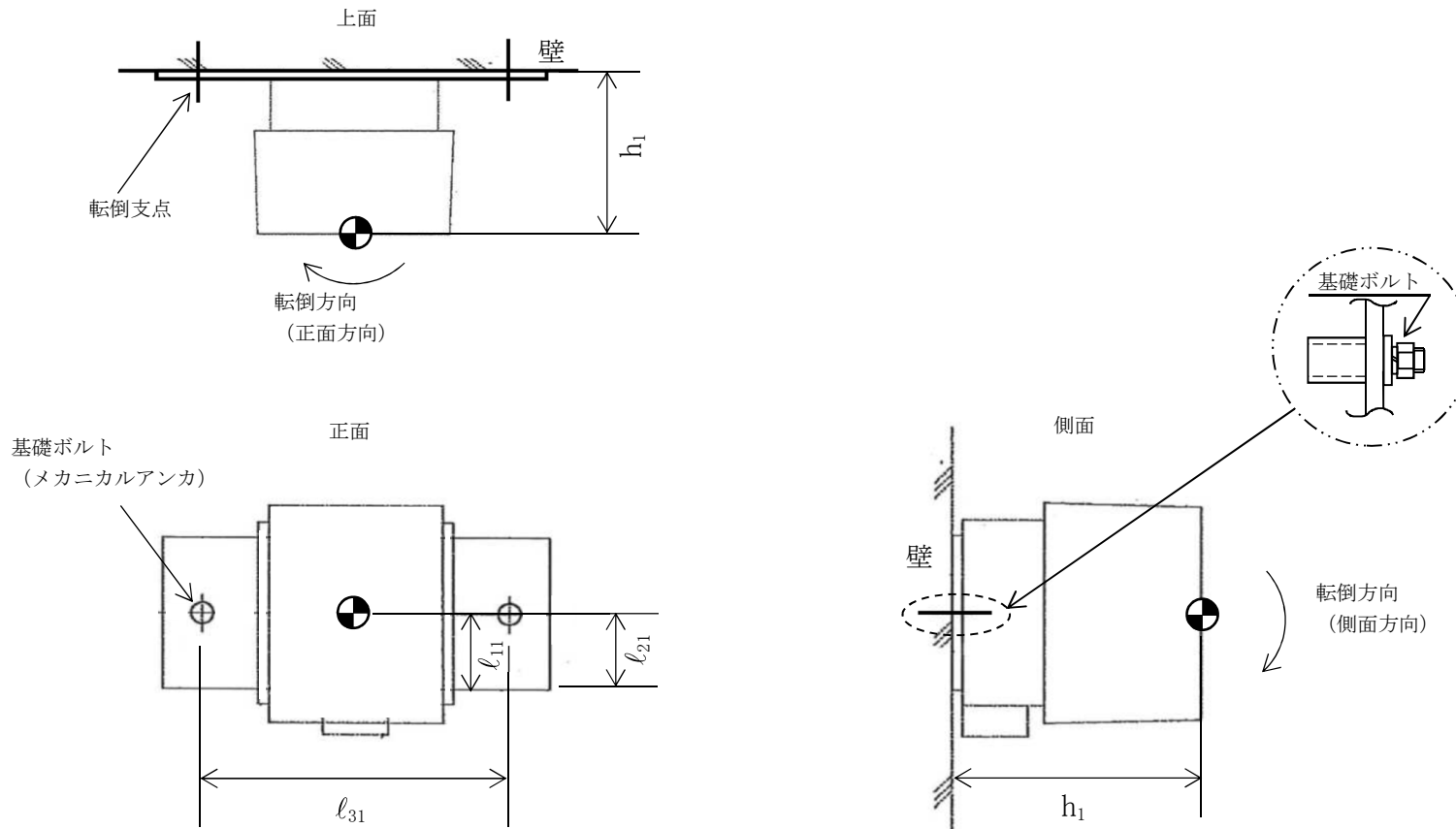
注記*： $f_{t s i} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
煙感知器 (光電分離型)	水平方向	1.93	10.00
	鉛直方向	1.03	5.00

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
煙吸引式検出設備	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 18. 1*	0.033	0.030 以下	—	—	C _H =2.27	C _V =1.23	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *
基礎ボルト (i=1)	320	700	132	148	16 (M16)	201.1	8	2
			334	346				4
取付ボルト (i=2)	299	600	132	148	12 (M12)	113.1	8	2
			334	346				4

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i=1)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	短辺方向

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	9.095×10 ³	—	7.124×10 ³
取付ボルト (i=2)	—	7.310×10 ³	—	6.656×10 ³

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=64$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=7$	$f_{s b i}=118$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=92$	$f_{t s i}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=11$	$f_{s b i}=148$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{t s i}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i}-1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

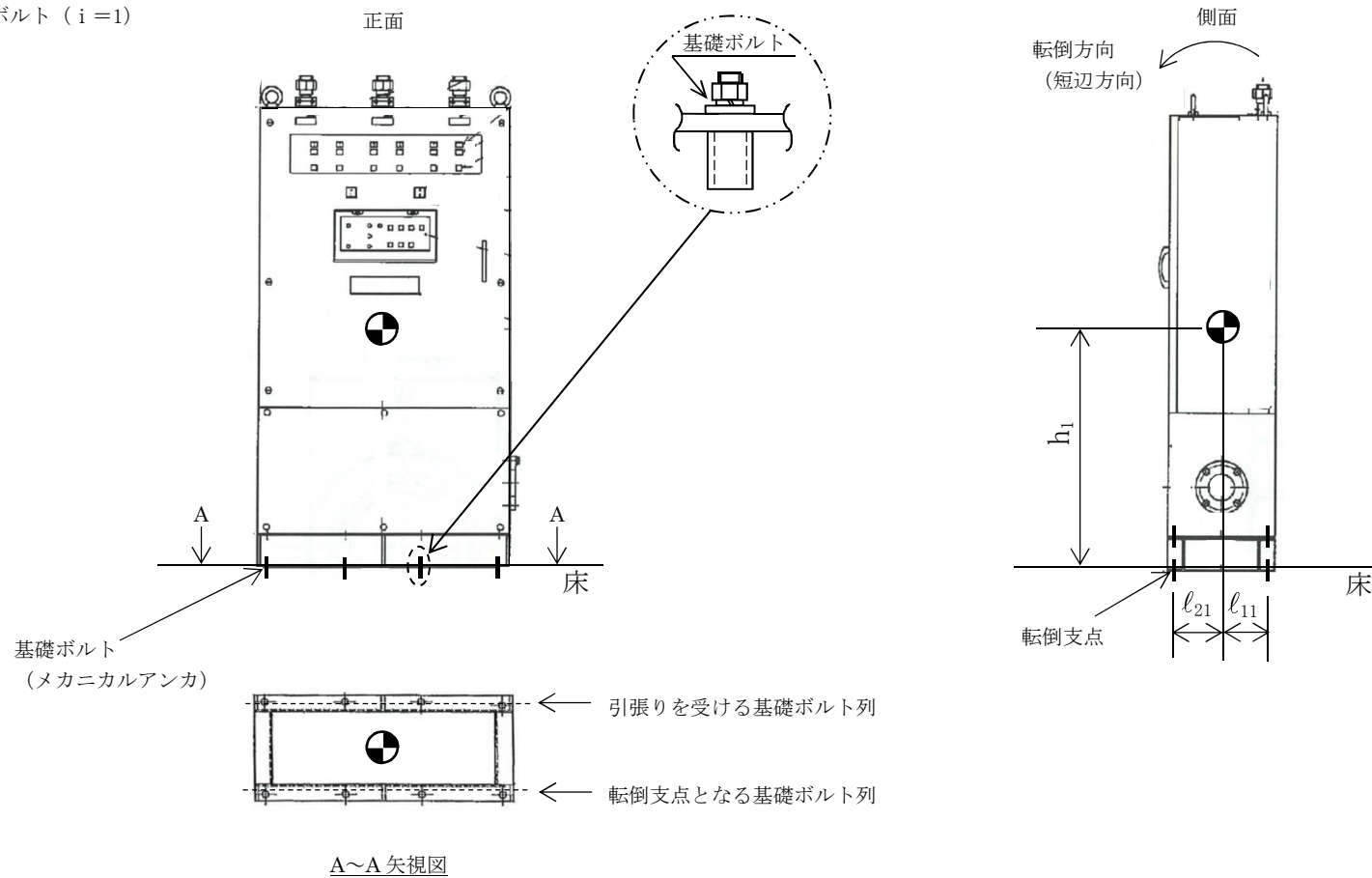
1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

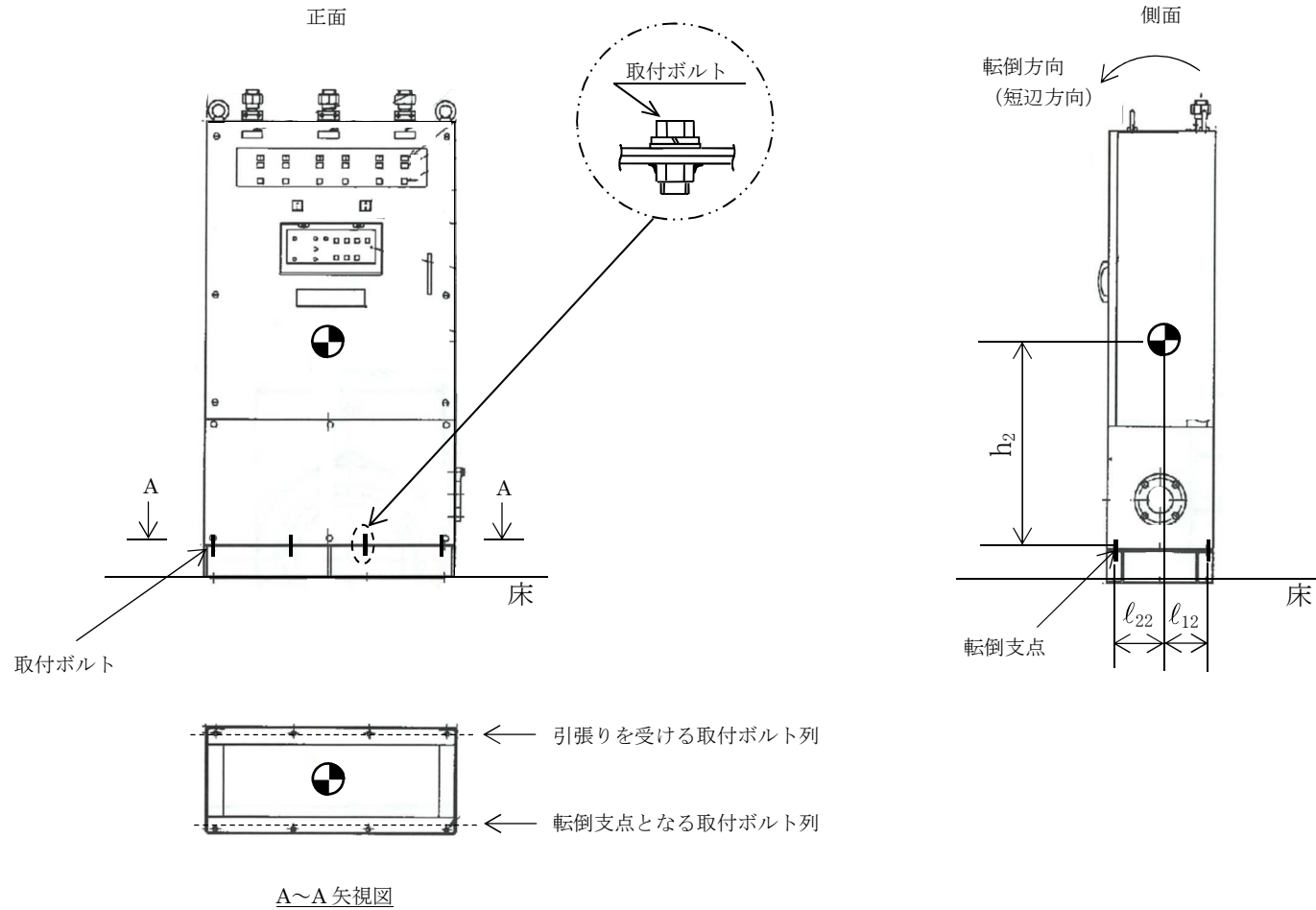
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
煙吸引式検出設備	水平方向	0.94	4.00
	鉛直方向	0.91	3.00

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。

・基礎ボルト ($i=1$)



・取付ボルト ($i = 2$)



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
煙吸引式検出設備 (防湿型)	C	燃料移送系配管ダクト T.M.S.L.9.2 (T.M.S.L.11.25*)	0.030 以下	0.030 以下	—	—	C _H =1.32	C _V =0.95	40

注記*：計算に使用した震度を示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * ² (mm)	l _{2i} * ² (mm)	l _{3i} * ² (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f v i} * ²	n _{f H i} * ²
基礎ボルト (i=1)	3	91* ¹	168* ¹	131	208	8 (M8)	50.27	4	2	2
			168* ¹	131	208				2	2

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i=1)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	側面方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	44.83	—	69.28

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=2$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=1$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

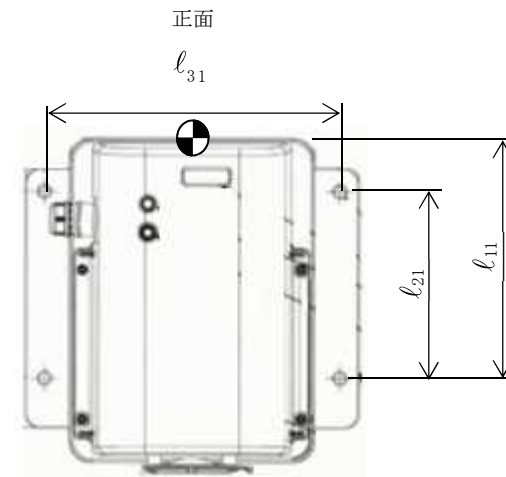
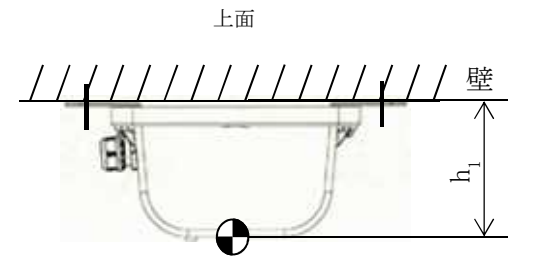
注記*： $f_{t s i} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

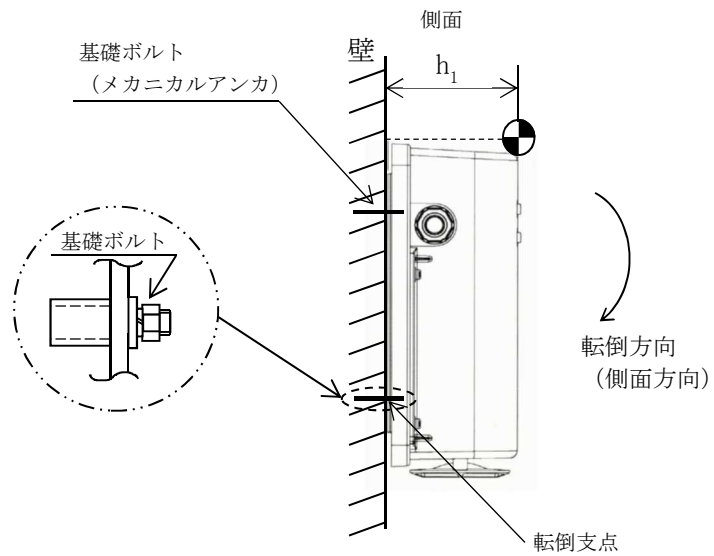
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
煙吸引式検出設備 (防湿型)	水平方向	1.10	5.0
	鉛直方向	0.79	5.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。



33



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
炎感知器	C	6号機フィルターベント 建屋 T. M. S. L. 26. 3*	0.030 以下	0.030 以下	—	—	C _H =2.98	C _V =1.24	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * ² (mm)	l _{2i} * ² (mm)	l _{3i} * ² (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f v i} * ²	n _{f H i} * ²
基礎ボルト (i=1)	9	404* ¹	138* ¹	50	190	12 (M12)	113.1	2	2	1
			138* ¹	50	190				2	1

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i=1)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	正面方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	1.358×10 ³	—	329.0

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=17$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=3$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

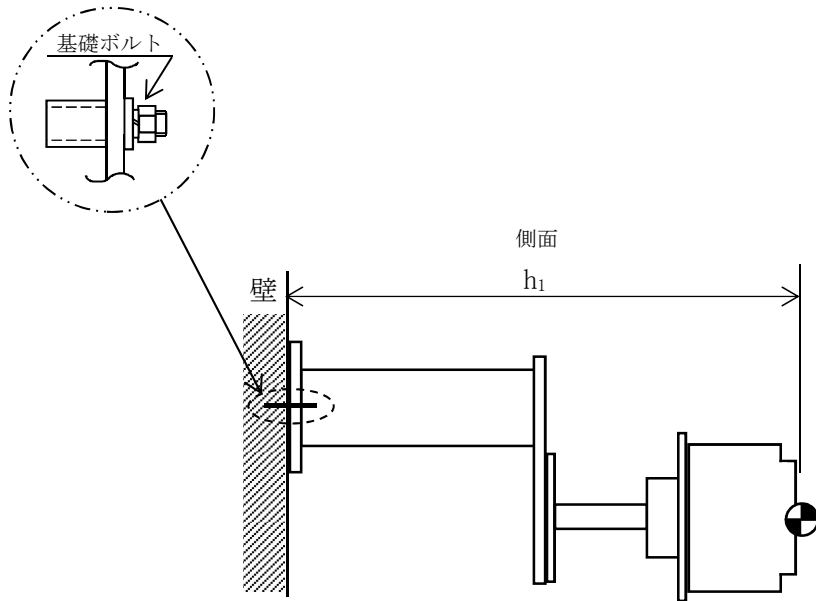
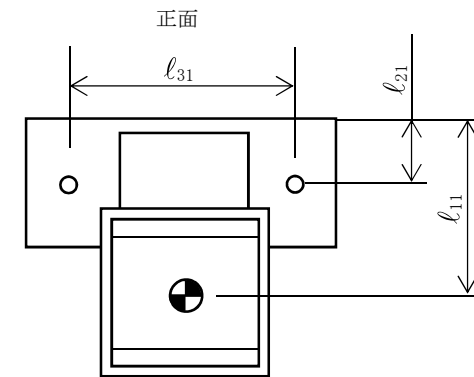
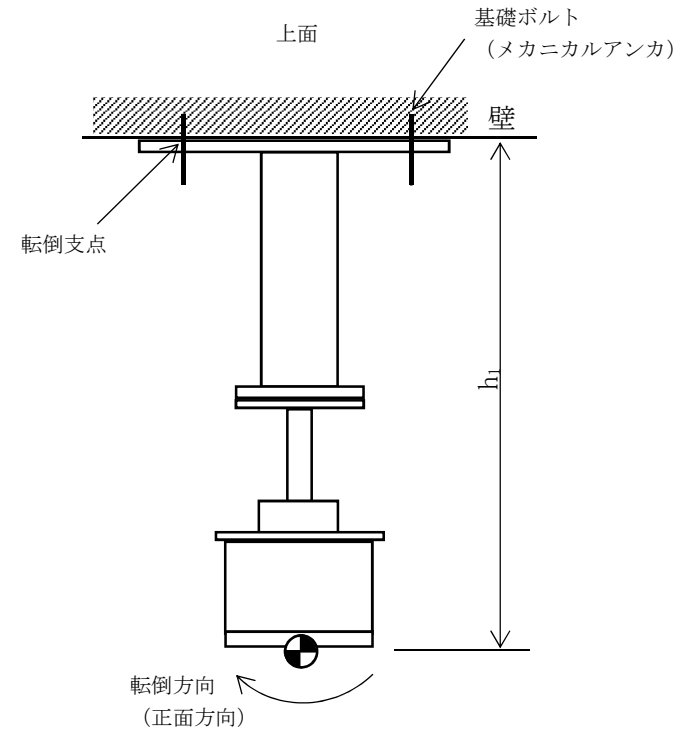
注記*： $f_{t s i}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i}-1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
炎感知器	水平方向	2.48	12.00
	鉛直方向	1.03	6.00

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。



【火災感知器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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
熱感知カメラ	C	原子炉建屋 T. M. S. L. 38. 2 (T. M. S. L. 49. 7*)	0. 046	0. 030 以下	—	—	C _H =3. 61	C _V =2. 30	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * ² (mm)	l _{2i} * ² (mm)	l _{3i} * ² (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f v i} * ²	n _{f H i} * ²
基礎ボルト (i =1)	71	562. 5* ¹	1119* ¹	500	330	16 (M16)	201. 1	6	2	3
			1119* ¹	500	330				2	3

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i =1)	215 (40mm < 径 ≤ 100mm)	400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	258	—	側面方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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 (i=1)	—	4.105×10 ³	—	3.405×10 ³

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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 (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b i}=29$	$f_{t s i}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b i}=4$	$f_{s b i}=118$

すべて許容応力以下である。

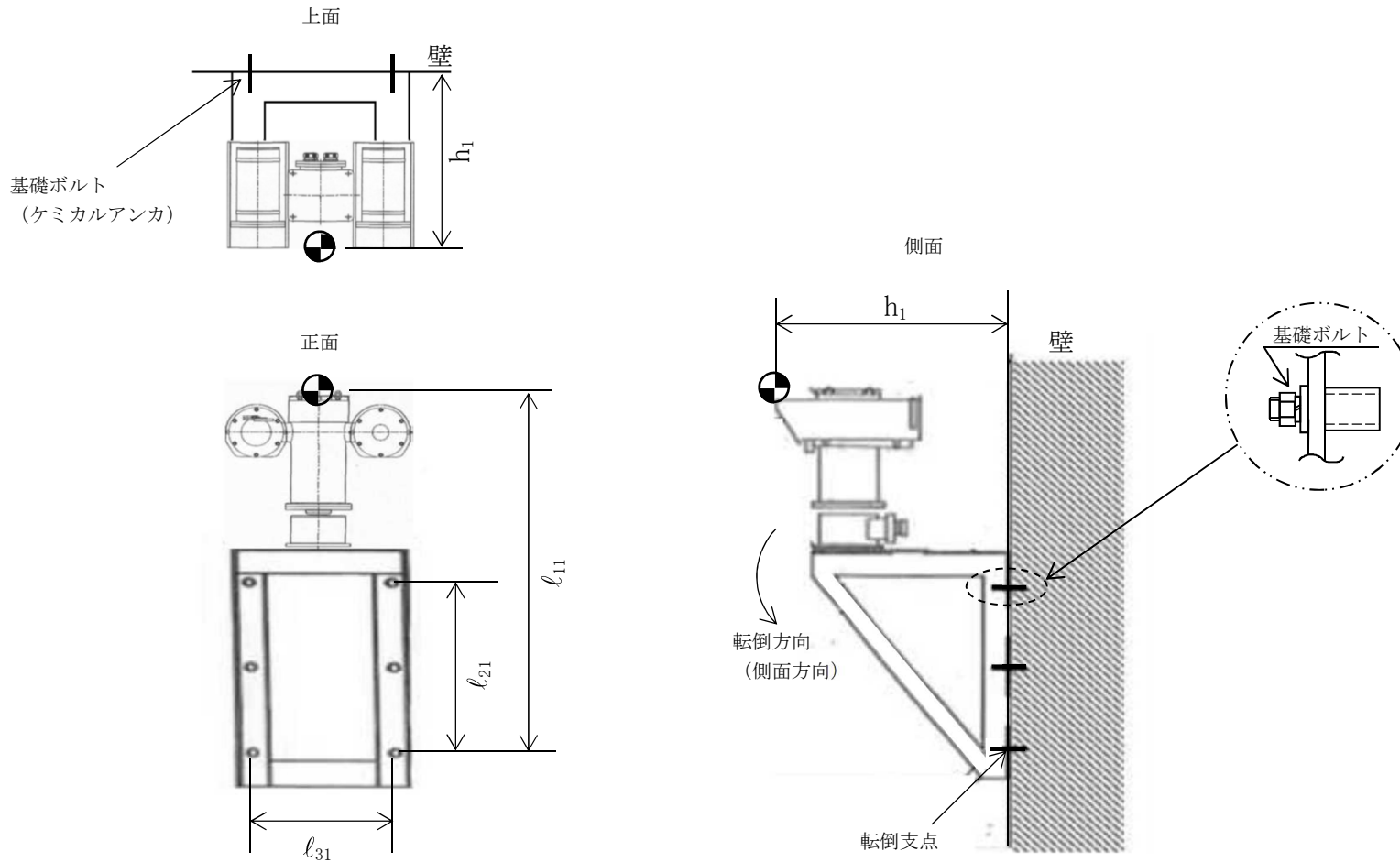
注記*： $f_{t s i}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i}-1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
熱感知カメラ	水平方向	1.93	12.00
	鉛直方向	1.03	6.00

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-別添 1-3 火災受信機盤の耐震計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認方法	3
3.2 固有周期の確認結果	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	5
5. 機能維持評価	5
5.1 電氣的機能維持評価方法	5
6. 評価結果	5
6.1 火災受信機盤の評価結果	5

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「VI-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、火災受信機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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

火災受信機盤の構造計画を表 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	
<p>火災受信機盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは、基礎ボルトにより基礎部である床に固定する。</p>	<p>火災受信機盤 (直立形)</p>	<p>【火災受信機盤】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p> <p>(正面方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p> <p>(側面方向)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計及び分析器）により記録解析する。火災受信機盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-1 固有周期（単位：s）

水平	0.040
鉛直	0.004

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

火災受信機盤の構造強度評価は、VI-2-別添 1-1 に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

火災受信機盤の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

火災受信機盤の許容応力は、VI-2-別添 1-1 に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

火災受信機盤の使用材料の許容応力評価条件を表 4-3 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
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	火災受信機盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

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 4-2 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
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【火災受信機盤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. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

火災受信機盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-別添 1-1 に記載の評価方法に基づき行う。
火災受信機盤の機能確認済加速度は、VI-2-別添 1-1 に基づき、同形式の火災受信機盤のサインビート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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
火災受信機盤	水平	3.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 火災受信機盤の評価結果

火災受信機盤の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【火災受信機盤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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
火災受信機盤	C	コントロール建屋 T. M. S. L. 17.3 (T. M. S. L. 24.1*)	0.040	0.004	—	—	C _H =1.88	C _V =1.15	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f 1} * n _{f 2} *	L ₁ * (mm)	L ₂ * (mm)	
基礎ボルト (i=1)	1858	1735	515.5	654.5	16 (M16)	201.1	24	4	2	1170	1145
			922.5	922.5				2	—	—	—
取付ボルト (i=2)	1350	1085	408	472	16 (M16)	201.1	24	8	—	—	—
			765	765				2	—	—	—

注記*：機器要目における基礎ボルト及び取付ボルトの上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (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 (i=1)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)	—	258	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}	Q_{bi}
	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	8.918×10^3	3.426×10^4
取付ボルト (i=2)	9.322×10^3	2.489×10^4

1.4 結論

1.4.1 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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=63$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=66$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0i} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t0i}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
火災受信機盤	水平方向	1.57	3.00
	鉛直方向	0.96	2.00

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 ($1.0 \cdot ZPA$) はすべて機能確認済加速度以下である。

基礎ボルト ($i = 1$)

取付ボルト ($i = 2$)

