

# 緊急時対策棟の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-2

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 16 - 2 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 16 - 2 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 16 - 2 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 16 - 2 - 4
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 16 - 2 - 8
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 16 - 2 - 11
3. 地震応答解析による評価方法 .....	12 (3) - 16 - 2 - 12
4. 応力解析による評価方法 .....	12 (3) - 16 - 2 - 16
4.1 評価対象部位 .....	12 (3) - 16 - 2 - 17
4.2 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 16 - 2 - 17
4.3 許容限界 .....	12 (3) - 16 - 2 - 29
4.4 評価方法 .....	12 (3) - 16 - 2 - 31
5. 評価結果 .....	12 (3) - 16 - 2 - 42
5.1 地震応答解析による評価結果 .....	12 (3) - 16 - 2 - 42
5.2 応力解析による評価結果 .....	12 (3) - 16 - 2 - 53

## 1. 概 要

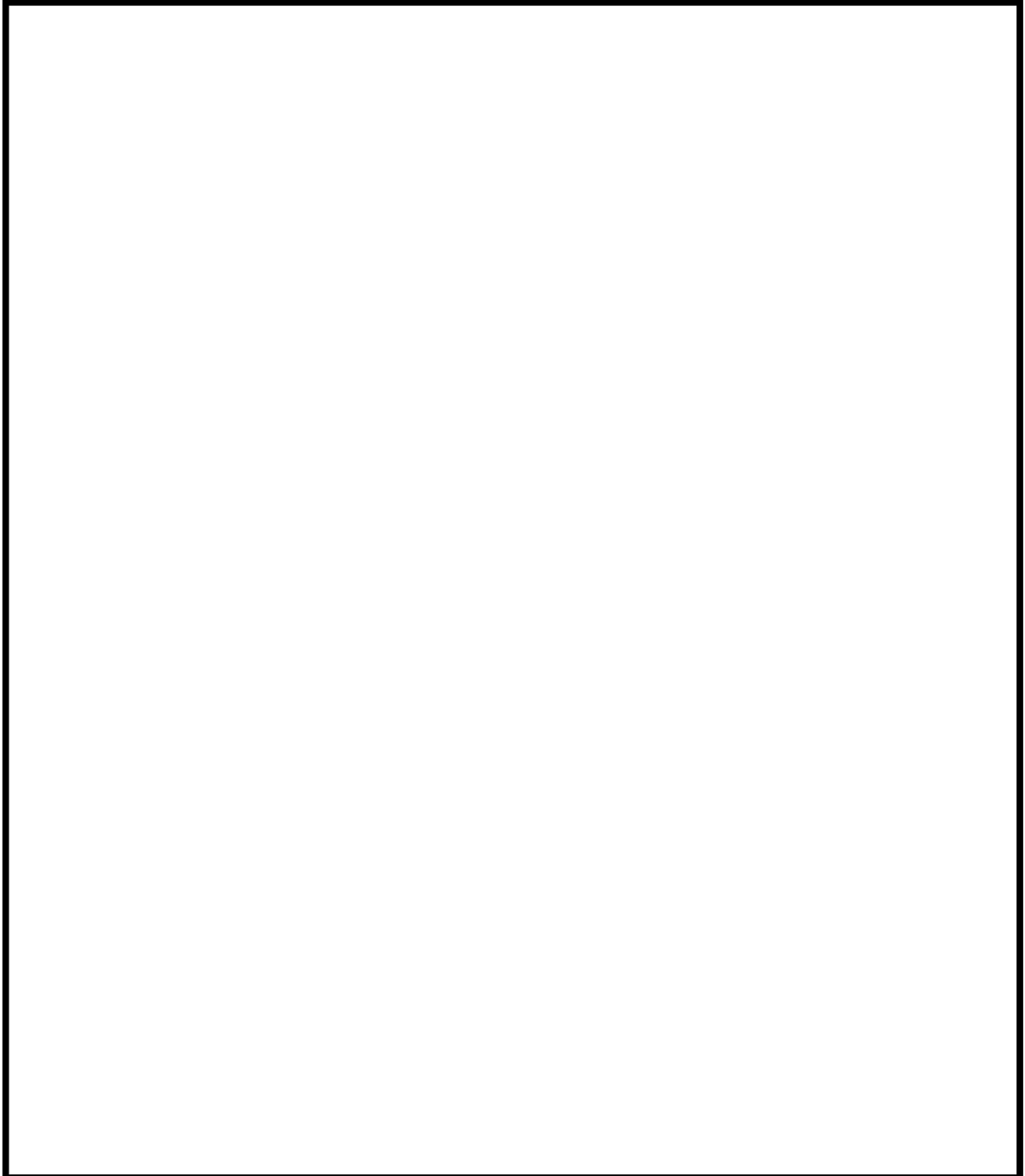
本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟は、設計基準対象施設においては C クラス施設及び C クラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

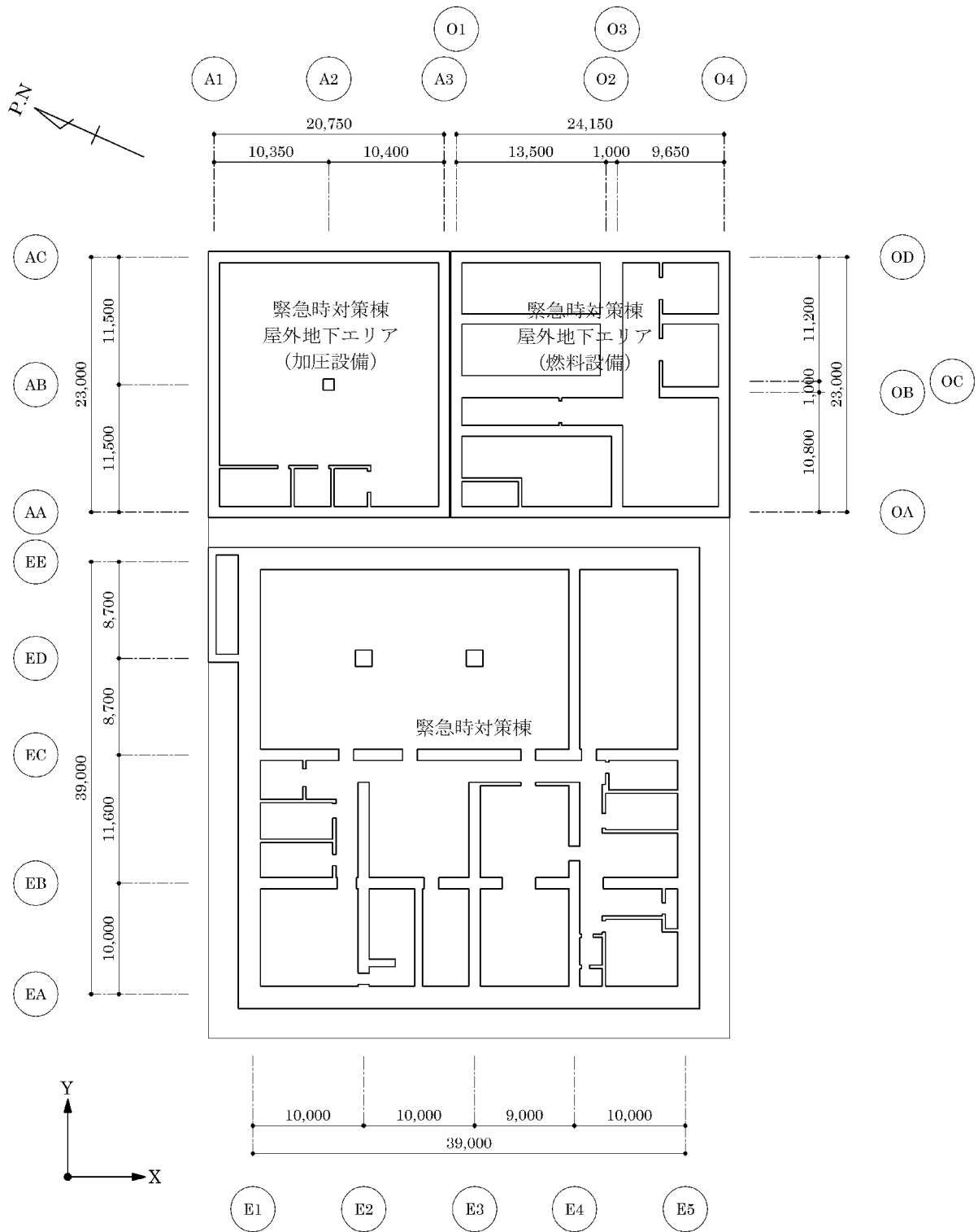
### 2.1 位置

緊急時対策棟の設置位置及び概略配置図を第2-1図及び第2-2図に示す。



第2-1図 緊急時対策棟の設置位置

(mm)



第 2-2 図 緊急時対策棟の概略配置図 (地下 2 階)

## 2.2 構造概要

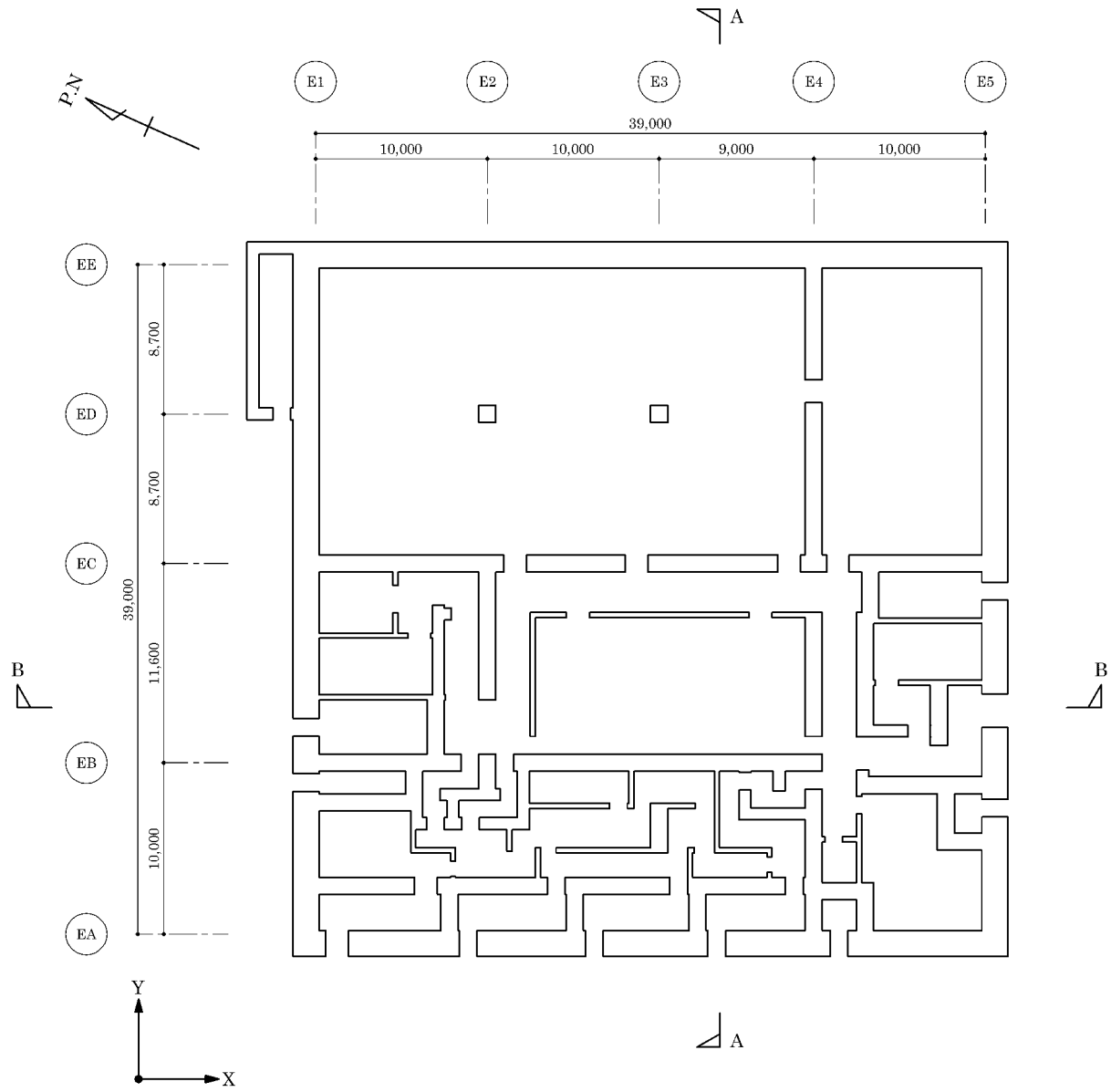
緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）は、第 6 保管エリアに配置されており、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）とともに、同一基礎版上に設置された建物である。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いているため、本耐震計算書においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

主要構造は、地上 2 階、地下 2 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X 方向約 39m、Y 方向約 39m であり、地上高さは約 19m、埋込深さは約 18m である。

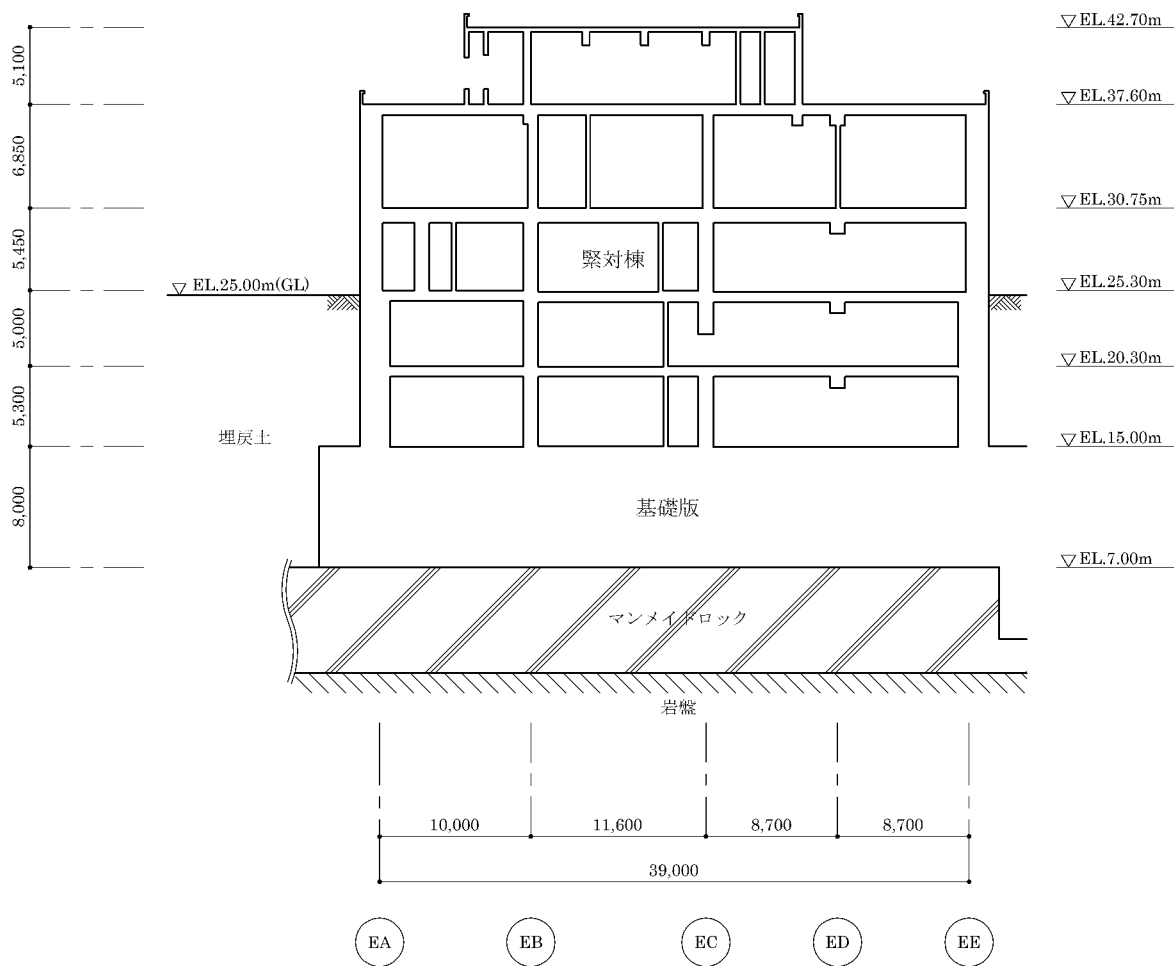
緊対棟の概略平面図及び概略断面図を第 2-3 図及び第 2-4 図に示す。

(mm)



第 2-3 図 緊対棟の概略平面図(EL.25.30m)

(mm)

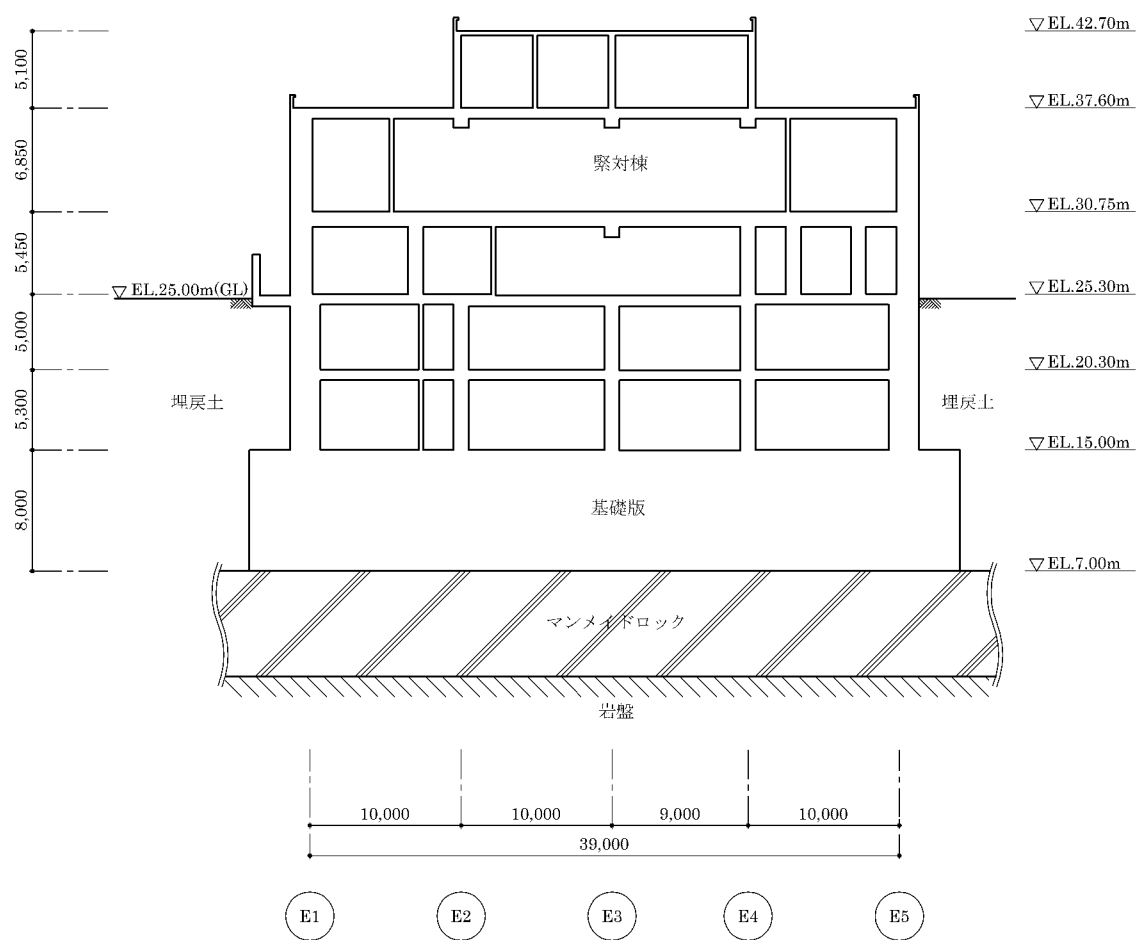


(a) A-A 断面

第 2-4 図 緊対棟の概略断面図(1/2)



(mm)



(b) B-B 断面

第 2-4 図 緊対棟の概略断面図(2/2)

## 2.3 評価方針

緊対棟は、設計基準対象施設においては C クラス施設及び C クラス施設の  
間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備及び  
常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

緊対棟の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16  
-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対  
策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、  
構造物全体としての変形性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析に  
よる評価を行う。また、基礎地盤の支持性能の評価及び基礎版の応力解析によ  
る評価については、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エ  
リア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震  
計算書」に示す。なお、緊対棟は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」と  
いう。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、  
応力解析による評価を行う。

緊対棟の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 12-16-1「緊急時対  
策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エ  
リア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動  $S_s$   
に対し、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維持す  
ることを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を  
確保することを確認する。

緊対棟の応力解析による評価は、壁、床及び屋根を評価対象部位とする。

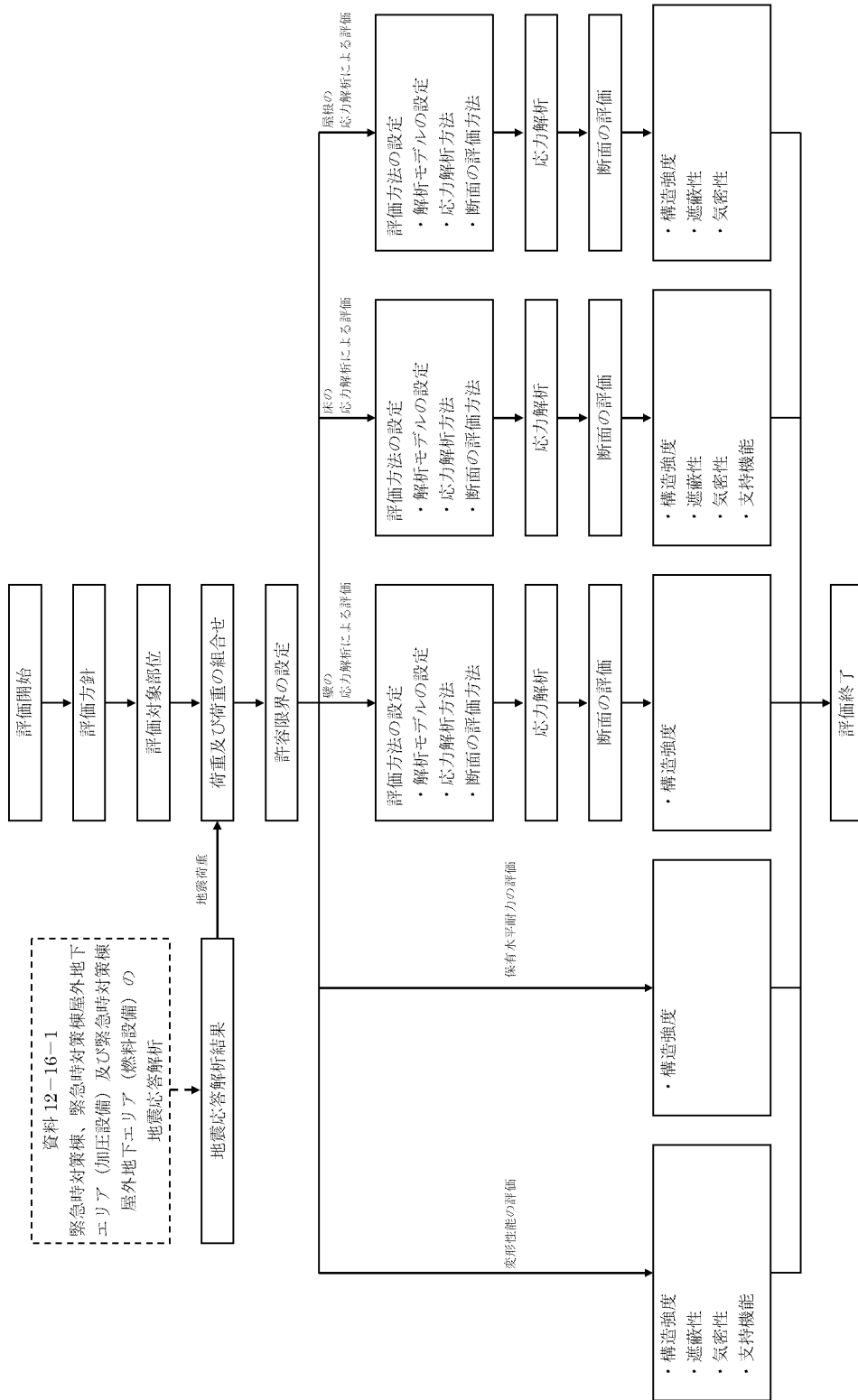
壁の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震  
動  $S_s$  による地震力が作用する状態（以下「 $S_s$  地震時」という。）及び常時  
に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構  
造強度を確保することを確認する。

床の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 $S_s$  地震  
時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評  
価により、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維  
持することを確認する。

屋根の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 $S_s$  地震  
時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評  
価により、構造強度を確保すること並びに遮蔽性及び気密性を維持すること  
を確認する。

また、応力解析による評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての緊急棟の評価フローを第 2-5 図に示す。



第 2-5 図 緊急棟の評価フロー

## 2.4 適用規格

緊対棟の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)

### 3. 地震応答解析による評価方法

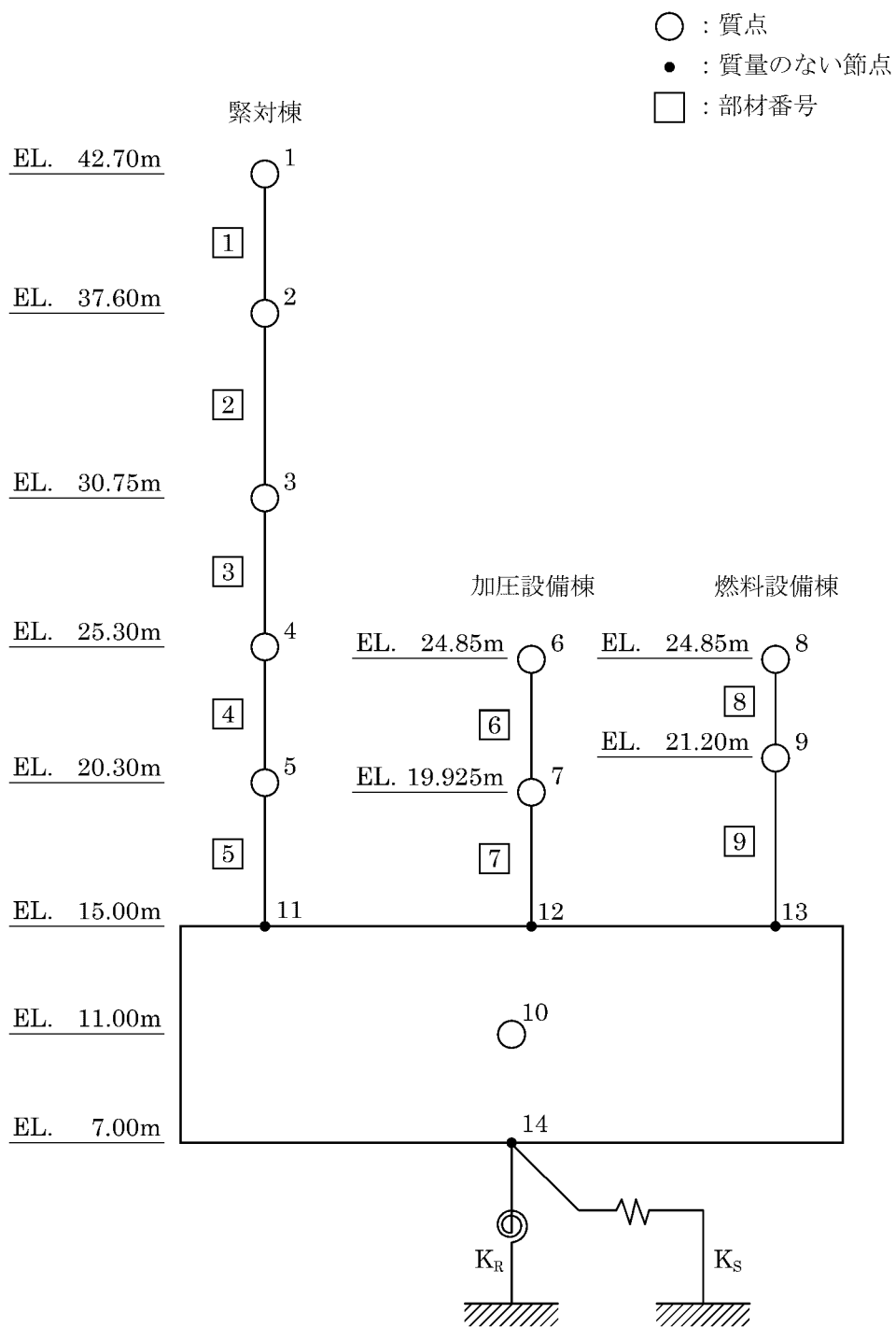
緊対棟の構造物全体としての変形性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

構造強度を確保することの確認は、基準地震動  $S_s$  に対して、最大せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないこと並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することの確認は、基準地震動  $S_s$  に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

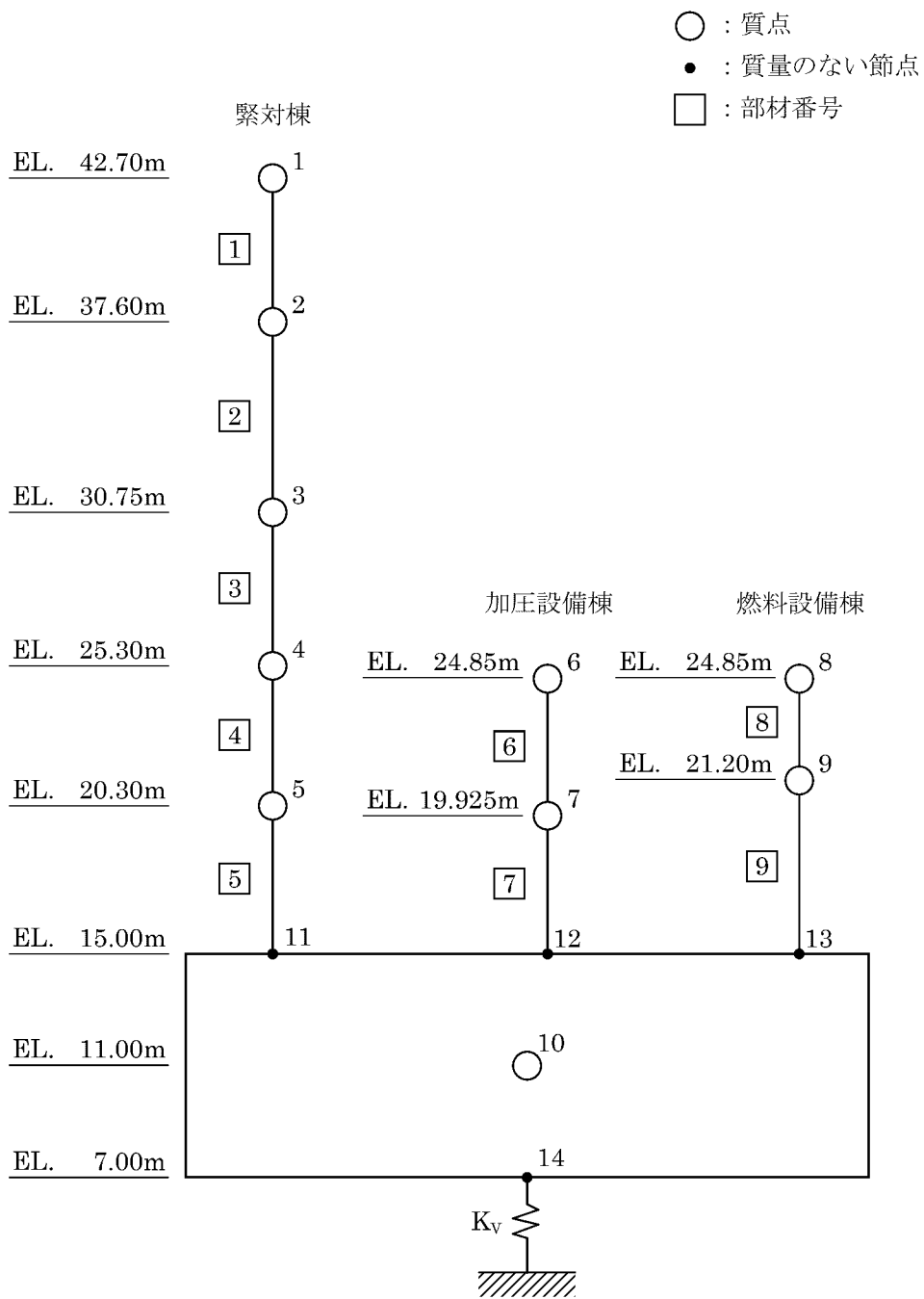
ここで、各層の保有水平耐力は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」におけるせん断スケルトンカーブの終局点のせん断応力度 $\tau_3$ の値にせん断断面積を乗じた値とする。

最大接地圧が許容限界を超えないことの確認は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。

緊対棟の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)



第3-1表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 $S_s$	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)
		基準地震動 $S_s$	基礎地盤 (注3)	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容支持力度 $9.13\text{N/mm}^2$ (注1)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 $4.56\text{N/mm}^2$
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	基準地震動 $S_s$	耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)
気密性	建屋内への放射性物質の進入を防止するために気密性を維持すること	基準地震動 $S_s$	耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注2)(注4)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 $S_s$	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)(注2)

(注1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動  $S_s$  による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

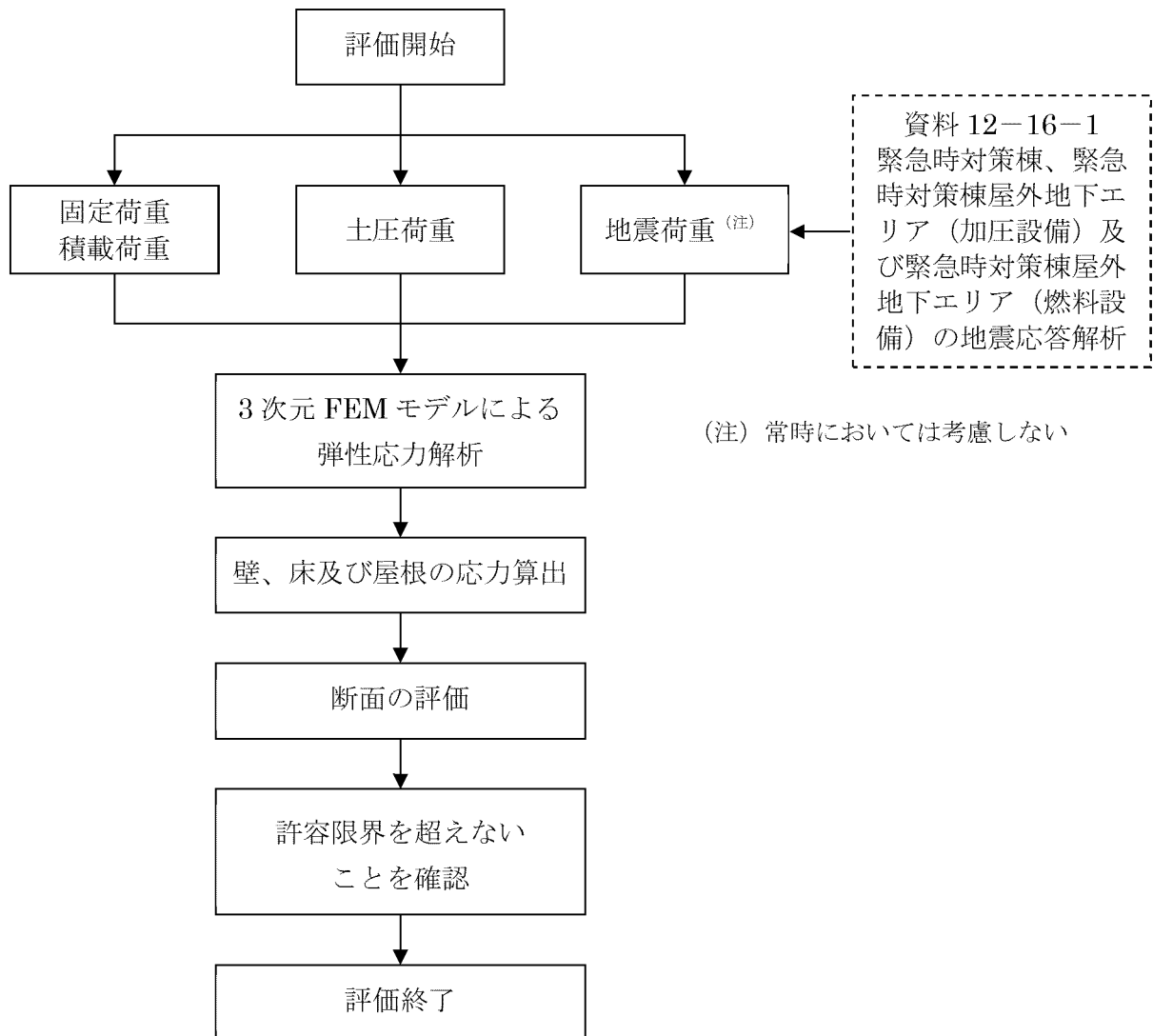
(注2) 耐震壁のせん断ひずみが、せん断スケルトンカーブにおける第1折点のせん断ひずみ以下であることを「弾性範囲」とする。

(注3) 基礎地盤の支持性能の評価は、資料12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア(加圧設備)及び緊急時対策棟屋外地下エリア(燃料設備)の基礎の耐震計算書」に示す。

(注4) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、基準地震動  $S_s$  に対して、最大せん断ひずみが弾性範囲であることを確認することで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

#### 4. 応力解析による評価方法

緊急時対策棟の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（壁、床及び屋根）

#### 4.1 評価対象部位

緊対棟の応力解析による評価における評価対象部位は、壁、床及び屋根とする。

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

##### 4.2.1 荷 重

###### (1) 固定荷重 D 及び積載荷重 L

固定荷重は、壁、床、屋根及び基礎版の躯体重量及び仕上げ重量を考慮する。固定荷重を第 4-1 表に示す。

積載荷重は、床、屋根及び基礎版の単位面積当たりの積載荷重に加えて、機器荷重及び配管荷重を考慮する。積載荷重を第 4-2 表に示す。

第 4-1 表 固定荷重

部位	荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	備考
壁、床、屋根、 基礎版	24.0 <sup>(注)</sup> t+W	t : コンクリートの厚さ(m) W : 仕上げ重量(kN/m <sup>2</sup> )

(注) 鉄筋コンクリートの単位体積重量

第 4-2 表 積載荷重

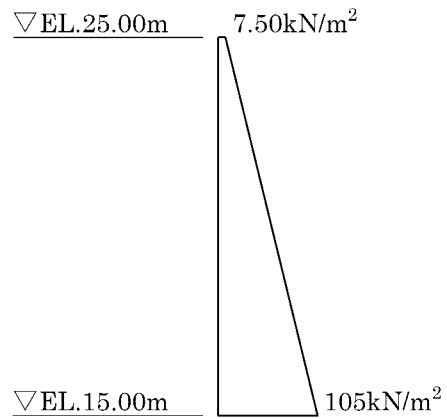
(単位 : kN/m<sup>2</sup>)

部位		荷重
屋根	緊対棟	0.7+機器荷重+配管荷重
	加圧設備棟、燃料設備棟	15.0 <sup>(注)</sup> +機器荷重+配管荷重
床、基礎版		0.5+機器荷重+配管荷重

(注) 地表面上載荷重を含む

(2) 常時土圧荷重  $E_0$

常時土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき算出する。常時土圧による荷重分布を第4-2図に示す。



第4-2図 常時土圧による荷重分布

(3) 地震荷重 Kd、Ks、Es

地震荷重として、静的地震力、Ss 地震荷重及び地震時増分土圧荷重を考慮する。

a. 静的地震力 Kd

水平地震力は、地震層せん断力係数  $3.0 C_1$  より算出される静的地震力より設定する。

鉛直地震力は、震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮した高さ方向に一定の鉛直震度より算出する。

静的地震力によるせん断力及び軸力を第 4-3 表に示す。

第 4-3 表 静的地震力

(単位： $\times 10^3 \text{kN}$ )

部位	部材番号	せん断力		軸力
		X 方向	Y 方向	鉛直方向
緊対棟	①	14.6	14.5	3.86
	②	72.9	73.3	23.8
	③	127	128	48.3
	④	162	162	70.6
	⑤	185	185	92.4
加圧設備棟	⑥	15.8	15.2	6.65
	⑦	24.1	24.1	12.1
燃料設備棟	⑧	17.1	17.8	7.90
	⑨	31.3	31.3	15.6

b. Ss 地震荷重 Ks

Ss 地震荷重は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 Ss に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-4 表に示す。

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 Ss-1～Ss-5 により算出される動的地震力を包絡して設定する。Ss 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力及び最大応答軸力を第 4-5 表及び第 4-6 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

- ①  $1.0 \times \text{水平地震力} + 0.4 \times \text{鉛直地震力}$
- ②  $0.4 \times \text{水平地震力} + 1.0 \times \text{鉛直地震力}$

ここで、静的地震力が Ss 地震荷重に包絡されるため、Ss 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。静的地震力と Ss 地震荷重との比較を第 4-7 表及び第 4-8 表に示す。

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL. - 215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 <sup>4</sup>	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL. - 215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 <sup>4</sup>	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 <sup>3</sup>	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 <sup>4</sup>	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 <sup>3</sup>	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 <sup>3</sup>	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 <sup>4</sup>	



第 4-5 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(1/2) (注)

(単位：×10<sup>5</sup>kN)

部位	部材 番号	X 方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2X	Ss-3X	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.433	0.0892	0.155	0.155	0.185	0.228	0.447
	②	1.95	0.487	0.855	0.921	0.904	1.09	2.01
	③	3.20	0.902	1.56	1.79	1.54	1.87	3.30
	④	3.86	1.19	2.06	2.51	1.99	2.32	3.98
	⑤	4.17	1.40	2.43	3.12	2.47	2.57	4.30
加圧 設備棟	⑥	0.295	0.0925	0.162	0.208	0.245	0.292	0.305
	⑦	0.463	0.150	0.268	0.356	0.404	0.450	0.477
燃料 設備棟	⑧	0.244	0.0865	0.147	0.226	0.207	0.257	0.265
	⑨	0.457	0.165	0.283	0.433	0.400	0.466	0.481

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4-5 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(2/2) (注)

(単位：×10<sup>5</sup>kN)

部位	部材 番号	Y 方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2Y	Ss-3Y	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.395	0.135	0.255	0.157	0.203	0.230	0.408
	②	1.93	0.721	1.41	0.912	1.02	1.13	1.99
	③	3.17	1.29	2.60	1.77	1.75	1.93	3.27
	④	3.84	1.68	3.45	2.45	2.18	2.36	3.96
	⑤	4.20	1.97	4.10	3.04	2.45	2.58	4.35
加圧 設備棟	⑥	0.234	0.117	0.185	0.190	0.200	0.245	0.253
	⑦	0.384	0.199	0.316	0.329	0.341	0.381	0.409
燃料 設備棟	⑧	0.278	0.134	0.211	0.233	0.235	0.308	0.318
	⑨	0.505	0.251	0.400	0.441	0.444	0.530	0.547

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第4-6表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力<sup>(注)</sup>

(単位：×10<sup>5</sup>kN)

部位	部材 番号	鉛直方向					設計用 地震力
		Ss-1v	Ss-2UD	Ss-3UD	Ss-4v	Ss-5UD	
緊対棟	①	0.0777	0.0374	0.0714	0.0719	0.131	0.135
	②	0.463	0.222	0.432	0.424	0.759	0.783
	③	0.920	0.443	0.860	0.834	1.48	1.53
	④	1.31	0.635	1.23	1.18	2.06	2.13
	⑤	1.68	0.812	1.57	1.48	2.55	2.63
加圧 設備棟	⑥	0.105	0.0533	0.104	0.0903	0.145	0.150
	⑦	0.186	0.0959	0.189	0.161	0.255	0.263
燃料 設備棟	⑧	0.123	0.0623	0.123	0.104	0.154	0.160
	⑨	0.241	0.123	0.244	0.205	0.303	0.313

(注) Ss-1~Ss-5の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4-7 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (せん断力)

(単位 :  $\times 10^3 \text{kN}$ )

部位	部材 番号	方向	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	1	X	14.6	44.7
		Y	14.5	40.8
	2	X	72.9	201
		Y	73.3	199
	3	X	127	330
		Y	128	327
	4	X	162	398
		Y	162	396
	5	X	185	430
		Y	185	435
加圧設備棟	6	X	15.8	30.5
		Y	15.2	25.3
	7	X	24.1	47.7
		Y	24.1	40.9
燃料設備棟	8	X	17.1	26.5
		Y	17.8	31.8
	9	X	31.3	48.1
		Y	31.3	54.7

第 4-8 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (軸力)

(単位 :  $\times 10^3 \text{kN}$ )

部位	部材 番号	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	①	3.86	13.5
	②	23.8	78.3
	③	48.3	153
	④	70.6	213
	⑤	92.4	263
加圧設備棟	⑥	6.65	15.0
	⑦	12.1	26.3
燃料設備棟	⑧	7.90	16.0
	⑨	15.6	31.3

c. 地震時増分土圧荷重  $E_s$

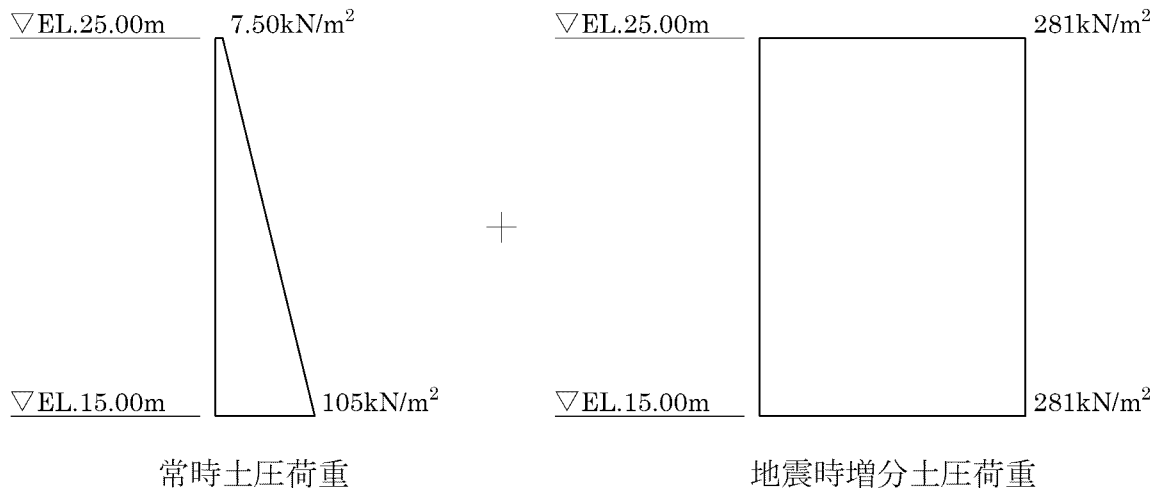
地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版により算出する。  
 $S_s$  地震時の設計用増分土圧荷重を第 4-9 表、地震時土圧による荷重分布を第 4-3 図に示す。

ここで、第 4-7 表及び第 4-8 表に示すとおり、静的地震力が  $S_s$  地震荷重に包絡されるため、 $S_s$  地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力によって部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。

第 4-9 表  $S_s$  地震時の設計用増分土圧荷重

(単位 :  $\text{kN/m}^2$ )

高さ (m)	$S_s$ 地震時増分土圧荷重
EL.25.00~ EL.15.00	281



第 4-3 図 地震時土圧による荷重分布

#### 4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。  
荷重の組合せを第 4-10 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-10 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	$D+L+E_0+K_s+E_s$
常時	$D+L+E_0$

D : 固定荷重

L : 積載荷重

$E_0$  : 常時土圧荷重

$K_s$  : Ss 地震荷重

$E_s$  : 地震時増分土圧荷重

### 4.3 許容限界

緊対棟の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-11 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-12 表及び第 4-13 表に示す。

第 4-11 表 応力解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 床 屋根	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>
気密性	建屋内への放射性物質の侵入を防止するために気密性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注2)</sup>
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	床	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 <sup>(注1)</sup>

(注 1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注 2) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、Ss 地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、許容限界を短期許容応力度に基づく許容値とすることで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

第4-12表 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

部位	設計基準強度 Fc	長期		短期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
EL.15.00m より上部	30.0	10.0	0.790	20.0	1.18

第4-13表 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD345	215(195) <sup>(注)</sup>	195	345	345

(注) D29以上の太さの鉄筋に対しては( )内の数値とする。



## 4.4 評価方法

### 4.4.1 解析モデル

#### (1) モデル化の基本方針

##### a. 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### b. 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、柱及びはりをはり要素、壁、床及び屋根並びに基礎版の一部をシェル要素、基礎版をソリッド要素でモデル化する。メッシュの分割は、1m～2m 幅を基本とする。解析モデルを第 4-4 図に示す。解析モデルの節点数は 25,856、要素数は 34,634 である。

#### (2) 境界条件

JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により評価した地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。また、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについて、基礎浮上りによって基礎と地盤の界面に引張力が作用する部分は、応力を伝達しないものとする。

##### a. 水平方向の地盤ばね

Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。また、常時に対しては、振動アドミッタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した水平ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kh_i = \frac{A_i}{\Sigma A_i} K_h$$

ここで、

$kh_i$  : 各節点位置の水平ばね

$A_i$  : 各節点の支配面積

$\Sigma A_i$  : 基礎版の面積

$K_h$  : 水平ばね<sup>(注)</sup>

(注) Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねとする。常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した水平ばねとする。

b. 鉛直方向の地盤ばね

Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルによる回転ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。また、常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した鉛直ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kv_i = kv \cdot A_i$$

$$kv = \frac{K_R}{I} \quad (\text{注1})$$

$$kv = \frac{K_V}{\Sigma A_i} \quad (\text{注2})$$

ここで、

$kv_i$  : 各節点位置の鉛直ばね

$kv$  : 地盤反力係数

$A_i$  : 各節点の支配面積

$K_R$  : 資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリ

ア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデル  
の回転ばね

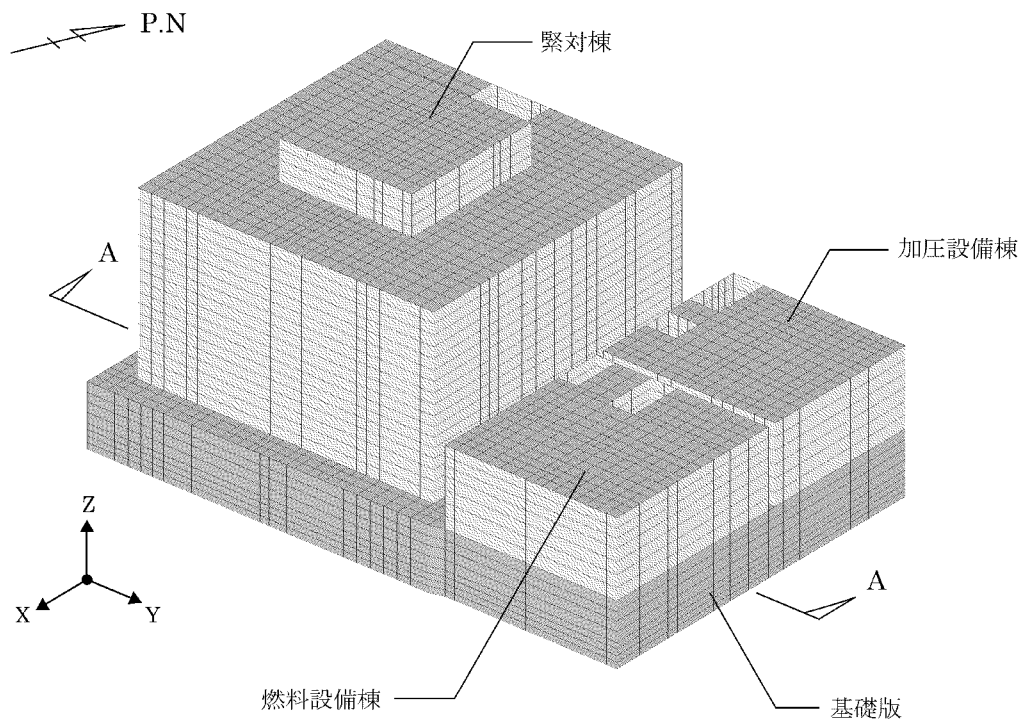
$K_v$  : 振動アドミッタンス理論により、静的変形特性を用い  
て評価した鉛直ばね

$I$  : 基礎版の断面二次モーメント

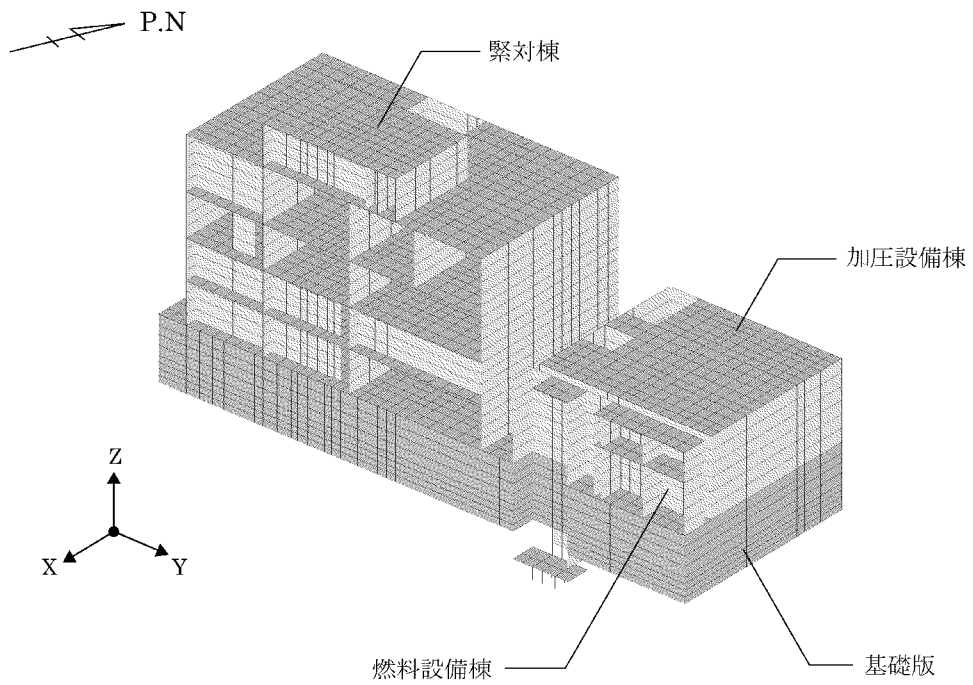
$\Sigma A_i$  : 基礎版の面積

(注1) Ss 地震時の場合

(注2) 常時の場合



(a) 全体



(b) A-A 断面

第 4-4 図 解析モデル (鳥瞰図)

#### 4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-14 表及び第 4-15 表に示す。

第 4-14 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27×10 <sup>4</sup>	0.2
基礎版		24.0	2.27×10 <sup>4</sup>	0.2

第 4-15 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	345	2.05×10 <sup>5</sup>

#### 4.4.3 応力解析方法

緊対棟の壁、床及び屋根は、Ss 地震時及び常時に対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

##### (1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E<sub>0</sub> : 常時土圧荷重

K<sub>SX</sub> : Ss 地震荷重 (X 方向)

K<sub>SY</sub> : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K<sub>SUD</sub> : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E<sub>SX</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E<sub>SY</sub> : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

##### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第4-16表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第4-16表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	3	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	4	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	5	$D+L+E_0+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	6	$D+L+E_0+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	8	$D+L+E_0-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	9	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	10	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	11	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	12	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	13	$D+L+E_0+0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	14	$D+L+E_0+0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	15	$D+L+E_0-0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	16	$D+L+E_0-0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
常時	17	$D+L+E_0$

(3) 荷重の入力方法

a. 固定荷重及び積載荷重

固定荷重は、3次元 FEM モデルの各要素に、材料の単位体積重量に基づく重量を与える。また、仕上げ重量等の固定荷重及び積載荷重は、各層の壁及び床に対する分布荷重として入力する。

b. 地震荷重

(a) 水平方向

水平地震力は、第 4-5 表に示す最大応答せん断力に基づき設定した水平力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

(b) 鉛直方向

鉛直地震力は、第 4-6 表に示す最大応答軸力に基づき設定した鉛直力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

c. 土圧荷重

土圧荷重は、第 4-2 図及び第 4-3 図に示す土圧荷重分布をもとに、壁に対して分布荷重として入力する。



#### 4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。また、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### (1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁、床及び屋根の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 $a_t$ を算出する。

また、壁は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 $p_s$ から必要鉄筋量 $a_s$ を算出する。床及び屋根は、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 $p_s$ から必要鉄筋量 $a_s$ を算出する。必要せん断補強筋比 $p_s$ は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_{st}}$$

ここで、

- $p_s$  : 必要せん断補強筋比
- $f_{st}$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau$  : せん断応力度(=Q/A)(N/mm<sup>2</sup>)
  - Q : 設計用水平せん断力(N)
  - A : 断面積(mm<sup>2</sup>)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 $a_g$ が、設計配筋量 $a_g'$ を超えないことを確認する。壁は、縦筋方向及び横筋方向各々について、床及び屋根は、X方向及びY方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 $\tau$ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 $\tau$ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 $\tau_A$ は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

$\tau_A$  : 許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$Q_A$  : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j) (mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 割増係数であり、次式により計算した値

( $1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

$f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離( $=\frac{7}{8}d$ ) (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 $Q_A$ は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$  : せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比

## 5. 評価結果

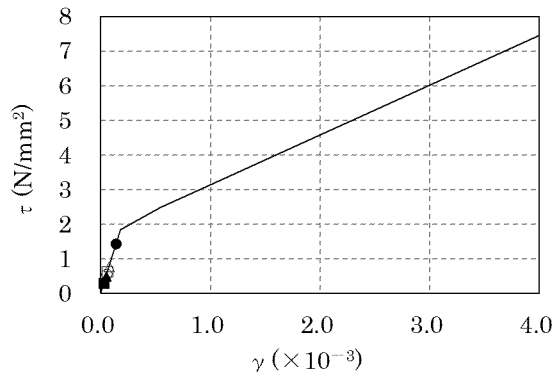
### 5.1 地震応答解析による評価結果

#### 5.1.1 構造物全体としての変形性能

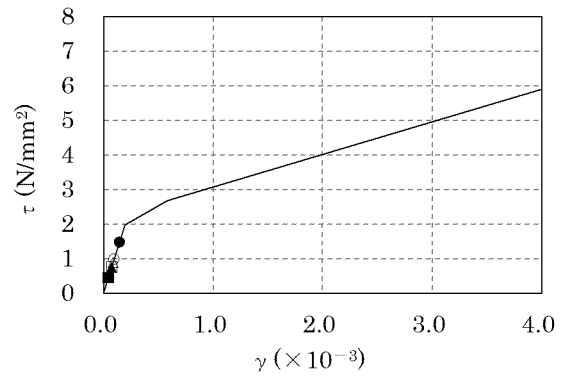
「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動  $S_s$  に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第 5-1 図及び第 5-2 図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。基準地震動  $S_s$  に対する材料物性のばらつき等を考慮した各部材の最大せん断ひずみと第 1 折点のせん断ひずみとの比較結果を第 5-1 表及び第 5-2 表に示す。

基準地震動  $S_s$  に対する耐震壁のせん断ひずみは、重大事故等対処施設としての評価において、最大で  $0.176 \times 10^{-3}$  ( $S_s-1_H$ 、Y 方向、部材番号 3、減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮) であり、弾性範囲内であることを確認した。

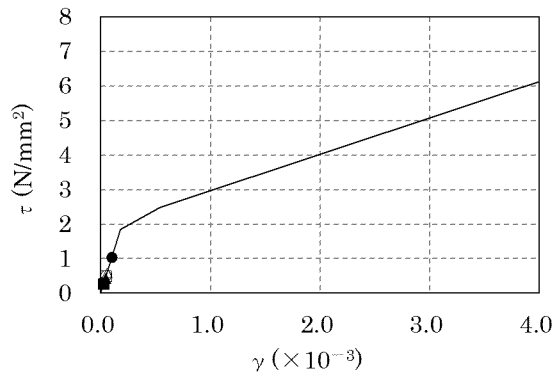
● : Ss-1H    ■ : Ss-2X    ▲ : Ss-3X  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



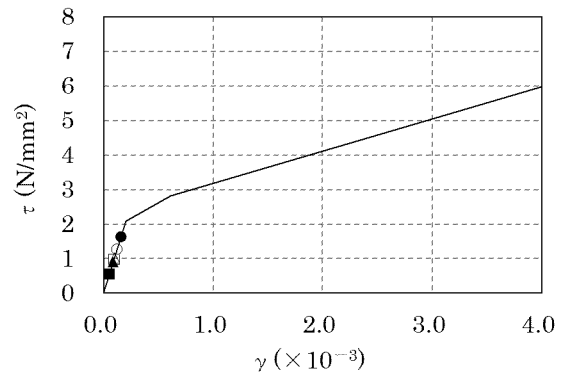
1



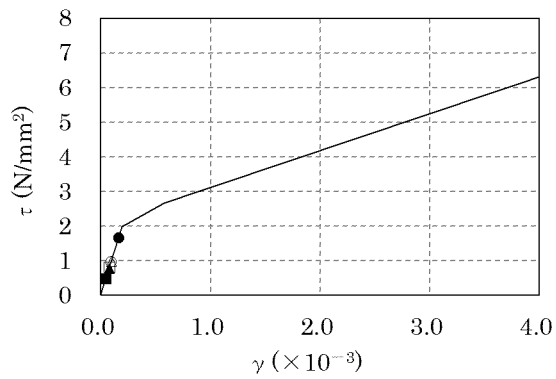
4



2



5

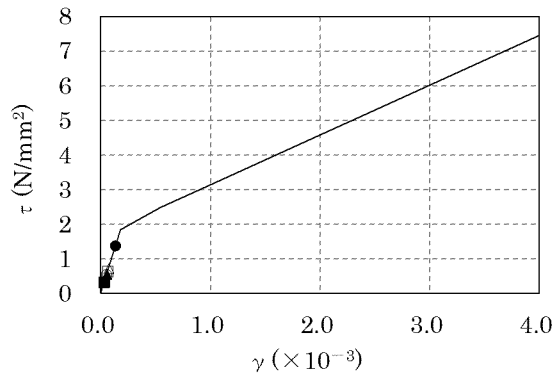


3

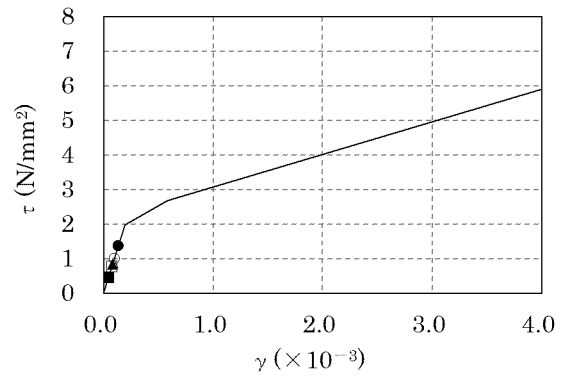
(a) 基本ケース

第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X 方向) (1/4)

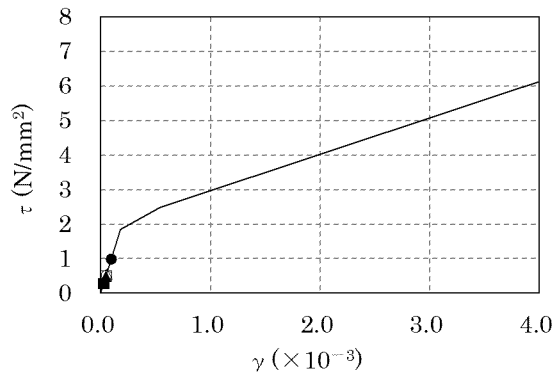
● : Ss-1H    ■ : Ss-2X    ▲ : Ss-3X  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



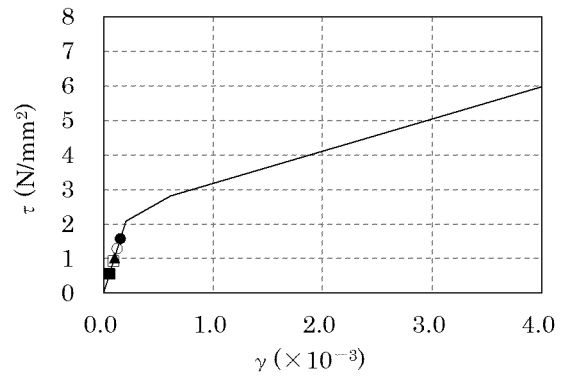
1



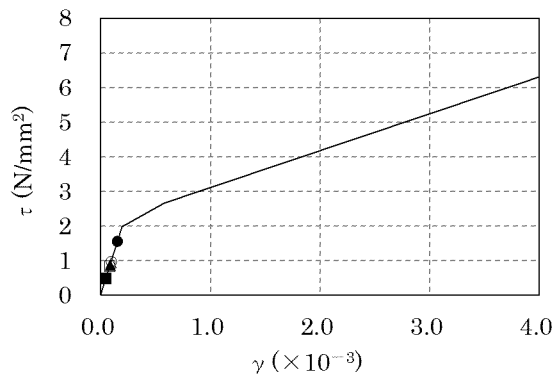
4



2



5

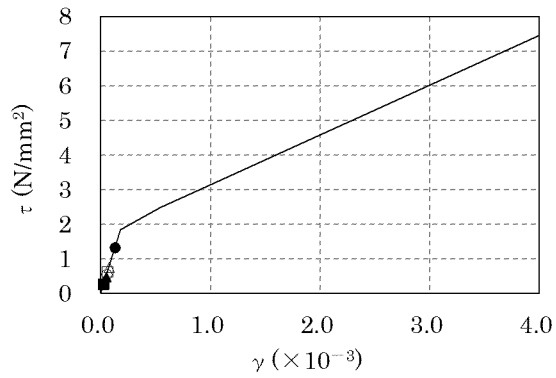


3

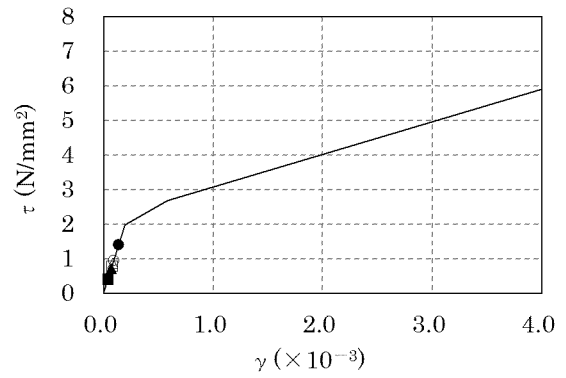
(b) 地盤物性のばらつき考慮 ( $-1\sigma$ )

第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X 方向) (2/4)

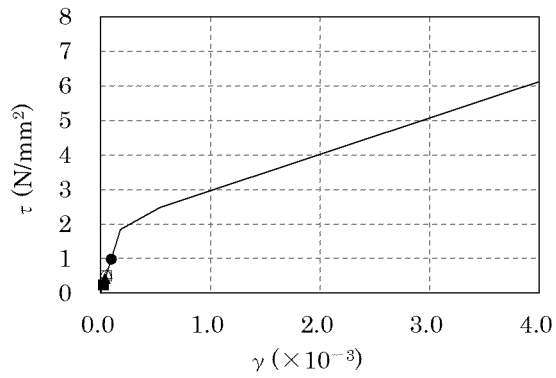
● : Ss-1H    ■ : Ss-2X    ▲ : Ss-3X  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



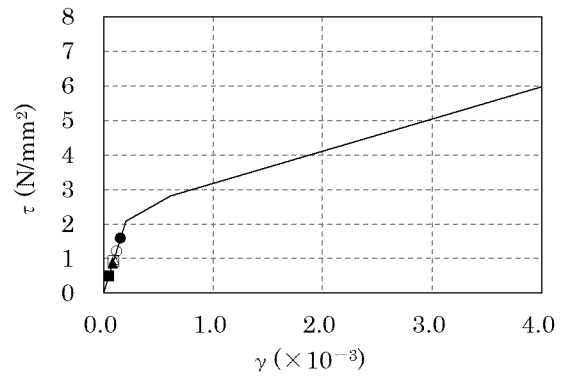
1



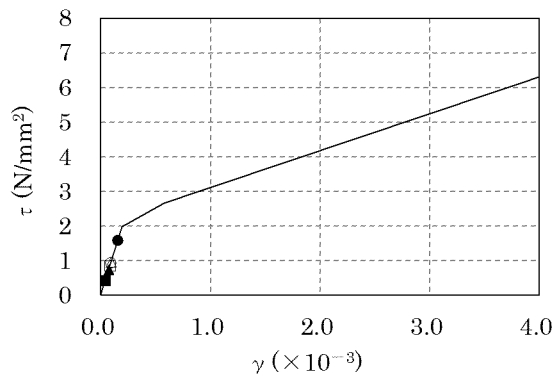
4



2



5

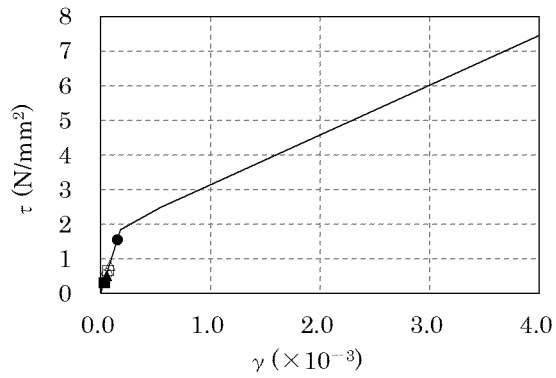


3

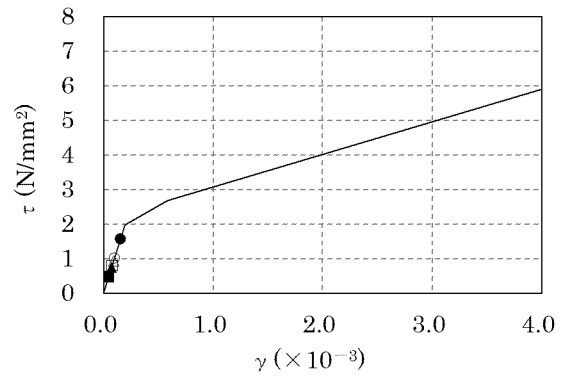
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1 $\sigma$ )

第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X 方向) (3/4)

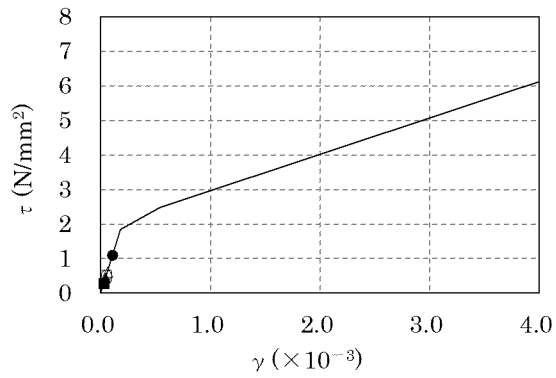
● : Ss-1H    ■ : Ss-2X    ▲ : Ss-3X  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



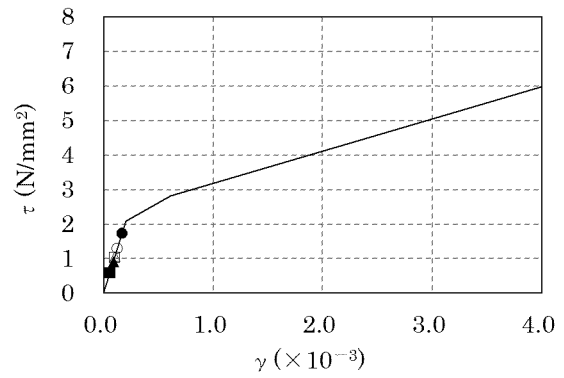
1



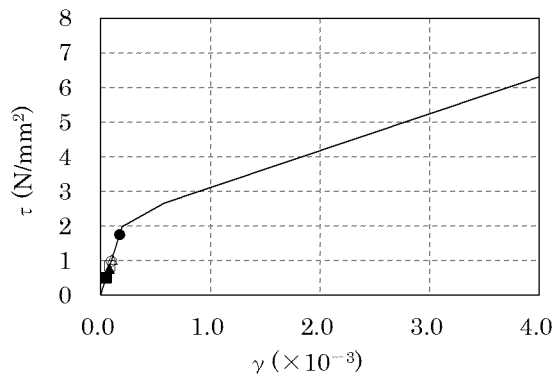
4



2



5



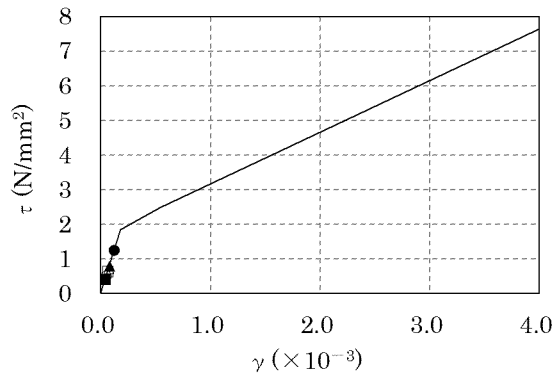
3

(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

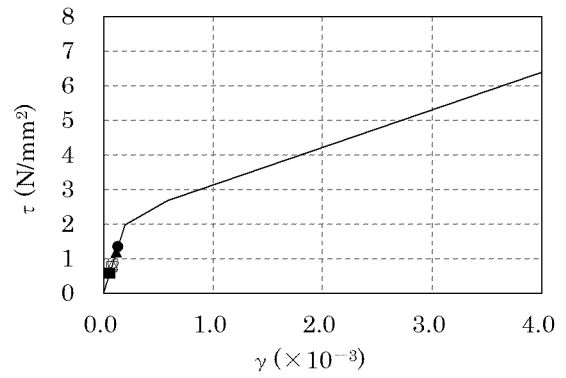
第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X 方向) (4/4)



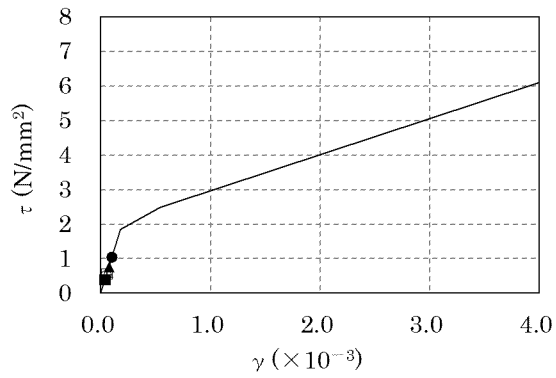
● : Ss-1H    ■ : Ss-2Y    ▲ : Ss-3Y  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



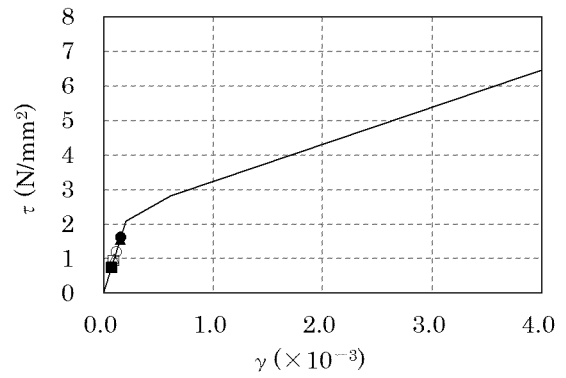
1



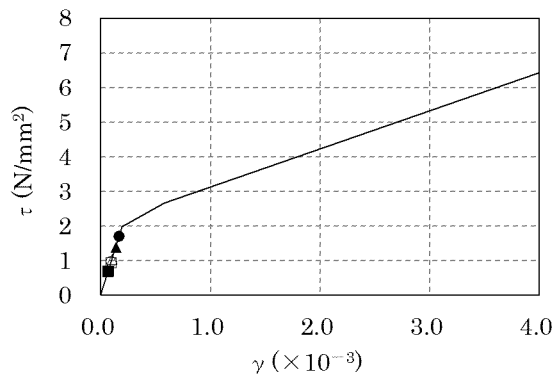
4



2



5

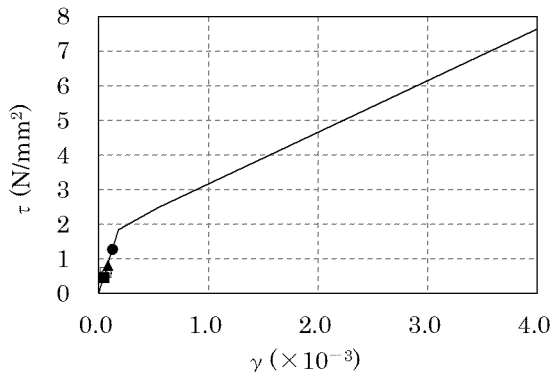


3

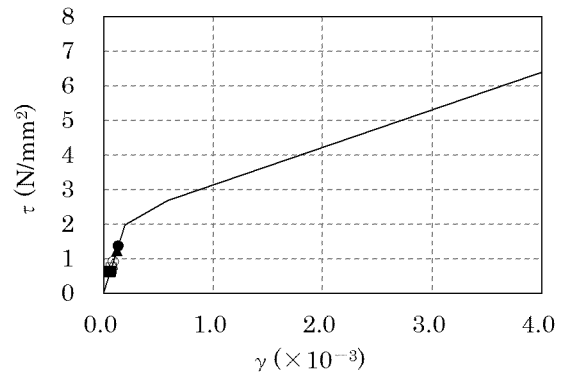
(a) 基本ケース

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (1/4)

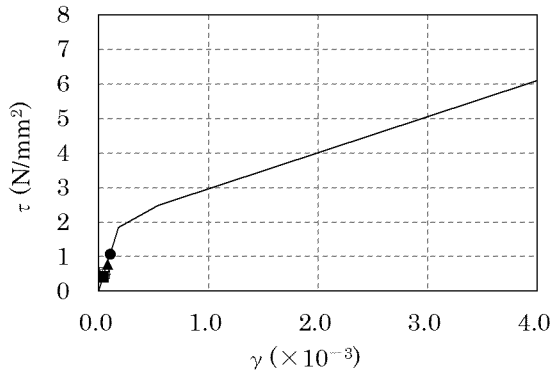
● : Ss-1H    ■ : Ss-2Y    ▲ : Ss-3Y  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



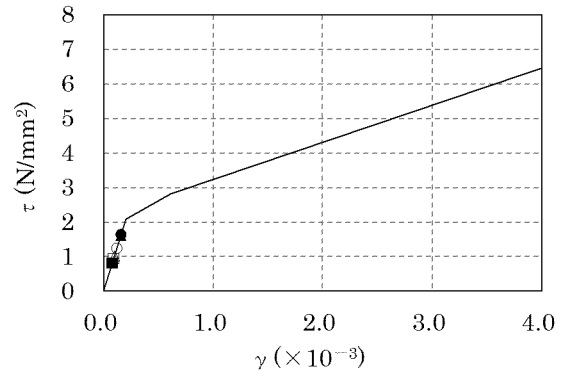
1



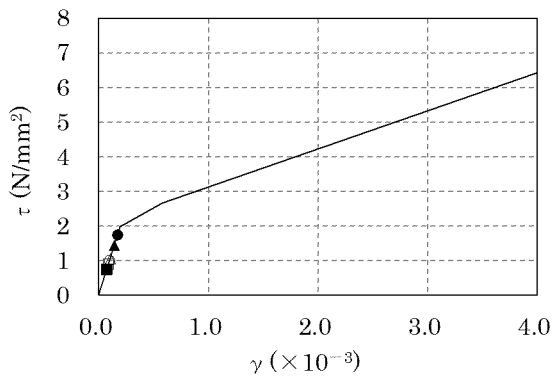
4



2



5

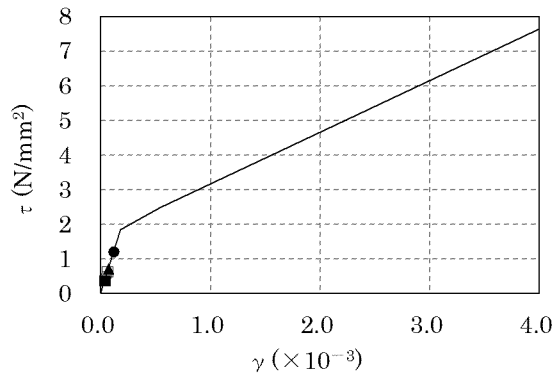


3

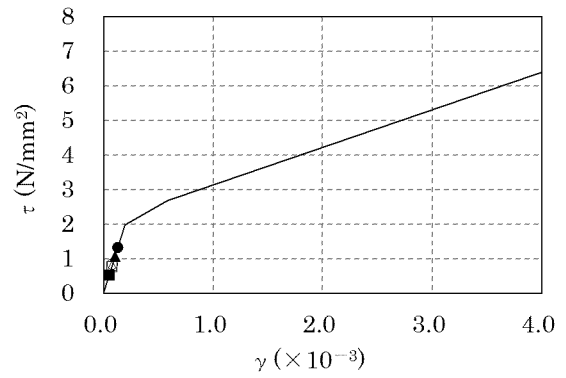
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (2/4)

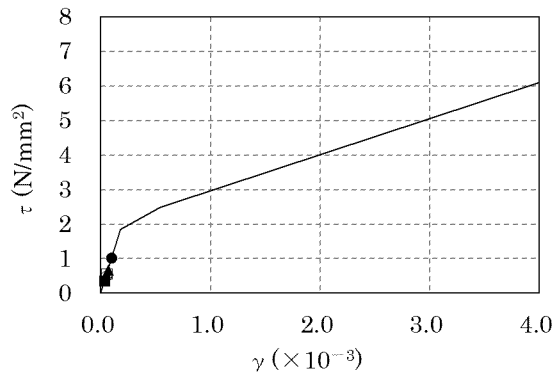
● : Ss-1H    ■ : Ss-2Y    ▲ : Ss-3Y  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



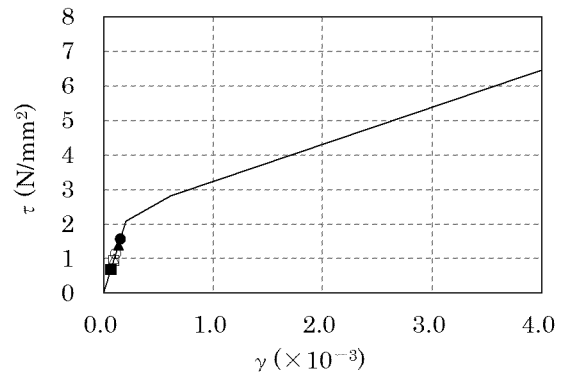
1



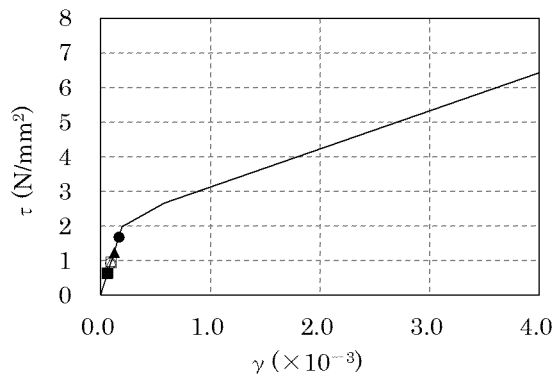
4



2



5

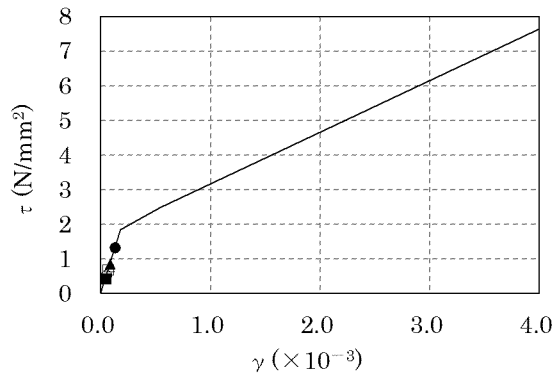


3

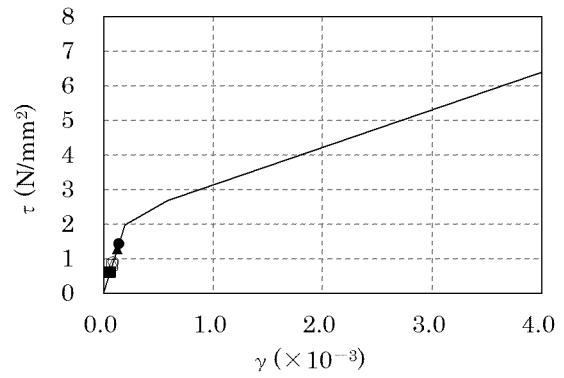
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (3/4)

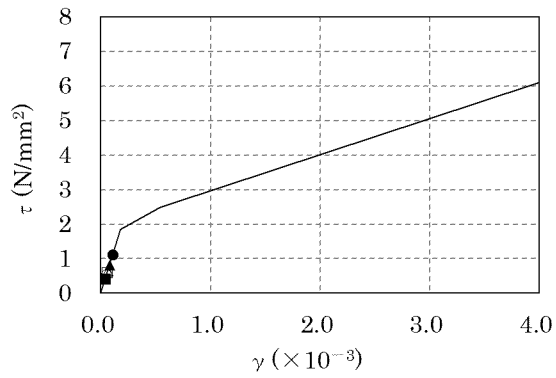
● : Ss-1H    ■ : Ss-2Y    ▲ : Ss-3Y  
 ○ : Ss-4H    □ : Ss-5NS    △ : Ss-5EW



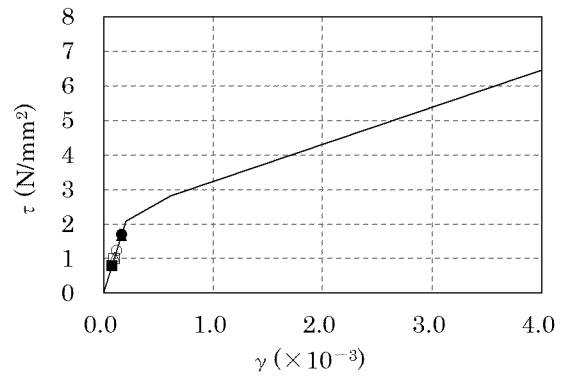
1



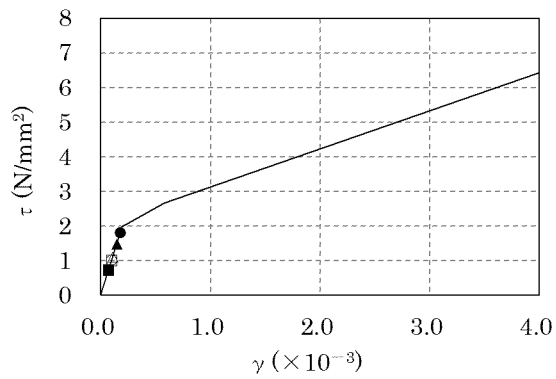
4



2



5



3

(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (4/4)

第5-1表 基準地震動  $S_s$  に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (X方向)

部材番号	基準地震動 $S_s$ に対する最大せん断ひずみ	第1折点のせん断ひずみ	判定
①	$0.152 \times 10^{-3}$	$0.180 \times 10^{-3}$	可
②	$0.107 \times 10^{-3}$	$0.180 \times 10^{-3}$	可
③	$0.170 \times 10^{-3}$	$0.193 \times 10^{-3}$	可
④	$0.154 \times 10^{-3}$	$0.195 \times 10^{-3}$	可
⑤	$0.170 \times 10^{-3}$	$0.204 \times 10^{-3}$	可

第5-2表 基準地震動  $S_s$  に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (Y方向)

部材番号	基準地震動 $S_s$ に対する最大せん断ひずみ	第1折点のせん断ひずみ	判定
①	$0.129 \times 10^{-3}$	$0.180 \times 10^{-3}$	可
②	$0.108 \times 10^{-3}$	$0.180 \times 10^{-3}$	可
③	$0.176 \times 10^{-3}$	$0.193 \times 10^{-3}$	可
④	$0.141 \times 10^{-3}$	$0.195 \times 10^{-3}$	可
⑤	$0.167 \times 10^{-3}$	$0.204 \times 10^{-3}$	可

### 5.1.2 保有水平耐力

「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第5-3表に示す。

各層の保有水平耐力は、重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第5-3表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

部材 番号	高さ (m)	X 方向				
		構造特性 係数 $D_s$	形状特性 係数 $F_{es}$	必要保有 水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有 水平耐力 $Q_u$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
①	EL.42.70～ EL.37.60	0.55	1.00	$1.34 \times 10^4$	$2.12 \times 10^5$	15.8
②	EL.37.60～ EL.30.75	0.55	1.00	$6.69 \times 10^4$	$1.09 \times 10^6$	16.2
③	EL.30.75～ EL.25.30	0.55	1.00	$1.17 \times 10^5$	$1.16 \times 10^6$	9.91
④	EL.25.30～ EL.20.30	0.55	1.00	$1.49 \times 10^5$	$1.45 \times 10^6$	9.73
⑤	EL.20.30～ EL.15.00	0.55	1.00	$1.69 \times 10^5$	$1.44 \times 10^6$	8.52

第5-3表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

部材 番号	高さ (m)	Y 方向				
		構造特性 係数 $D_s$	形状特性 係数 $F_{es}$	必要保有 水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有 水平耐力 $Q_u$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
①	EL.42.70～ EL.37.60	0.55	1.00	$1.32 \times 10^4$	$2.32 \times 10^5$	17.5
②	EL.37.60～ EL.30.75	0.55	1.00	$6.72 \times 10^4$	$1.06 \times 10^6$	15.7
③	EL.30.75～ EL.25.30	0.55	1.00	$1.17 \times 10^5$	$1.14 \times 10^6$	9.74
④	EL.25.30～ EL.20.30	0.55	1.00	$1.49 \times 10^5$	$1.71 \times 10^6$	11.4
⑤	EL.20.30～ EL.15.00	0.55	1.00	$1.69 \times 10^5$	$1.59 \times 10^6$	9.40

## 5.2 応力解析による評価結果

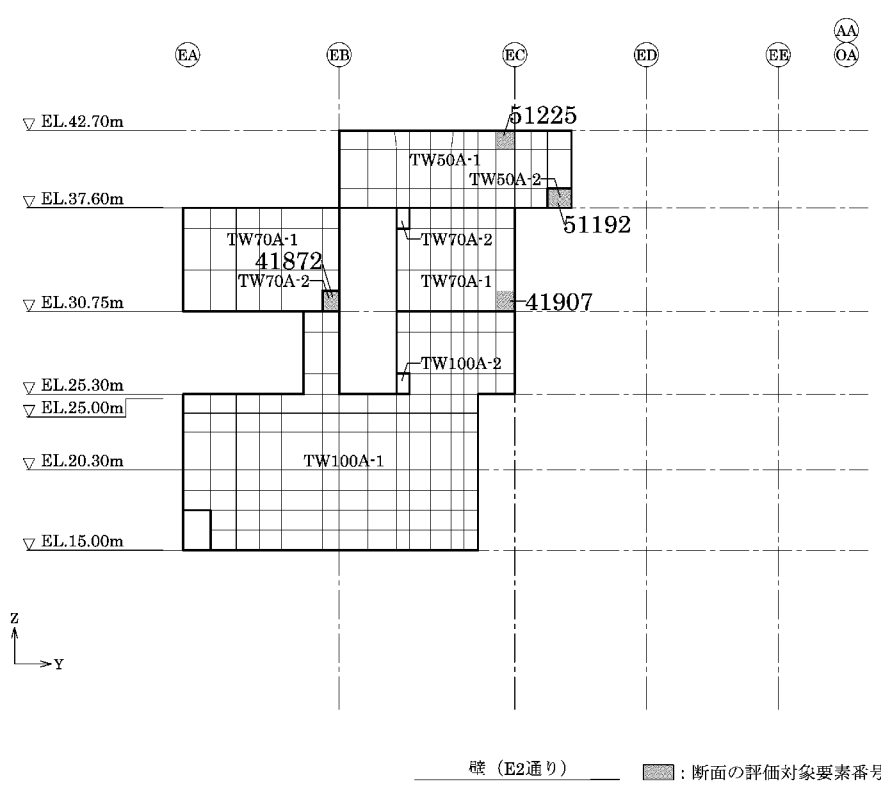
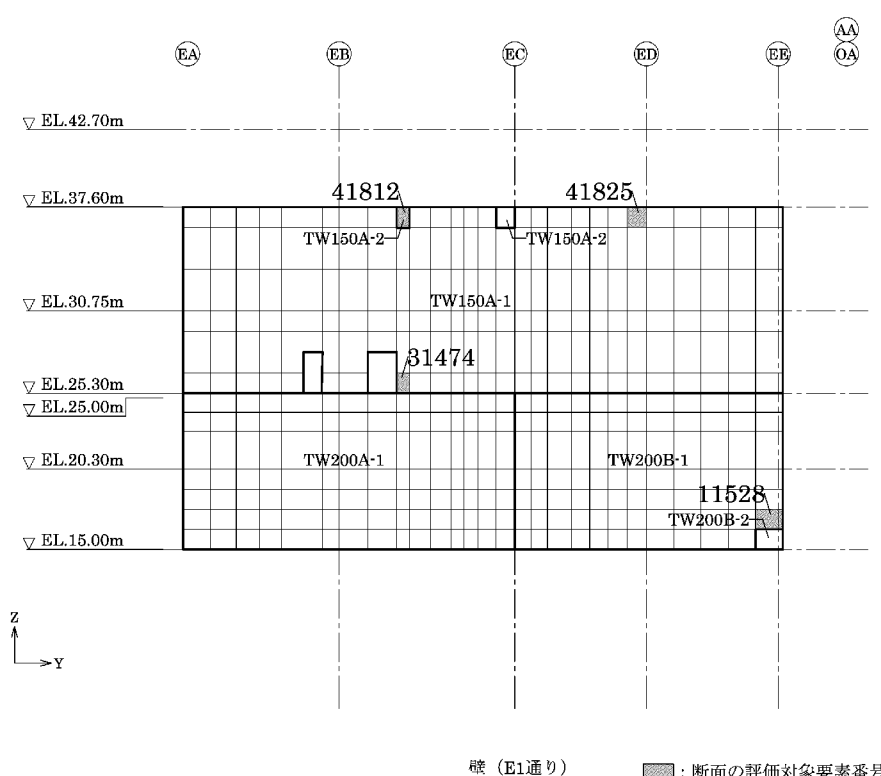
壁、床及び屋根について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Ss 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、壁、床及び屋根の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 4-16 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁、床及び屋根の断面の評価対象要素番号を第 5-3 図、分類領域ごとの配筋を第 5-4 表に示す。

壁、床及び屋根の応力の方向を第 5-4 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-5 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-6 表に示す。

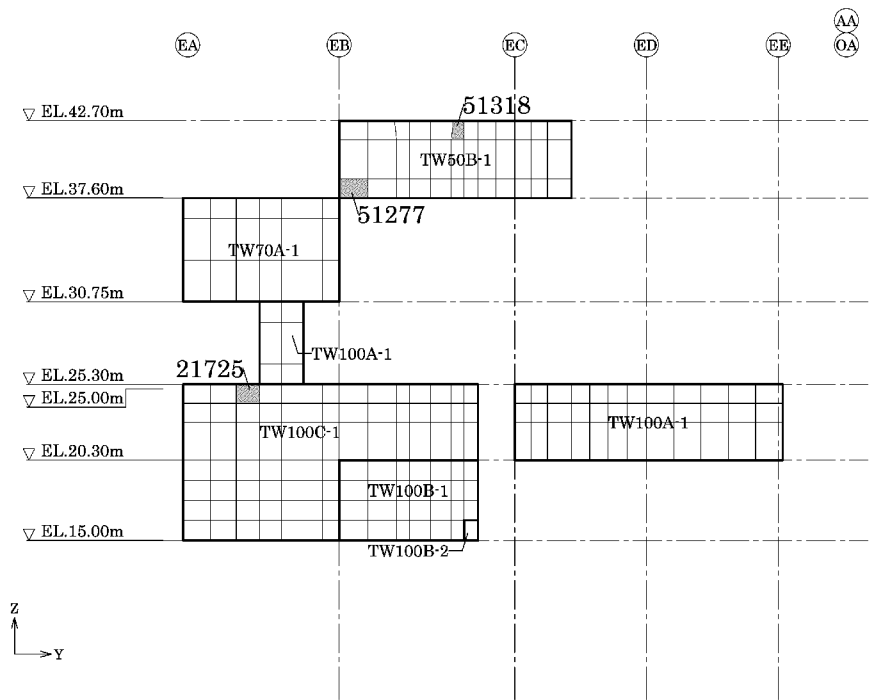
Ss 地震時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。

また、常時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。

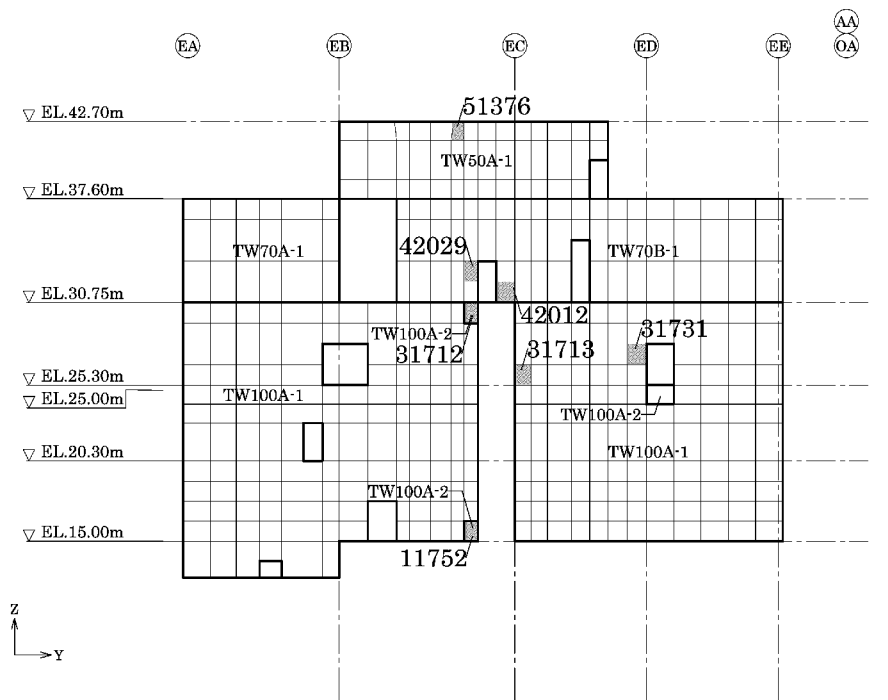


第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(1/13)



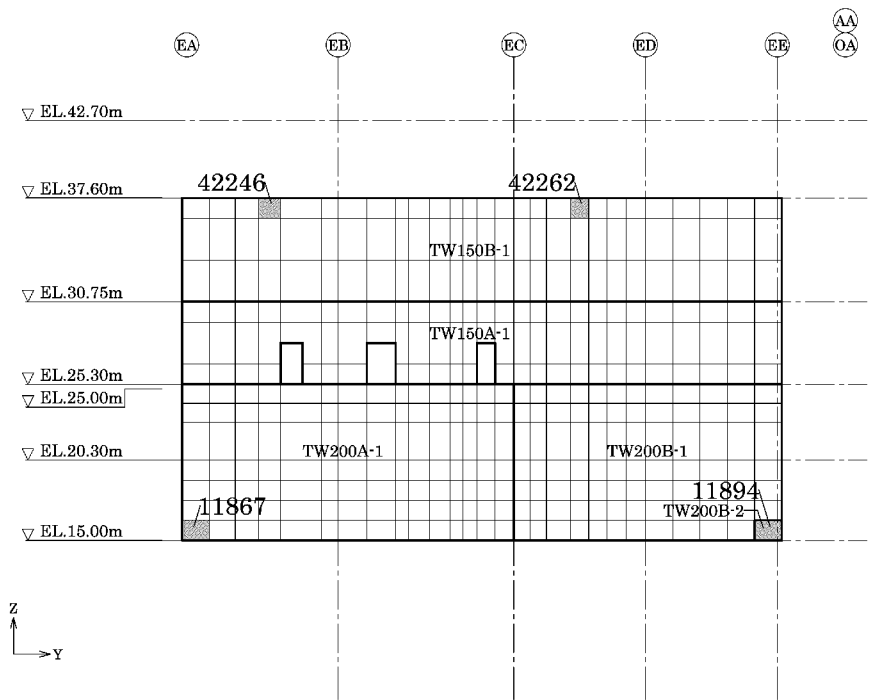


壁 (E3通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

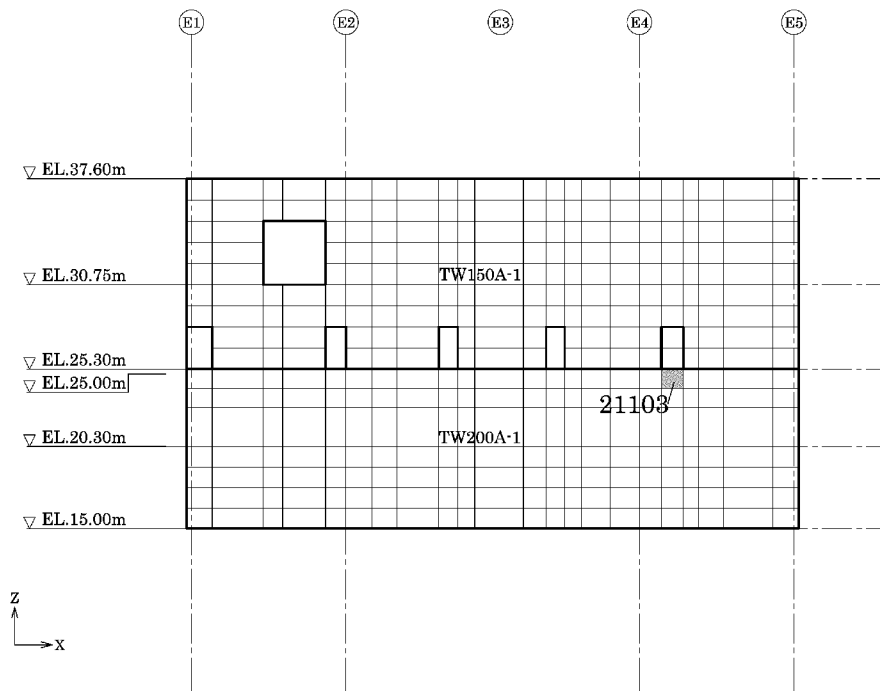


壁 (E4通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

第5-3図 断面の評価対象要素番号(2/13)

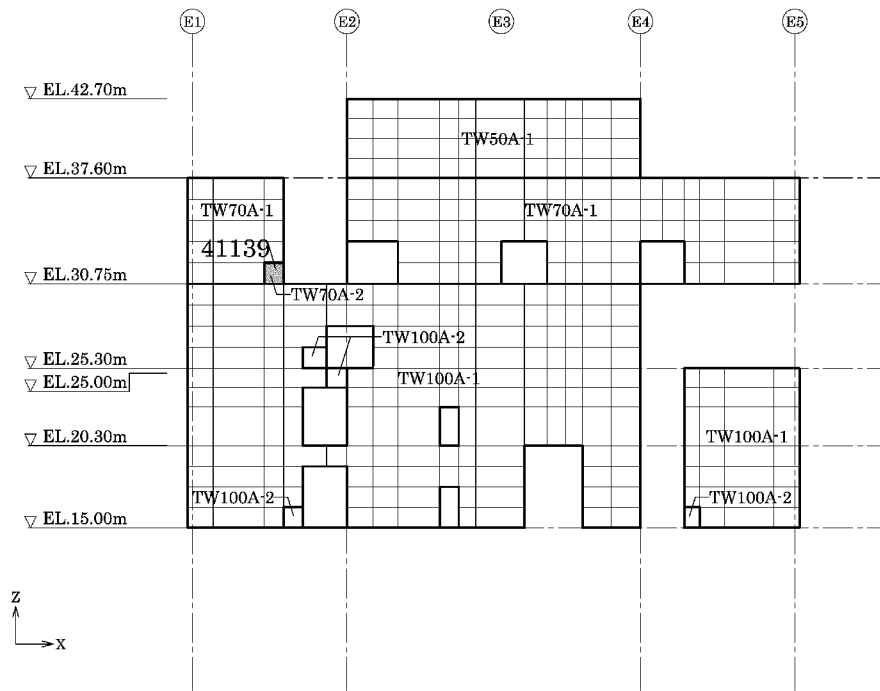


壁 (E5通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

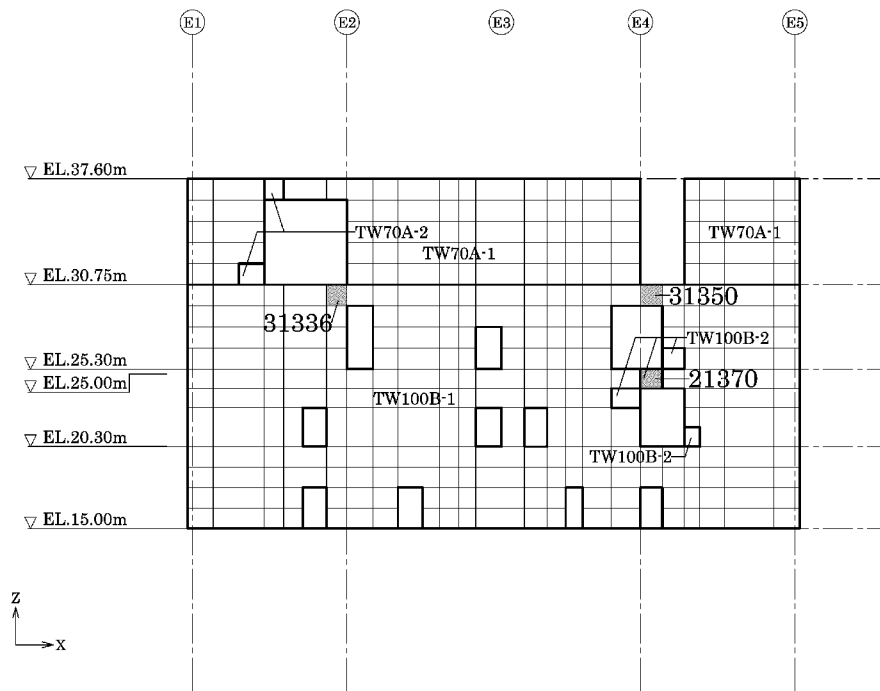


壁 (EA通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(3/13)

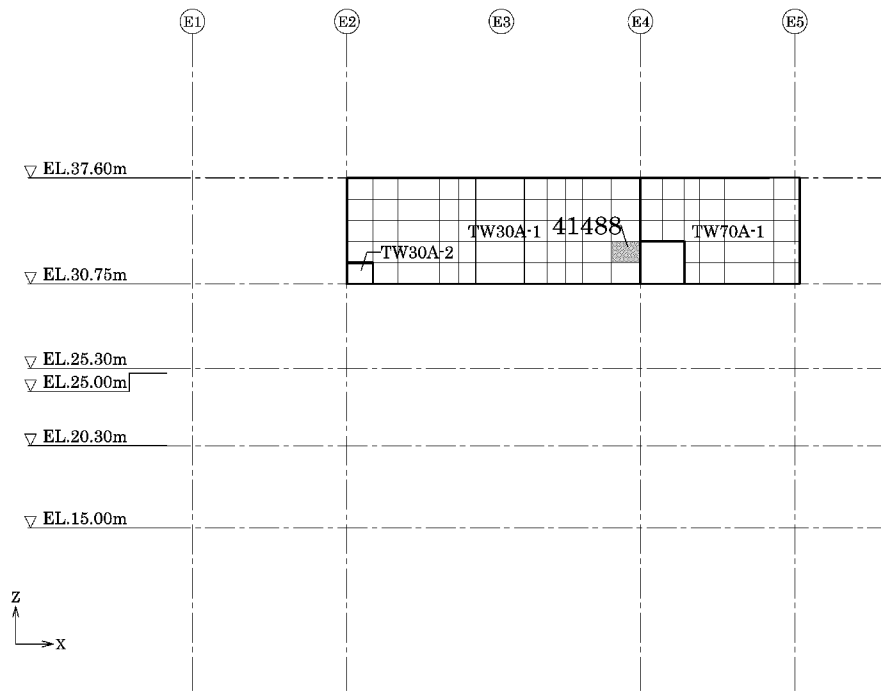


壁 (EB通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

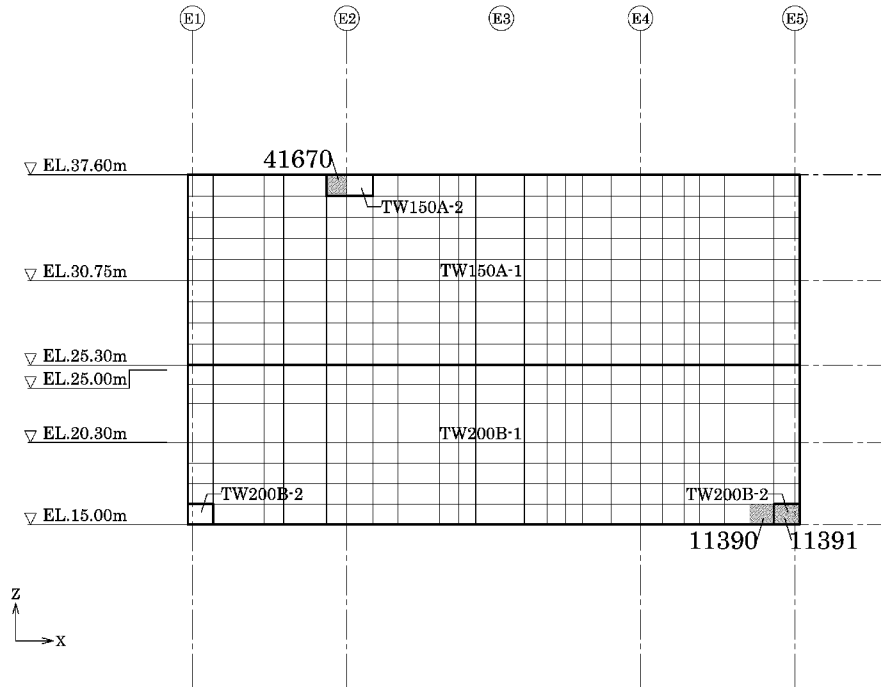


壁 (EC通り)      ■ : 断面の評価対象要素番号

第5-3図 断面の評価対象要素番号(4/13)

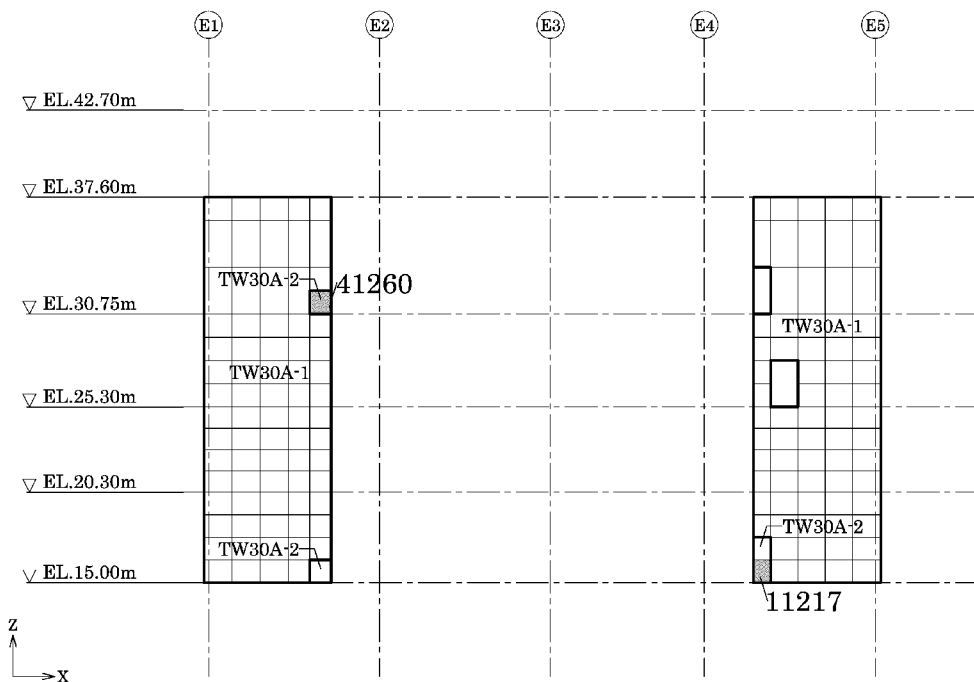


壁 (ED通り)      : 断面の評価対象要素番号



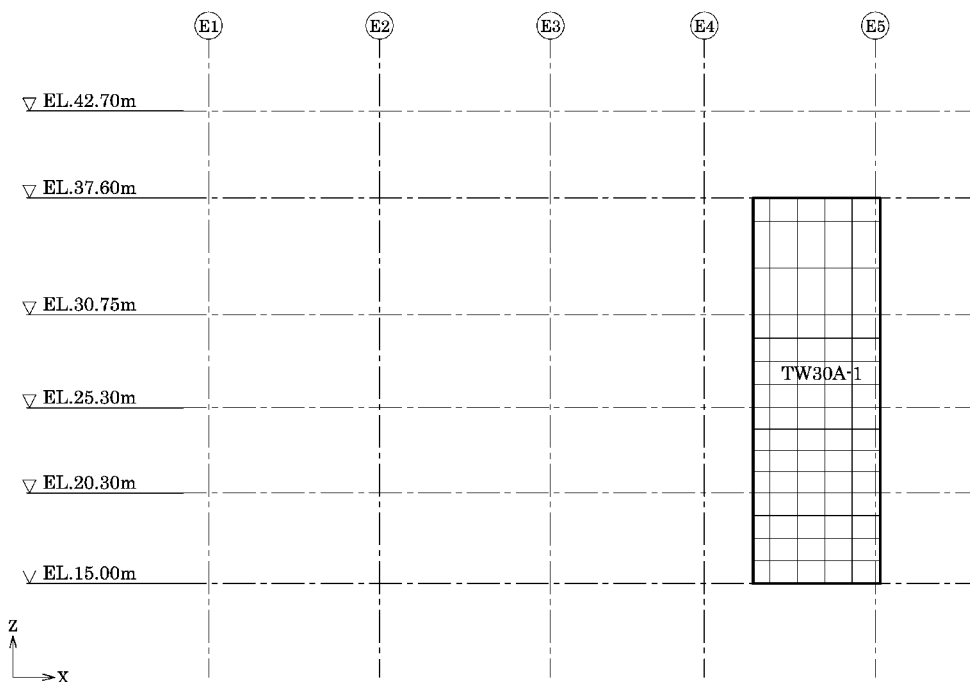
壁 (EE通り)      : 断面の評価対象要素番号

第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(5/13)



壁 (EB通り+3800mm、EB通り+4650mm)

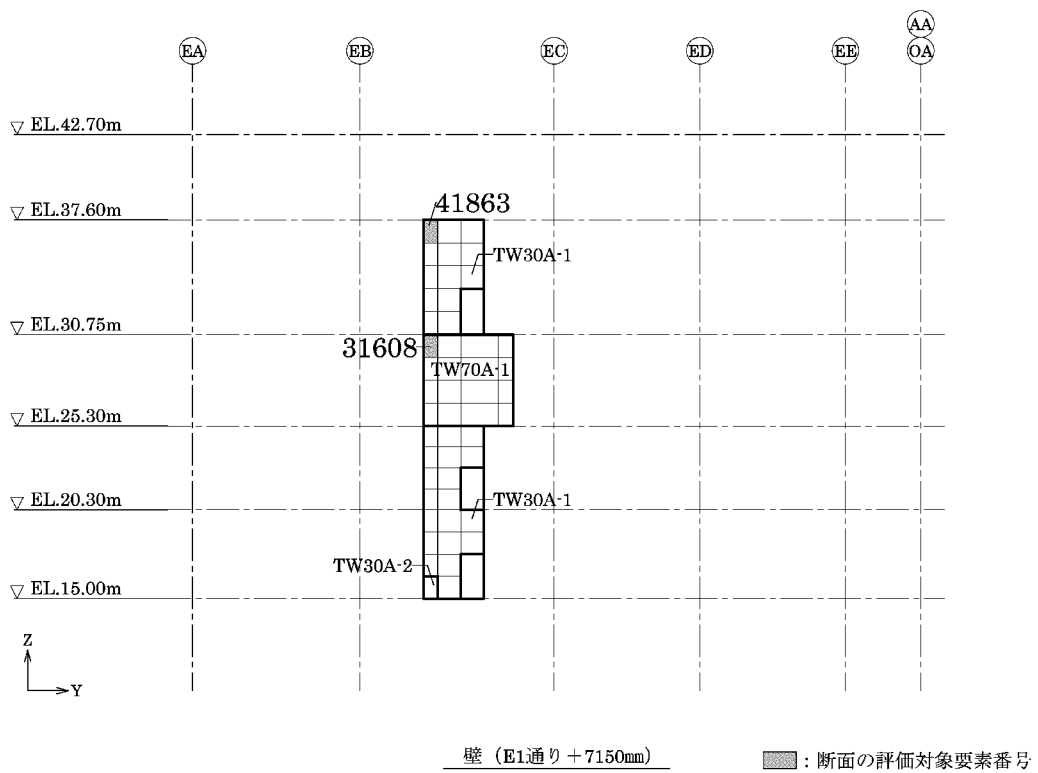
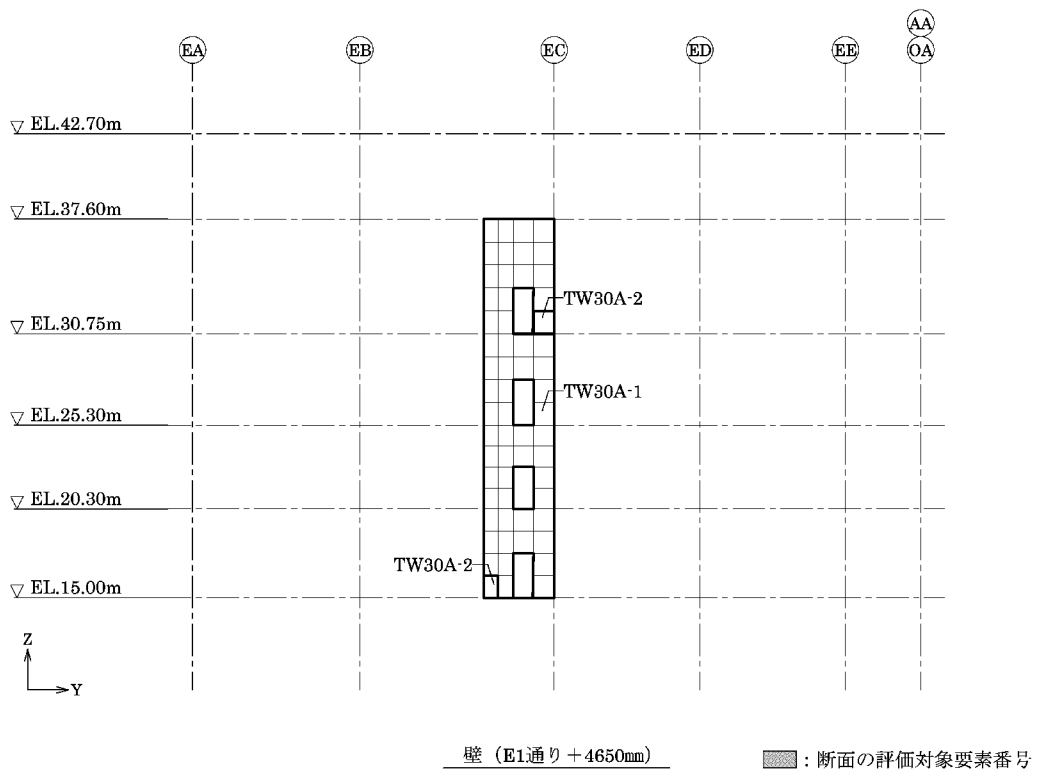
■ : 断面の評価対象要素番号



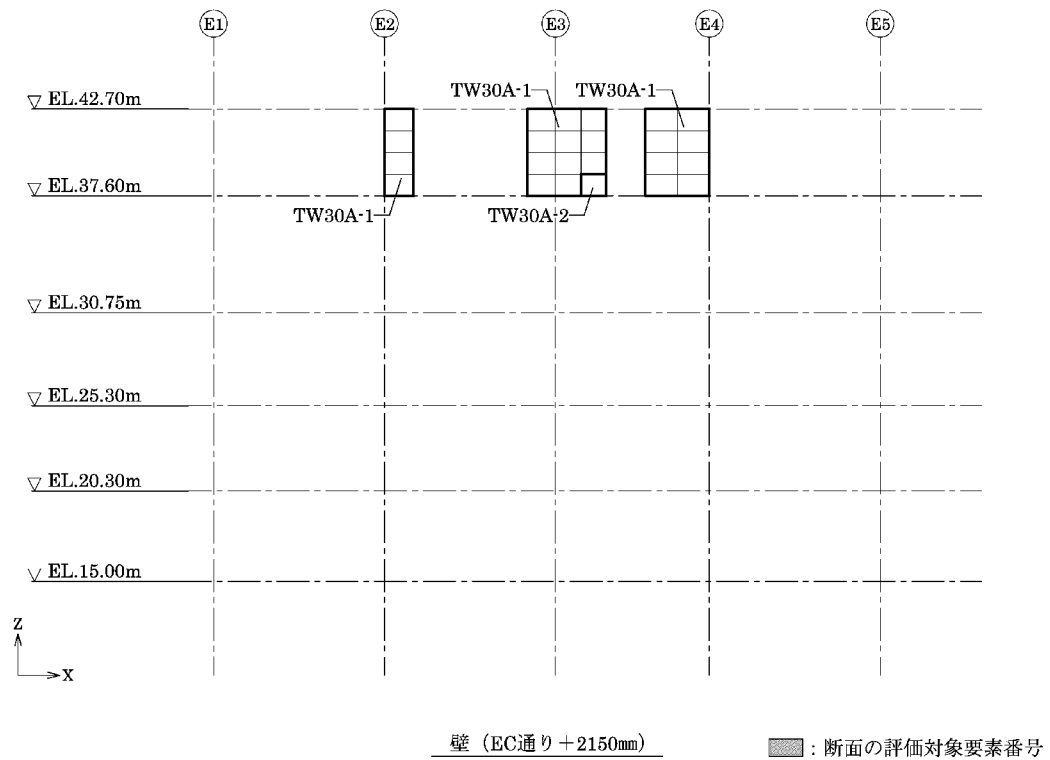
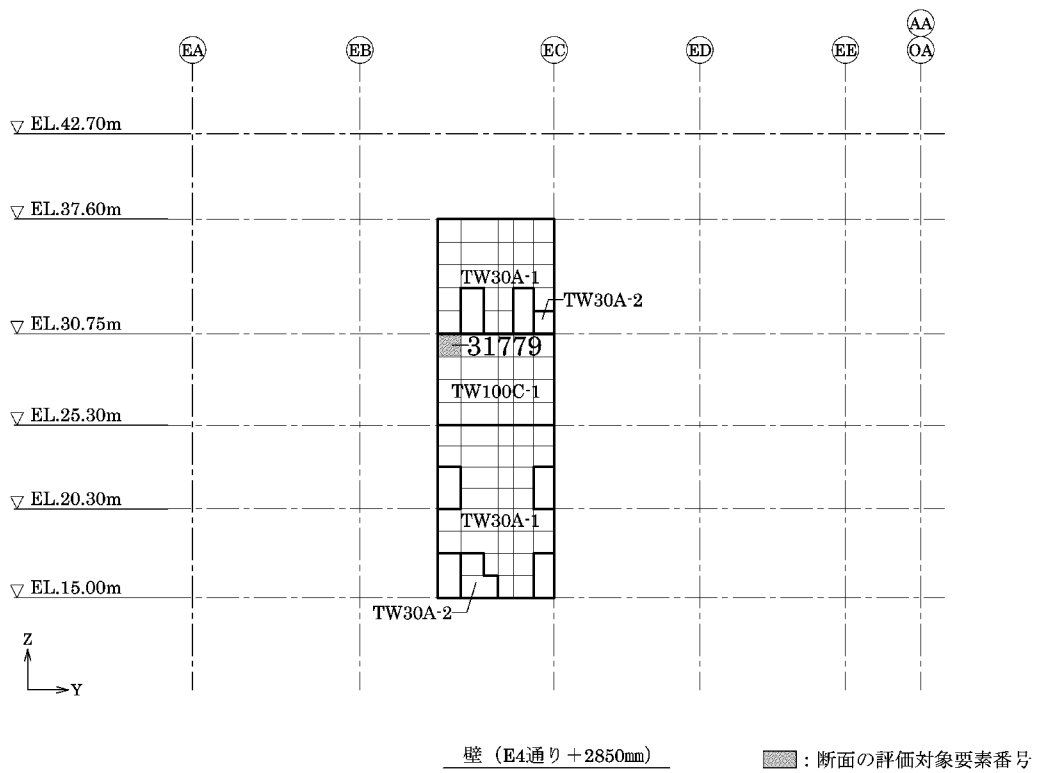
壁 (EB通り+8250mm)

■ : 断面の評価対象要素番号

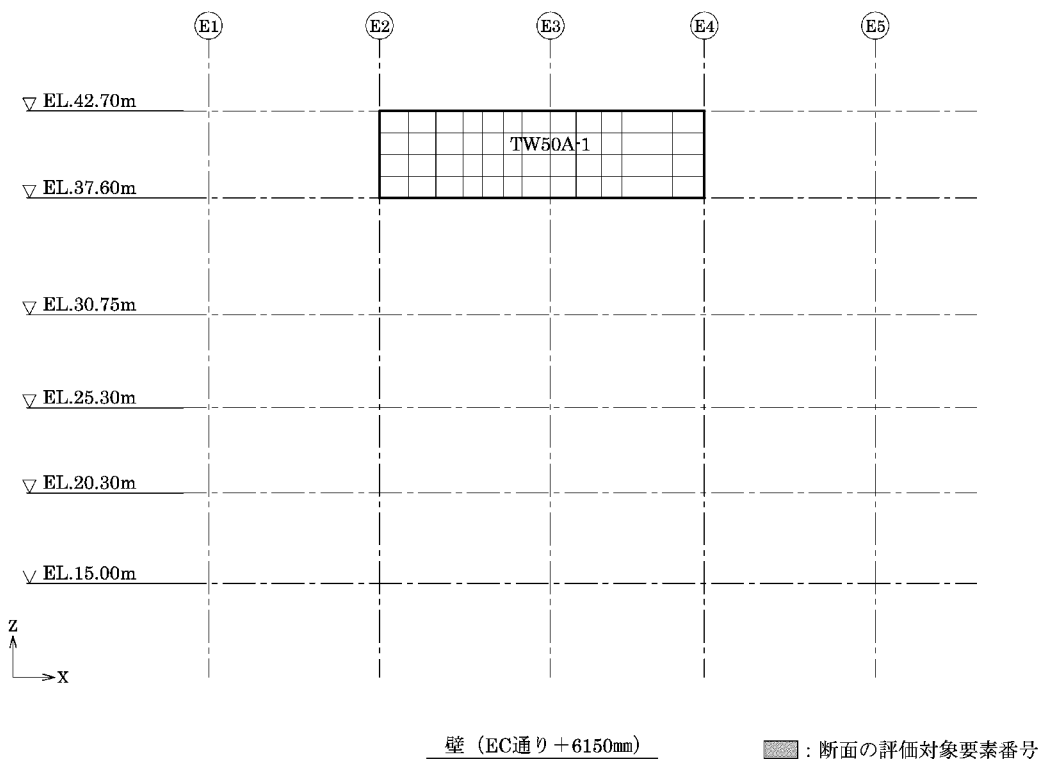
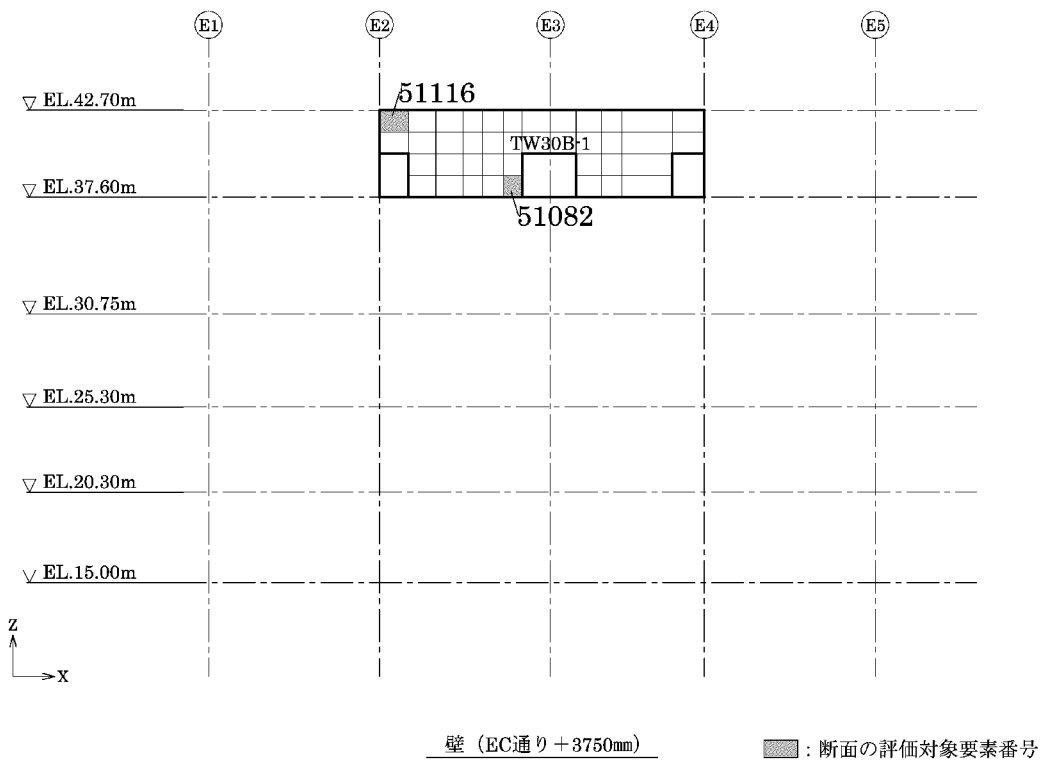
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(6/13)



第5-3図 断面の評価対象要素番号(7/13)

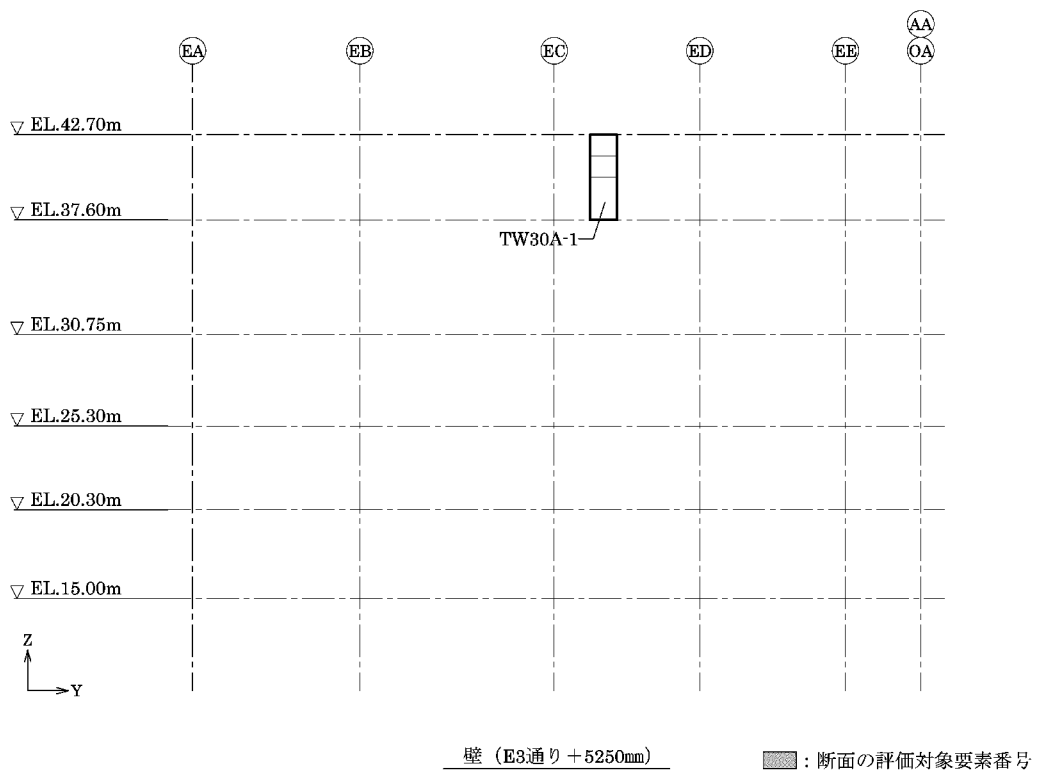
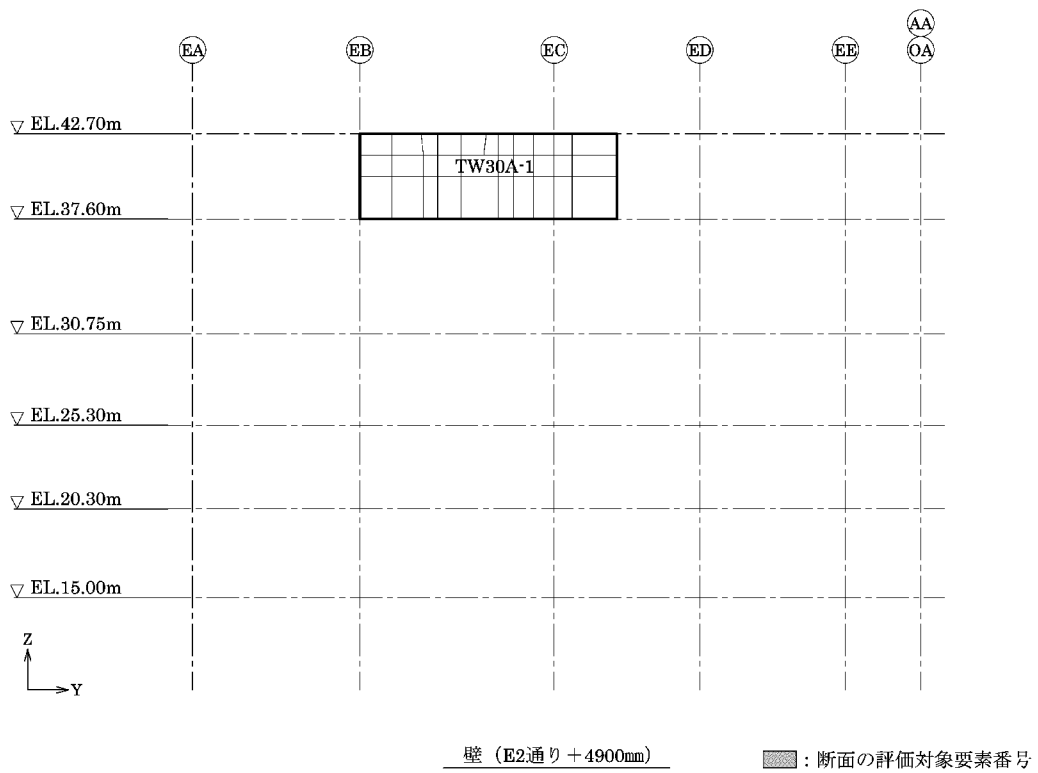


第5-3図 断面の評価対象要素番号(8/13)

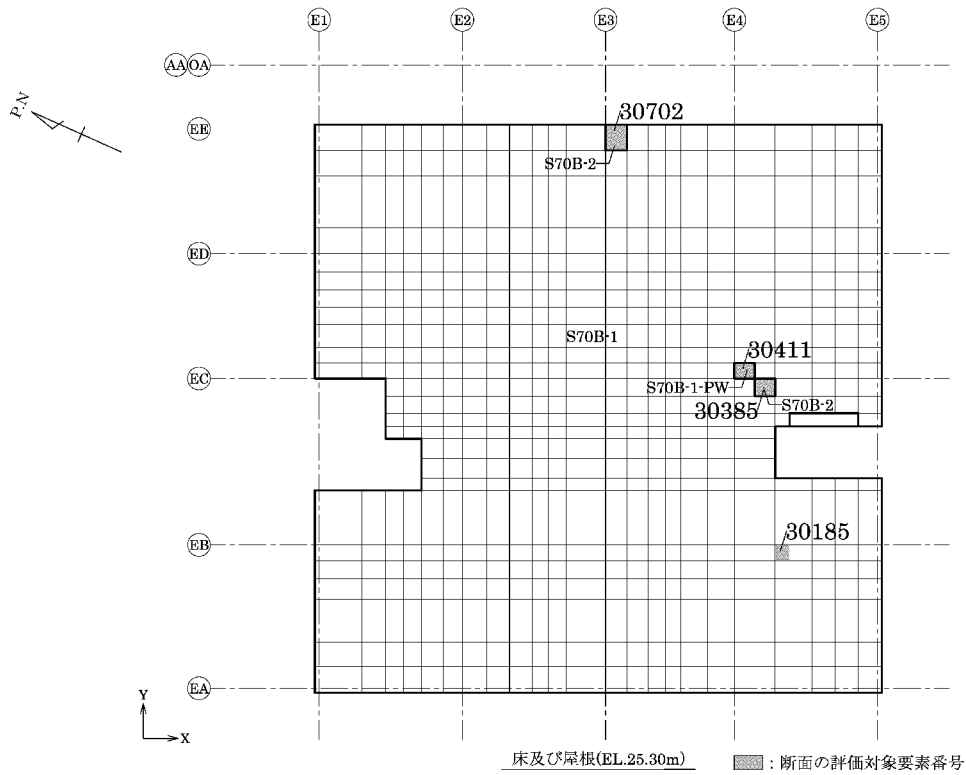
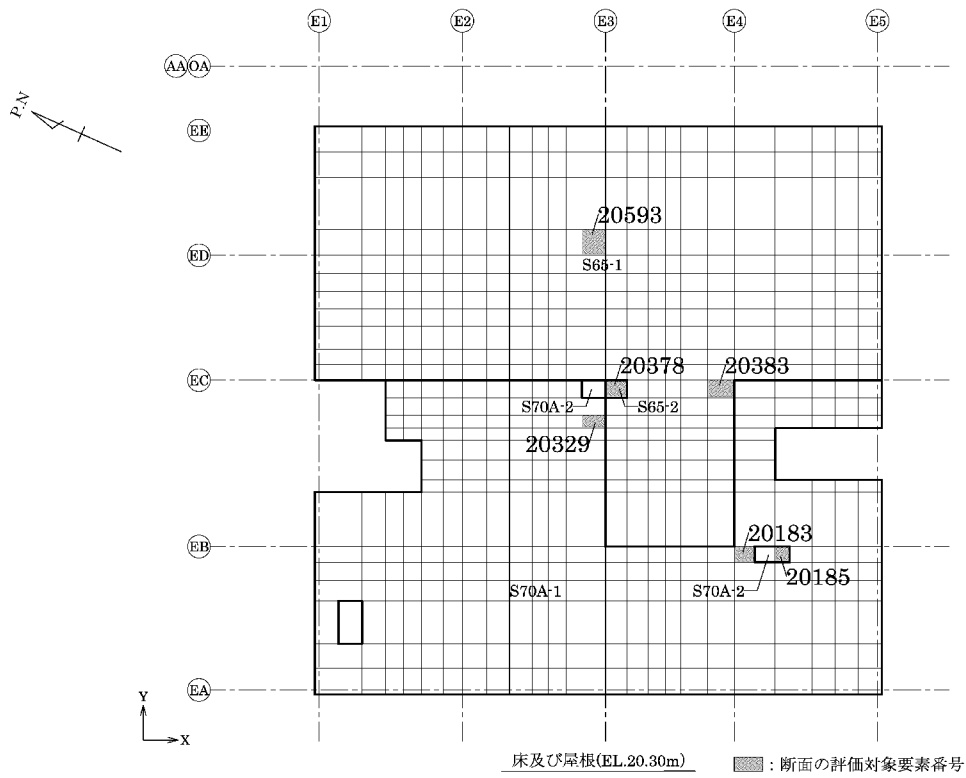


第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(9/13)

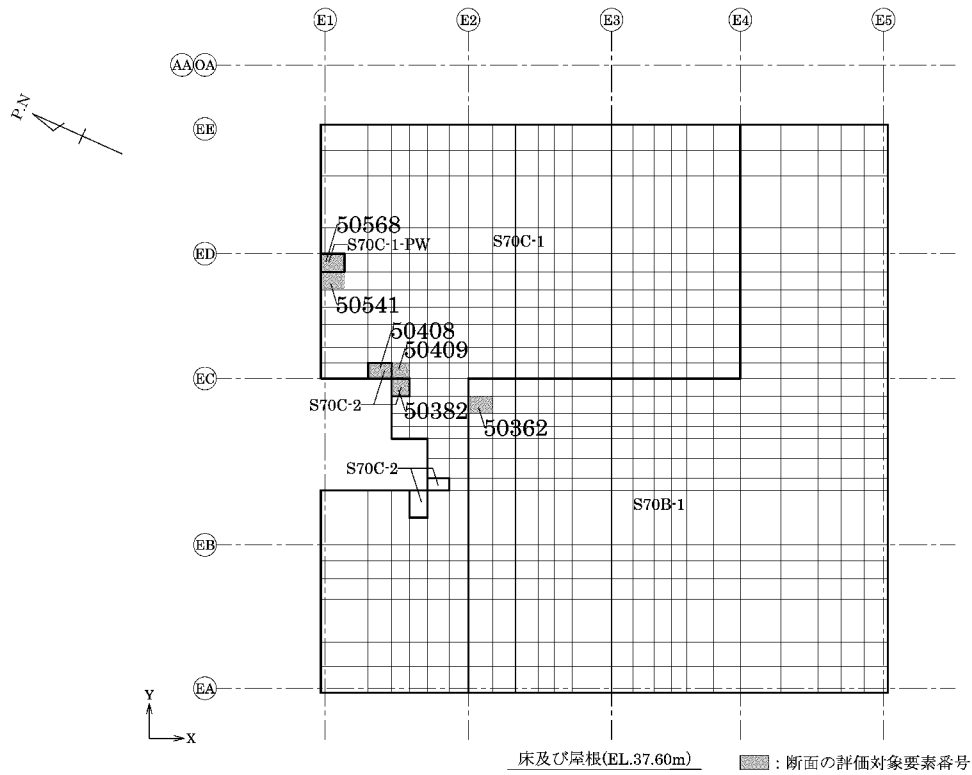
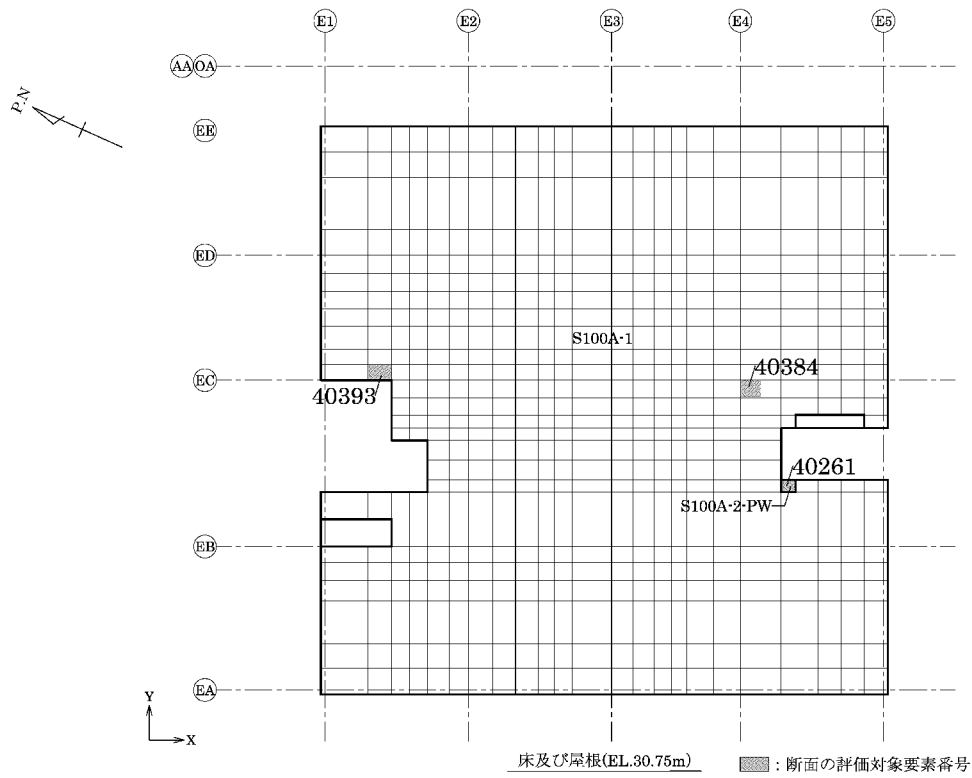




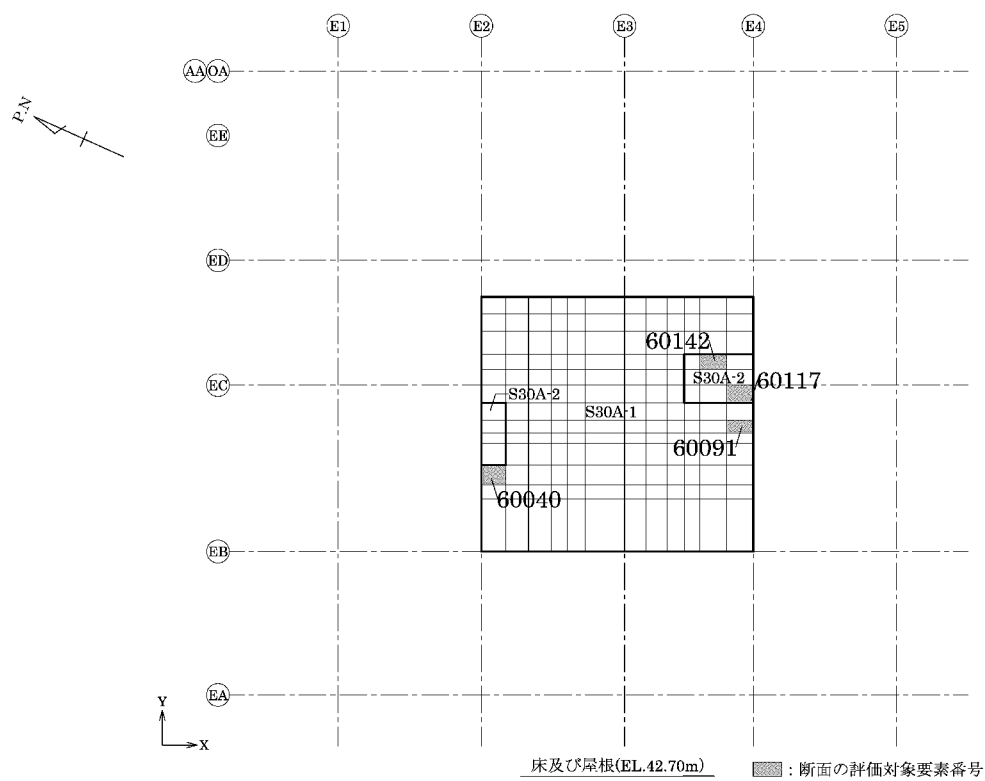
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(10/13)



第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(11/13)



第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(12/13)



第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(13/13)

第5-4表 分類領域ごとの配筋(1/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW200A-1	2,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW200B-1	2,000	両側共	縦筋	2.5段 D38@200	14,250	—
				横筋	2.5段 D38@200	14,250	
	TW200B-2	2,000	両側共	縦筋	2.5段 D38@200+ 1段 D38@200	19,950	—
				横筋	2.5段 D38@200	14,250	
	TW150A-1	1,500	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW150A-2	1,500	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100	
	TW150B-1	1,500	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
TW100A-2	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200+ 1段 D38@400	11,400	—	
			横筋	1.5段 D38@200+ 1段 D38@400	11,400		
TW100B-1	1,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—	
			横筋	2段 D38@200	11,400		
TW100B-2	1,000	両側共	縦筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100	—	
			横筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100		

第 5-4 表 分類領域ごとの配筋(2/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1 段 D38@200	5,700	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW70A-1	700	両側共	縦筋	1 段 D38@200	5,700	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW70A-2	700	両側共	縦筋	1 段 D38@200+ 1 段 D38@400	8,550	—
				横筋	1 段 D38@200+ 1 段 D38@400	8,550	
	TW70B-1	700	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5 段 D38@200	8,550	
	TW50A-1	500	両側共	縦筋	1 段 D38@200	5,700	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW50A-2	500	両側共	縦筋	1 段 D38@200+ 1 段 D38@200	11,400	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW50B-1	500	両側共	縦筋	1 段 D29@200	3,210	—
				横筋	1 段 D29@200	3,210	
	TW30A-1	300	両側共	縦筋	1 段 D25@200	2,535	—
				横筋	1 段 D25@200	2,535	
TW30A-2	300	両側共	縦筋	1 段 D25@200+ 1 段 D25@200	5,070	—	
			横筋	1 段 D25@200+ 1 段 D25@200	5,070		
TW30B-1	300	両側共	縦筋	1 段 D25@150	3,380	—	
			横筋	1 段 D25@150	3,380		

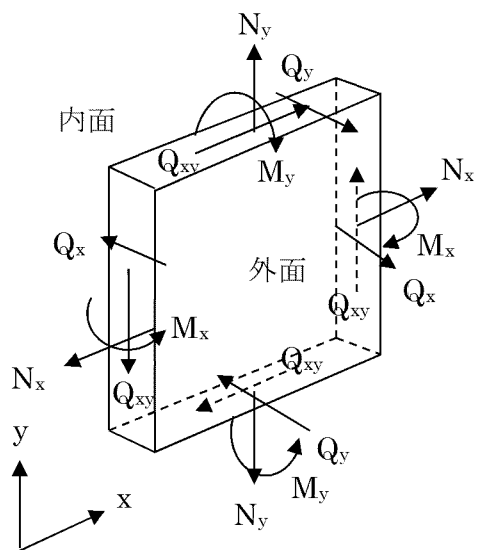
第 5-4 表 分類領域ごとの配筋(3/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S100A-1	1,000	上端、 下端共	X	2 段 D32@200	7,940	—
				Y	2 段 D32@200	7,940	
	S100A-2-PW	1,000	上端、 下端共	X	2 段 D32@200+ 1 段 D32@200	11,910	D19 @400×@200
				Y	2 段 D32@200	7,940	
	S70A-1	700	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200	3,210	
	S70A-2	700	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200+ 1 段 D29@200	6,420	
	S70B-1	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S70B-1-PW	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	D19 @400×@200
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S70B-2	700	上端、 下端共	X	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	—
				Y	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	
S70C-1	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200	9,570	—	
			Y	2 段 D35@200	9,570		
S70C-1-PW	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200	9,570	D19 @400×@200	
			Y	2 段 D35@200	9,570		
S70C-2	700	上端、 下端共	X	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355	—	
			Y	2 段 D35@200+ 1 段 D35@200	14,355		

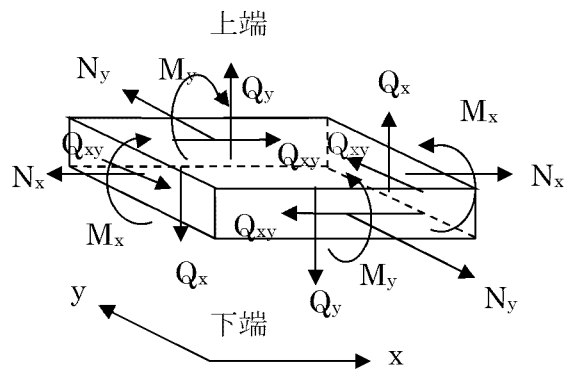
第 5-4 表 分類領域ごとの配筋(4/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S65-1	650	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200	3,210	
	S65-2	650	上端、 下端共	X	1 段 D29@200	3,210	—
				Y	1 段 D29@200+ 1 段 D29@200	6,420	
	S30A-1	300	上端、 下端共	X	1 段 D25@200	2,535	—
				Y	1 段 D25@200	2,535	
	S30A-2	300	上端、 下端共	X	1 段 D25@200	2,535	—
				Y	1 段 D25@200+ 1 段 D25@200	5,070	





(1) 壁



(2) 床及び屋根

$N_x, N_y$  : 軸力 (引張 : +)

$M_x, M_y$  : 曲げモーメント (内面引張、下端引張 : +)

$Q_{xy}$  : 面内せん断力

$Q_x, Q_y$  : 面外せん断力

(壁について、 $x$  方向は横筋方向、 $y$  方向は縦筋方向)

第 5-4 図 応力の方向

第5-5表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a <sub>g</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 a <sub>g</sub> ' (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW200A-1	21103	横筋	1	-1,140	-59	5,315	7,703	11,400	0.68	可
	TW200B-1	11528	縦筋	7	4,220	12	3,539	11,274	14,250	0.80	可
	TW200B-2	11894	縦筋	7	5,737	-80	-3,658	13,804	19,950	0.70	可
	TW150A-1	31474	縦筋	5	2,699	-220	-2,107	7,696	11,400	0.68	可
	TW150A-2	41812	横筋	7	2,520	1,054	1,200	8,672	17,100	0.51	可
	TW150B-1	42262	横筋	1	2,336	-183	288	4,374	8,550	0.52	可
	TW100A-1	31731	横筋	5	1,586	-6	2,963	6,629	8,550	0.78	可
	TW100A-2	11752	縦筋	7	4,186	-3	-1,259	7,908	11,400	0.70	可
	TW100B-1	31350	横筋	1	-3,347	-57	-5,705	8,269	11,400	0.73	可
	TW100B-2	21370	縦筋	1	2,143	74	-4,750	10,523	17,100	0.62	可
	TW100C-1	21725	横筋	8	-1,239	-5	-3,123	4,526	5,700	0.80	可
	TW70A-1	41907	縦筋	1	1,670	-127	-497	4,192	5,700	0.74	可
	TW70A-2	41139	縦筋	3	2,119	-79	-1,056	5,254	8,550	0.62	可
	TW70B-1	42029	縦筋	5	2,536	21	1,246	5,756	8,550	0.68	可
	TW50A-1	51225	横筋	4	1,877	-39	415	3,865	5,700	0.68	可
	TW50A-2	51192	横筋	4	452	25	1,307	2,874	5,700	0.51	可
	TW50B-1	51277	横筋	8	-670	2	-1,630	2,362	3,210	0.74	可
	TW30A-1	41488	横筋	2	152	1	-1,099	1,846	2,535	0.73	可
	TW30A-2	11217	縦筋	1	1,266	1	388	2,445	5,070	0.49	可
	TW30B-1	51082	縦筋	4	901	-9	630	2,544	3,380	0.76	可

第 5-5 表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）（2/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 $a_g'$ (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
床 ・ 屋根	S100A-1	40393	Y	8	1,035	-379	-1,201	5,016	7,940	0.64	可
	S100A-2-PW	40261	X	1	997	-419	-914	3,381	11,910	0.29	可
	S70A-1	20329	X	8	252	-236	356	1,796	3,210	0.56	可
	S70A-2	20185	Y	2	191	-346	-374	2,379	6,420	0.38	可
	S70B-1	50362	X	8	862	-66	-888	3,080	4,785	0.65	可
	S70B-1-PW	30411	X	6	155	-110	436	884	4,785	0.19	可
	S70B-2	30385	X	1	568	-326	-453	2,915	9,570	0.31	可
	S70C-1	50409	Y	8	2,028	-193	-998	6,176	9,570	0.65	可
	S70C-1-PW	50568	X	6	490	-297	2,002	5,608	9,570	0.59	可
	S70C-2	50382	Y	8	2,474	-134	-1,628	7,453	14,355	0.52	可
	S65-1	20593	X	6	289	-85	874	2,275	3,210	0.71	可
	S65-2	20378	Y	6	-157	-242	38	1,263	6,420	0.20	可
	S30A-1	60040	Y	4	1,094	-8	-150	1,869	2,535	0.74	可
	S30A-2	60117	X	6	-53	-8	-918	1,342	2,535	0.53	可

第 5-6 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
壁	TW200A-1	11867	横筋	1	0.881	2.36	0.38	可
	TW200B-1	11390	縦筋	7	0.896	1.18	0.76	可
	TW200B-2	11391	縦筋	7	0.728	1.18	0.62	可
	TW150A-1	41825	縦筋	4	0.574	1.61	0.36	可
	TW150A-2	41670	縦筋	6	0.535	1.62	0.34	可
	TW150B-1	42246	縦筋	2	0.134	1.43	0.10	可
	TW100A-1	31713	縦筋	1	0.973	1.72	0.57	可
	TW100A-2	31712	縦筋	1	0.439	1.18	0.38	可
	TW100B-1	31336	縦筋	8	0.922	1.98	0.47	可
	TW100B-2	21370	縦筋	5	0.652	2.36	0.28	可
	TW100C-1	31779	縦筋	1	0.755	1.65	0.46	可
	TW70A-1	31608	縦筋	3	0.820	1.82	0.46	可
	TW70A-2	41872	縦筋	3	0.840	1.56	0.54	可
	TW70B-1	42012	縦筋	1	1.05	1.69	0.63	可
	TW50A-1	51376	縦筋	2	0.492	1.18	0.42	可
	TW50A-2	51192	縦筋	4	0.405	1.18	0.35	可
	TW50B-1	51318	縦筋	4	0.258	1.18	0.22	可
	TW30A-1	41863	縦筋	4	0.502	1.18	0.43	可
	TW30A-2	41260	縦筋	7	0.237	1.18	0.21	可
	TW30B-1	51116	縦筋	8	0.254	1.19	0.22	可

第 5-6 表 断面の評価結果（面外せん断応力度）（2/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
床 ・ 屋根	S100A-1	40384	X	1	1.74	2.36	0.74	可
	S100A-2-PW	40261	Y	1	0.851	2.63	0.33	可
	S70A-1	20183	X	1	0.812	1.53	0.54	可
	S70A-2	20185	Y	1	1.05	2.00	0.53	可
	S70B-1	30185	Y	2	1.30	1.97	0.66	可
	S70B-1-PW	30411	X	1	1.64	2.63	0.63	可
	S70B-2	30702	Y	5	0.392	1.48	0.27	可
	S70C-1	50541	X	4	0.956	1.22	0.79	可
	S70C-1-PW	50568	X	4	1.08	1.86	0.59	可
	S70C-2	50408	Y	4	0.783	1.62	0.49	可
	S65-1	20383	Y	6	0.841	1.70	0.50	可
	S65-2	20378	Y	5	0.624	1.67	0.38	可
	S30A-1	60091	X	2	0.559	1.27	0.45	可
	S30A-2	60142	Y	2	0.527	1.23	0.43	可

# 通信端末の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-2-1

玄海原子力発電所第3号機

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 2
2.1 構造の説明 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 2
2.2 評価方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 6
3. 加振試験 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 7
3.1 基本事項 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 7
3.2 設計用地震力 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 7
4. 機能維持評価 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 8
4.1 機能維持評価方法 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 8
5. 評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 12
5.1 重大事故等対処施設としての評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 2 - 1 - 12

## 1. 概 要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、通信端末が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は機能維持評価により行う。

通信端末は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。



## 2. 基本方針

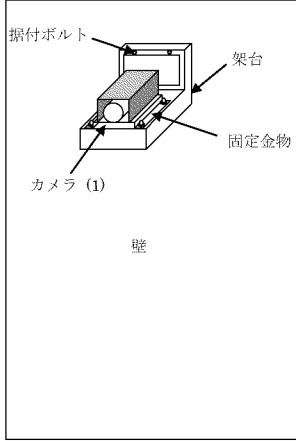
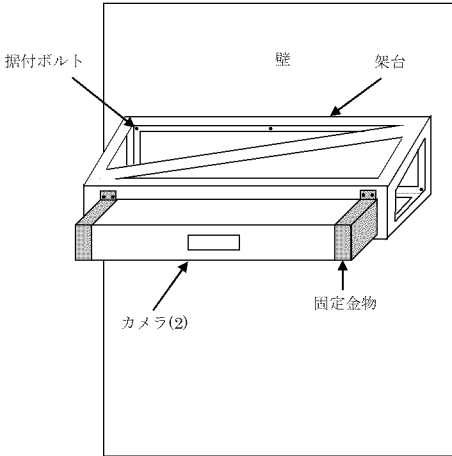
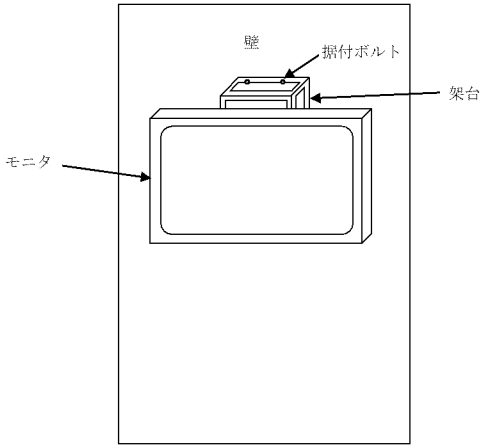
### 2.1 構造の説明

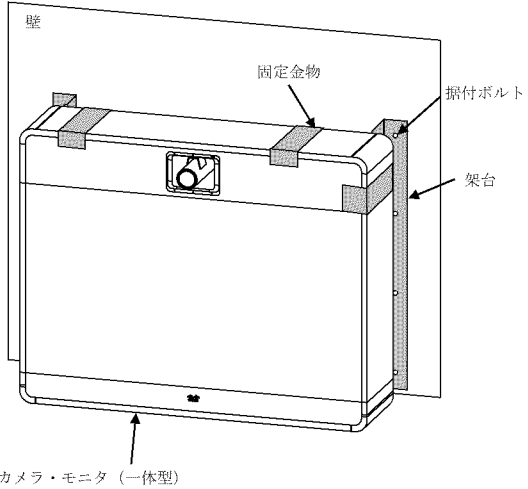
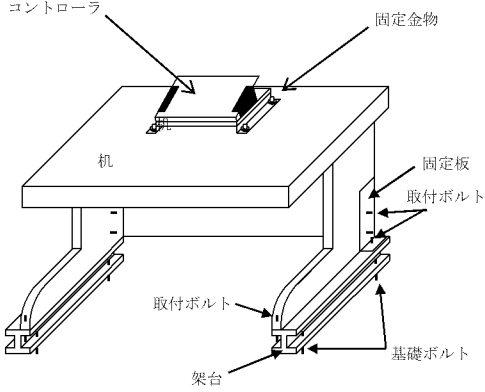
通信端末の構造計画を第 2-1 表に示す。通信端末は、IP 電話、衛星通信装置（電話）、IP-FAX（地上・衛星）及びテレビ会議システムで構成される。

第 2-1 表 通信端末の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
IP 電話 (固定金物)	IP 電話機	IP 電話機を固定金物にて机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床面に据え付ける。	<p>The diagram illustrates the installation of an IP phone on a desk. The IP phone is mounted on the desk surface using a fixed metal bracket. The desk is attached to a stand using a fixed plate and mounting bolts. The stand is secured to the floor with foundation bolts.</p>
IP 電話 (電話台)	IP 電話機	IP 電話機を電話台に固定し、電話台を机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床面に据え付ける。	<p>The diagram illustrates the installation of an IP phone on a desk using a phone stand. The IP phone is mounted on a phone stand, which is then fixed to the desk surface. The desk is attached to a stand using a fixed plate and mounting bolts. The stand is secured to the floor with foundation bolts.</p>

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
IP 電話 (引出内固定)	IP 電話機	IP 電話機を固定金物にて机の引出内に固定する。 また、机は固定治具及び据付ボルトにて壁面に据え付ける。	<p>IP 電話機 壁 机 固定金物 引出 据付ボルト 固定板</p>
衛星通信装置 (電話)	固定電話機	固定電話機を固定金物にて机引出内に固定する。 また、机は固定板及び据付ボルトにて壁面に据え付ける。	<p>固定電話機 壁 机 固定金物 引出 据付ボルト 固定板</p>
IP-FAX (地上・衛星)	IP-FAX	IP-FAX は固定治具にて架台に固定する。 また、架台は基礎ボルトにて床面に据え付ける。	<p>IP-FAX 固定治具 架台 基礎ボルト</p>

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
TV 会議システム	カメラ (1)	カメラを固定金物にて架台に固定する。 また、架台を据付ボルトにて壁面に据え付ける。	
	カメラ (2)	カメラを固定金物及び取付ボルトにて架台に固定する。 また、架台を据付ボルトにて壁面に据え付ける。	
	モニタ	モニタを取付ボルトにて架台に固定する。 また、架台を据付ボルトにて壁面に据え付ける。	

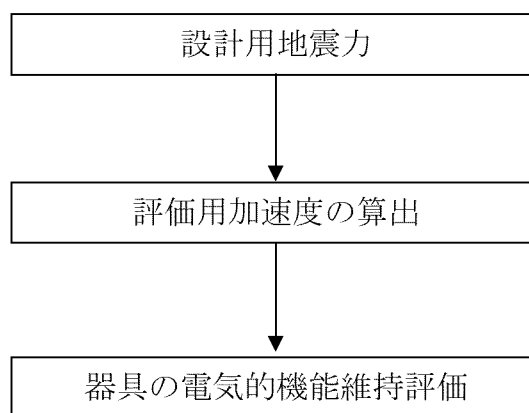
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
TV 会議システム	カメラ・モニター（一体型）	カメラ・モニター（一体型）を固定金物及び取付ボルトにて架台に固定する。 また架台を取付ボルトにて壁面に据え付ける。	
	コントローラ	コントローラを固定金物にて机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床面に据え付ける。	

## 2.2 評価方針

通信端末の機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 加振試験」及び「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

通信端末の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

通信端末の耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 通信端末の耐震評価フロー

### 3. 加振試験

#### 3.1 基本事項

通信端末について、設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

#### 3.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動 ( $S_s-1$  から  $S_s-5$ ) に対する設計用床応答曲線を上回るように設定
- ・加振方向 : 水平 (前後) + 水平 (左右) + 鉛直の 3 方向同時

建屋及び床面高さ(m)	加振方向		最大床加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
緊急時対策棟 EL. 25.30	水平	前後	0.86
		左右	0.86
	鉛直		0.61
緊急時対策棟 EL.30.75	水平	前後	1.21
		左右	1.21
	鉛直		0.70

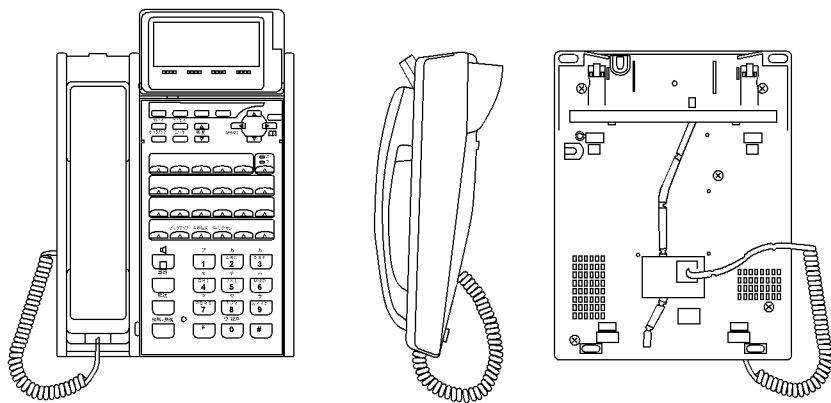
#### 4. 機能維持評価

通信端末の地震時及び地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

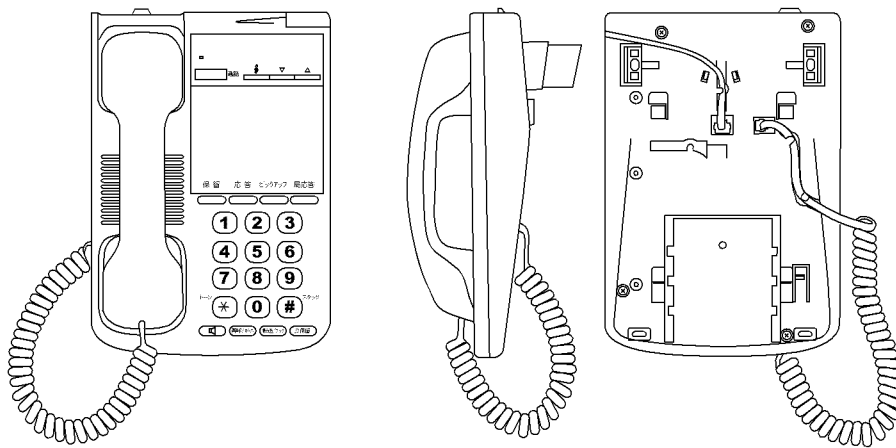
##### 4.1 機能維持評価方法

通信端末の機能維持評価方法は、対象機器設置床における最大床加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認した加振波の最大加速度を適用する。評価する器具の外形図を第 4-1 図～第 4-4 図に示す。

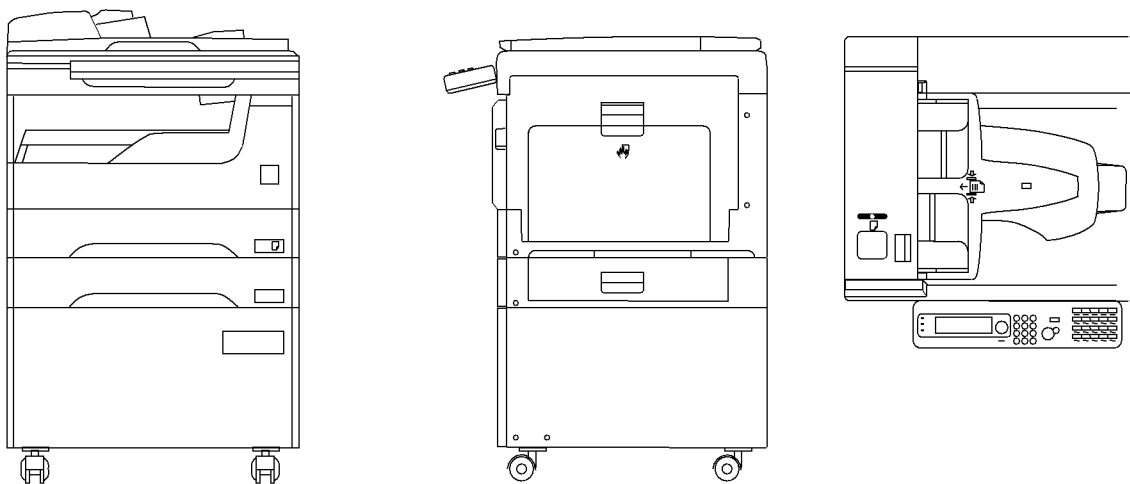
なお、評価用加速度は最大床加速度を使用する。



第 4-1 図 IP 電話 外形図

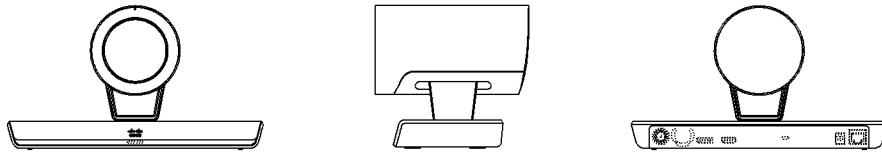


第 4-2 図 衛星通信装置（電話） 外形図

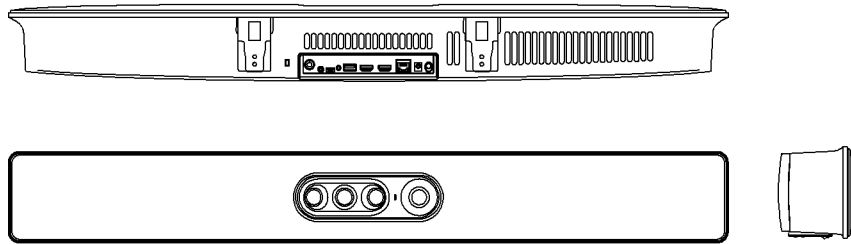


第 4-3 図 IP-FAX（地上・衛星）外形図

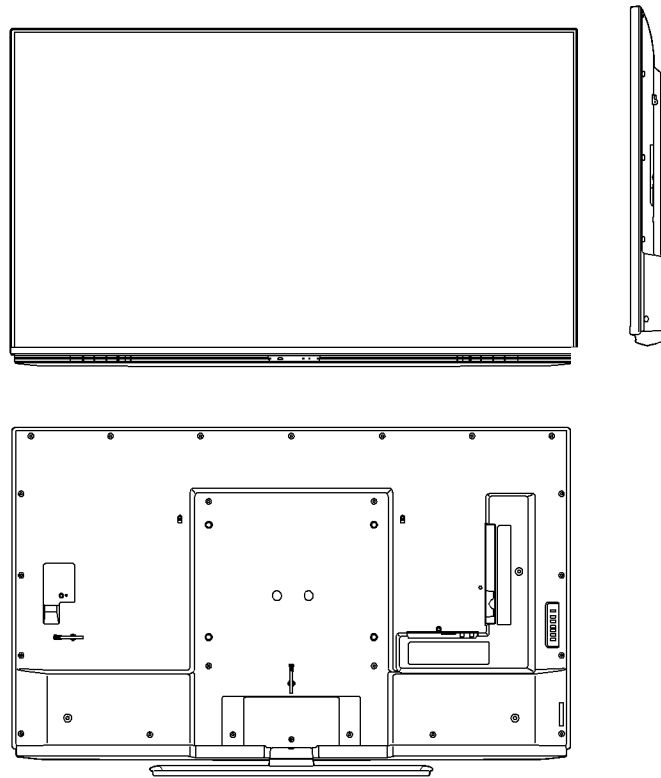




カメラ (1)

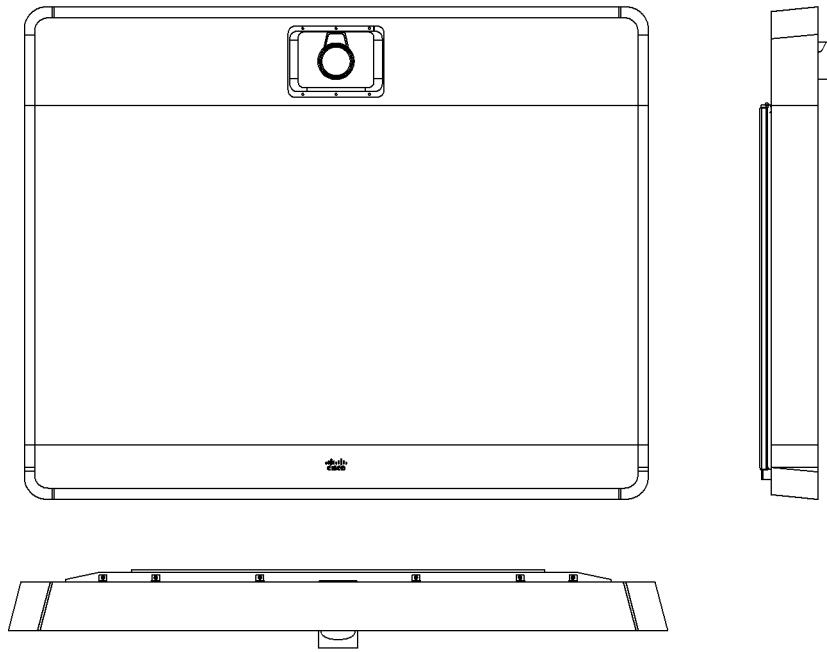


カメラ (2)

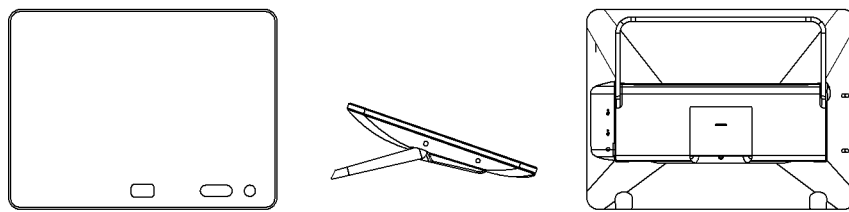


モニタ

第4-4図 テレビ会議システム 外形図 (1/2)



カメラ・モニタ（一体型）



コントローラ

第4-4図 テレビ会議システム 外形図 (2/2)

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処施設としての評価結果

通信端末の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。  
評価用加速度は機能確認済加速度を満足しており、耐震性を有することを確認した。

電氣的機能維持評価結果を第 5-1 表に示す。

第5-1表 電氣的機能維持評價結果（重大事故等対処施設）（1/2）

評価対象設備	加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済加速度との比較		詳細 評価
				評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
IP 電話 (固定金物)	加振台	水平	前後	0.86	2.07	-
			左右	0.86	2.07	
		鉛直	0.61	1.99		
IP 電話 (電話台)	加振台	水平	前後	0.86	1.82	-
			左右	0.86	1.82	
		鉛直	0.61	1.50		
その他	加振台	水平	前後	1.21	2.58	-
			左右	1.21	2.58	
		鉛直	0.70	1.54		
衛星通信装置（電話）	加振台	水平	前後	1.21	2.58	-
			左右	1.21	2.58	
		鉛直	0.70	1.54		
IP-FAX（地上・衛星）	加振台	水平	前後	0.86	1.82	-
			左右	0.86	1.82	
		鉛直	0.61	1.55		
計測制御系統施設						

第5-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（2/2）

評価対象設備	加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済加速度との比較		詳細 評価
				評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
計測制御系統施設	カメラ (1)	水平	前後	1.21	2.35	—
			左右	1.21	2.35	
		鉛直	0.70	1.41		
	カメラ (2)	水平	前後	1.21	2.31	—
			左右	1.21	2.31	
		鉛直	0.70	1.40		
テレビ会議 システム その他	加振台	水平	前後	1.21	2.35	—
			左右	1.21	2.35	
		鉛直	0.70	1.41		
	カメラ・モニタ (一体型)	水平	前後	1.21	2.35	—
			左右	1.21	2.35	
		鉛直	0.70	1.42		
コントローラ	水平	前後	0.86	1.88	—	
		左右	0.86	1.88		
	鉛直	0.61	1.07			

# 衛星アンテナの耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-3-3

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 17 - 1 - 3 - 3 - 1
2. 評価内容 .....	12 (3) - 17 - 1 - 3 - 3 - 1

## 1. 概 要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

衛星アンテナは、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

## 2. 評価内容

耐震評価は資料 12-17-1-2-4「衛星アンテナの耐震計算書」による。



# 無線連絡設備の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-4

玄海原子力発電所第3号機

# 無線通話装置の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-4-1

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 1
2.1 構造の説明 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 1
2.2 評価方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 2
3. 加振試験 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 3
3.1 基本事項 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 3
3.2 設計用地震力 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 3
4. 機能維持評価 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 4
4.1 機能維持評価方法 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 4
5. 評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 5
5.1 重大事故等対処施設としての評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 1 - 5

## 1. 概要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、無線通話装置が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は機能維持評価により行う。

無線通話装置は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、代表として、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

無線通話装置の構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 無線通話装置の構造計画

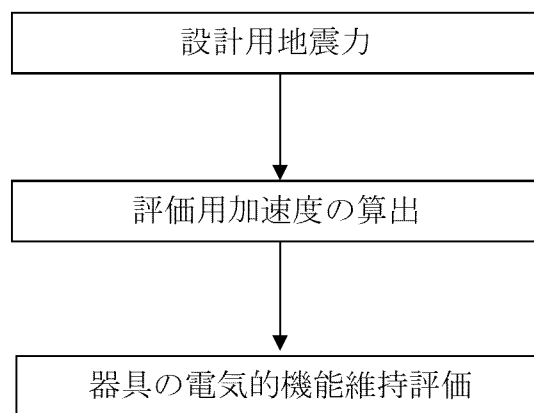
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
無線通話装置	無線通話装置	無線通話装置を固定金物にて机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床に据え付ける。	

## 2.2 評価方針

無線通話装置の機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 加振試験」及び「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

無線通話装置の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

無線通話装置の耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 無線通話装置の耐震評価フロー

### 3. 加振試験

#### 3.1 基本事項

無線通話装置について、設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

#### 3.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動( $S_s-1$  から  $S_s-5$ )に対する設計用床応答曲線を上回るように設定
- ・加振方向 : 水平 (前後) + 鉛直、水平 (左右) + 鉛直

建屋及び床面高さ(m)	加振方向		最大加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
緊急時対策棟 EL.25.30	水平	前後	0.86
		左右	0.86
	鉛直		0.61

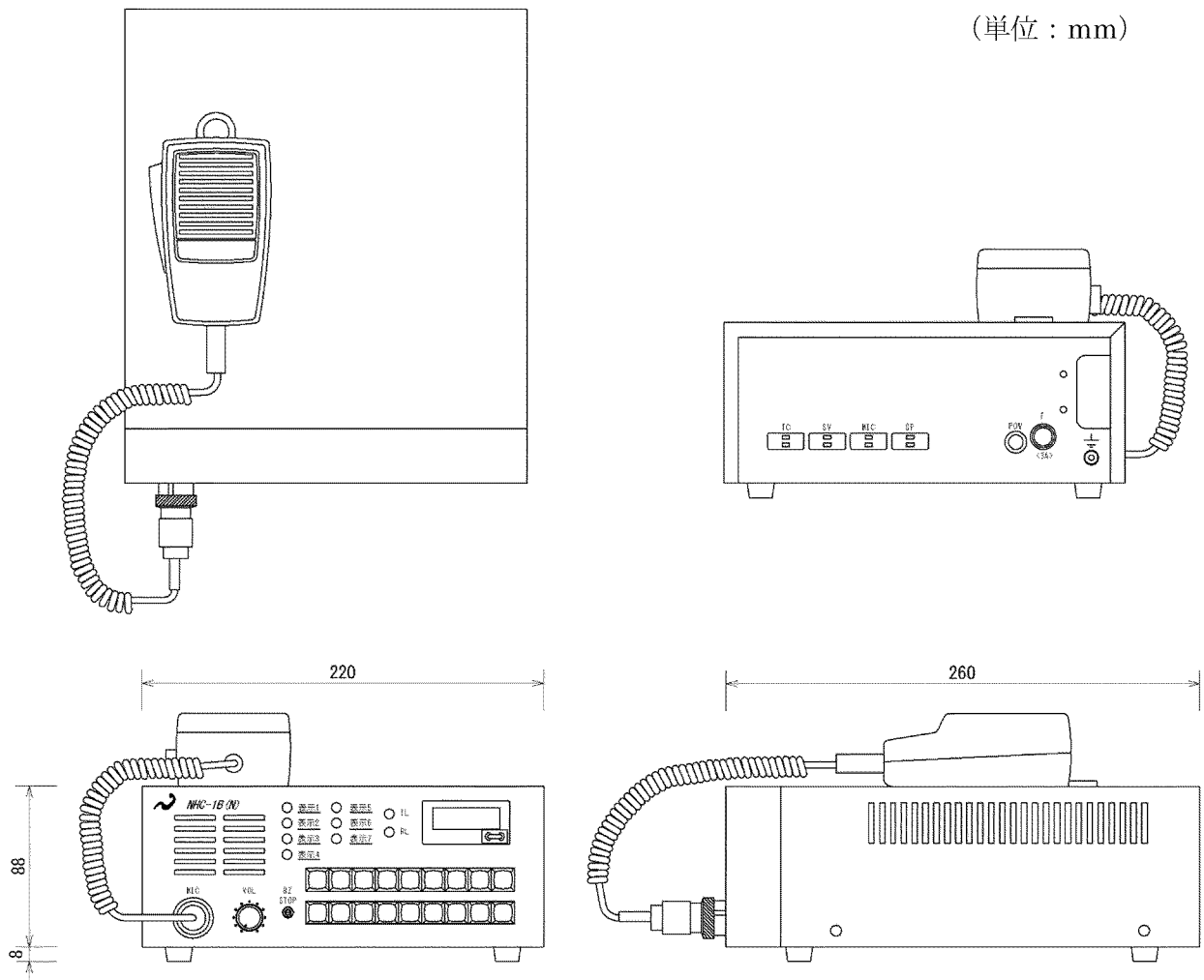
#### 4. 機能維持評価

無線通話装置の地震時及び地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

##### 4.1 機能維持評価方法

無線通話装置の機能維持評価方法は、対象機器設置床における最大床加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認した加振波の最大加速度を適用する。評価する器具の外形図を第4-1図に示す。

なお、評価用加速度は最大床加速度を使用する。



第4-1図 無線通話装置 外形図

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処施設としての評価結果

無線通話装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度を満足しており、耐震性を有することを確認した。

電氣的機能維持評価結果を第 5-1 表に示す。



第5-1表 電氣的機能維持評價結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備	加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済加速度との比較		詳細評価
		評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			
計測制御系統施設	加振台	水平	前後	0.86	1.82	—
			左右	0.86	1.82	
		鉛直		0.61	1.55	

## 通信連絡設備収容盤(1)、(2)、(3)の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-4-2

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 2 - 1
2. 評価内容 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 2 - 1

## 1. 概 要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、通信連絡設備収容盤(1)、(2)、(3)が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

通信連絡設備収容盤(1)、(2)、(3)は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

## 2. 評価内容

耐震評価は資料 12-17-1-2-2「通信連絡設備収容盤(1)、(2)、(3)の耐震計算書」による。

# 無線通話装置用アンテナの耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12・17・1・4・3

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 2
2.1 構造の説明 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 2
2.2 評価方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 3
3. 耐震評価箇所 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 4
4. 地震応答解析及び応力評価 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 5
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 6
4.3 設計用地震力 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 9
4.4 解析モデル及び諸元 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 10
4.5 固有値 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 15
4.6 応力評価方法 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 17
4.7 応力評価条件 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 18
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 19
5.1 機能維持評価方法 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 19
6. 評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 20
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果 .....	12 (3) - 17 - 1 - 4 - 3 - 20

## 1. 概 要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線通話装置用アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

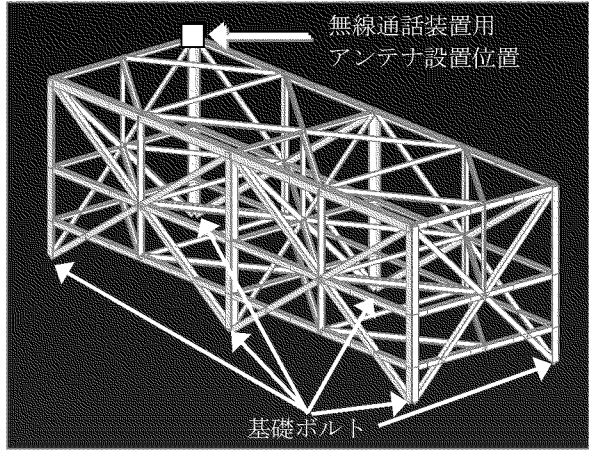
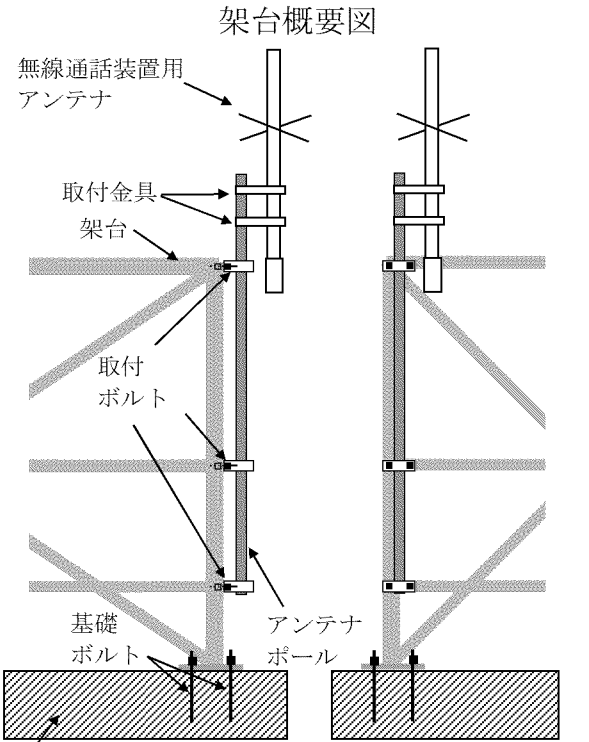
無線通話装置用アンテナは、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

資料 12-11「機器・配管の耐震支持方針」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した無線通話装置用アンテナの構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 無線通話装置用アンテナの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
無線通話装置用アンテナ	垂直自立型	無線通話装置用アンテナを取付金具にてアンテナポールに取り付ける。 また、アンテナポールを取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて基礎面に据え付ける。	 <p>無線通話装置用アンテナ設置位置</p> <p>基礎ボルト</p> <p>架台概要図</p>  <p>無線通話装置用アンテナ</p> <p>取付金具</p> <p>架台</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>アンテナポール</p> <p>基礎</p> <p>側面図</p> <p>正面図</p> <p>無線通話装置用アンテナ取付け概要図</p>

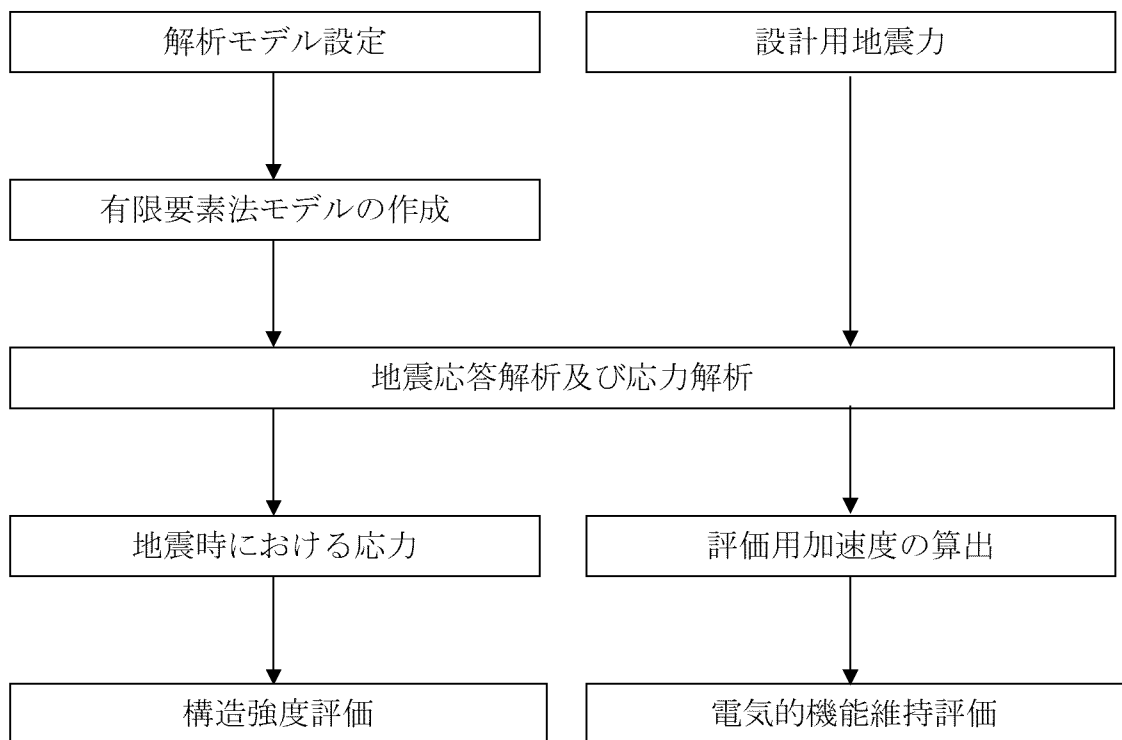


## 2.2 評価方針

無線通話装置用アンテナの応力評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す無線通話装置用アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、無線通話装置用アンテナの機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

無線通話装置用アンテナの耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

無線通話装置用アンテナの耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 無線通話装置用アンテナの耐震評価フロー

### 3. 耐震評価箇所

無線通話装置用アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト、取付ボルトを選定して実施する。無線通話装置用アンテナの耐震評価箇所については、第 2-1 表の説明図に示す。

## 4. 地震応答解析及び応力評価

### 4.1 基本方針

- (1) 無線通話装置用アンテナの固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある 3 次元 FEM モデルによる解析手法を適用する。
- (2) 架台及びアンテナポールを構成する鋼材をはり要素としてモデル化し、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (3) 解析コードは FEMAP with NX Nastran を使用する。なお、評価に用いる解析コード FEMAP with NX 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。
- (4) 境界条件として、架台は基礎ボルトを弾性体としてモデル化し第 4-1 図の△の節点について床側端部を完全拘束する。無線通話装置用アンテナは取付ボルトで固定された第 4-3 図の△の節点について 3 成分の変位を拘束し、最下の取付ボルト位置の節点は鉛直軸回りの回転も拘束する。
- (5) 取付器具は、取付位置に質量要素として付加する。
- (6) 許容応力について JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、付録材料図表で比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお同表に記載が無く建築基準法に記載されている材料は建築基準法の値を用いる。
- (7) 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

無線通話装置用アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態を第 4-1 表に示す。

### 4.2.2 許容応力

無線通話装置用アンテナの許容応力を第 4-2 表に示す。

### 4.2.3 使用材料の許容応力

無線通話装置用アンテナの使用材料の許容応力を第 4-3 表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分	機器名称	設備分類	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	無線通話装置用アンテナ <sup>(注1)</sup>	常設重大事故 緩和設備	$D + P_D + M_D + S_s + P_k + P_s$ <sup>(注2)</sup>	IV <sub>AS</sub>
			$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$	

(注1) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注2) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)</sup> <sup>(注2)</sup> (ボルト以外)				許容限界 <sup>(注2)</sup> (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *

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

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第4-3表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

評価部位	材 料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)	摘 要
基礎ボルト	SD345	40 (雰囲気温度)	345	490	343	呼径 M16
取付ボルト	SS400		245	400	280	呼径 M12

### 4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4-4 表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 12-6「地震応答解析の基本方針」第 3-1 表に記載の減衰定数を用いる。

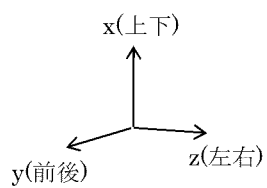
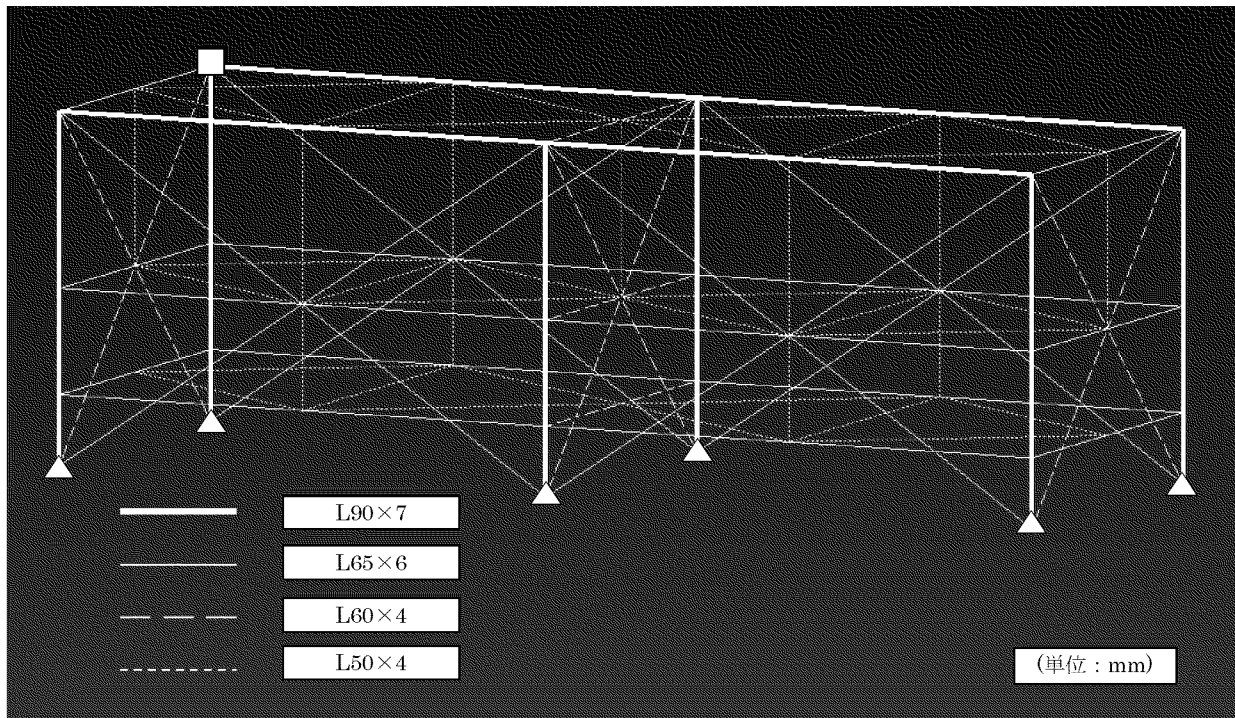
第 4-4 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
		建屋 及び高さ (m)	方 向	減衰定数 (%)	
基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL. 42.70	緊急時 対策棟 EL. 42. 70	水平	1.0	水平方向は Ss-1 及び Ss-5 並びに各々の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1 及び Ss-5 の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### (1) 架台

解析モデルは、架台を構成する鋼材をはり要素として、無線通話装置用アンテナ、アンテナポール及び取付金具の質量を質量要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルである。解析モデルを第 4-1 図に、解析モデルの諸元を第 4-5 表に示す。



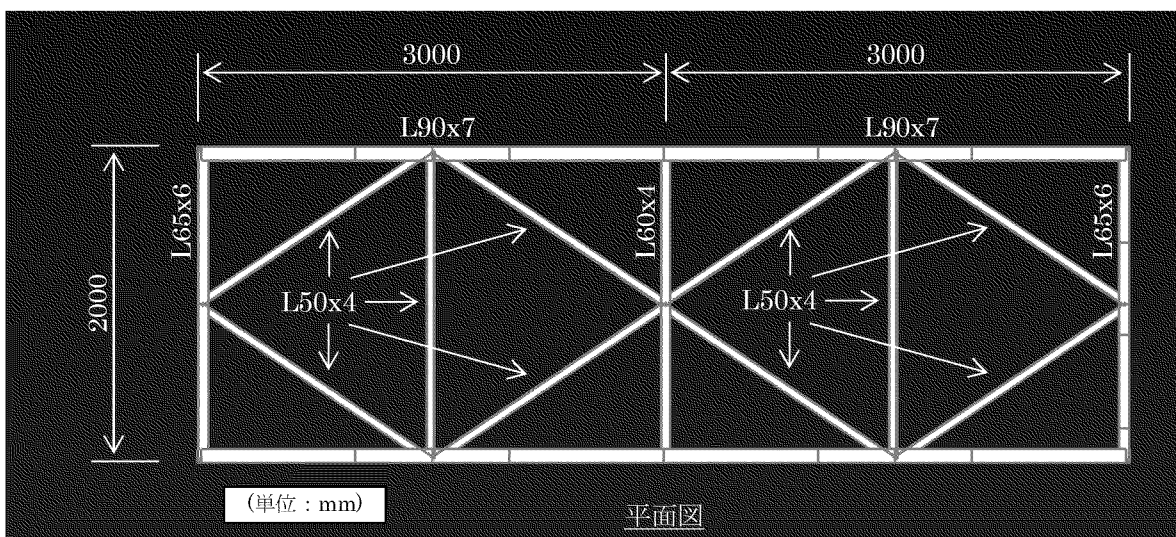
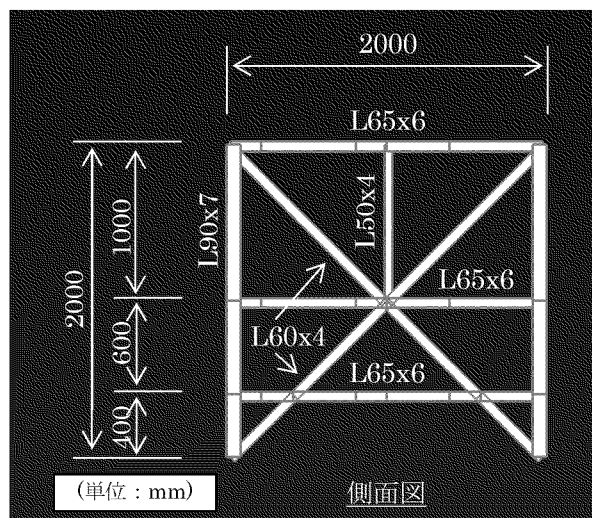
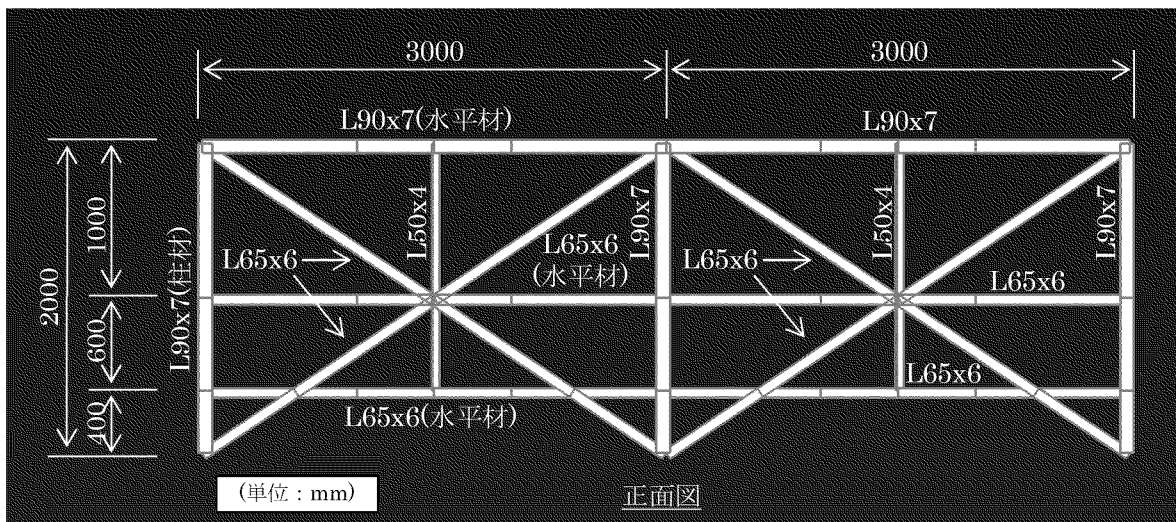
(注) 図中の△は拘束節点を示し、□は無線通話装置用アンテナと取付金具の質量付加位置を表す。

第 4-1 図 架台の解析モデル



第 4-5 表 架台の解析モデルの諸元

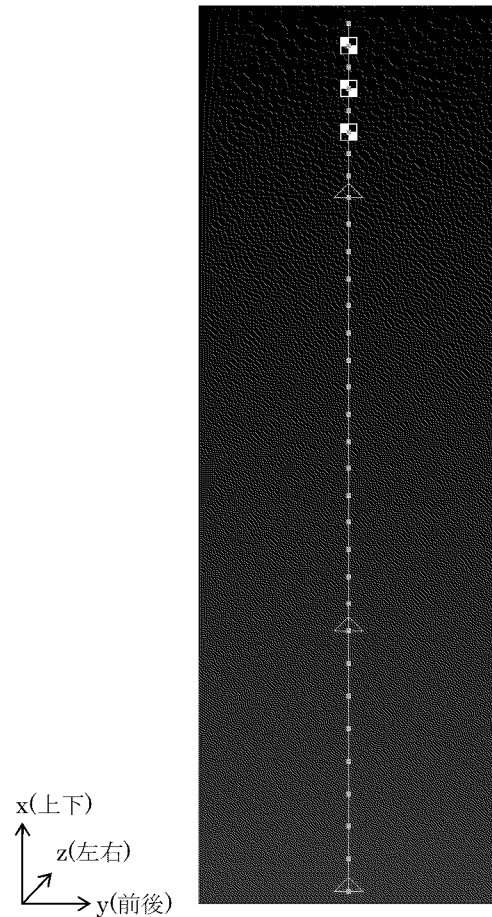
項目		記号	単位	数値等
材質	等辺山形鋼	—	—	SS400
	基礎ボルト	—	—	SD345
温度条件 (雰囲気温度)		T	°C	40
縦弾性係数		E	MPa	$2.017 \times 10^5$
ポアソン比		$\nu$	—	0.3
寸法	架台	—	—	第 4-2 図
	基礎ボルト	—	—	M16×300mm×4 本/脚
要素数		—	—	190
節点数		—	—	92



第 4-2 图 架台 外形图

(2) アンテナポール

解析モデルは、アンテナポールをはり要素、無線通話装置用アンテナ及び取付金具を質量要素にてモデル化した、3次元 FEM モデルである。解析モデルを第 4-3 図に、解析モデルの諸元を第 4-6 表に示す。

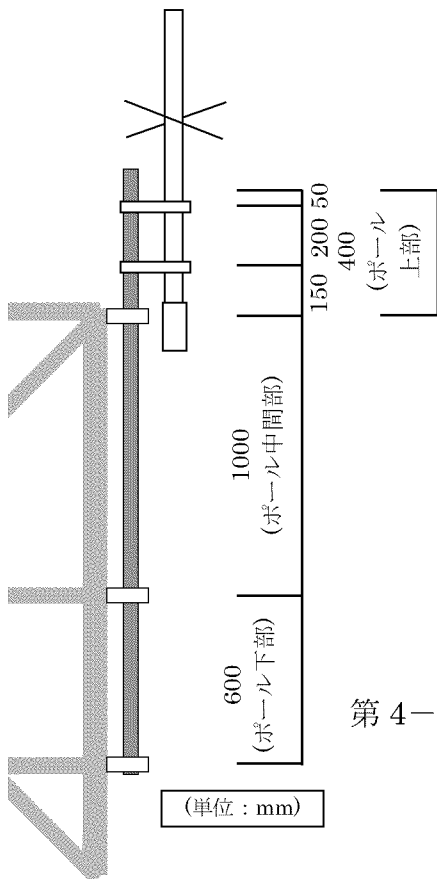


(注) 図中の△は拘束節点を示し、□は無線通話装置用アンテナと取付金具の質量付加位置を表す。

第 4-3 図 アンテナポールの解析モデル

第4-6表 アンテナポールの解析モデルの諸元

項目	記号	単位	数値等
材質 (アンテナポール)	—	—	STK400
材料密度 (アンテナポール)	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	7850
器具質量 (移動無線アンテナ)	$W_a$	kg	2.5
器具質量 (取付金具)	$W_b$	kg	0.7
アンテナポールの縦弾性係数	E	MPa	2.017×10 <sup>5</sup>
アンテナポールの外径	d	mm	48.6
アンテナポールの肉厚	t	mm	3.2
アンテナポールの断面積	A	m <sup>2</sup>	0.00045641
アンテナポールの 断面二次モーメント	I	m <sup>4</sup>	1.1818×10 <sup>-7</sup>
雰囲気温度条件	—	°C	40
寸法	—	—	第4-4図
要素数	—	個	32
節点数	—	個	33



要素分割数	Z 座標(m)	搭載物	質量(kg)
—	2.000	—	—
1	1.950	取付金具	0.7
2	1.850	移動無線アンテナ	2.5
2	1.750	取付金具	0.7
3	1.600	—	—
16	0.600	—	—
8	0.000	—	—

第4-4図 アンテナポール 外形図

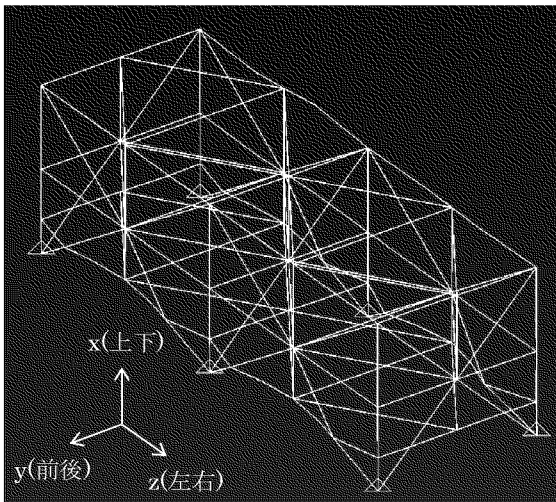
## 4.5 固有値

### (1) 架台

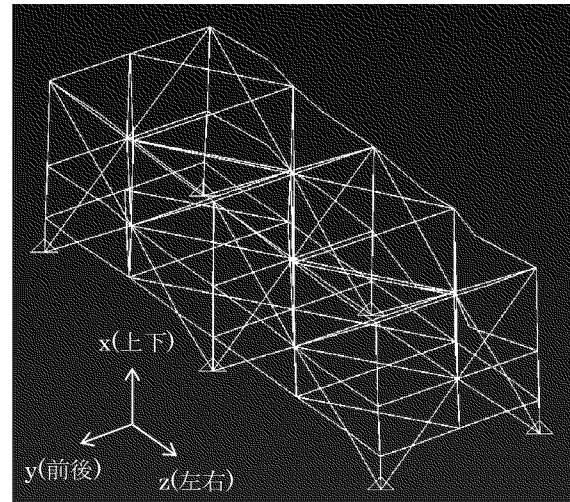
架台の固有振動数を第 4-7 表に、振動モード図を第 4-5 図～第 4-7 図に示す。

第 4-7 表 固有振動数

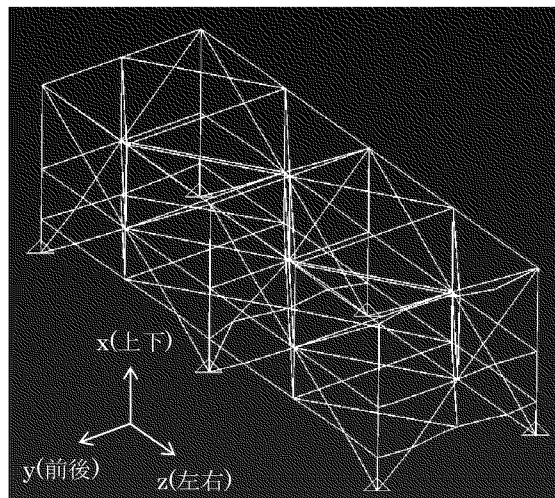
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		X (上下) 方向	Y (前後) 方向	Z (左右) 方向	
1	41.24	0.5364	-14.7862	0.0563	水平材
2	61.24	-3.8216	4.4179	1.0866	水平材
3	72.03	4.4091	-0.3723	24.1470	水平材



第 4-5 図 振動モード  
(y 方向振動モード)



第 4-6 図 振動モード  
(x 方向振動モード)



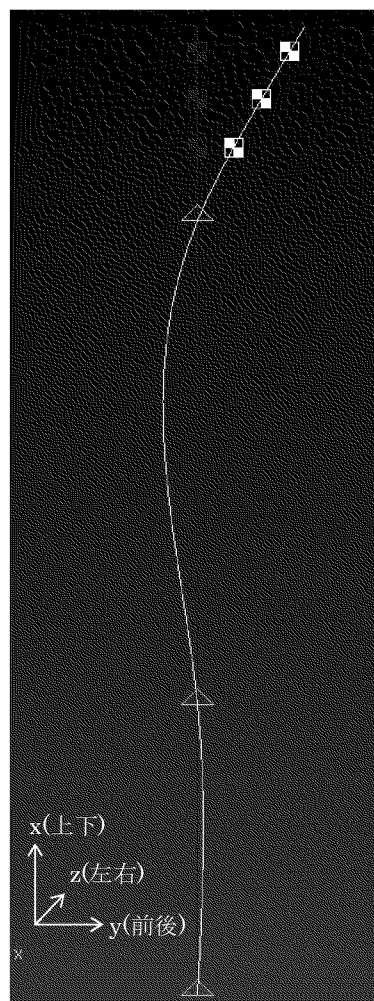
第 4-7 図 振動モード  
(z 方向振動モード)

(2) アンテナポール

アンテナポールの固有振動数を第4-8表に、振動モード図を第4-8図に示す。

第4-8表 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		X (上下) 方向	Y (前後) 方向	Z (左右) 方向	
1	56.36	-2.2028	-2.2028	0.0000	無線通話装置 用アンテナ及 びポール上部



第4-8図 振動モード (1次モード)

## 4.6 応力評価方法

### 4.6.1 基礎ボルト及び取付ボルト

FEM 解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を計算する。

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 $\sigma_{bt}$	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$
せん断応力 $\tau_b$	MPa	$\frac{F_y}{A_b} + \frac{F_z}{A_b}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$

ここで、

記号	記号の説明	単位	評価部位	加速度の方向	数値
$F_x$	ボルト 1 本あたりに作用する引張力	N	基礎ボルト	左右+鉛直	6846
				前後+鉛直	9044
			取付ボルト	前後+鉛直	600
$F_y$	ボルト 1 本あたりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	基礎ボルト	前後+鉛直	3548
			取付ボルト	左右+鉛直	600
$F_z$	ボルト 1 本あたりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	基礎ボルト	左右+鉛直	4098
				取付ボルト	左右+鉛直
			前後+鉛直		220
$A_b$	ボルト 1 本あたりの断面積	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト	—	157
			取付ボルト	—	113

#### 4.7 応力評価条件

##### (1) 応力計算条件

項目		記号	単位	数値等
材質	基礎ボルト	—	—	SD345
	取付ボルト	—	—	SS400
寸法	基礎ボルト	—	—	M16×300mm×4本/脚
	取付ボルト	—	—	M12×2本

##### (2) 設計用加速度

方 向	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平（前後・左右）	2.93
鉛直	0.96

(注) 固有値解析結果より、固有振動数が 30Hz 以上であることを確認したため、設計用加速度には最大床加速度の 1.2 倍を使用する。



## 5. 機能維持評価

無線通話装置用アンテナの地震時及び地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

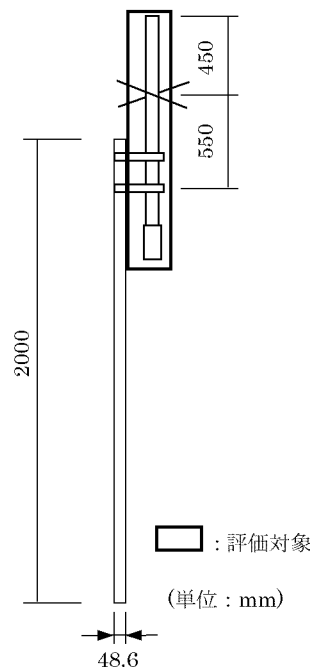
### 5.1 機能維持評価方法

無線通話装置用アンテナの評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、無線通話装置用アンテナ単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を第 5-1 表に、無線通話装置用アンテナ外形図を第 5-1 図に示す。

なお、固有値解析結果より、架台及びアンテナポールの固有振動数が 30Hz 以上であることを確認したため、評価用加速度は最大床加速度を使用する。

第 5-1 表 機能確認済加速度

機器名称	方向	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
無線通話装置用アンテナ	水平	10.0
	鉛直	10.0



第 5-1 図 無線通話装置用アンテナ外形図

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

無線通話装置用アンテナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

基準地震動  $S_s$  に対する応力評価結果を第 6-1 表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第 6-2 表に示す。また、最大応力発生箇所を第 6-1 図及び第 6-2 図に示す。

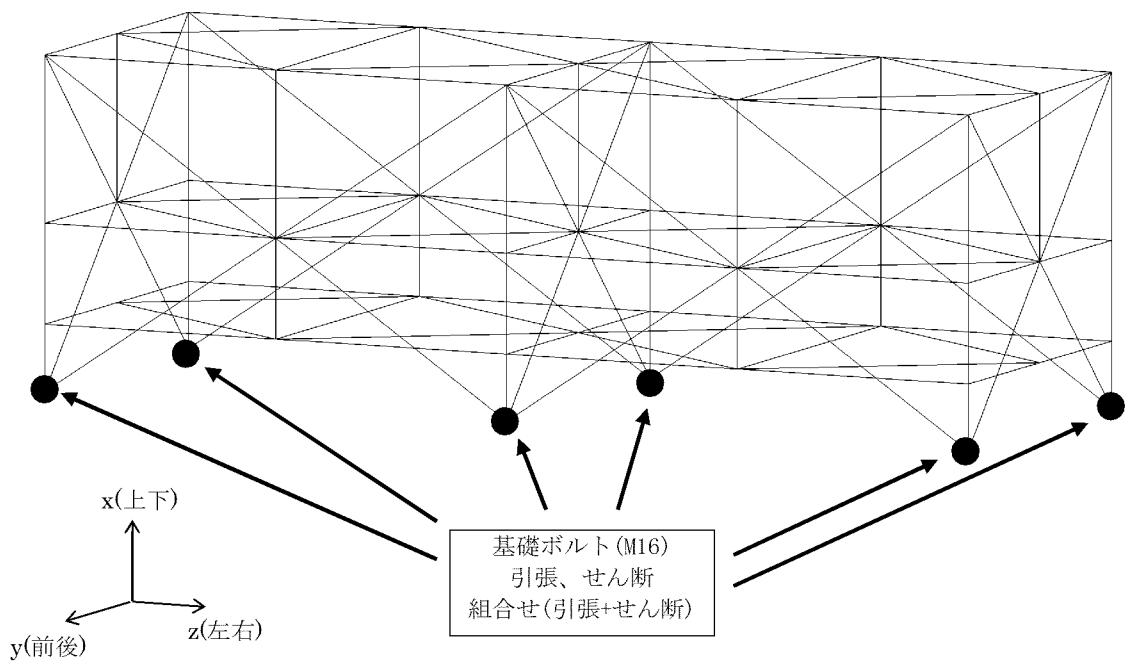
第6-1表 基準地震動  $S_s$  による評価結果 ( $D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_k+P_s$ )

評価対象設備	評価部位	応力分類	加速度の方向	発生値		評価基準値
				MPa	MPa	
計測制御系統施設	無線通話装置用アンテナ	引張応力	左右+鉛直	44	257	
			前後+鉛直	58		
		せん断応力	左右+鉛直	27	198	
			前後+鉛直	23		
		組合せ応力	左右+鉛直	44	257 <sup>(注)</sup>	
			前後+鉛直	58		
その他	基礎ボルト	引張応力	前後+鉛直	6	210	
			左右+鉛直	8		
		せん断応力	前後+鉛直	2	161	
			左右+鉛直	6		

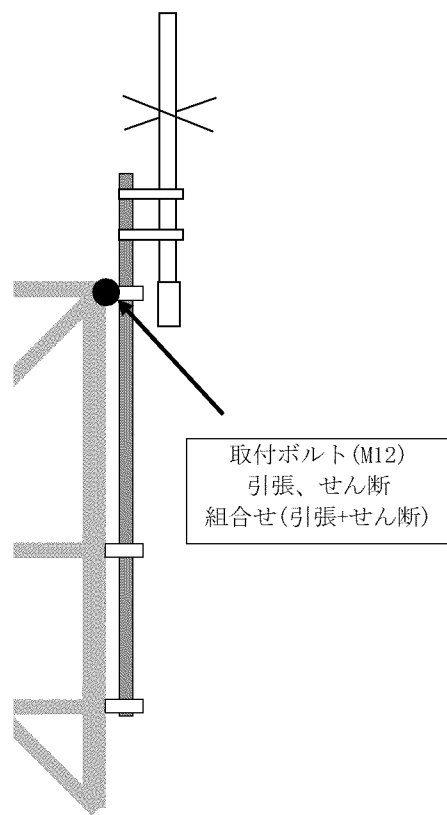
(注) 引張応力( $\sigma_{bt}$ )とせん断応力( $\tau_b$ )との組合せ応力の評価基準値は  $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6\sigma_b, 1.5f_t^*)$  とする

第6-2表 電氣的機能維持評價結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備	機能確認済加速度との比較						詳細評価
	加速度確認部位	水平加速度(×9.8m/s <sup>2</sup> )		鉛直加速度(×9.8m/s <sup>2</sup> )		機能確認済加速度	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度		
計測制御系統施設 その他 無線通話装置用アンテナ 無線通話装置用アンテナ	—	2.44	10.0	0.80	10.0	10.0	—



第 6-1 図 架台の最大応力発生箇所



第 6-2 図 アンテナポールの最大応力発生箇所

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

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-18

玄海原子力発電所第 3 号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 18 - 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 .....	12 (3) - 18 - 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 による影響評価結果 .....	12 (3) - 18 - 1
3.1 建物・構築物 .....	12 (3) - 18 - 1
3.2 機器・配管系 .....	12 (3) - 18 - 31
4. まとめ .....	12 (3) - 18 - 35

## 1. 概要

本資料は、資料 12-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」及び資料 12-8「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の組合せにより、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

## 2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、玄海原子力発電所の基準地震動  $S_s-1$ ～ $S_s-5$  を用いる。基準地震動  $S_s$  については、資料 12-2「基準地震動  $S_s$  の概要」による。

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

### 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による影響評価部位の抽出

##### (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、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）の各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第 3-1 表に示す。

##### (2) 応答特性の整理

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

##### (3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

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

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位として、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎を抽出した。



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」する部位として緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地下外壁を抽出した。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

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

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生」する部位として、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が必要な部位は抽出されなかった。

(5) 3次元 FEM モデルによる精査

3次元的な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を含め、耐震評価部位全般について、局所応答の観点から、3次元 FEM モデルによる精査を行った。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、各方向にバランスよく耐震壁が配置され、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、構造特性については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において局所応答の検討を行った原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋と類似している。したがって、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の知見を用いて、局所応答に対する3次元 FEM モデルによる精査を行った。

3次元 FEM モデルを用いた精査の結果、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建屋が有する耐震性への影響は想定されず、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必要がある部位は抽出されなかったとしている。

以上より、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の各建屋についても、局

所応答については、有する耐震性への影響は想定されないことから、水平  
2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う必要がある部位  
は抽出しない。精査した結果を第 3-6 表に示す。

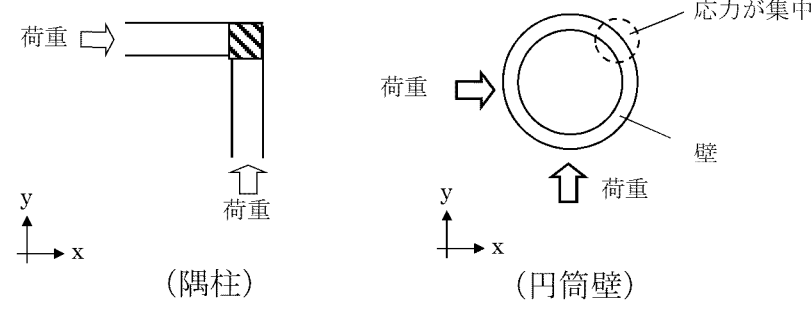
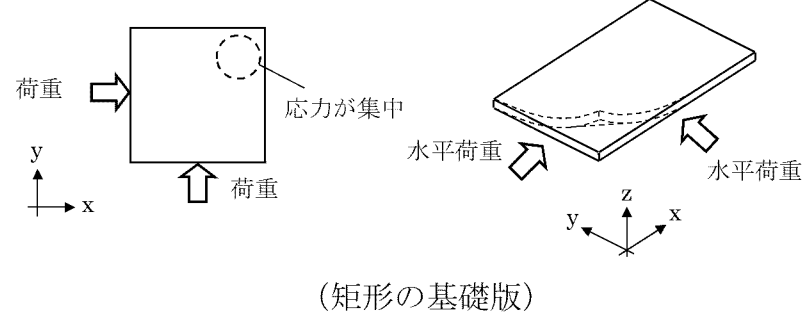
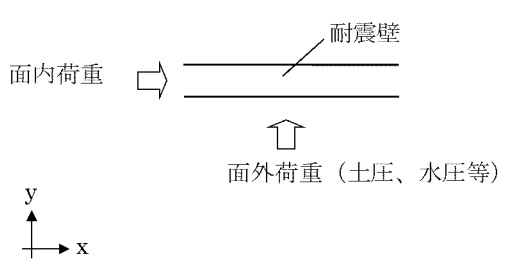
第3-1表 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

耐震評価部位		緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部 <sup>(注)</sup>	○	○	—
	隅部	—	—	—
	地下部	—	—	—
はり	一般部 <sup>(注)</sup>	○	—	○
	地下部	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—
	一般部	○	○	○
壁	斜め部	—	—	—
	地下部	○	○	○
	鉄骨ブレース	—	—	—
	水密扉	—	—	—
	一般部 (地下室を含む)	○	○	○
基礎	矩形	○	○	

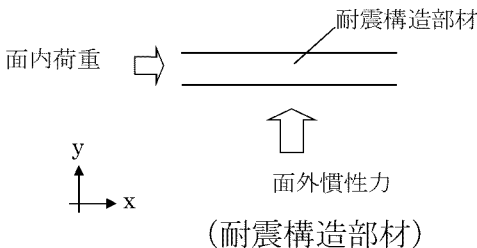
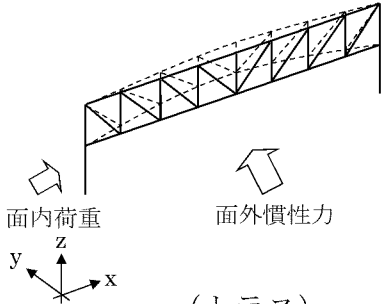
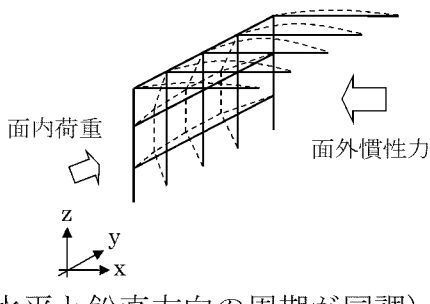
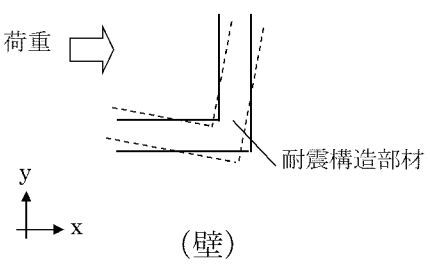
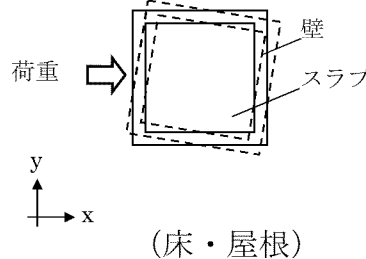
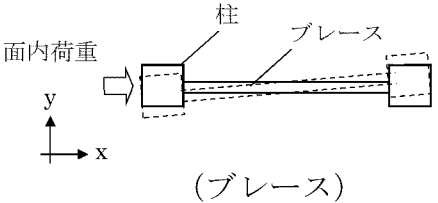
凡例 ○：対象の部材有り、—：対象の部材なし

(注) 地下部の耐震評価部位のうち、外周部ではなく土圧の影響を受けない部位は、一般部として扱う。

第3-2表 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  
(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 (例)</p>  <p>(隅柱)</p> <p>(円筒壁)</p>  <p>(矩形の基礎版)</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 水圧を負担するピット等 (例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外荷重 (土圧、水圧等)</p>

第3-3表 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  
(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>大スパン又は吹抜部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>↑ y → x</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力 ↑</p> <p>↑ y → x ↑ z</p> <p>(トラス)</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力 ←</p> <p>↑ y → x ↑ z</p> <p>(水平と鉛直方向の周期が同調)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動が発生</p>	<p>塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ y → x</p> <p>(壁)</p>  <p>荷重 → 壁 → スラブ</p> <p>↑ y → x</p> <p>(床・屋根)</p>  <p>面内荷重 → 柱 → ブレース</p> <p>↑ y → x</p> <p>(ブレース)</p>

第3-4表 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によるスクリーニング)

耐震評価部位		緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部	該当なし	該当なし	—
	隅部	—	—	—
	地下部	—	—	—
はり	一般部	該当なし	—	該当なし
	地下部	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—
	一般部	該当なし	該当なし	該当なし
	斜め部	—	—	—
壁	地下部	①-2要	①-2要	①-2要
	鉄骨ブレース	—	—	—
	水密扉	—	—	—
	一般部 (地下部含む)	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	①-1要	①-1要	

凡例 要：評価必要、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「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

第3-5表 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	緊対棟	加圧設備棟	燃料設備棟
柱	一般部	否	—
	隅部	—	—
	地下部	—	—
はり	一般部	否	否
	地下部	—	—
	鉄骨トラス	—	—
壁	一般部	否	否
	斜め部	—	—
	地下部	要	要
	鉄骨ブレース	—	—
	水密扉	—	—
	一般部 (地下部含む)	否	否
基礎	矩形	要	要

凡例 要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み、否：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が発生」

第3-6表 3次元FEMモデルを用いた精査

対象		3次元的な 応答特性 (②-1、 ②-2)	3次元FEMモデルを 用いた精査方法	3次元FEMモデルを 用いた精査結果
耐震 評価部位	建物・構築物 <sup>(注)</sup>			
耐震評価 部位全般	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊対棟</li> <li>・ 加圧設備棟</li> <li>・ 燃料設備棟</li> <li>・ <u>原子炉格納容器及び 原子炉周辺建屋</u></li> </ul>	局所的な 応答	水平2方向及び鉛直方向入力時の 最大応答加速度から、水平1方向 入力時に対する増分を考慮して、 局部応答を踏まえた耐震壁のひず みを評価し、影響を検討	水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せに対し、原子炉格納容器及 び原子炉周辺建屋が有する耐震性 への影響は想定されないため抽出 しない。

(注) 下線は評価する建物・構築物を示す。なお、局所応答に対する3次元FEMモデルを用いた精査については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料3-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の知見を用いて評価を行っている。したがって、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋は、今回工認における評価対象建屋ではないが、建物・構築物に含まれている。



### 3.1.2 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第 3-7 表に示す。

応答特性①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位として、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

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、建屋規模が大きく、重要な施設を内包する緊対棟の地下外壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

#### (2) 機器・配管系への影響の可能性のある部位の抽出結果

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による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から、機器・配管系への影響の可能性のある部位を抽出した。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が集中する部位であり、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。

緊対棟の地下外壁は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、面内力と面外力が同時に作用する部位であり、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。

第 3-7 表 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

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物 <sup>(注)</sup>	評価部位
①-1	基礎	矩形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎</u></li> </ul>	緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎版を評価する。
①-2	壁	地下部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊対棟</li> <li>・ 加圧設備棟</li> <li>・ 燃料設備棟</li> </ul>	建屋規模が大きく、重要な施設を内包する緊対棟の壁を評価する。

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) 下線は評価する建物・構築物を示す。

### 3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価方針

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 Ss を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。影響評価は、資料 12-16「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書」の各部位の解析モデル及び地震力を用いた。影響評価に用いる地震動を第 3-8 表に示す。また、影響評価に用いる地震力は、基準地震動 Ss 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<sup>(注)</sup>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)に基づいて評価する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

第 3-8 表 影響評価に用いる地震動

影響評価部位		対象建物・構築物	影響評価に用いる地震動	備考
壁	地下部	緊対棟	基準地震動 Ss-1 Ss-2 Ss-3 Ss-4 Ss-5	資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」の評価結果を用いるため、Ss-1～Ss-5を包絡した地震力とする。
基礎	矩形	緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎	基準地震動 Ss-1 Ss-2 Ss-3 Ss-4 Ss-5	資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」の評価結果を用いるため、Ss-1～Ss-5を包絡した地震力とする。

### 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評価結果

#### (1) 緊対棟の評価結果

「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位である緊対棟の地下外壁について、基準地震動  $S_s$  による地震力を水平 2 方向及び鉛直方向に作用させ、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。3 次元 FEM 解析による断面の評価は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005 制定）」（以下「RC-N 規準」という。）に基づいて行った。

緊対棟の壁の評価は、基準地震動  $S_s$  による地震力が作用する状態（以下「 $S_s$  地震時」という。）を対象として、土圧を受ける壁のうち、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」における断面の評価結果（検定値）が最も厳しい EE 通り及び E1 通りの壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。

地震荷重は、基準地震動  $S_s-1 \sim S_s-5$  により算出される動的地震力を包絡して設定し、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す地震荷重とする。その他、固定荷重、積載荷重及び土圧荷重を考慮する。

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟がコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

緊対棟の概略配置図を第 3-1 図、概略平面図及び概略断面図を第 3-2 図及び第 3-3 図に示す。

緊対棟の 3 次元 FEM モデルは、緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、柱及びはりをはり要素、壁、床及び屋根並びに基礎版の一部をシェル要素、基礎版をソリッド要素でモデル化する。また、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。

解析モデルを第 3-4 図、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 3-9 表及び第 3-10 表に示す。

評価の結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超え

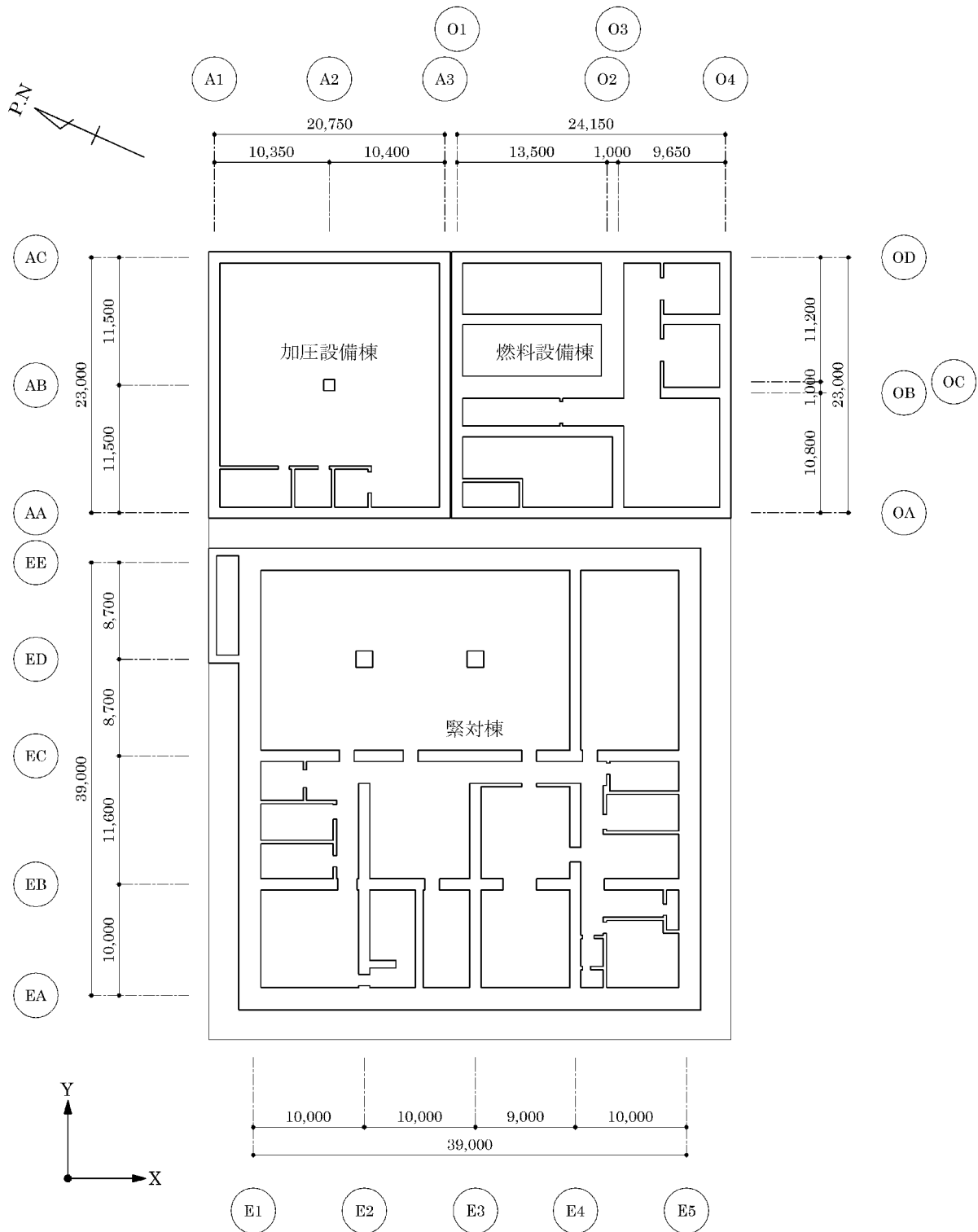
ないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

ここで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により、鉄筋及び面外せん断応力度の検定値は、増加傾向であることを確認した。

断面の評価対象要素番号を第 3-5 図、断面の評価結果を第 3-11 表及び第 3-12 表に示す。

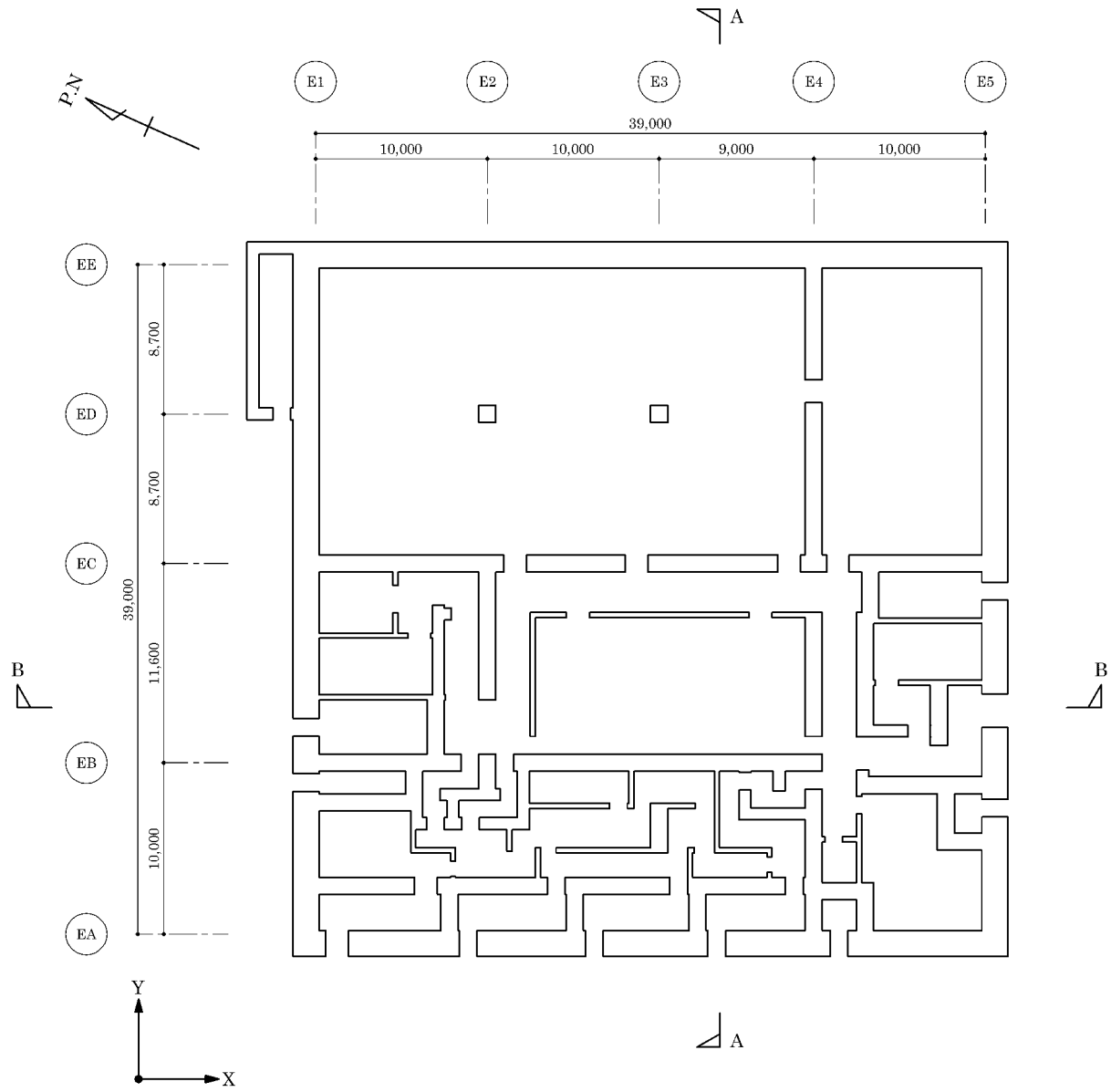
以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟が有する耐震性への影響はないことを確認した。

(mm)



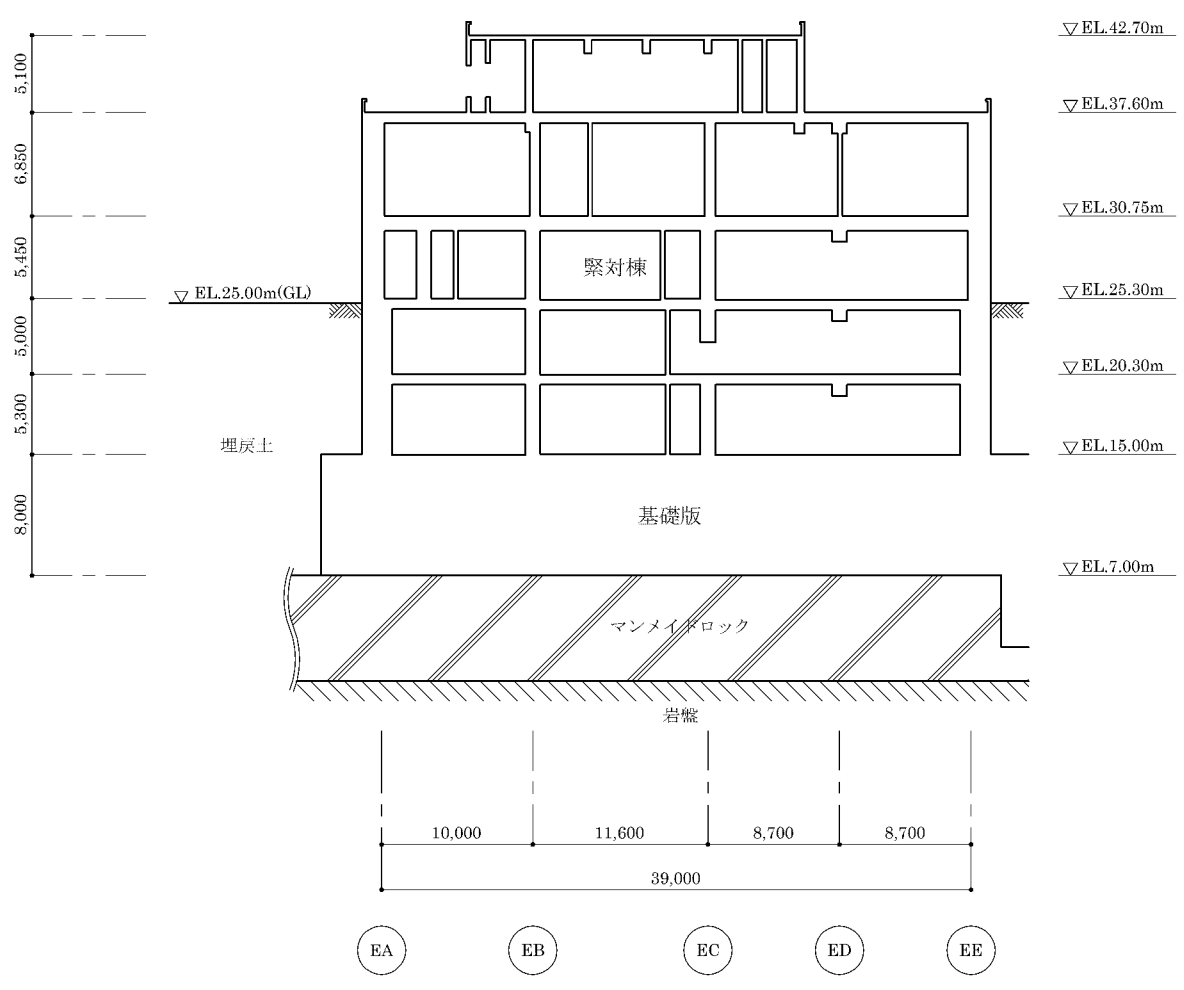
第3-1図 緊対棟の概略配置図 (地下2階)

(mm)



第 3-2 図 緊対棟の概略平面図(EL.25.30m)

(mm)

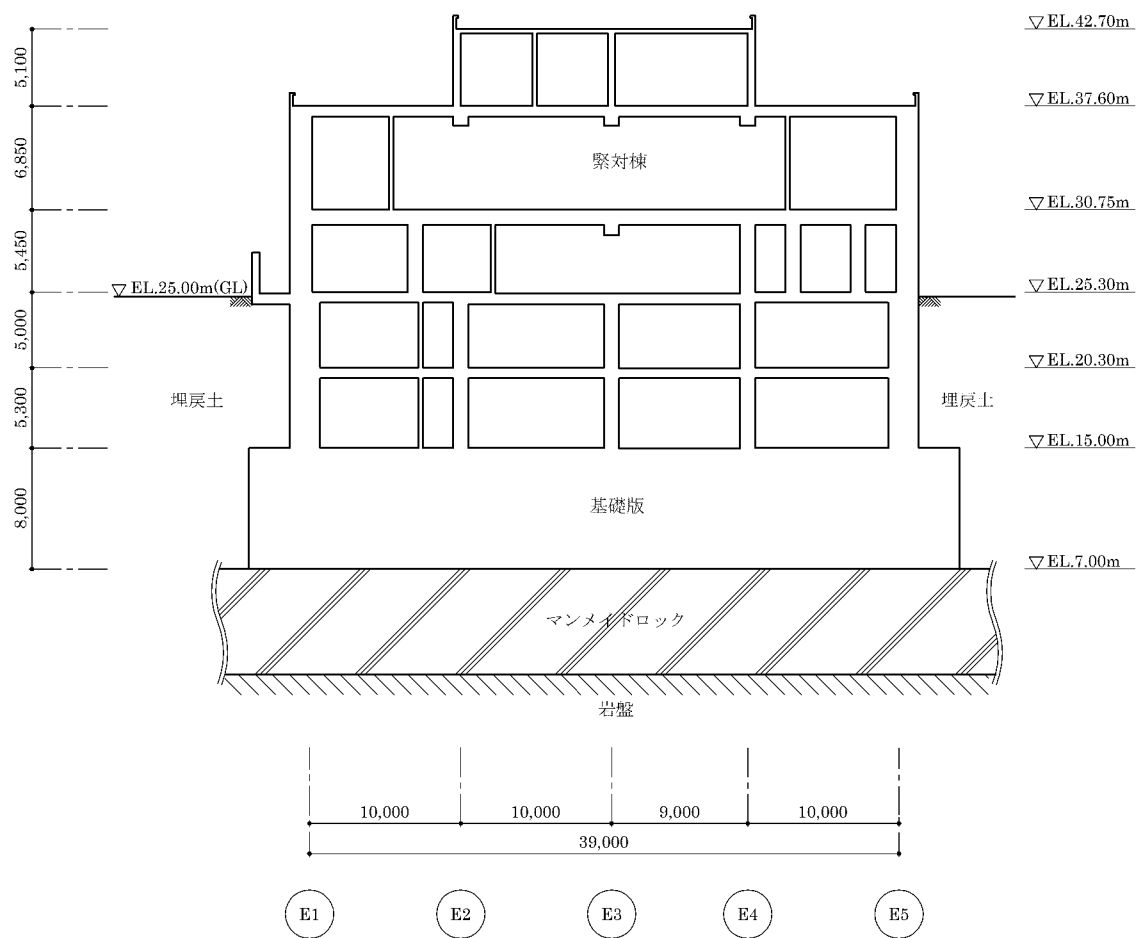


(a) A-A 断面

第 3-3 図 緊対棟の概略断面図(1/2)

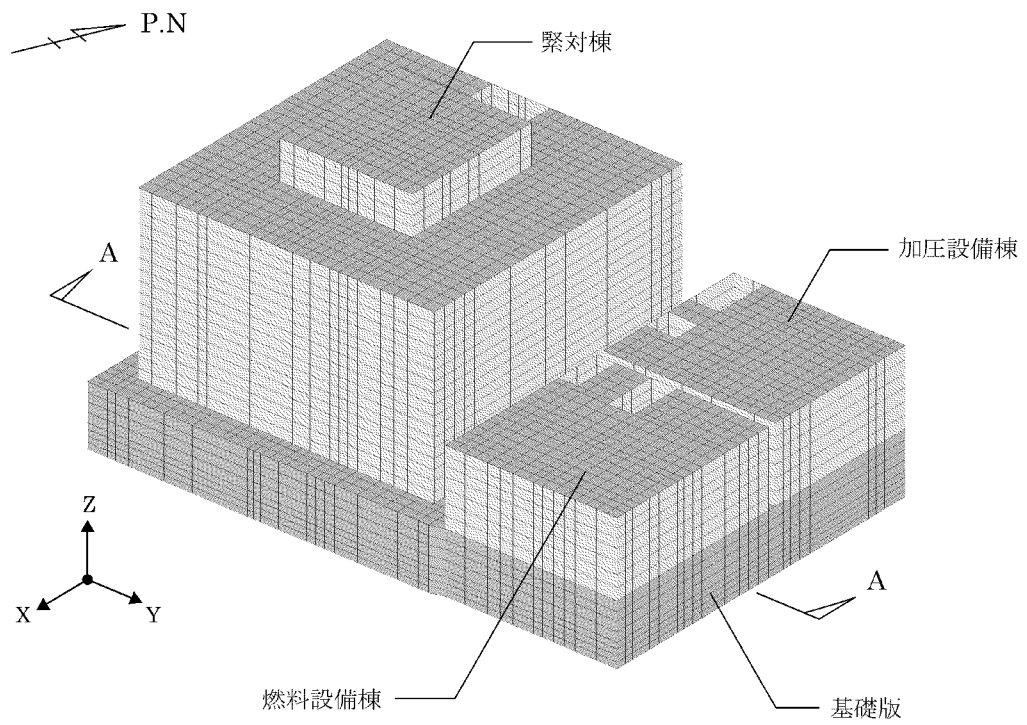


(mm)

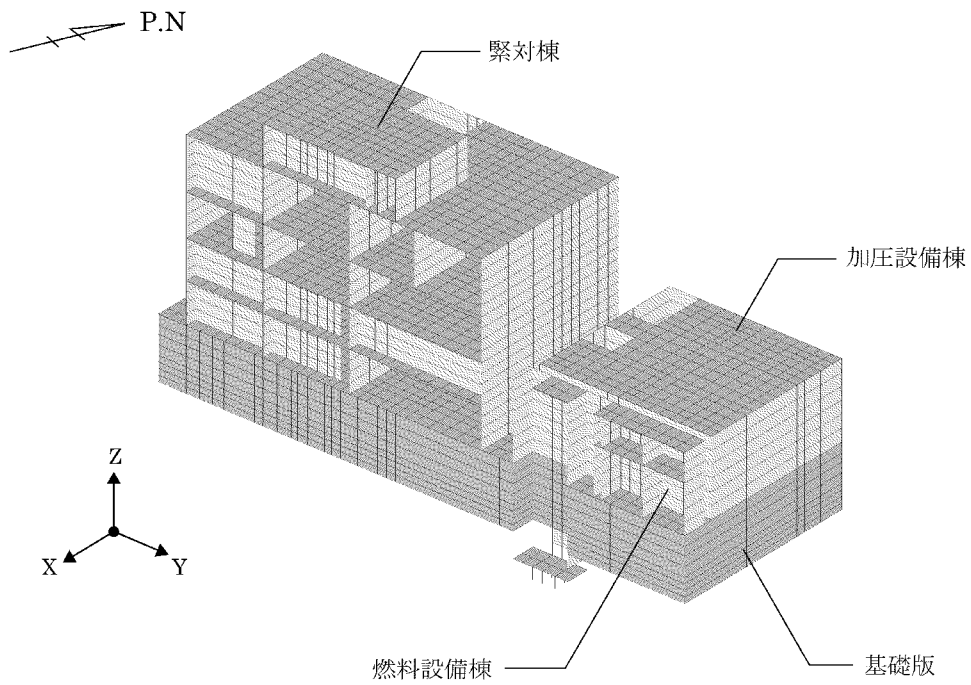


(b) B-B 断面

第 3-3 図 緊対棟の概略断面図(2/2)



(a) 全体



(b) A-A 断面

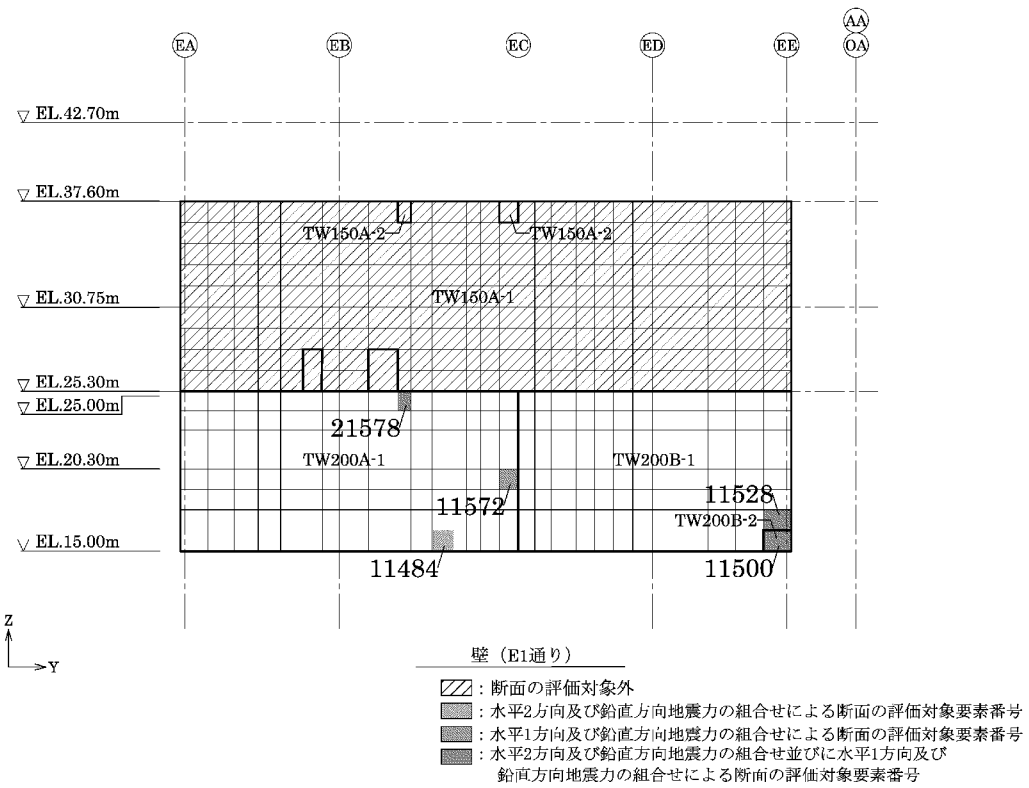
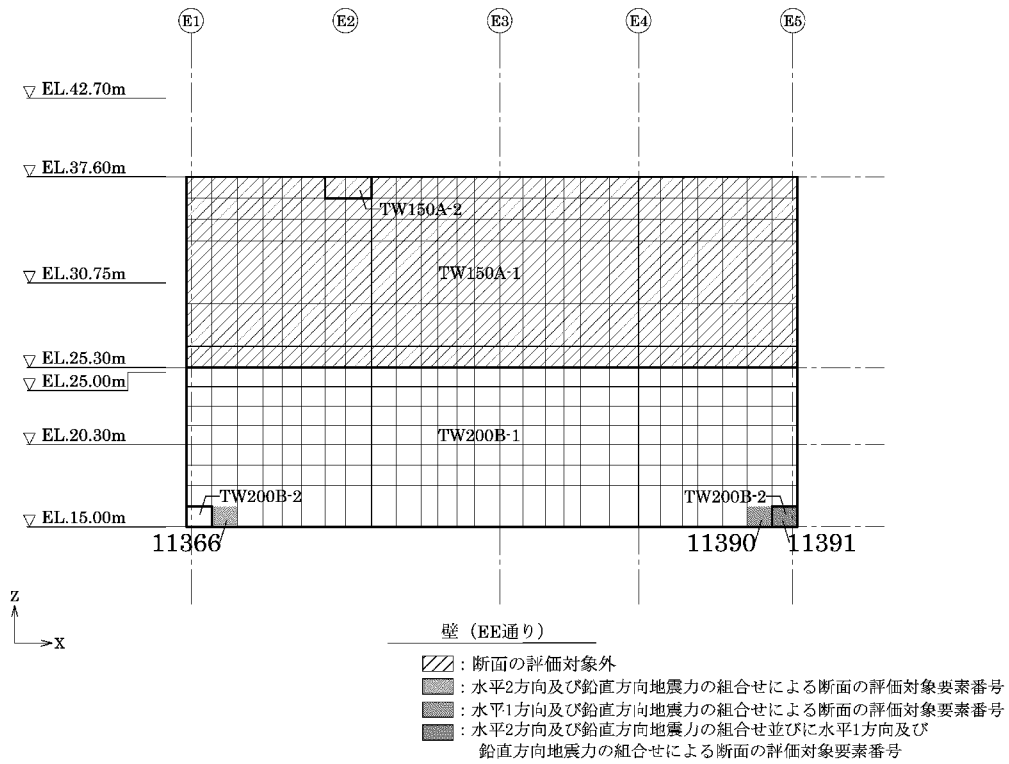
第 3-4 図 解析モデル (鳥瞰図)

第 3-9 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44×10 <sup>4</sup>	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27×10 <sup>4</sup>	0.2
基礎版		24.0	2.27×10 <sup>4</sup>	0.2

第 3-10 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	345	2.05×10 <sup>5</sup>



第3-5図 断面の評価対象要素番号

第 3-11 表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 $a_g'$ (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
				N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW200A-1	21578	縦筋	2,166	-138	-3,237	8,126	11,400	0.72	可
	TW200B-1	11528	縦筋	5,376	21	3,236	12,530	14,250	0.88	可
	TW200B-2	11500	縦筋	6,788	-355	3,707	16,041	19,950	0.81	可

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素 番号	方向	組合せ応力			必要 鉄筋量 $a_g$ (mm <sup>2</sup> /m)	設計 配筋量 $a_g'$ (mm <sup>2</sup> /m)	検定値	判定
				N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q <sub>xy</sub> (kN/m)				
壁	TW200A-1	21578	縦筋	2,128	-143	-2,507	7,021	11,400	0.62	可
	TW200B-1	11528	縦筋	4,220	12	3,539	11,274	14,250	0.80	可
	TW200B-2	11500	縦筋	5,378	-59	4,002	13,733	19,950	0.69	可

第3-12表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
壁	TW200A-1	11484	縦筋	0.848	2.36	0.36	可
	TW200B-1	11366	縦筋	0.911	1.18	0.78	可
	TW200B-2	11391	縦筋	0.805	1.18	0.69	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

部位	領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
壁	TW200A-1	11572	横筋	0.832	2.36	0.36	可
	TW200B-1	11390	縦筋	0.896	1.18	0.76	可
	TW200B-2	11391	縦筋	0.728	1.18	0.62	可

(2) 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の評価結果

「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位である緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎について、基準地震動  $S_s$  による地震力を水平 2 方向及び鉛直方向に作用させ、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。3 次元 FEM 解析による断面の評価は、RC-N 規準に基づいて行った。

地震荷重は、基準地震動  $S_s-1 \sim S_s-5$  により算出される動的地震力を包絡して設定し、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す地震荷重とする。その他、固定荷重、積載荷重及び土圧荷重を考慮する。

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟がコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略配置図、概略平面図及び概略断面図は「(1) 緊対棟の評価結果」の第 3-1 図～第 3-3 図に示す。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の 3 次元 FEM モデルは、「(1) 緊対棟の評価結果」の第 3-4 図に示すモデルを用いる。また、コンクリート及び鉄筋の材料定数は、「(1) 緊対棟の評価結果」の第 3-9 表及び第 3-10 表に示す材料定数とする。

評価の結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対し、必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

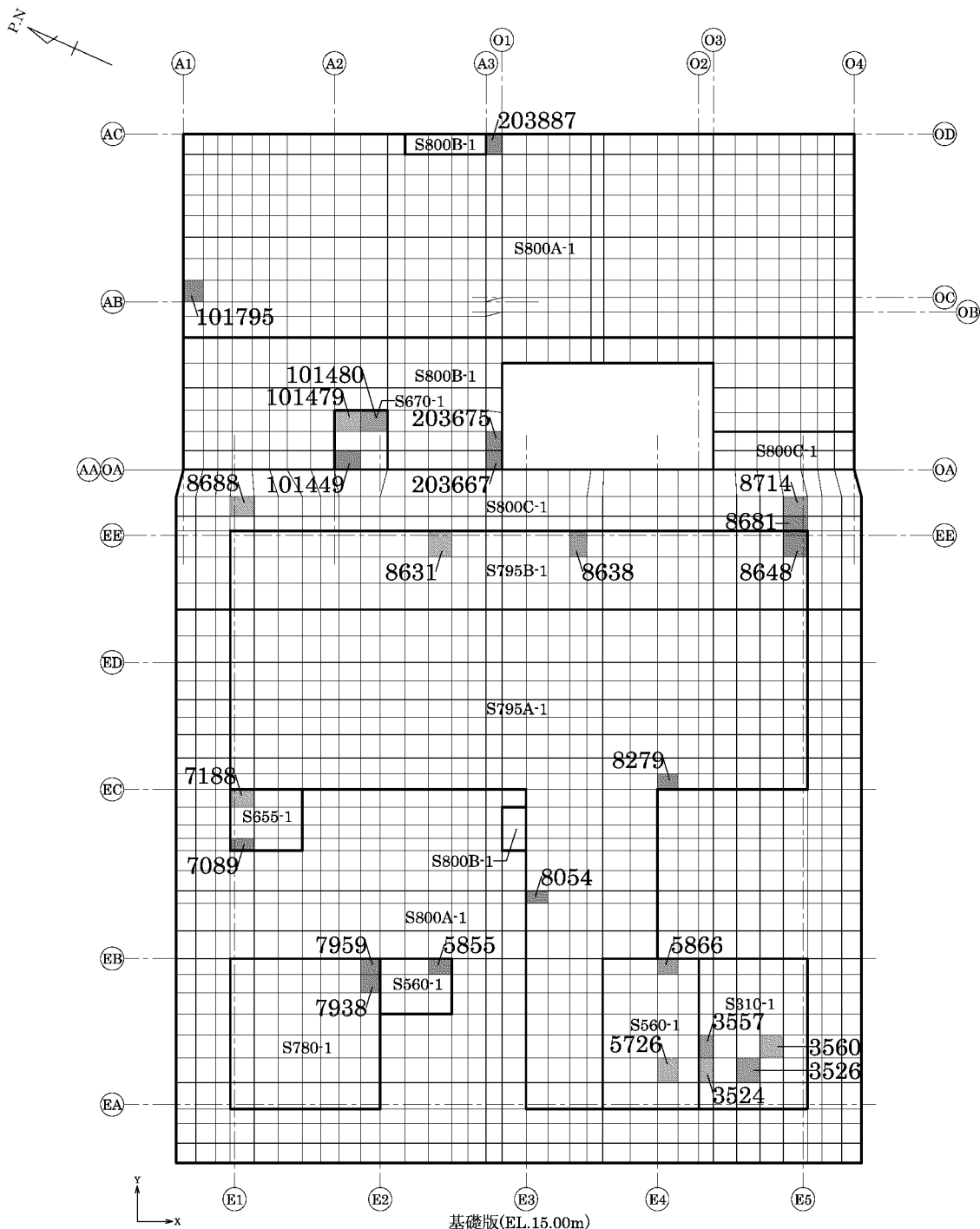
ここで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平 2 方向の地震力の影響により、鉄筋及び面外せん断応力度の検定値は、増加傾向であることを確認した。

断面の評価対象要素番号を第 3-6 図、断面の評価結果を第 3-13 表及び第 3-14 表に示す。

以上のことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎が有する耐震性への影響はないこと

を確認した。

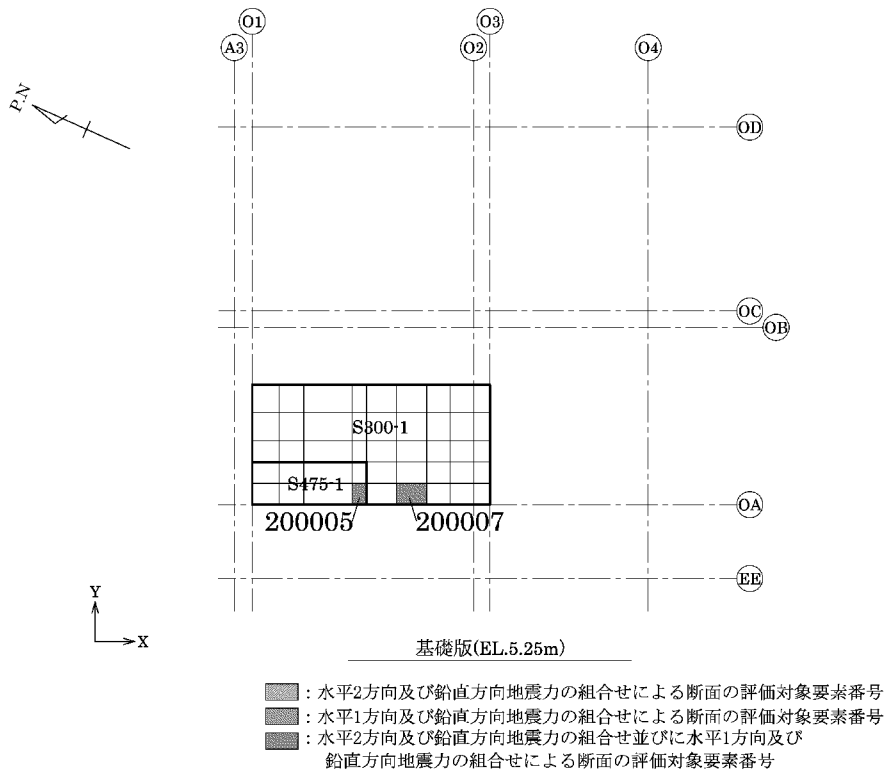




- : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
- : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
- : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ並びに水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

(a) EL.15.00m

第3-6図 断面の評価要素番号(1/2)



(b) EL.5.25m

第 3-6 図 断面の評価対象要素番号(2/2)

第3-13表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	組合せ応力			必要鉄筋量 $a_g$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	設計配筋量 $a_g'$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	検定値	判定
			N ( $\text{kN}/\text{m}$ )	M ( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ )	Qxy ( $\text{kN}/\text{m}$ )				
S800A-1	101795	Y	3,106	6,067	-98	7,000	11,400	0.62	可
S800B-1	203675	Y	3,546	9,085	669	8,967	17,100	0.53	可
S800C-1	8681	Y	5,077	-22,216	-1,797	17,000	34,200	0.50	可
S795A-1	8054	X	215	8,003	895	3,540	11,400	0.32	可
S795B-1	8648	Y	1,161	-10,853	-2,393	6,307	34,200	0.19	可
S780-1	7938	X	786	4,032	563	2,824	11,400	0.25	可
S670-1	101479	Y	1,460	3,393	1,429	3,822	17,100	0.23	可
S655-1	7089	Y	924	2,906	-633	2,809	11,400	0.25	可
S560-1	5855	X	1,355	2,658	177	3,563	11,400	0.32	可
S475-1	200005	Y	1,153	-2,882	-741	3,733	11,400	0.33	可
S310-1	3560	Y	211	-1,806	-679	2,318	11,400	0.21	可
S300-1	200007	Y	767	-1,763	-929	3,189	11,400	0.28	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	組合せ応力			必要鉄筋量 $a_g$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	設計配筋量 $a_g'$ ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )	検定値	判定
			N ( $\text{kN}/\text{m}$ )	M ( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ )	Qxy ( $\text{kN}/\text{m}$ )				
S800A-1	101795	Y	3,215	4,533	105	6,525	11,400	0.58	可
S800B-1	203675	Y	2,361	4,885	-524	5,480	17,100	0.33	可
S800C-1	8681	Y	5,051	-19,085	-1,810	15,637	34,200	0.46	可
S795A-1	8054	X	1,002	6,688	-273	4,177	11,400	0.37	可
S795B-1	8648	Y	1,448	-8,289	-1,589	5,667	34,200	0.17	可
S780-1	7938	X	1,007	3,761	-286	3,059	11,400	0.27	可
S670-1	101480	Y	703	1,850	-978	1,980	17,100	0.12	可
S655-1	7089	Y	1,200	1,530	193	2,509	11,400	0.23	可
S560-1	5855	X	1,581	2,215	-310	3,624	11,400	0.32	可
S475-1	200005	Y	605	-2,247	-238	2,465	11,400	0.22	可
S310-1	3526	X	199	-1,661	-385	2,138	11,400	0.19	可
S300-1	200007	Y	492	-1,398	-390	2,348	11,400	0.21	可

第3-14表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
S800A-1	203887	X	1.50	2.18	0.69	可
S800B-1	203667	Y	0.876	2.18	0.41	可
S800C-1	8688	Y	1.68	2.18	0.78	可
S795A-1	8279	X	1.08	2.18	0.50	可
S795B-1	8631	X	0.700	2.18	0.33	可
S780-1	7959	X	0.916	2.18	0.43	可
S670-1	101449	Y	0.573	2.18	0.27	可
S655-1	7188	Y	0.592	2.18	0.28	可
S560-1	5726	X	0.877	2.18	0.41	可
S475-1	200005	Y	0.795	2.18	0.37	可
S310-1	3524	X	1.22	2.18	0.56	可
S300-1	200007	Y	1.17	2.18	0.54	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

領域	要素番号	方向	面外せん断 応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断 応力度 $\tau_A$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
S800A-1	203887	X	1.41	2.18	0.65	可
S800B-1	203667	Y	0.787	2.18	0.37	可
S800C-1	8714	Y	1.30	2.18	0.60	可
S795A-1	8279	X	1.03	2.18	0.48	可
S795B-1	8638	X	0.594	2.18	0.28	可
S780-1	7959	X	0.905	2.18	0.42	可
S670-1	101449	Y	0.435	2.18	0.20	可
S655-1	7089	Y	0.436	2.18	0.20	可
S560-1	5866	X	0.873	2.18	0.41	可
S475-1	200005	Y	0.746	2.18	0.35	可
S310-1	3557	X	1.07	2.18	0.50	可
S300-1	200007	Y	1.01	2.18	0.47	可

### 3.1.5 まとめ

建物・構築物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位を抽出し、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、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認した結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等は、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等に対し、増加する傾向があった。応力等が増加する場合でも、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応力等が許容値を超えないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認した。

また、機器・配管系への影響の可能性のある部位については、抽出されなかった。

### 3.2 機器・配管系

#### 3.2.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種毎に分類した結果を第 3-15 表に示す。

以下に、今回の申請範囲の新設設備に対する水平 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を示す。

第 3-15 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設備	部位
横置き容器	胴板
	支持脚
	基礎ボルト
横型ポンプ、空調ファン、空調ユニット、横形機器用電動機	基礎ボルト、取付ボルト
電気盤	基礎ボルト、据付ボルト、取付ボルト、溶接部
	フレーム
配管本体（定ピッチスパン法）	直管配管（水平）
	直管配管（鉛直）
	曲り部、分岐部
通信連絡設備（アンテナ類）	基礎ボルト、取付ボルト

#### (1) 水平 2 方向の地震力が重複する観点

水平 1 方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平 2 方向の地震力による影響を検討し、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。

- 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

横置き容器の胴板及び支持脚については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19 「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」と同様に、水平 2 方向の地震力を想定した場合、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。

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

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

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

配管本体については、平成 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」と同様に、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合、水平 1 方向の地震による応力と同等のものとして分類した。

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

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

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

今回申請設備の各部位については、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじり振動は発生しない。

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

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

上記(1)(2)にて抽出された以外の設備は、応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きが明確であるため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分による耐震性への影響の懸念される部位はない。

以上のとおり、申請設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により耐震性への影響が懸念される評価部位は抽出されなかった。

### 3.2.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1 項における建物・構築物及び屋外重要土木建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ものは抽出されなかった。

### 3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.1 項で抽出した結果を第 3-16 表に示す。

第 3-16 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり  
△：影響軽微  
－：該当なし

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1 項(1)及び(2)の観点	3.2.1 項(3)の観点	検討結果
横置き容器	○（基礎ボルトせん断）	△	明確な応答軸を有している
横型ポンプ、空調ファン、空調ユニット、横形機器用電動機	○（基礎ボルト、取付ボルトせん断）	△	明確な応答軸を有している
電気盤	○（基礎ボルト、据付ボルト、取付ボルトせん断、溶接部、フレーム）	△	明確な応答軸を有している
通信連絡設備（アンテナ類）	○（基礎ボルト、取付ボルトせん断）	△	明確な応答軸を有している



#### 3.2.4 まとめ

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

#### 4. まとめ

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

## 火災防護設備の耐震計算の方針

## 目 次

		頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1-1-1	
2. 耐震評価の基本方針 .....	12 (3) - 別添 1-1-2	
2.1 評価対象設備 .....	12 (3) - 別添 1-1-2	
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界 .....	12 (3) - 別添 1-1-10	
3.1 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1-1-10	
3.2 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1-1-11	
4. 耐震評価方法 .....	12 (3) - 別添 1-1-20	
4.1 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1-1-20	
4.2 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1-1-24	
4.3 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1-1-74	
4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮 .....	12 (3) - 別添 1-1-76	
5. 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1-1-76	

## 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、添付資料5「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「添付資料5」という。）に示す火災感知設備及び消火設備が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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。火災感知設備及び消火設備への緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第50条の対象ではない。

耐震計算は、添付資料5に示す適用規格を用いて実施する。

火災防護設備の具体的な耐震計算の方法及び結果は、別添1-2「火災感知器の耐震計算書」、別添1-3「火災報知盤の耐震計算書」、別添1-4「ハロンボンベ設備の耐震計算書」、別添1-5「ハロンガス供給選択弁の耐震計算書」、別添1-6「全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震計算書」及び別添1-7「ハロンガス供給配管の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果を、別添1-8「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結果」に示す。

## 2. 耐震評価の基本方針

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

火災感知設備及び消火設備は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対して、その機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせ実施する。影響評価方法は、「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

耐震 C クラス設計とする消火設備の耐震性に関する計算の基本方針は、資料 12-1 「耐震設計の基本方針」による。

### 2.1 評価対象設備

評価対象設備は、添付資料 5 の「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災感知器及び火災報知盤、並びに添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうち全域ハロン自動消火設備（以下「全域ハロン自動消火設備」という。）を構成するハロンボンベ設備、ハロンガス供給選択弁、全域ハロン自動消火設備制御盤及びハロンガス供給配管を対象とする。

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

第2-1表 火災感知設備のうち火災感知器の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b></p> <p>火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件及び炎が生じる前に発煙する等の予想される火災の性質を考慮して選定された種類の火災感知器を、緊急時対策棟及び緊急時対策棟屋外地下エリアに設置する設計とする。</p>			
<p>煙感知器 (アナログ)</p> <p>熱感知器 (アナログ)</p>	<p>煙感知器</p> <p>熱感知器</p>	<p>各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋天井のコンクリート躯体に据え付ける。</p>	
<p>煙感知器 (防爆)</p>	<p>煙感知器</p>	<p>煙感知器 (防爆) は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。</p>	
<p>熱感知器 (防爆)</p>	<p>熱感知器</p>	<p>熱感知器 (防爆) は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。</p>	

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
炎感知器	炎感知器	炎感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	
炎感知器 (防爆)	炎感知器	炎感知器 (防爆) は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	



第 2-2 表 火災感知設備のうち火災報知盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b>                      火災報知盤は、火災感知器からの作動信号を常時監視できるように、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に設置する設計とする。</p>			
火災報知盤	火災報知盤 (壁掛け型)	火災報知盤の背面は、取付ボルトにて火災報知盤を固定金具に、固定金具を据付ボルトにより建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

第 2-3 表 消火設備のうちハロンボンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b></p> <p>ハロンボンベ設備は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する設計とする。</p>			
ハロンボンベ設備	ハロンボンベ 容器弁 (遠隔操作型)	容器弁はハロンボンベにねじ込み固定する。ハロンボンベはラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。	<p>図 1 ハロンボンベ設備構成図</p> <p>図 2 容器弁 外形図</p>

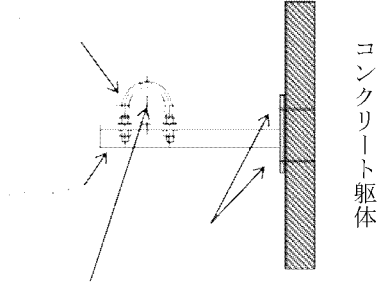
第 2-4 表 消火設備のうちハロンガス供給選択弁の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b></p> <p>ハロンボンベ設備は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する設計とする。</p>			
ハロンガス供給 選択弁	ハロンガス供給選 択弁 (遠隔操作型)	ハロンガス供給 選択弁は、ハロン ガス供給配管に 対し、取付ボルト にてフランジに 固定し、ハロンガ ス供給選択弁至 近のハロンガス 供給配管の両端 を U ボルト及び U バンドにより コンクリート軀 体に据え付ける。	

第2-5表 消火設備のうち全域ハロン自動消火設備制御盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b></p> <p>全域ハロン自動消火設備制御盤は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する設計とする。</p>			
全域ハロン自動消火設備制御盤	全域ハロン自動消火設備制御盤 (壁掛け型)	全域ハロン自動消火設備制御盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を取付ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	

第2-6表 消火設備のうちハロンガス供給配管の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b>                      ハロンガス供給配管は、消火対象である複数の火災区域又は火災区画に設置する設計とする。</p>			
ハロンガス供給配管	ハロンガス供給配管	ハロンガス供給配管は、支持装置及び支持架構から構成される支持構造物を据付ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	 <p>コンクリート躯体</p> <p>ハロンガス供給配管の支持構造例</p>

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

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

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

##### (1) 荷重の種類

荷重は、添付資料 5 の「5.1 火災感知設備について」及び添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示す以下の荷重を用いる。

##### a. 死荷重(D)

死荷重は、持続的に生じる荷重であり、添付資料 5 の「5.1 火災感知設備について」及び添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示すとおり、自重とする。

##### b. 内圧荷重( $P_D$ )

内圧荷重は、添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示すとおり、当該設備に設計上定める最高使用圧力による荷重とする。

##### c. 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、添付資料 5 の「5.1 火災感知設備について」及び添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示すとおり、基準地震動  $S_s$  に伴う地震力とする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、資料 12-9「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及び荷重の組合せを第 3-1 表に示す。

### 3.2 許容限界

許容限界は、添付資料 5 の「5.1 火災感知設備について」及び添付資料 5 の「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標及び評価方針に従い、評価対象部位ごとに設定する。

評価対象部位ごとの許容限界を第 3-1 表に示す。

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

### 3.2.1 火災感知設備

#### (1) 火災感知器

火災感知器のうち火災感知器本体、固定金具及び取付ボルトについては、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災感知器を設置する場所の基準地震動  $S_s$  による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災感知器の機能を保持可能であることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

加振試験では、火災感知器本体、固定金具及び取付ボルトの外観に変形、損傷がないことを確認している。

#### a. 据付ボルト

火災感知器は、火災起因の荷重は発生しないため緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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保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保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据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とを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、「原子力発電所耐震設計技術指針」JEAG4601-1987（以下「JEAG4601-1987」という。）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。

据付ボルトの具体的な許容限界を第 3-2 表に示す。



## (2) 火災報知盤

火災報知盤はのうち火災報知盤本体及び固定金具については、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災報知盤を設置する場所の基準地震動  $S_s$  による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災報知盤の機能を保持可能であることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

加振試験では、火災報知盤本体及び固定金具の外観に変形、損傷がないことを確認している。

### a. 据付ボルト及び取付ボルト

火災報知盤は、火災起因の荷重は発生しないため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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保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。

火災報知盤は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災報知盤を固定する火災報知盤の据付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とを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、JEAG4601-1987 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。

据付ボルト及び取付ボルトの具体的な許容限界を第 3-2 表に示す。

### 3.2.2 消火設備

#### (1) ハロンボンベ設備

##### a. ラック及び基礎ボルト

ハロンボンベ設備は、火災起因の荷重は発生しないため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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保持可能な構造強度を有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。

ハロンボンベ設備は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロンボンベ設備の構成品であるラック及びハロンボンベ設備の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とを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、JEAG4601-1987 に準じて許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

ラック及び基礎ボルトの具体的な許容限界を、第 3-2 表及び第 3-3 表に示す。

## (2) 全域ハロン自動消火設備制御盤

全域ハロン自動消火設備制御盤のうち全域ハロン自動消火設備制御盤本体及び固定金具については、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた全域ハロン自動消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動  $S_s$  による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて全域ハロン自動消火設備制御盤の機能を保持可能であることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

加振試験では、全域ハロン自動消火設備制御盤本体及び固定金具の外観に変形、損傷がないことを確認している。

### a. 据付ボルト及び取付ボルト

全域ハロン自動消火設備制御盤は、火災起因の荷重は発生しないため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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保持可能な構造強度を有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。

全域ハロン自動消火設備制御盤は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、全域ハロン自動消火設備制御盤を固定する全域ハロン自動消火設備制御盤の据付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とを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、JEAG4601-1987 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。

据付ボルト及び取付ボルトの具体的な許容限界を第 3-2 表に示す。

### (3) ハロンガス供給配管

ハロンガス供給配管は、火災起因の荷重は発生しないため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟にボルト等で固定し、主要な構造部材が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故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保持可能な構造強度を有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。

- a. ハロンガス供給配管は、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保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロンガス供給配管の許容限界は、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とを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、JEAG4601-1987 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。

ハロンガス供給配管の具体的な許容限界を第 3-4 表に示す。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
火災感知器	D+Ss	据付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	JEAG4601-1987 に準じて、 許容応力状態IV <sub>AS</sub> の許容応力以下とする。
		取付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
火災報知盤	D+Ss	据付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
		取付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
ハロンボンベ設備	D+Ss	ラック	組合せ	部材の降伏	
		基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
全域ハロン自動消火設備制御盤	D+Ss	据付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
		取付ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
ハロンガス供給配管	D+P <sub>D</sub> +Ss	ハロンガス供給配管	一次応力（曲げ応力含む）、一次+二次応力、一次+二次+ピーク応力	部材の降伏	

第3-2表 ボルトの許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
			一次応力	
			引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
据付ボルト 取付ボルト 基礎ボルト	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

- (注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup>: JSME S NC1-2012 SSB-3121.1 (1) a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。
- (注2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。
- (注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) - 1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。

第3-3表 ラックの許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>
			一次応力
			組合せ
ラック	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>

- (注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>: JSME S NC1-2012 SSB-3121.1 (1) a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。
- (注2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

第3-4表 ハロンガス供給配管の許容限界

評価対象 部位	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)</sup>		
			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
ハロンガス 供給配管	$D + P_D + S_s$	IVAS	$0.9S_u$	Ss地震動のみによる疲労解析 <sup>(注2)</sup> を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。但し、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) JEAG4601・補-1984の「第4種管の許容応力」に準じて設定する。

(注2)  $2S_y$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME NC1-2012 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

#### 4. 耐震評価方法

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

##### 4.1 地震応答解析

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

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フローを第4-1図に示す。

##### 4.1.1 入力地震動

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析における入力地震動は、資料12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す、当該設備設置場所の基準地震動 $S_s$ における設計用床応答曲線( $S_s$ )とする。

##### 4.1.2 解析方法及び解析モデル

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

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の方法に従い実施する。

##### (1) スペクトルモーダル法による解析

消火設備のうちハロンボンベ設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるよう3次元FEMモデルにてモデル化し、入力地震動において発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。

解析の概要を以下に示す。

- a. スペクトルモーダル解析法における最大値は、2乗和平方根(SRSS)法により求める。
- b. 許容応力についてJSME S NJ1-2012のPart3を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



## (2) 3次元 FEM モデルによる解析

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち、解析により固有値等の評価を行う設備は、当該設備を3次元 FEM モデルにてモデル化し、固有振動数を算出する。

解析の概要を以下に示す。

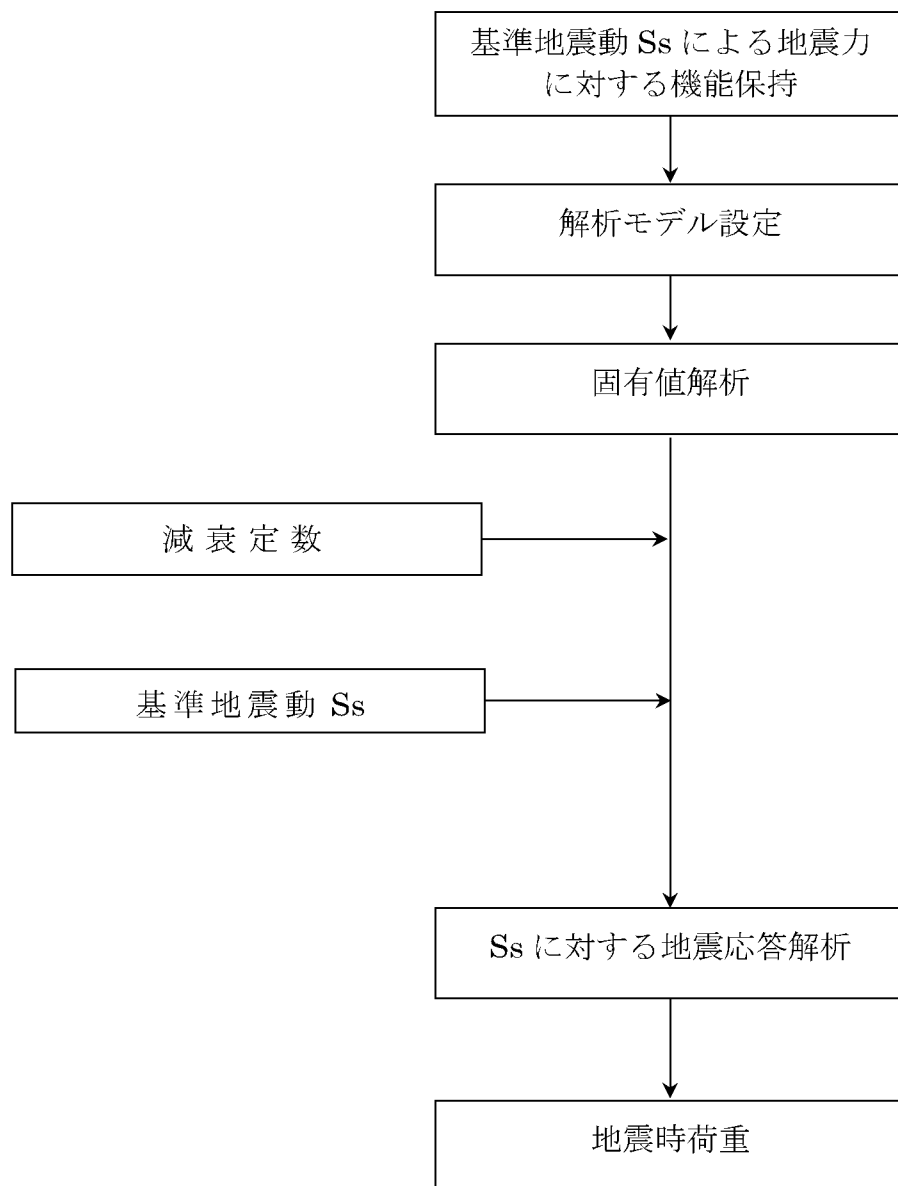
- a. 評価対象部位をはり要素としてモデル化した3次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- b. 解析コードは MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- c. 拘束条件として、基礎ボルト点を並進3方向固定として設定する。
- d. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- e. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 4.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に示す、JEAG4601-1987 に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性が確認された値を用いる。具体的な減衰定数を第 4-1 表に示す。

### 4.1.4 試験概要

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



第 4-1 図 火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フロー

第 4-1 表 設計用減衰定数

設備名称	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 (注1)
電気盤	4.0	1.0 (注1)
配管系	0.5~3.0 (注2)	0.5~3.0 (注1) (注2)

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

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

(参考文献)

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

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

## 4.2 応力評価

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

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

火災感知設備及び消火設備の応力評価は、以下に示す評価手法により実施する。

- ・ 1 質点系モデルによる応力評価
- ・ 3 次元 FEM モデルによる解析
- ・ 標準支持間隔法

「4.1 地震応答解析」に示す正弦波掃引試験により固有振動数の測定を行う設備は、正弦波掃引試験で得られた固有振動数に応じて応答加速度を算出し、設備の重心位置に質量を集中させた 1 質点系モデルに対して、応力評価を実施する。

「4.1 地震応答解析」にて 3 次元 FEM モデルによる解析を実施する設備は、解析により求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

また、ハロンガス供給配管は、標準支持間隔法により応力評価を実施する。

1 質点系モデルにて応力評価を実施する火災感知器、火災報知盤及び全域ハロン自動消火設備制御盤並びに 3 次元 FEM モデルによる解析を実施する場合及び標準支持間隔法を実施する場合の応力評価方法を以下に示す。

#### 4.2.1 火災感知器

火災感知器は、以下の評価方針、評価対象部位及び評価方法により応力評価を実施する。

##### (1) 評価方針

火災感知器の応力評価を行う場合、以下の方針に従うものとする。

- a. 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、火災感知器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- b. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### (2) 評価対象部位

1 質点系モデルにて応力評価を実施する火災感知器の評価対象部位及び評価内容を第 4-2 表に示す。

第 4-2 表 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
据付ボルト	引張、せん断

(3) 応力評価方法

火災感知器は、支持構造に応じて一点固定型、二点固定型、四点固定型、四点固定L型に分類し、以下の評価方法にて応力評価を実施する。

a. 一点固定型

(a) 記号の定義

一点固定型の応力評価に使用する記号を第4-3表に示す。

第4-3表 一点固定型の応力評価に用いる記号の定義

記号	単位	記号の定義
d	mm	据付ボルト呼び径
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
l <sub>1</sub>	mm	天井面より機器重心までの鉛直距離
l <sub>2</sub>	mm	据付ボルトより固定金具端部までの水平距離
l <sub>3</sub>		
l <sub>4</sub>	mm	据付ボルトより機器重心までの水平距離
N	本	据付ボルト総数
p <sub>x</sub>	N	固定金具に作用する反力
p <sub>y</sub>		
p <sub>z</sub>		
S	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
W	kg	機器質量
α <sub>H</sub>	—	水平加速度
α <sub>V</sub>	—	鉛直加速度
σ <sub>XZ</sub>	MPa	据付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
σ <sub>YZ</sub>	MPa	据付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
τ <sub>XZ</sub>	MPa	据付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
τ <sub>YZ</sub>	MPa	据付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

(b) 応力評価モデル及び評価式

一点固定型の評価式を以下に、応力評価モデルを第 4-2 図に示す。

火災感知器は軽量かつ接続される電線管に拘束されることから、地震時における火災感知器の回転は考慮しない。

イ. 固定金具に作用する反力

自重及び基準地震動  $S_s$  による地震力によって固定金具に作用する反力を、以下の式より算出する。

$$\begin{aligned} p_x &= p_y = Wg\alpha_H \\ p_z &= Wg(1+\alpha_V) \end{aligned}$$

ロ. 据付ボルトに発生する引張応力

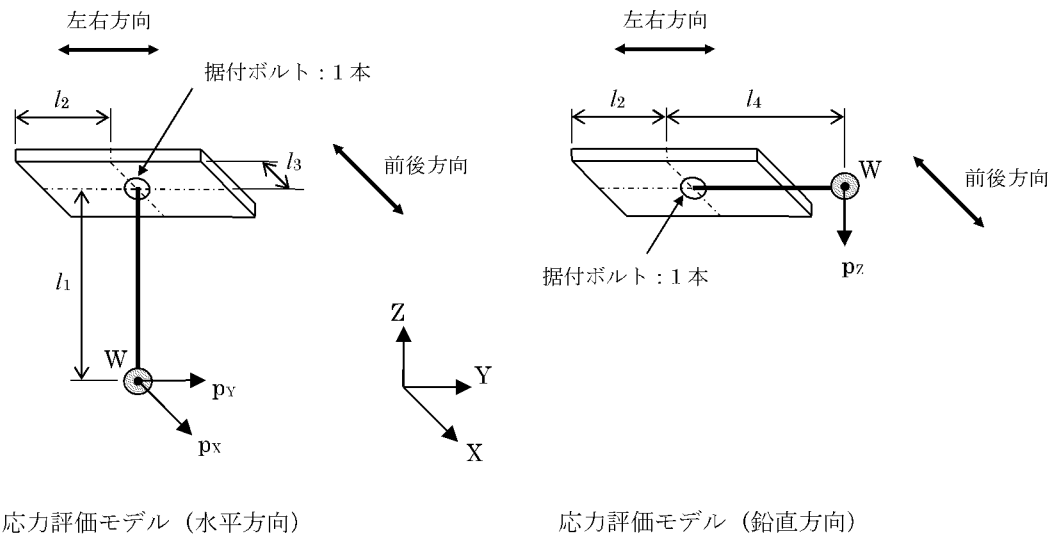
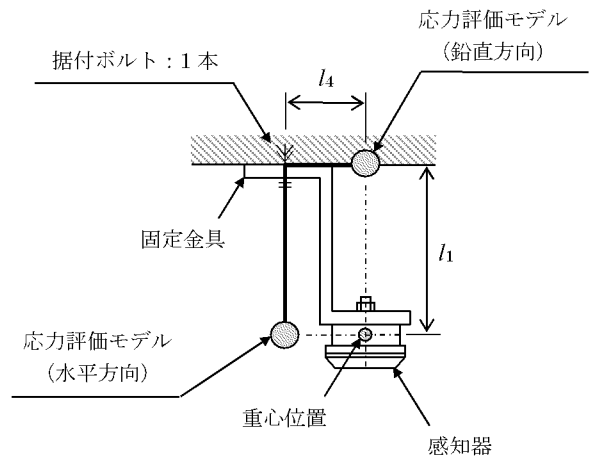
据付ボルトに作用する反力のモーメントのつり合い及び鉛直方向反力により、引張応力を算出する。

$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= \frac{1}{S} \left( \frac{p_x l_1}{l_3} + \frac{p_z l_4}{l_2} + p_z \right) \\ \sigma_{yz} &= \frac{1}{S} \left( \frac{p_y l_1}{l_2} + \frac{p_z l_4}{l_2} + p_z \right) \end{aligned}$$

ハ. 据付ボルトに発生するせん断応力

据付ボルトに作用する水平方向反力により、せん断応力を算出する。

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= \frac{p_x}{S} \\ \tau_{yz} &= \frac{p_y}{S} \end{aligned}$$



応力評価モデル (水平方向)

応力評価モデル (鉛直方向)

第 4-2 図 一点固定型の応力評価モデル



b. 二点固定型

(a) 記号の定義

二点固定型の応力評価に使用する記号を第4-4表に示す。

第4-4表 二点固定型の応力評価に用いる記号の定義

記号	単位	記号の定義
d	mm	据付ボルト呼び径
$F_X$	N	水平地震力による荷重
$F_Y$		
$F_Z$	N	鉛直地震力及び自重による荷重
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$l_1$	mm	曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離
$l_2$	mm	壁面より曲がり部支点までの水平距離
$l_3$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$l_4$	mm	据付ボルトより固定金具端部までの水平距離
$M_X$	Nmm	モーメント荷重
$M_Y$		
N	本	据付ボルト総数
$r_1$	mm	据付ボルト間中心より据付ボルトまでの距離
$r_2$		
$r_{11}$	mm	据付ボルト間中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)
S	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
W	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平加速度
$\alpha_V$	—	鉛直加速度
$\sigma_{XZ}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
$\sigma_{YZ}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
$\tau_{XZ}$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
$\tau_{YZ}$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

(b) 反力評価モデル、応力評価モデル及び評価式

二点固定型の評価式を以下に、反力評価モデルを第 4-3 図に、応力評価モデルを第 4-4 図に示す。

曲がり部支点に作用する反力を算出し、据付ボルトに作用する反力評価モデルに付加することで、据付ボルトに発生する応力を算出する。

イ. 曲がり部支点に作用する反力

- ・ 水平地震力による荷重

$$F_X = F_Y = Wg\alpha_H$$

- ・ 水平地震力によるモーメント

$$M_X = M_Y = F_X l_1$$

- ・ 鉛直地震力及び自重による荷重

$$F_Z = Wg(1 + \alpha_V)$$

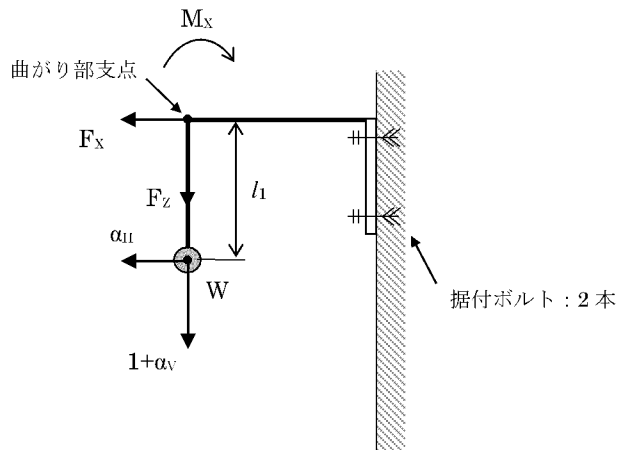
ロ. 据付ボルトに作用する反力

(イ) 前後方向

- ・ 引張方向荷重： $F_X$
- ・ せん断方向荷重： $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $M_X$ 、 $F_Z l_2$

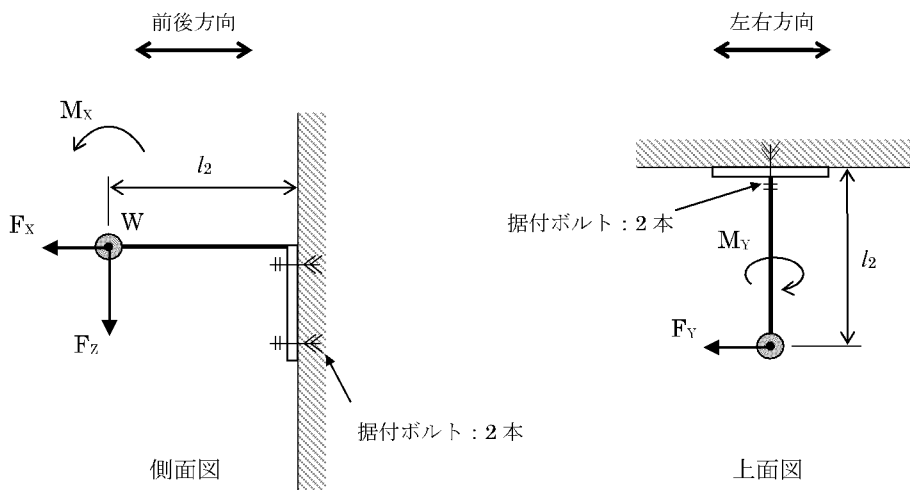
(ロ) 左右方向

- ・ せん断方向荷重： $F_Y$ 、 $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $F_Y l_2$ 、 $F_Z l_2$
- ・ ねじりモーメント荷重： $M_Y$



側面図

曲がり部支点に作用する反力評価モデル



据付ボルトに作用する反力評価モデル

第 4-3 図 二点固定型の反力評価モデル

ハ. 据付ボルトに発生する引張応力

据付ボルトに作用する反力のモーメントのつり合いにより、引張応力を算出する。

(イ) 前後方向

$$\sigma_{xz} = \frac{1}{S} \left( \frac{F_x}{N} + \frac{M_x + F_z l_2}{l_3} \right)$$

(ロ) 左右方向

$$\sigma_{yz} = \frac{l_2}{S} \left( \frac{F_y}{l_4 N} + \frac{F_z}{l_3} \right)$$

ニ. 据付ボルトに発生するせん断応力

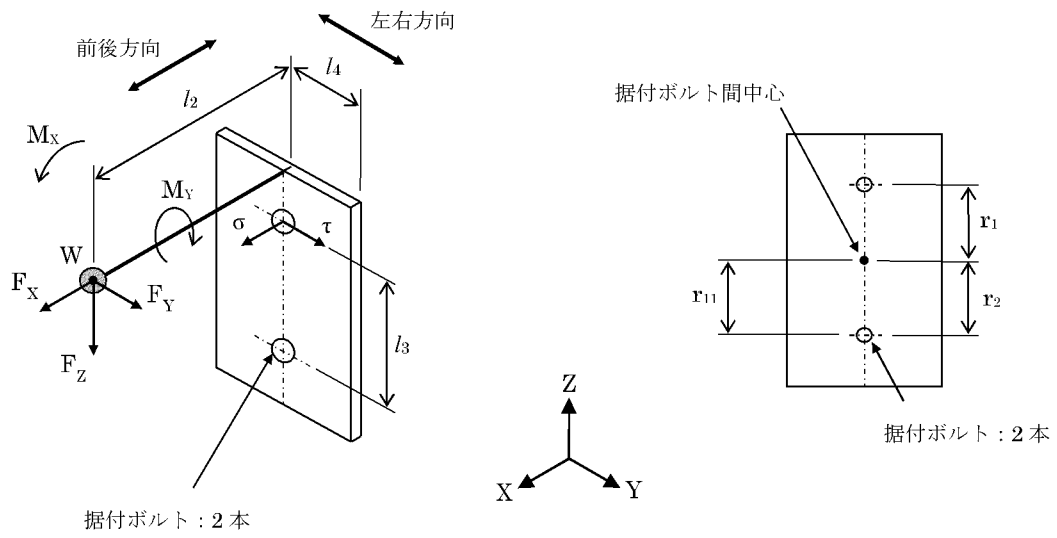
据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数(N)で受けるものとして計算する。

(イ) 前後方向

$$\tau_{xz} = \frac{F_z}{NS}$$

(ロ) 左右方向

$$\tau_{yz} = \sqrt{\left\{ \frac{F_y}{NS} + \frac{M_y r_{11}}{(r_1^2 + r_2^2)S} \right\}^2 + \left( \frac{F_z}{NS} \right)^2}$$



応力評価モデル

第4-4図 二点固定型の応力評価モデル

c. 四点固定型

(a) 記号の定義

四点固定型の応力評価に用いる記号を第4-5表に示す。

第4-5表 四点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
$d$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h$	mm	据付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$l$	mm	壁面より機器重心までの水平距離
$l'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離（前後方向）
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離（左右方向）
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$n_1$	本	各列の据付ボルト本数
$N$	本	据付ボルト総数
$S$	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$W$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力（前後方向）
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力（左右方向）
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

(b) 応力評価モデル及び評価式

四点固定型の評価式を以下に、応力評価モデル（前後方向）を第 4-5 図に、四点固定型の応力評価モデル（左右方向）を第 4-6 図に示す。

イ. 前後方向

(イ) 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{al} l_{al} n_1 S = Wg\alpha_H h + Wg(1 + \alpha_V) l$$

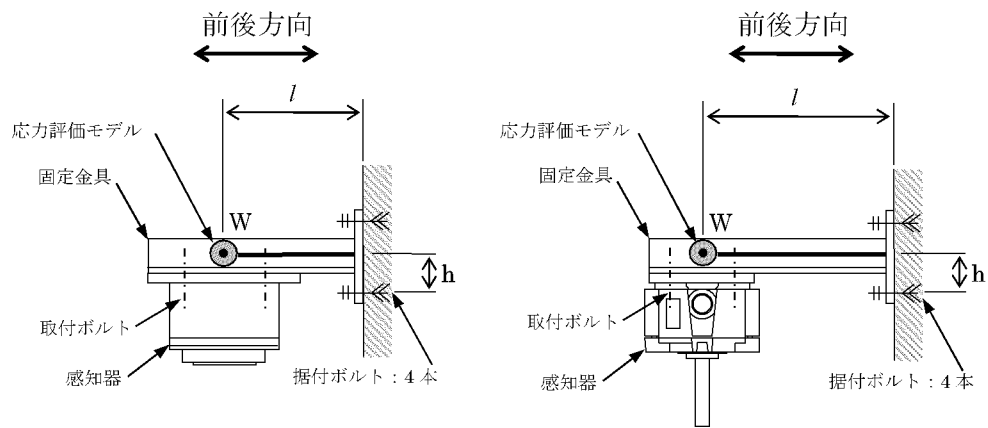
以上の式より

$$\sigma_{al} = \frac{Wg(\alpha_H h + (1 + \alpha_V) l)}{S l_{al} n_1} = \sigma_{a \max}$$

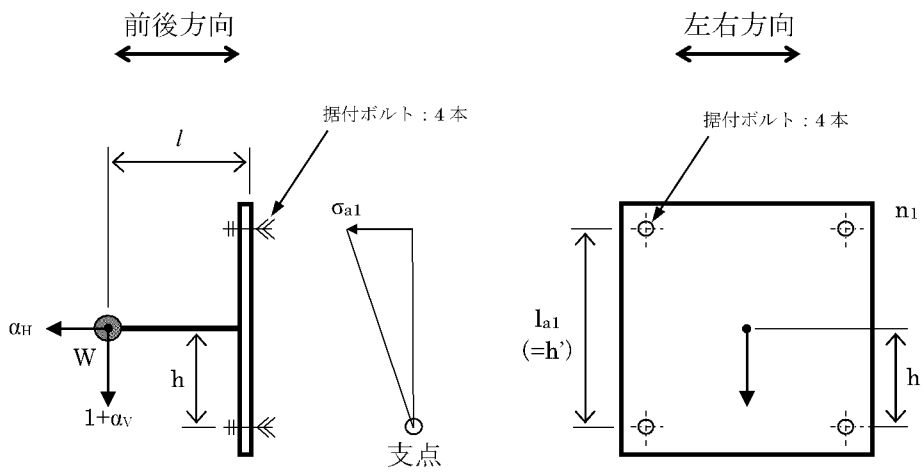
(ロ) 据付ボルトに発生するせん断応力

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

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



四点固定型



第 4-5 図 四点固定型の応力評価モデル (前後方向)



ロ. 左右方向

(イ) 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

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

以上の式より

$$\sigma_{b1} = \frac{W/g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2)} = \sigma_{b\max}$$

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

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

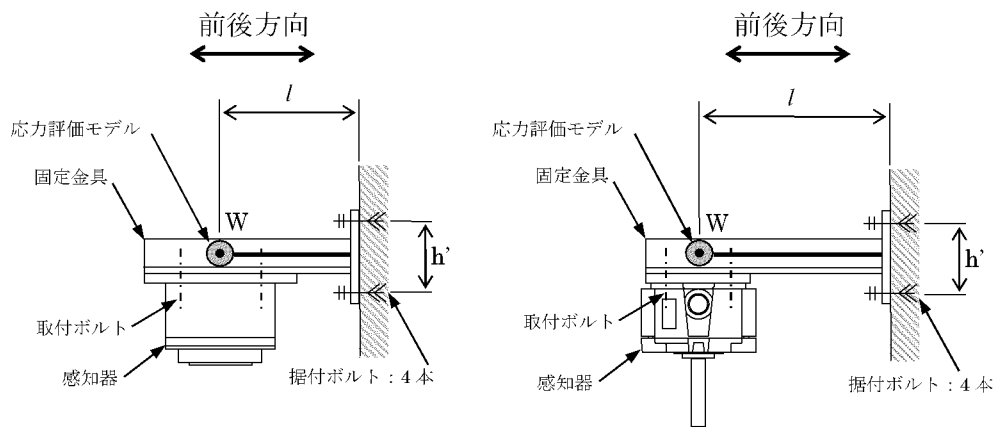
$$l_{b3} = l' \cos \theta \quad \text{とする。}$$

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

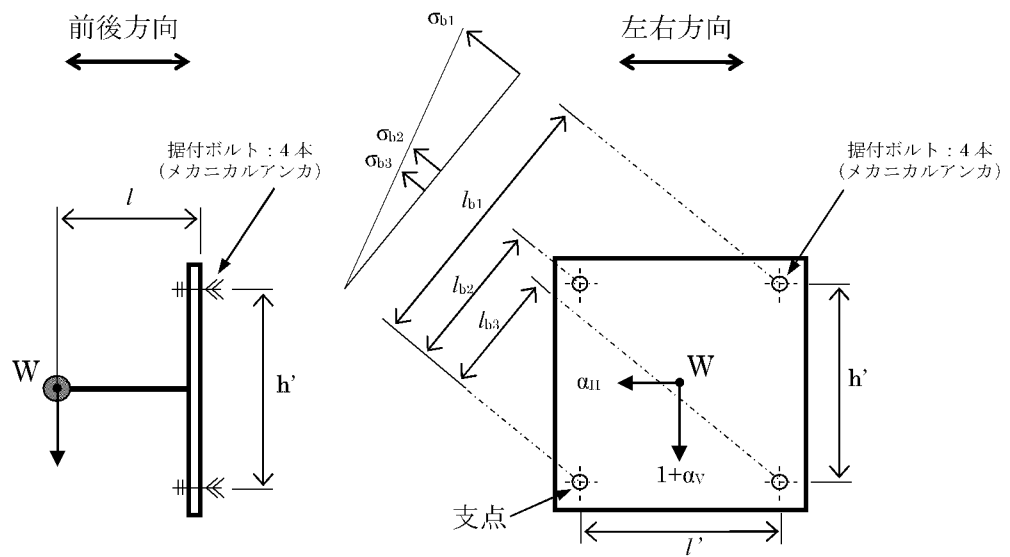
(ロ) 据付ボルトに発生するせん断応力

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

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



四点固定型



第 4-6 図 四点固定型の応力評価モデル (左右方向)

ハ. 据付ボルトに発生する引張応力

据付ボルトに作用する反力のモーメントのつり合いにより、引張応力を算出する。

(イ) 前後方向

$$\sigma_{xz} = \frac{1}{S} \left( \frac{F_x}{N} + \frac{M_x + F_z l_2}{l_3} \right)$$

(ロ) 左右方向

$$\sigma_{yz} = \frac{l_2}{S} \left( \frac{F_y}{l_4 N} + \frac{F_z}{l_3} \right)$$

ニ. 据付ボルトに発生するせん断応力

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

(イ) 前後方向

$$\tau_{xz} = \frac{F_z}{NS}$$

(ロ) 左右方向

$$\tau_{yz} = \sqrt{\left\{ \frac{F_y}{NS} + \frac{M_y r_{11}}{(r_1^2 + r_2^2)S} \right\}^2 + \left( \frac{F_z}{NS} \right)^2}$$

#### d. 四点固定 L 型

##### (a) 記号の定義

四点固定型 L 型の応力評価に用いる記号を第 4-6 表に示す。

第 4-6 表 四点固定 L 型における据付ボルトの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	記号の定義
W	kg	機器質量
$n_1$	本	各列の据付ボルト本数
N	本	据付ボルト総数
d	mm	据付ボルト呼び径
S	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$l_1$	mm	曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離
$l_2$	mm	壁面より曲がり部支点までの水平距離
h	mm	据付ボルトより曲がり部支点までの鉛直距離
$l'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$h'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$r_1$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの距離
$r_2$		
$r_3$		
$r_4$		
$r_{11}$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (水平方向)
$r_{12}$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)
$F_{XY}$	N	水平地震力による荷重
$F_Z$	N	鉛直地震力及び自重による荷重

第4-6表 四点固定L型における据付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$M_{XY}$	N・mm	モーメント荷重
$M_{C1}$		
$M_{C2}$		
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)

(4) 四点固定 L 型の構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により炎感知器（防爆）における据付ボルトの発生応力を算出する。四点固定 L 型の反力評価モデルを第 4-7 図に、応力評価モデルを第 4-8 図に示す。

a. 反力の算出

曲がり部支点到に作用する反力を算出し、据付ボルトに作用する反力算出モデルに付加することで、据付ボルトに作用する応力を算出する。

(a) 曲がり部支点到に作用する反力

- ・ 水平地震力による荷重

$$F_{XY} = Wg \alpha_H$$

- ・ 水平地震力によるモーメント

$$M_{XY} = F_{XY} l_1$$

- ・ 鉛直地震力及び自重による荷重

$$F_Z = Wg(1 + \alpha_V)$$

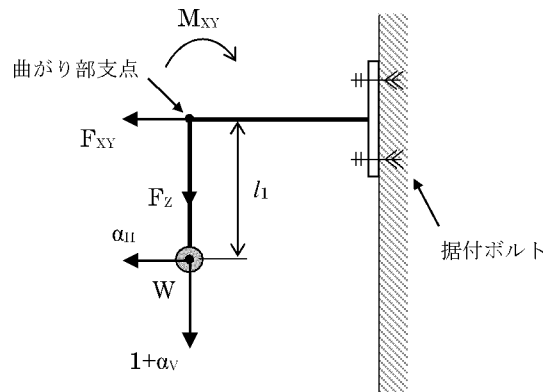
(b) 据付ボルトに作用する反力

i. 前後方向

- ・ 引張方向荷重：  $F_{XY}$
- ・ せん断方向荷重：  $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重：  $M_{C1} = M_{XY} + F_Z l_2$

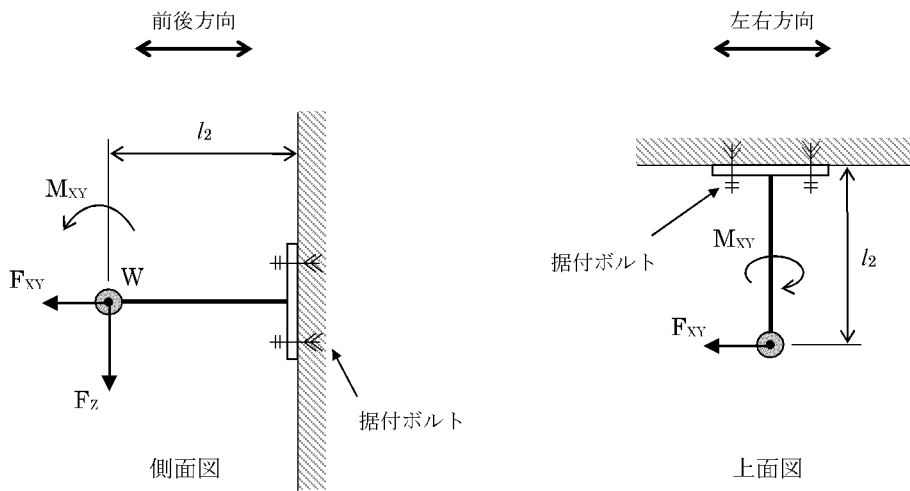
ii. 左右方向

- ・ せん断方向荷重：  $F_{XY}$ 、  $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重：  $M_{C2} = \sqrt{F_{XY}^2 + F_Z^2} \cdot l_2$
- ・ ねじりモーメント荷重：  $M_{XY}$



側面図

曲がり部支点に作用する反力算出モデル



据付ボルトに作用する反力算出モデル

第 4-7 図 四点固定 L 型の反力算出モデル

b. 応力の算出

(a) 前後方向

イ 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_1 S = M_{C1} + F_{XY} h$$

以上の式より

$$\sigma_{a1} = \frac{M_{C1} + F_{XY} h}{S l_{a1} n_1} = \sigma_{amax}$$

ロ 据付ボルトに発生するせん断応力

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

$$\tau_a = \frac{F_Z}{NS}$$

(b) 左右方向

イ 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1} S \sigma_{b1} + l_{b2} S \sigma_{b2} + l_{b3} S \sigma_{b3} = M_{C2}$$

$$\text{以上の式より } \sigma_{b1} = \frac{M_{C2} l_{b1}}{S(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、  $l_{b1} = h' \sin \theta + l' \cos \theta$  ,  $l_{b2} = h' \sin \theta$  ,  $l_{b3} = l' \cos \theta$  とする。

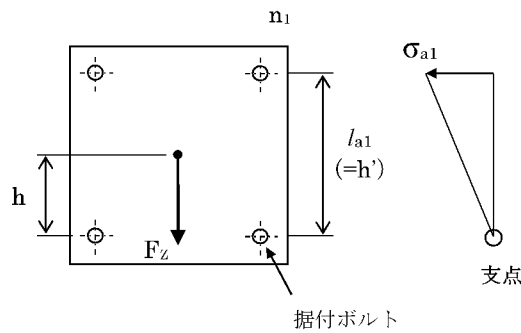
$$\text{ただし、 } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{F_Z}{F_{XY}} \right)$$



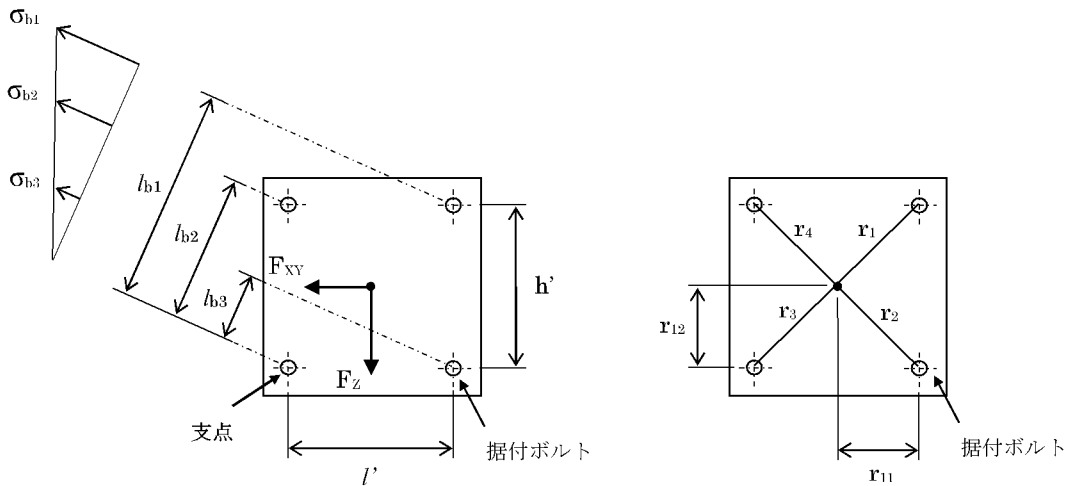
ロ 据付ボルトに発生するせん断応力

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

$$\tau_b = \sqrt{\left\{ \frac{F_{XY}}{NS} + \frac{M_{XY}r_{12}}{(r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)S} \right\}^2 + \left\{ \frac{F_Z}{NS} + \frac{M_{XY}r_{11}}{(r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)S} \right\}^2}$$



応力計算モデル (前後方向)



応力計算モデル (左右方向)

第4-8図 四点固定L型の応力評価モデル

## 4.2.2 火災報知盤

### (1) 評価方針

火災報知盤の応力評価を行う場合、以下の方針に従うものとする。

- a. 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、火災報知盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- b. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### (2) 評価対象部位

1 質点系モデルにて応力評価を実施する火災報知盤の評価対象部位及び評価内容を第 4-7 表に示す。

第 4-7 表 火災報知盤の評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
据付ボルト	引張、せん断
取付ボルト	引張、せん断

### (3) 応力評価方法

#### a. 記号の定義

据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-8 表に、取付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-9 表に示す。

第 4-8 表 据付ボルトの応力評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_1$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_1$	mm	据付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h_{11}'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$h_{12}'$		
$l_1$	mm	壁面より機器重心までの水平距離
$l_1'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{a2}$		
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$l_{b4}$		
$l_{b5}$		
$n_{a1}$	本	各列の据付ボルト本数
$n_{a2}$		
$N_1$	本	据付ボルト総数
$S_1$	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$W_1$	kg	機器質量

第4-8表 据付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
$\sigma_{a2}$		
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{b4}$		
$\sigma_{b5}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

第 4-9 表 取付ボルトの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_2$	mm	取付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_2$	mm	取付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h_{21}'$	mm	鉛直方向の取付ボルト間距離
$h_{22}'$		
$l_2$	mm	固定金具より機器重心までの水平距離
$l_{21}'$	mm	水平方向の取付ボルト間距離
$l_{22}'$		
$l_{c1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{c2}$		
$l_{d1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{d2}$		
$l_{d3}$		
$l_{d4}$		
$l_{d5}$		
$n_{c1}$	本	各列の取付ボルト本数
$n_{c2}$		
$N_2$	本	取付ボルト総数
$S_2$	mm <sup>2</sup>	取付ボルト断面積
$W_2$	kg	機器質量

第4-9表 取付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{c1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
$\sigma_{c2}$		
$\sigma_{d1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
$\sigma_{d2}$		
$\sigma_{d3}$		
$\sigma_{d4}$		
$\sigma_{d5}$		
$\sigma_{cmax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{dmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_c$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
$\tau_d$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

b. 応力評価モデル及び評価式

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

火災報知盤は、据付ボルト、取付ボルトにより据え付けるため、据付ボルト、取付ボルトは、それぞれに対し応力評価モデル及び評価式にて評価する。

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

(a) 据付ボルトの構造強度評価

据付ボルトの評価式を以下に、応力評価モデルを第 4-9 図及び第 4-10 図に示す。

イ. 据付ボルトに発生する引張応力、せん断応力

(イ) 前後方向

・最大引張応力  $\sigma_{amax}$  の算出

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S_1 + \sigma_{a2} l_{a2} n_{a2} S_1 = W_1 g \alpha_H h_1 + W_1 g (1 + \alpha_V) l_1$$

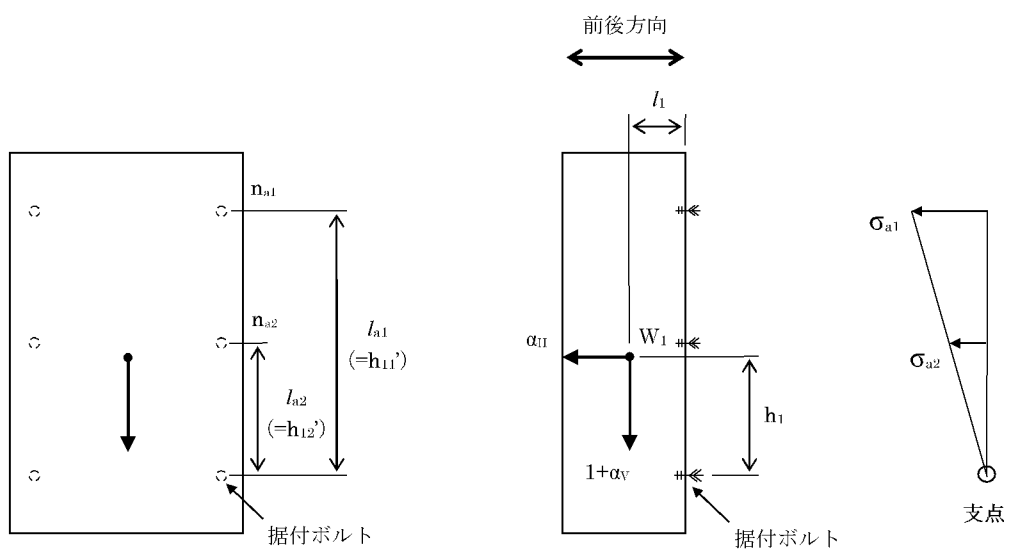
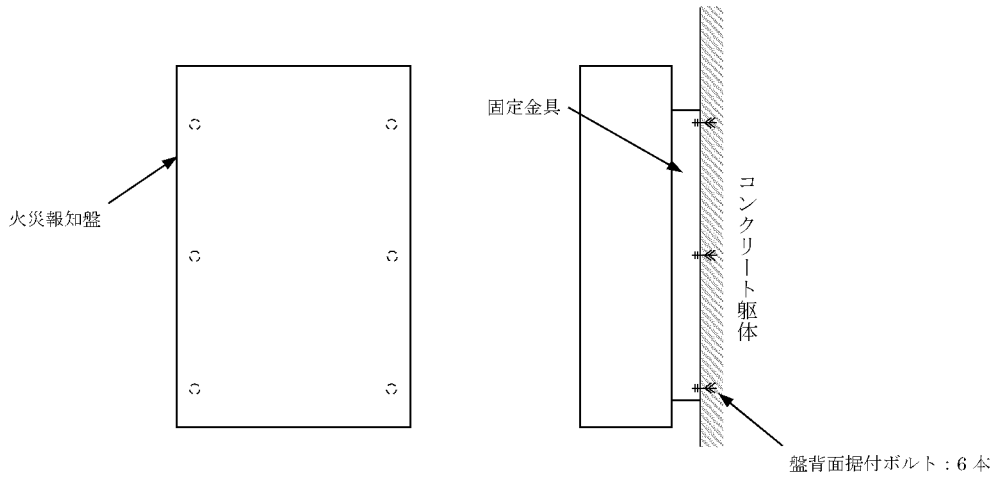
以上の式より

$$\sigma_{a1} = \frac{W_1 l_{a1} g (\alpha_H h_1 + (1 + \alpha_V) l_1)}{S_1 (l_{a1}^2 n_{a1} + l_{a2}^2 n_{a2})} = \sigma_{amax}$$

・せん断応力  $\tau_a$  の算出

据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_a = \frac{W_1 g (1 + \alpha_V)}{N_1 S_1}$$



第 4-9 図 据付ボルトの応力評価モデル（前後方向）



(ロ) 左右方向

・最大引張応力  $\sigma_{bmax}$  の算出

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S_1\sigma_{b1} + l_{b2}S_1\sigma_{b2} + l_{b3}S_1\sigma_{b3} + l_{b4}S_1\sigma_{b4} + l_{b5}S_1\sigma_{b5} = W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、 $l_{b1} = l_1' \cos \theta + h_{11}' \sin \theta$

$$l_{b2} = l_1' \cos \theta + h_{12}' \sin \theta$$

$$l_{b3} = l_1' \cos \theta$$

$$l_{b4} = h_{11}' \sin \theta$$

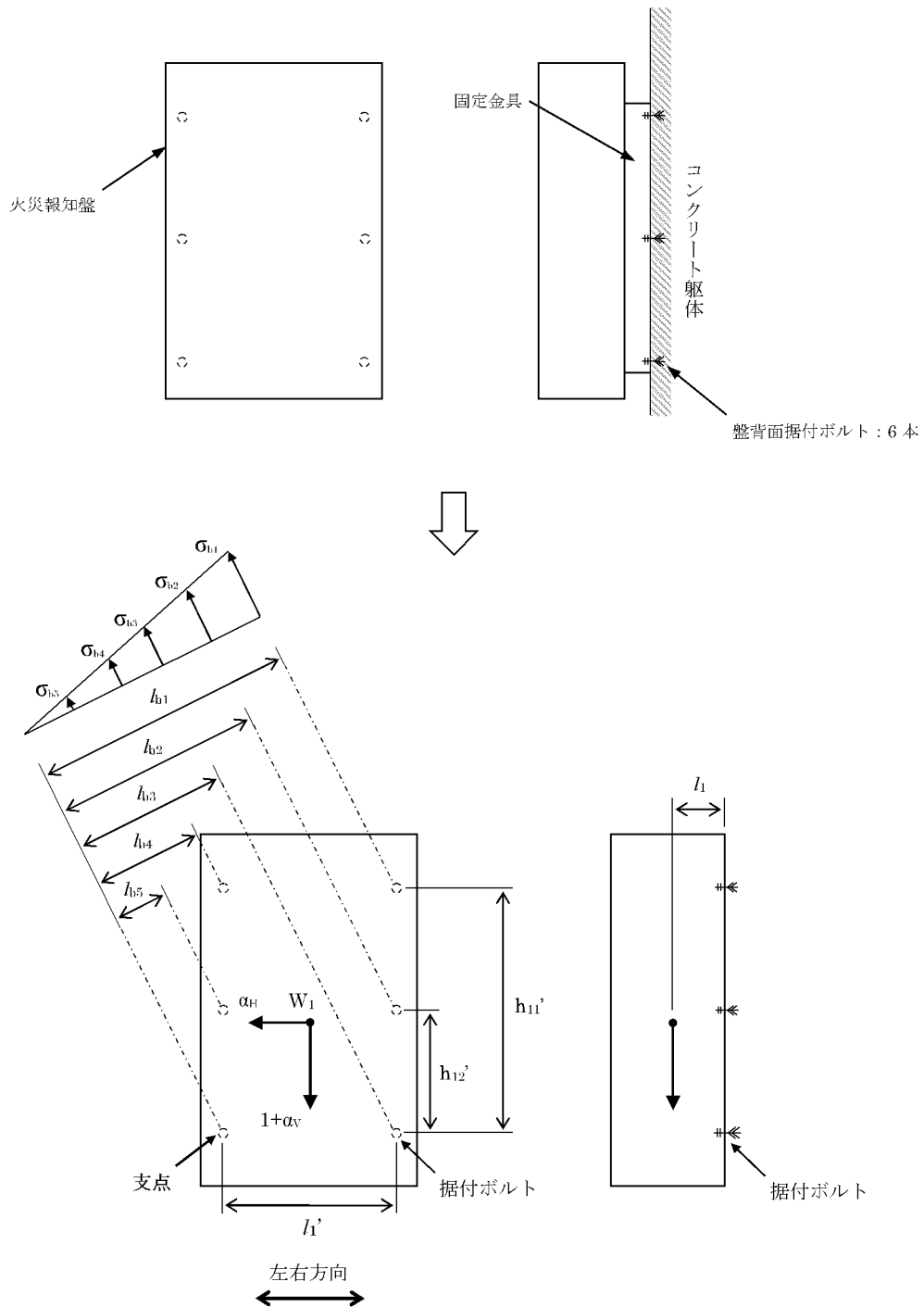
$$l_{b5} = h_{12}' \sin \theta \quad \text{とする。}$$

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

・せん断応力  $\tau_b$  の算出

据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{W_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1S_1}$$



第4-10図 据付ボルトの応力評価モデル（左右方向）

(b) 取付ボルトの構造強度評価

取付ボルトの評価式を以下に、応力評価モデルを第4-11図及び第4-12図に示す。

イ. 取付ボルトに発生する引張応力、せん断応力

(イ) 前後方向

- ・最大引張応力  $\sigma_{cmax}$  の算出

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2$$

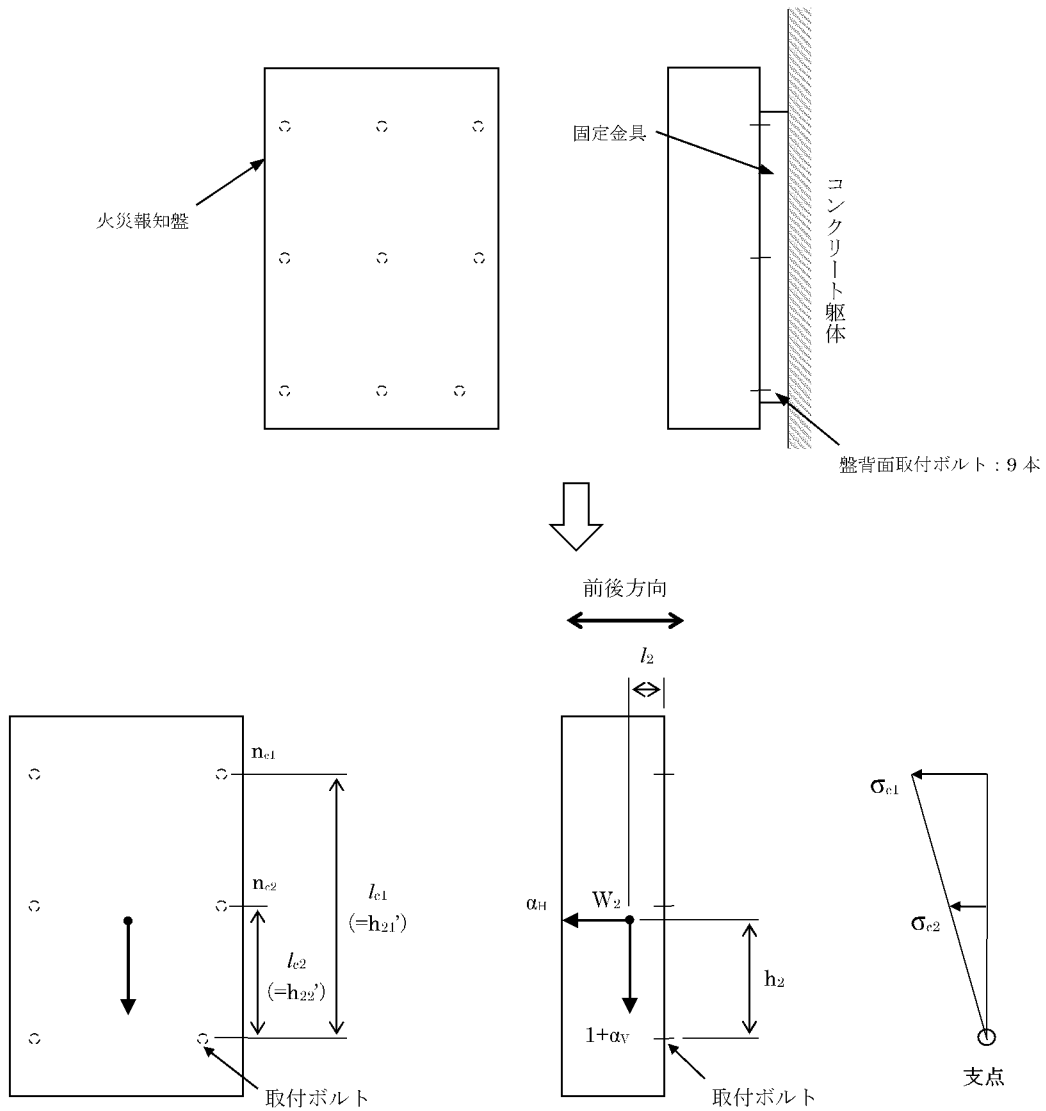
以上の式より

$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2})} = \sigma_{cmax}$$

- ・せん断応力  $\tau_c$  の算出

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$



第 4-11 図 取付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

(ロ) 左右方向

・最大引張応力  $\sigma_{dmax}$  の算出

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{d1}S_2\sigma_{d1} + l_{d2}S_2\sigma_{d2} + l_{d3}S_2\sigma_{d3} + l_{d4}S_2\sigma_{d4} + l_{d5}S_2\sigma_{d5} = W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2(l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2)} = \sigma_{dmax}$$

ここで、 $l_{d1} = l_{21}' \cos \theta + h_{21}' \sin \theta$

$l_{d2} = l_{21}' \cos \theta + h_{22}' \sin \theta$

$l_{d3} = l_{22}' \cos \theta$

$l_{d4} = h_{21}' \sin \theta$

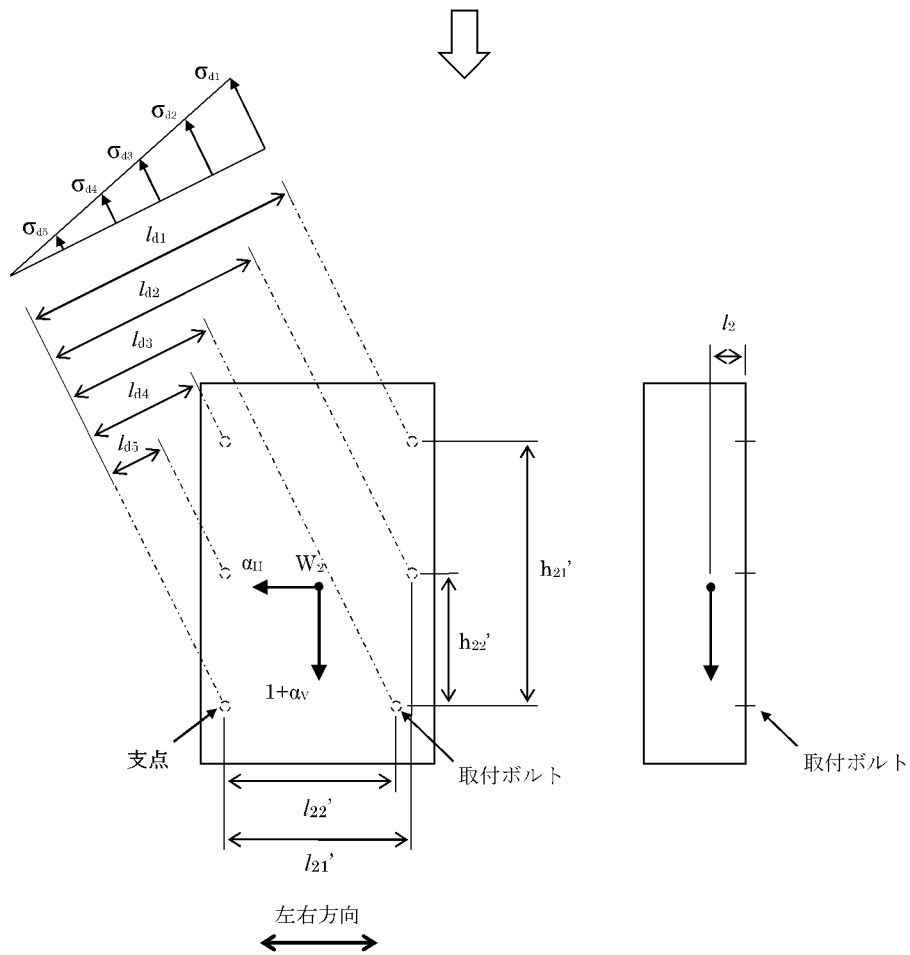
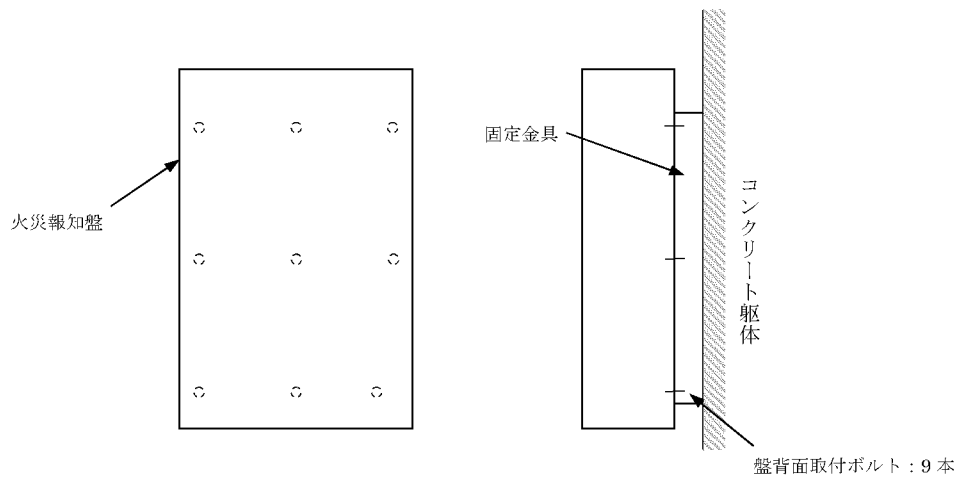
$l_{d5} = h_{22}' \sin \theta$  とする。

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

・せん断応力  $\tau_d$  の算出

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_d = \frac{W_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2S_2}$$



第 4-12 図 取付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

### 4.2.3 全域ハロン自動消火設備制御盤

#### (1) 評価方針

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価を行う場合、以下の方針に従うものとする。

- a. 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、全域ハロン自動消火設備制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- b. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### (2) 評価対象部位

1 質点系モデルにて応力評価を実施する全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位及び評価内容を第 4-10 表に示す。

第 4-10 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
据付ボルト	引張、せん断
取付ボルト	引張、せん断

#### (3) 応力評価方法

全域ハロン自動消火設備制御盤は以下の評価方法にて応力評価を実施する。

##### a. 記号の定義

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価に使用する記号を第 4-11 表及び第 4-12 表に示す。

第 4-11 表 据付ボルトの応力評価に用いる記号の定義(1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_1$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_1$	mm	支点より機器重心までの鉛直距離
$h_{11}'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$h_{12}'$		
$h_{13}'$		
$l_1$	mm	支点より機器重心までの水平距離
$l_1'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{a2}$		
$l_{a3}$		
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$l_{b4}$		
$l_{b5}$		
$l_{b6}$		
$l_{b7}$		
$N_1$	本	据付ボルト総数
$n_{a1}$	本	各列の据付ボルト本数
$n_{a2}$		
$n_{a3}$		
$S_1$	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$W_1$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平加速度
$\alpha_V$	—	鉛直加速度



第 4-11 表 据付ボルトの応力評価に用いる記号の定義(2/2)

記 号	単 位	記号の定義
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
$\sigma_{a2}$		
$\sigma_{a3}$		
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{b4}$		
$\sigma_{b5}$		
$\sigma_{b6}$		
$\sigma_{b7}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力（前後方向）
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力（左右方向）
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

第 4-12 表 取付ボルトの応力評価に用いる記号の定義(1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_2$	mm	取付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_2$	mm	支点より機器重心までの鉛直距離
$h_{21}'$	mm	鉛直方向の取付ボルト間距離
$h_{22}'$		
$h_{23}'$		
$h_{24}'$		
$l_2$	mm	支点より機器重心までの水平距離
$l_2'$	mm	水平方向の取付ボルト間距離
$l_{c1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{c2}$		
$l_{c3}$		
$l_{c4}$		
$l_{d1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{d2}$		
$l_{d3}$		
$l_{d4}$		
$l_{d5}$		
$l_{d6}$		
$l_{d7}$		
$n_{c1}$	本	各列の取付ボルト本数
$n_{c2}$		
$n_{c3}$		
$n_{c4}$		
$N_2$	本	取付ボルト総数
$S_2$	mm <sup>2</sup>	取付ボルト断面積
$W_2$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平加速度
$\alpha_V$	—	鉛直加速度

第 4-12 表 取付ボルトの応力評価に用いる記号の定義(2/2)

記号	単位	記号の定義
$\sigma_{e1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
$\sigma_{e2}$		
$\sigma_{e3}$		
$\sigma_{e4}$		
$\sigma_{d1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
$\sigma_{d2}$		
$\sigma_{d3}$		
$\sigma_{d4}$		
$\sigma_{d5}$		
$\sigma_{d6}$		
$\sigma_{d7}$		
$\sigma_{emax}$	MPa	最大引張応力（前後方向）
$\sigma_{dmax}$	MPa	最大引張応力（左右方向）
$\tau_c$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
$\tau_d$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

b. 応力評価モデル及び評価式

全域ハロン自動消火設備制御盤の据付ボルト及び取付ボルトの評価式及び応力評価モデルを以下に示す。

(a). 据付ボルト

全域ハロン自動消火設備制御盤の据付ボルトの評価式を以下に、応力評価モデルを第4-13図及び第4-14図に示す。

イ. 据付ボルトに発生する最大引張応力

(イ) 前後方向

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{a1}}{l_{a1}} = \frac{\sigma_{a2}}{l_{a2}} = \frac{\sigma_{a3}}{l_{a3}}$$

モーメントのつり合いより、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S_1 + \sigma_{a2} l_{a2} n_{a2} S_1 + \sigma_{a3} l_{a3} n_{a3} S_1 = W_1 g \alpha_H h_1 + W_1 g (1 + \alpha_V) l_1$$

以上の式より、

$$\sigma_{a1} = \frac{W_1 l_{a1} g (\alpha_H h_1 + (1 + \alpha_V) l_1)}{S_1 (l_{a1}^2 n_{a1} + l_{a2}^2 n_{a2} + l_{a3}^2 n_{a3})} = \sigma_{amax}$$

(ロ) 左右方向

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}} = \frac{\sigma_{b6}}{l_{b6}} = \frac{\sigma_{b7}}{l_{b7}}$$

モーメントのつり合いより、

$$\begin{aligned} l_{b1} S_1 \sigma_{b1} + l_{b2} S_1 \sigma_{b2} + l_{b3} S_1 \sigma_{b3} + l_{b4} S_1 \sigma_{b4} + l_{b5} S_1 \sigma_{b5} + l_{b6} S_1 \sigma_{b6} + l_{b7} S_1 \sigma_{b7} \\ = W_1 l_1 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \end{aligned}$$

以上の式より、

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1 l_1 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1 (l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2 + l_{b6}^2 + l_{b7}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、

$$\begin{aligned}
 l_{b1} &= l_1' \cos\theta + h_{11}' \sin\theta \\
 l_{b2} &= l_1' \cos\theta + h_{12}' \sin\theta \\
 l_{b3} &= l_1' \cos\theta + h_{13}' \sin\theta \\
 l_{b4} &= l_1' \cos\theta \\
 l_{b5} &= h_{11}' \sin\theta \\
 l_{b6} &= h_{12}' \sin\theta \\
 l_{b7} &= h_{13}' \sin\theta \quad \text{とする。}
 \end{aligned}$$

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

ロ. 据付ボルトに発生するせん断応力

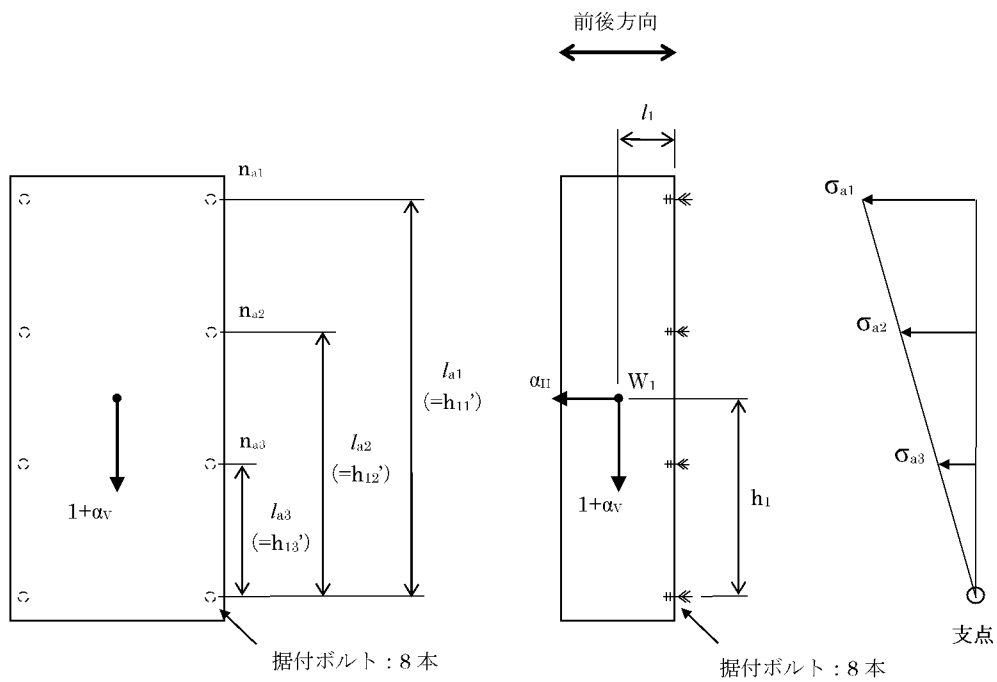
据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

(イ) 前後方向

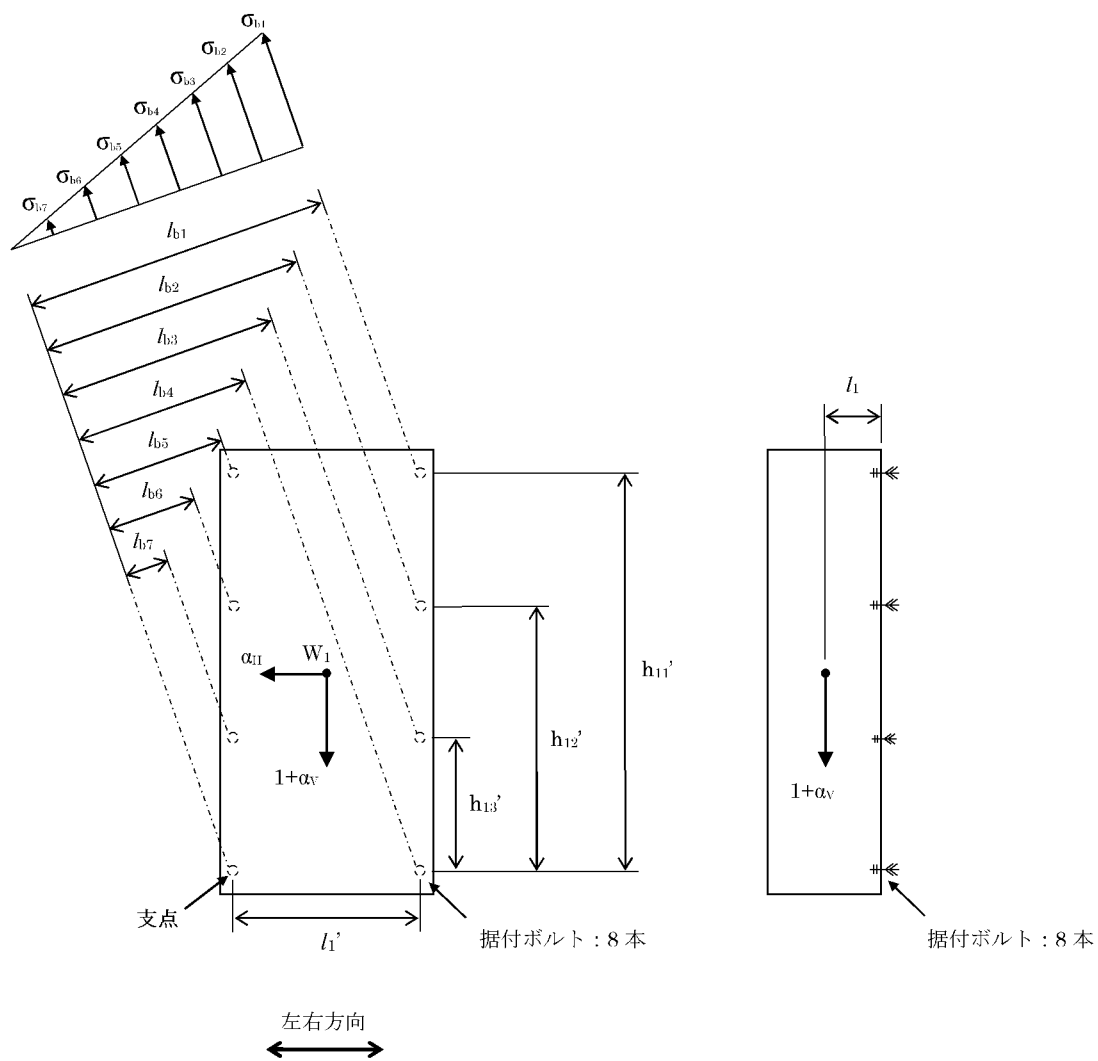
$$\tau_a = \frac{W_1 g (1 + \alpha_V)}{N_1 S_1}$$

(ロ) 左右方向

$$\tau_b = \frac{W_1 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1 S_1}$$



第4-13図 全域ハロン自動消火設備制御盤 据付ボルトの応力評価モデル(前後方向)



第4-14図 全域ハロン自動消火設備制御盤 据付ボルトの応力評価モデル(左右方向)

(b) 取付ボルト

全域ハロン自動消火設備制御盤の取付ボルトの評価式を以下に、応力評価モデルを第4-15図及び第4-16図に示す。

イ. 取付ボルトに発生する最大引張応力

(イ) 前後方向

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}} = \frac{\sigma_{c3}}{l_{c3}} = \frac{\sigma_{c4}}{l_{c4}}$$

モーメントのつり合いより、

$$\begin{aligned} \sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 + \sigma_{c3} l_{c3} n_{c3} S_2 + \sigma_{c4} l_{c4} n_{c4} S_2 \\ = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2 \end{aligned}$$

以上の式より、

$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2} + l_{c3}^2 n_{c3} + l_{c4}^2 n_{c4})} = \sigma_{cmax}$$

(ロ) 左右方向

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}} = \frac{\sigma_{d6}}{l_{d6}} = \frac{\sigma_{d7}}{l_{d7}}$$

モーメントのつり合いより、

$$\begin{aligned} l_{d1} S_2 \sigma_{d1} + l_{d2} S_2 \sigma_{d2} + l_{d3} S_2 \sigma_{d3} + l_{d4} S_2 \sigma_{d4} + l_{d5} S_2 \sigma_{d5} + l_{d6} S_2 \sigma_{d6} + l_{d7} S_2 \sigma_{d7} \\ = W_2 l_2 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \end{aligned}$$

以上の式より、

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2 l_2 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2 (l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2 + l_{d6}^2 + l_{d7}^2)} = \sigma_{dmax}$$



ここで、

$$\begin{aligned}
 l_{d1} &= l_2' \cos\theta + h_{21}' \sin\theta \\
 l_{d2} &= l_2' \cos\theta + h_{23}' \sin\theta \\
 l_{d3} &= l_2' \cos\theta + h_{24}' \sin\theta \\
 l_{d4} &= l_2' \cos\theta \\
 l_{b5} &= h_{21}' \sin\theta \\
 l_{d6} &= h_{22}' \sin\theta \\
 l_{d7} &= h_{24}' \sin\theta \quad \text{とする。}
 \end{aligned}$$

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

ロ. 取付ボルトに発生するせん断応力

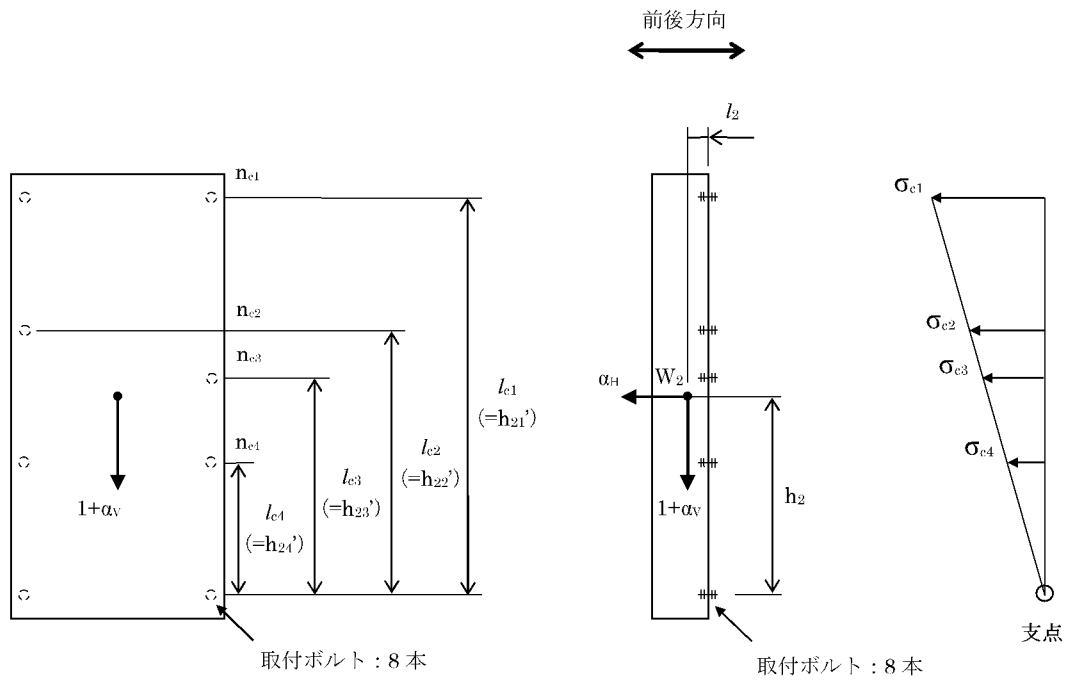
取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

(イ) 前後方向

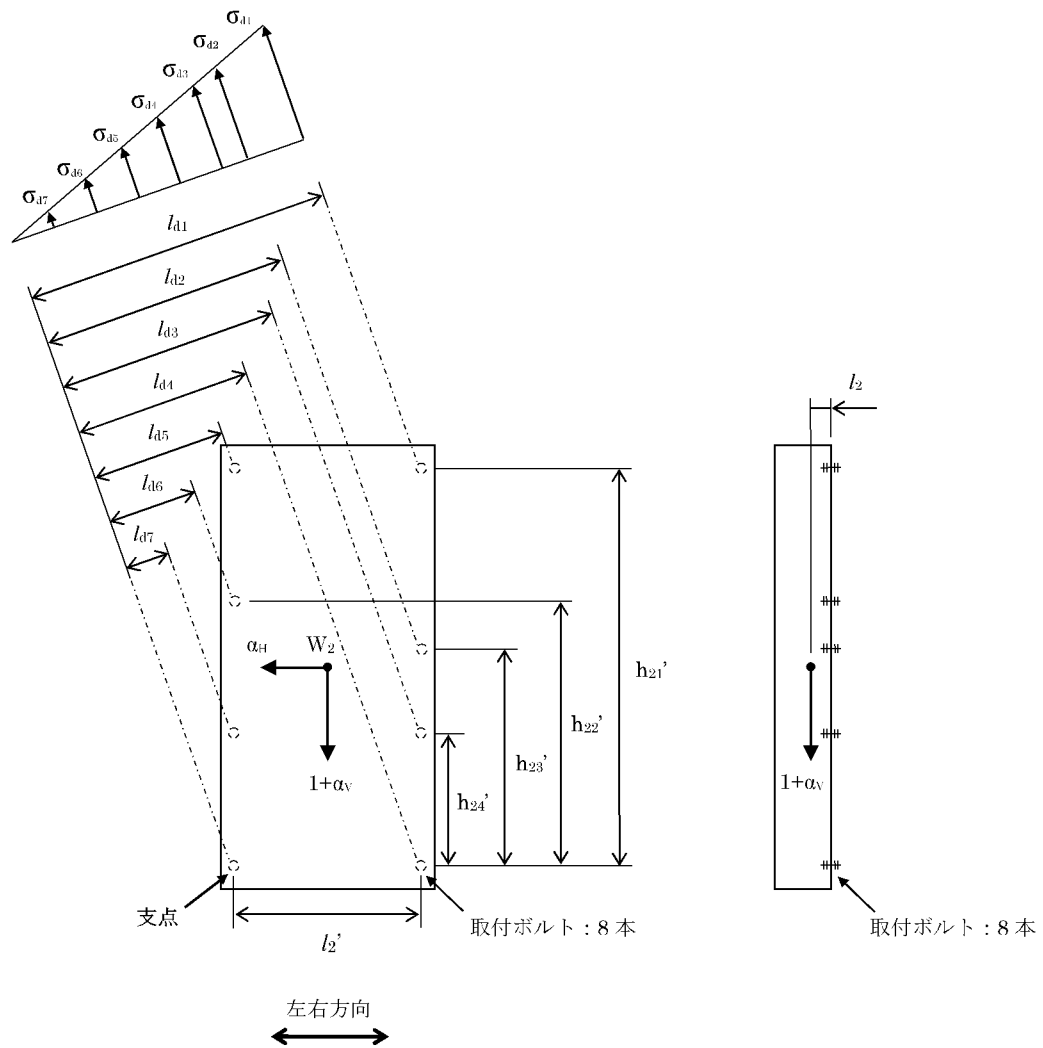
$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$

(ロ) 左右方向

$$\tau_d = \frac{W_2 g \sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2 S_2}$$



第4-15図 全域ハロン自動消火設備制御盤 取付ボルトの応力評価モデル(前後方向)



第4-16図 全域ハロン自動消火設備制御盤 取付ボルトの応力評価モデル(左右方向)

#### 4.2.4 3次元 FEM モデルによる解析

「4.1 地震応答解析」において、3次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する設備は、解析により求めた荷重を用いて応力評価を実施する。3次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施するハロンボンベ設備のラック及び基礎ボルトの応力評価について以下に示す。

##### (1) 記号の定義

ハロンボンベ設備のラック及び基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義を第4-13表に示す。

第4-13表 ラック及び基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義

記号	単位	記号の定義
A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト1本当たりの断面積
F <sub>s</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用するせん断力
F <sub>t</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用する引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ <sub>a</sub>	MPa	ラックの軸応力
σ <sub>b</sub>	MPa	ラックの曲げ応力
σ <sub>bt</sub>	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ <sub>b</sub>	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ <sub>t</sub>	MPa	ラックのねじりモーメントによるせん断応力

(2) 発生応力の評価式

a. ラックの構造強度評価

(a) 組合せ応力

3次元 FEM モデルによる地震応答解析にて算出するラックの軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

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

b. 基礎ボルトの構造強度評価

(a) 引張応力

3次元 FEM モデルによる地震応答解析にて算出する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。

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

(b) せん断応力

3次元 FEM モデルによる地震応答解析にて算出する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。

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

#### 4.2.5 標準支持間隔法

ハロンガス供給配管は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示す標準支持間隔法により設計する。

ハロンガス供給配管に接続されるハロンガス供給選択弁については、ハロンガス供給配管より厚肉構造のものを使用するため、配管より発生応力が小さくなる。一方、集中質量部であるハロンガス供給選択弁の支持間隔を求める際には、弁質量を付加して評価を行っている。このため、ハロンガス供給選択弁の評価は、配管の評価で包絡できる。

### 4.3 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、基準地震動  $S_s$  に対し、火災を早期に感知、消火する動的機能及び電氣的機能を保持することを性能目標としているため、火災感知設備及び消火設備の動的機能維持及び電氣的機能維持に係る耐震計算の方針は、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「4. 機能維持」を用いる。

#### 4.3.1 動的機能維持

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

##### (1) 消火設備

###### a. ハロンボンベ設備のうち容器弁

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

###### b. ハロンガス供給選択弁

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

#### 4.3.2 電氣的機能維持

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

##### (1) 火災感知設備

###### a. 火災感知器

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

###### b. 火災報知盤

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

##### (2) 消火設備

###### a. 全域ハロン自動消火設備制御盤

全域ハロン自動消火設備制御盤は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた全域ハロン自動消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動  $S_s$  による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて全域ハロン自動消火設備制御盤単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

#### 4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮

基準地震動  $S_s$  による地震力による耐震性評価を実施する火災感知設備及び消火設備に関する、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる影響評価については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の評価方針及び評価方法に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、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結果」に示す。

#### 5. 適用規格

添付資料 5 に記載している以下の指針等を適用する。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版〈第 I 編 軽水炉規格〉）  
JSME S NC1-2012」（日本機械学会）
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版）JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1987）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（JEAG4601・補-1984）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）日本電気協会
- ・ JIS G 3112-2020 鉄筋コンクリート用棒鋼



## 火災感知器の耐震計算書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 9
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 9
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 11
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 11
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 11
3.3 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 12
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 13
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 13
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 13
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 13
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 15
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 16
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 36
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 36
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 36
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 36
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 36
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 38
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 38
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 48
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 2 - 49

## 1. 概 要

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

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す火災感知器の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

火災感知器は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件及び炎が生じる前に発煙する等の予想される火災の性質を考慮して選定された種類の火災感知器を緊急時対策棟及び緊急時対策棟屋外地下エリアに設置する設計とする。

### 2.2 構造概要

火災感知器の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、火災感知器の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図から第 2-6 図に示す。

第 2-1 表 火災感知器の構造計画 (1/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	煙感知器  熱感知器	各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋天井のコンクリート躯体に据え付ける。	

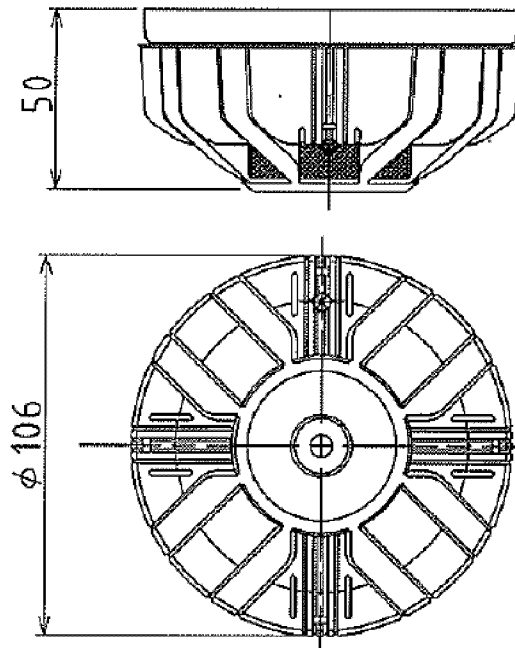
第 2-1 表 火災感知器の構造計画 (2/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
煙感知器 (防爆)	煙感知器	煙感知器 (防爆) は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	
熱感知器 (防爆)	熱感知器	熱感知器 (防爆) は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	
炎感知器	炎感知器	炎感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

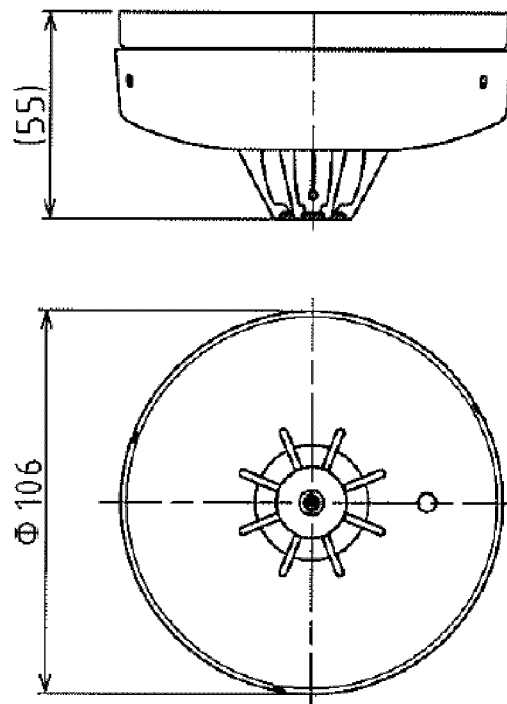
第 2-1 表 火災感知器の構造計画 (3/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
炎感知器 (防爆)	炎感知器	炎感知器（防爆）は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトにより、建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

(単位：mm)

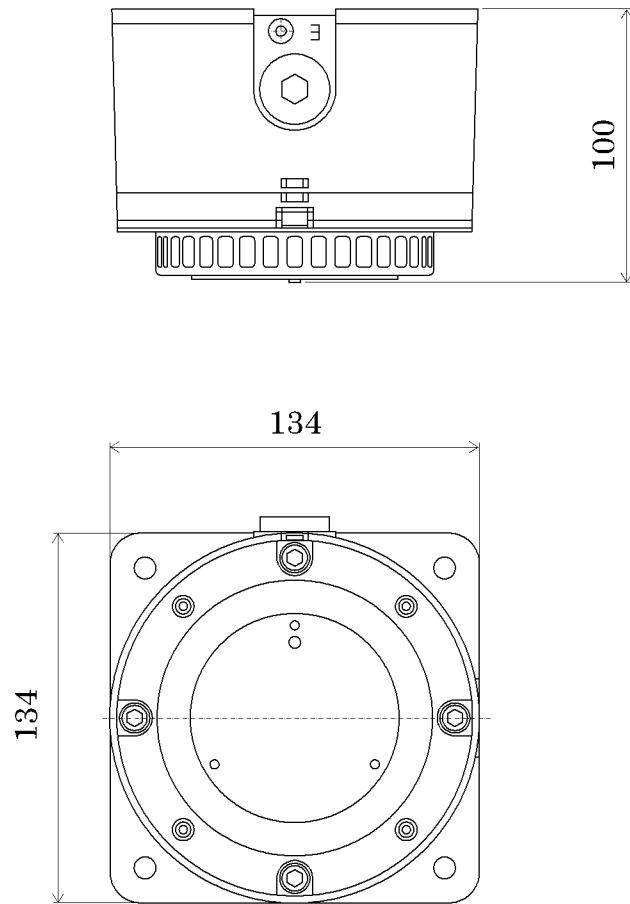


第2-1図 煙感知器（アナログ） 外観図



第2-2図 熱感知器（アナログ） 外観図

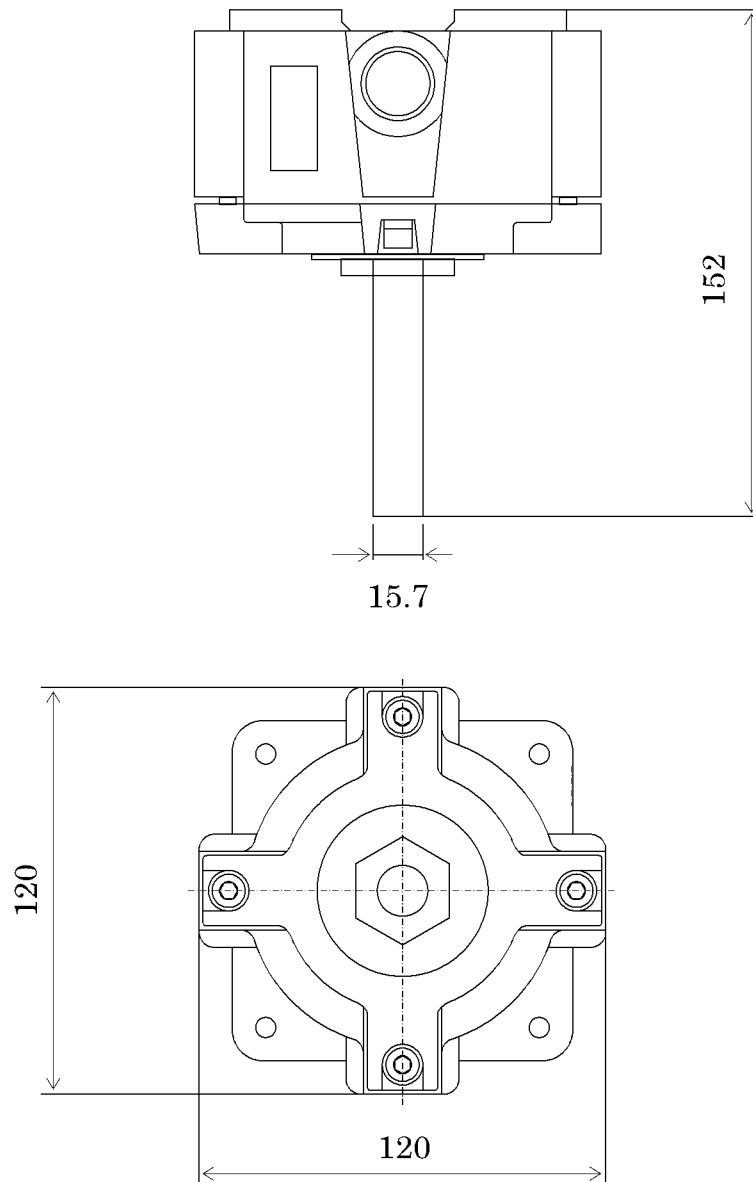
(単位：mm)



第 2-3 図 煙感知器 (防爆) 外觀図

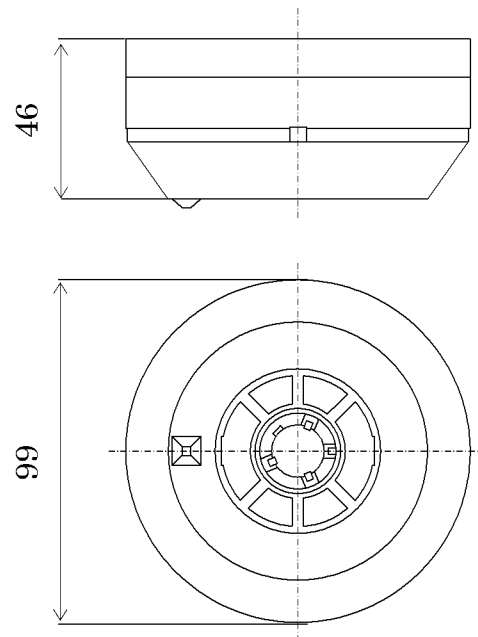


(単位：mm)

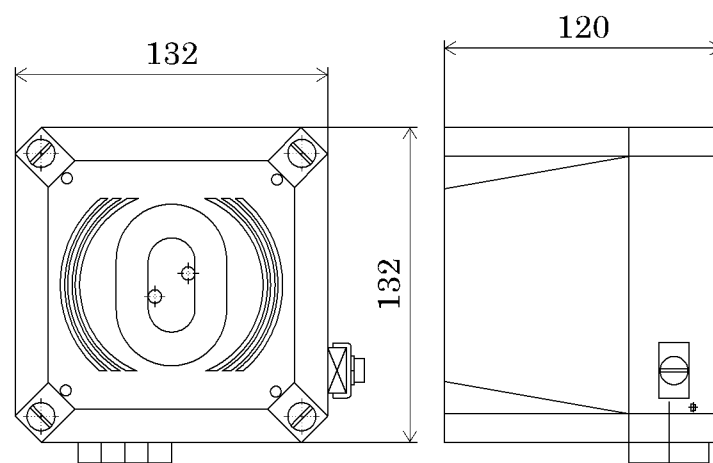


第 2-4 図 熱感知器 (防爆) 外觀図

(單位：mm)



第 2-5 圖 炎感知器 外觀圖



第 2-6 圖 炎感知器 (防爆) 外觀圖

## 2.3 評価方針

火災感知器は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

火災感知器の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において火災感知器の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

火災感知器は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

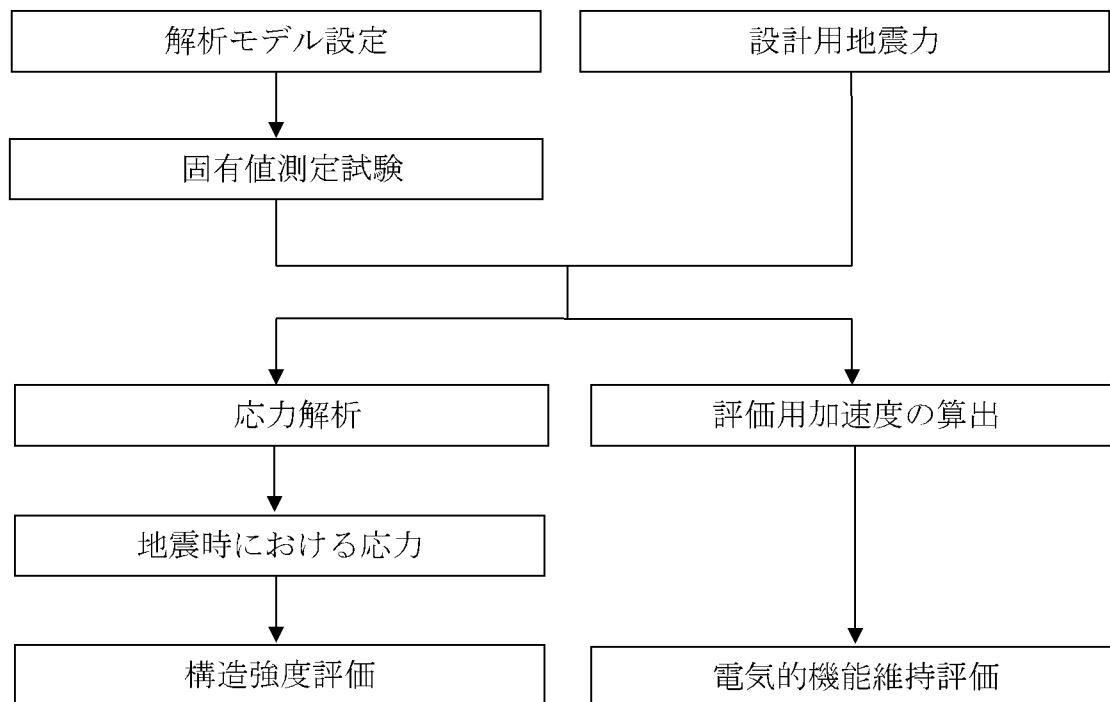
火災感知器の電氣的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において火災感知器の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

火災感知器の耐震評価フローを第 2-7 図に示す。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-7 図 火災感知器の耐震評価フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

火災感知器は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

火災感知器本体の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 固有値解析結果」において火災感知器本体の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

火災感知器は、固定金具等の支持構造物も含めた火災感知器の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

### 3.3 固有値解析結果

火災感知器の固有値解析結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 火災感知器の固有振動数

設備名称		方向	固有振動数 (Hz)
火 災 感 知 器	煙感知器 (アナログ)	上下	30 以上
		前後	30 以上
		左右	30 以上
	熱感知器 (アナログ)	上下	30 以上
		前後	30 以上
		左右	30 以上
	煙感知器 (防爆)	上下	30 以上
		前後	30 以上
		左右	30 以上
	熱感知器 (防爆)	上下	30 以上
		前後	30 以上
		左右	30 以上
	炎感知器	上下	23.8
		前後	25.1
		左右	22.5
炎感知器 (防爆)	上下	30 以上	
	前後	30 以上	
	左右	30 以上	

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

火災感知器は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

火災感知器の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

火災感知器の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位である据付ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、固定金具等を含めた火災感知器の自重とする。

##### (2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、火災感知器の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

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



#### 4.4 許容限界

火災感知器の許容限界は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示す許容限界に従い、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 4-2 表に示す。

第 4-2 表 据付ボルトの許容限界

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

(注 1)  $f_t^*$ ,  $f_s^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を  $1.2S_y$  及び  $1.2S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、 $S_y$  及び  $0.7S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

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

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min} (1.4(1.5f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$  とする。

## 4.5 評価方法

火災感知器の応力評価は、支持構造に応じて一点固定型、二点固定型、四点固定型に分類でき、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す。

各々の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、火災感知器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 4.5.1 記号の定義

一点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-3 表に、二点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-4 表に、四点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-5 表に、四点固定 L 型における据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-6 表に示す。

第4-3表 一点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
$d$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$l_1$	mm	天井面より機器重心までの鉛直距離
$l_2$	mm	据付ボルトより固定金具端部までの水平距離
$l_3$		
$l_4$	mm	据付ボルトより機器重心までの水平距離
$N$	本	据付ボルト総数
$p_x$	N	固定金具に作用する反力
$p_y$		
$p_z$		
$S$	$mm^2$	据付ボルト断面積
$W$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{xz}$	MPa	据付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
$\sigma_{yz}$	MPa	据付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
$\tau_{xz}$	MPa	据付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
$\tau_{yz}$	MPa	据付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

第 4-4 表 二点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
d	mm	据付ボルト呼び径
F <sub>X</sub>	N	水平地震力による荷重
F <sub>Y</sub>		
F <sub>Z</sub>	N	鉛直地震力及び自重による荷重
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
l <sub>1</sub>	mm	曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離
l <sub>2</sub>	mm	壁面より曲がり部支点までの水平距離
l <sub>3</sub>	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
l <sub>4</sub>	mm	据付ボルトより固定金具端部までの水平距離
M <sub>X</sub>	N・mm	モーメント荷重
M <sub>Y</sub>		
N	本	据付ボルト総数
r <sub>1</sub>	mm	据付ボルト間中心より据付ボルトまでの距離
r <sub>2</sub>		
r <sub>11</sub>	mm	据付ボルト間中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)
S	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
W	kg	機器質量
α <sub>H</sub>	—	水平加速度
α <sub>V</sub>	—	鉛直加速度
σ <sub>XZ</sub>	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
σ <sub>YZ</sub>	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
τ <sub>XZ</sub>	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
τ <sub>YZ</sub>	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

第 4-5 表 四点固定型における据付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
$d$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h$	mm	据付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$l$	mm	壁面より機器重心までの水平距離
$l'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離（前後方向）
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離（左右方向）
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$n_1$	本	各列の据付ボルト本数
$N$	本	据付ボルト総数
$S$	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$W$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（前後方向）
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力（左右方向）
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力（前後方向）
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力（左右方向）
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（前後方向）
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力（左右方向）

第 4-6 表 四点固定 L 型における据付ボルトの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	記号の定義
W	kg	機器質量
$n_1$	本	各列の据付ボルト本数
N	本	据付ボルト総数
d	mm	据付ボルト呼び径
S	mm <sup>2</sup>	据付ボルト断面積
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$l_1$	mm	曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離
$l_2$	mm	壁面より曲がり部支点までの水平距離
h	mm	据付ボルトより曲がり部支点までの鉛直距離
$l'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$h'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$r_1$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの距離
$r_2$		
$r_3$		
$r_4$		
$r_{11}$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (水平方向)
$r_{12}$	mm	固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)
$F_{XY}$	N	水平地震力による荷重
$F_Z$	N	鉛直地震力及び自重による荷重
$M_{XY}$	N・mm	モーメント荷重
$M_{C1}$		
$M_{C2}$		

第4-6表 四点固定L型における据付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)

#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

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

##### (1) 一点固定型の構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により煙感知器（アナログ）及び熱感知器（アナログ）における据付ボルトの発生応力を算出する。一点固定型の応力評価モデルを第 4-1 図に示す。

##### a. 固定金具に作用する反力

自重及び基準地震動  $S_s$  による地震力によって固定金具に作用する反力を、以下の式より算出する。

$$\begin{aligned} p_x &= p_y = Wg\alpha_H \\ p_z &= Wg(1+\alpha_V) \end{aligned}$$

##### b. 据付ボルトに発生する引張応力

据付ボルトに作用する反力のモーメントのつり合い及び鉛直方向反力により、引張応力を算出する。

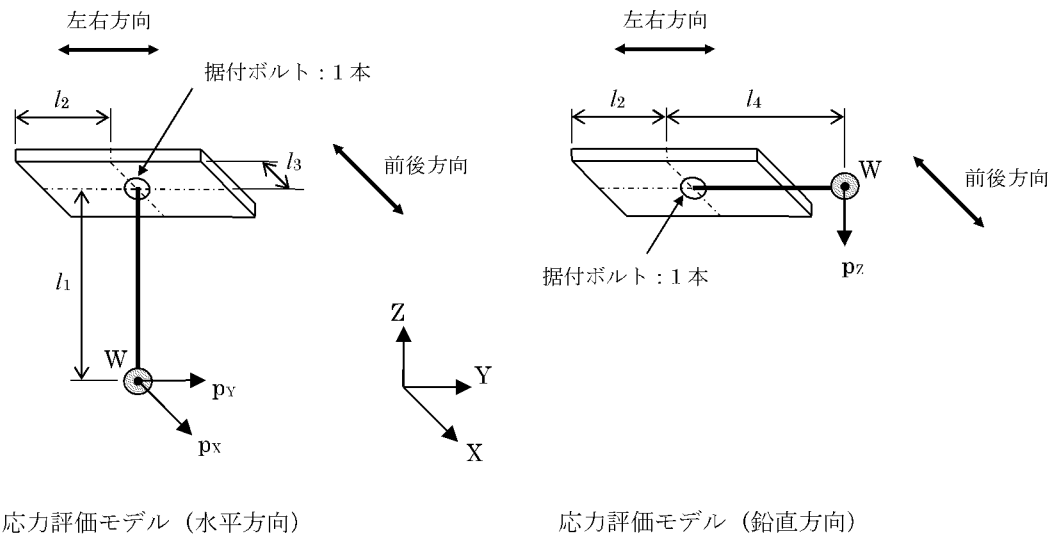
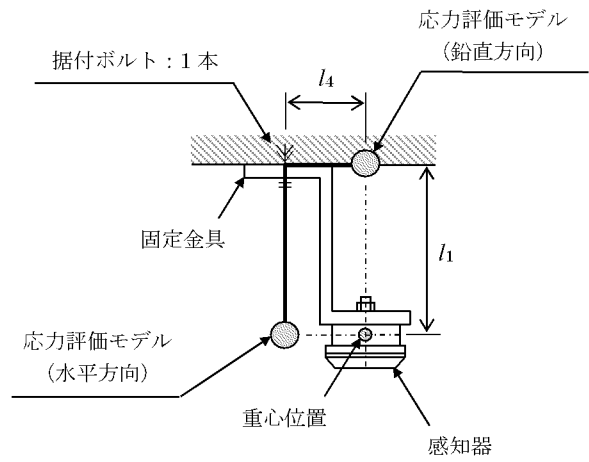
$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= \frac{1}{S} \left( \frac{p_x l_1}{l_3} + \frac{p_z l_4}{l_2} + p_z \right) \\ \sigma_{yz} &= \frac{1}{S} \left( \frac{p_y l_1}{l_2} + \frac{p_z l_4}{l_2} + p_z \right) \end{aligned}$$

##### c. 据付ボルトに発生するせん断応力

据付ボルトに作用する水平方向反力により、せん断応力を算出する。

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= \frac{p_x}{S} \\ \tau_{yz} &= \frac{p_y}{S} \end{aligned}$$





応力評価モデル (水平方向)

応力評価モデル (鉛直方向)

第 4-1 図 一点固定型の応力評価モデル

(2) 二点固定型の構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により炎感知器における据付ボルトの発生応力を算出する。二点固定型の反力評価モデルを第 4-2 図に、応力評価モデルを第 4-3 図に示す。

曲がり部支点に作用する反力を算出し、据付ボルトに作用する反力評価モデルに付加することで、据付ボルトに発生する応力を算出する。

a. 曲がり部支点に作用する反力

- ・ 水平地震力による荷重

$$F_x = F_y = Wg\alpha_H$$

- ・ 水平地震力によるモーメント

$$M_x = M_y = F_x l_1$$

- ・ 鉛直地震力及び自重による荷重

$$F_z = Wg(1 + \alpha_V)$$

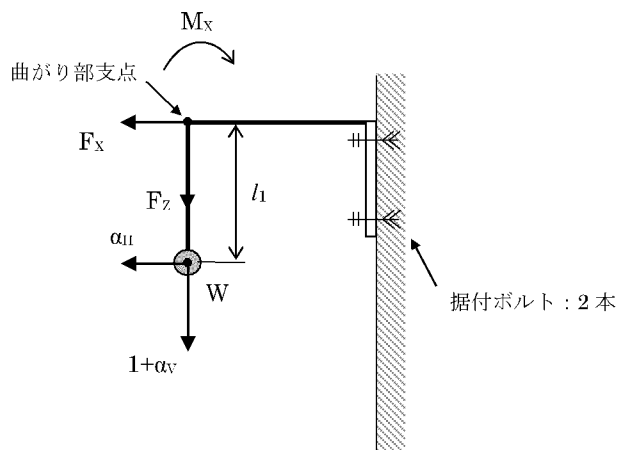
b. 据付ボルトに作用する反力

(a) 前後方向

- ・ 引張方向荷重： $F_x$
- ・ せん断方向荷重： $F_z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $M_x$ 、 $F_z l_2$

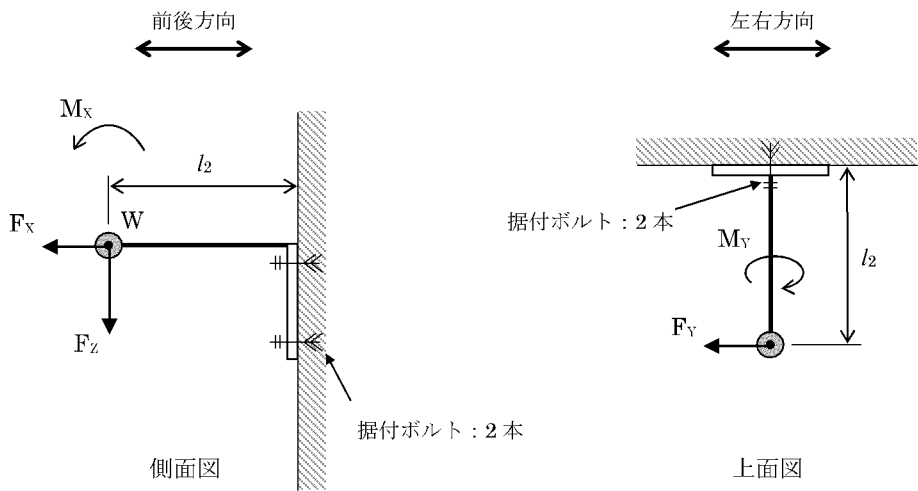
(b) 左右方向

- ・ せん断方向荷重： $F_y$ 、 $F_z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $F_y l_2$ 、 $F_z l_2$
- ・ ねじりモーメント荷重： $M_y$



側面図

曲がり部支点に作用する反力評価モデル



側面図

上面図

据付ボルトに作用する反力評価モデル

第 4-2 図 二点固定型の反力評価モデル

c. 据付ボルトに発生する引張応力

据付ボルトに作用する反力のモーメントのつり合いにより、引張応力を算出する。

(a) 前後方向

$$\sigma_{xz} = \frac{1}{S} \left( \frac{F_x}{N} + \frac{M_x + F_z l_2}{l_3} \right)$$

(b) 左右方向

$$\sigma_{yz} = \frac{l_2}{S} \left( \frac{F_y}{l_4 N} + \frac{F_z}{l_3} \right)$$

d. 据付ボルトに発生するせん断応力

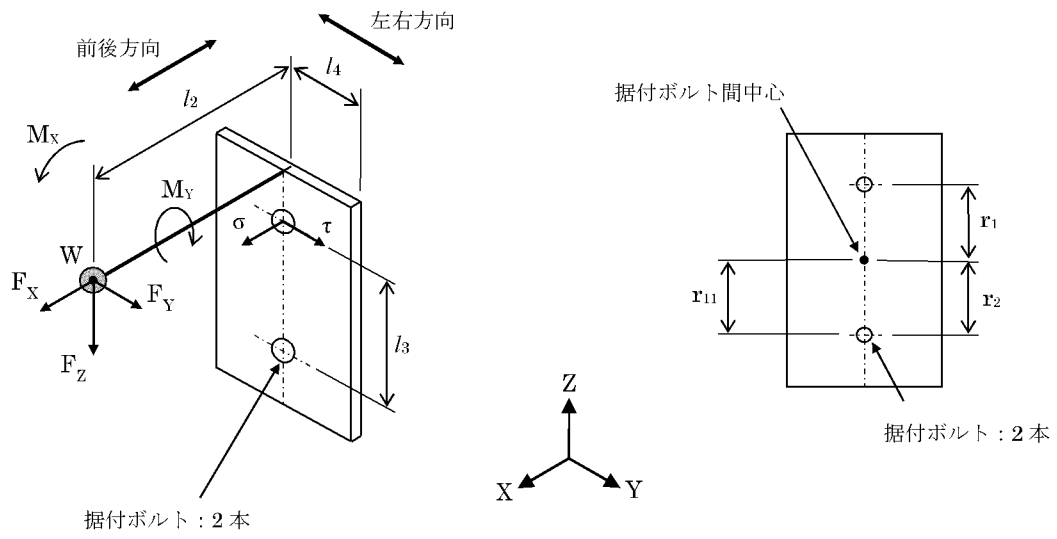
据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数(N)で受けるものとして計算する。

(a) 前後方向

$$\tau_{xz} = \frac{F_z}{NS}$$

(b) 左右方向

$$\tau_{yz} = \sqrt{\left\{ \frac{F_y}{NS} + \frac{M_y r_{11}}{(r_1^2 + r_2^2)S} \right\}^2 + \left( \frac{F_z}{NS} \right)^2}$$



応力評価モデル

第 4-3 図 二点固定型の応力評価モデル

(3) 四点固定型の構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により煙感知器（防爆）及び熱感知器（防爆）における据付ボルトの発生応力を算出する。四点固定型の応力評価モデル（前後方向）を第 4-4 図に、四点固定型の応力評価モデル（左右方向）を第 4-5 図に示す。

a. 前後方向

(a) 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_1 S = Wg \alpha_H h + Wg(1 + \alpha_V) l$$

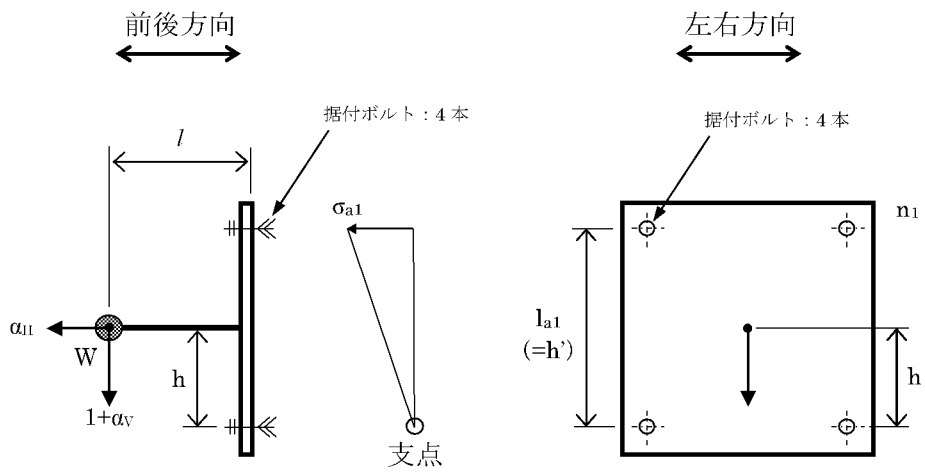
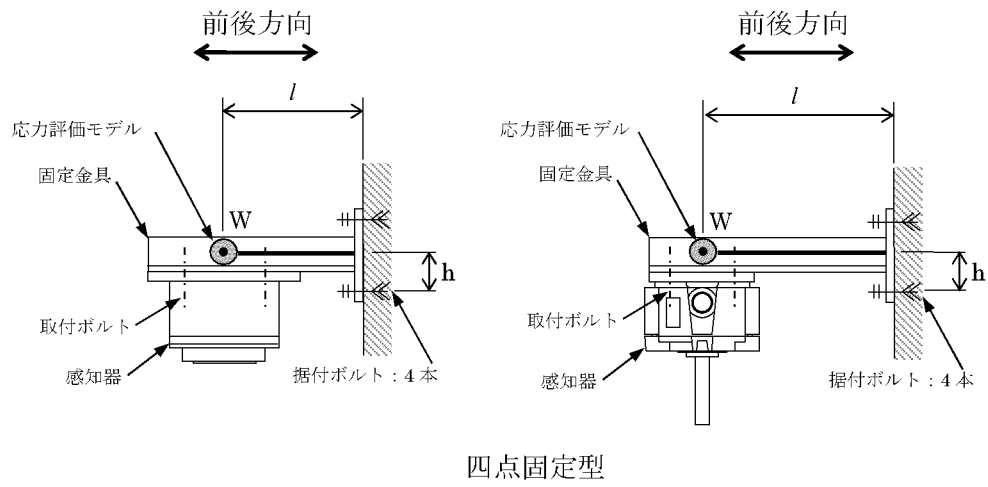
以上の式より

$$\sigma_{a1} = \frac{Wg(\alpha_H h + (1 + \alpha_V) l)}{S l_{a1} n_1} = \sigma_{a \max}$$

(b) 据付ボルトに発生するせん断応力

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

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



第 4-4 図 四点固定型の応力評価モデル (前後方向)

b. 左右方向

(a) 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

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

以上の式より

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

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

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

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

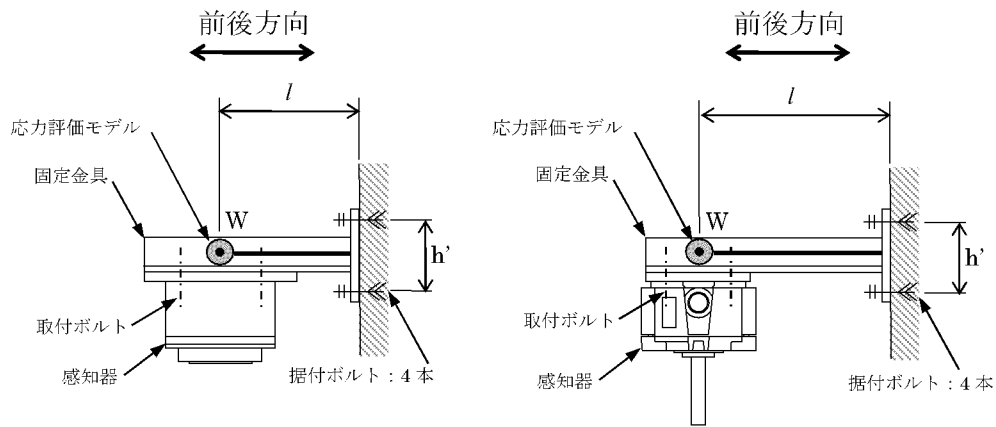
$$\text{但し、 } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H}\right)$$

(b) 据付ボルトに発生するせん断応力

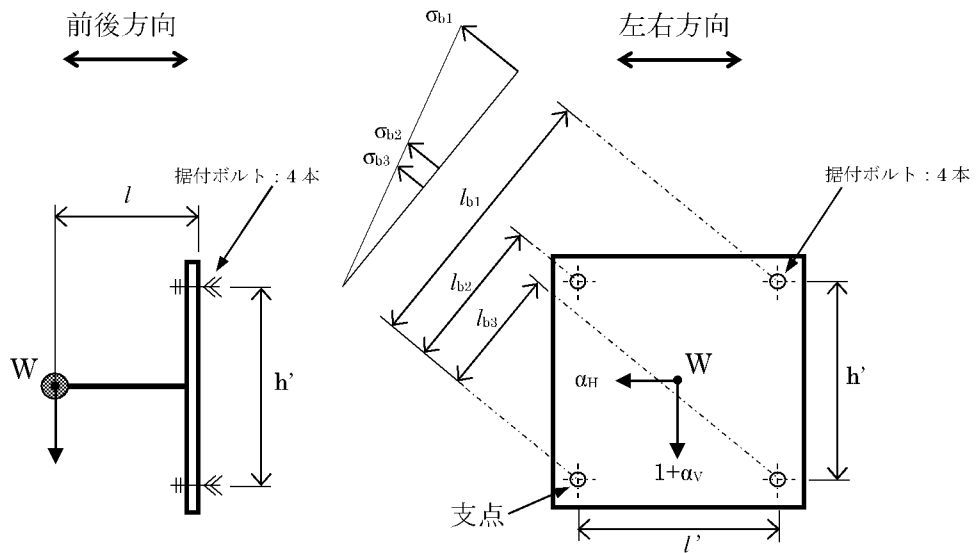
据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数(N)で受けるものとして計算する。

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





四点固定型



第 4-5 図 四点固定型の応力評価モデル (左右方向)

(4) 四点固定 L 型の構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により炎感知器（防爆）における据付ボルトの発生応力を算出する。四点固定 L 型の反力評価モデルを第 4-6 図に、応力評価モデルを第 4-7 図に示す。

a. 反力の算出

曲がり部支点に作用する反力を算出し、据付ボルトに作用する反力算出モデルに付加することで、据付ボルトに作用する応力を算出する。

(a) 曲がり部支点に作用する反力

- ・ 水平地震力による荷重

$$F_{XY} = Wg\alpha_H$$

- ・ 水平地震力によるモーメント

$$M_{XY} = F_{XY}l_1$$

- ・ 鉛直地震力及び自重による荷重

$$F_Z = Wg(1 + \alpha_V)$$

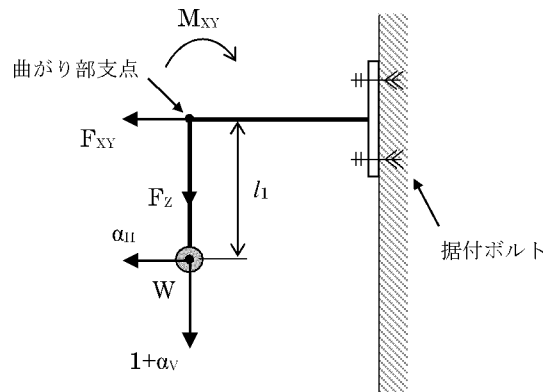
(b) 据付ボルトに作用する反力

i. 前後方向

- ・ 引張方向荷重： $F_{XY}$
- ・ せん断方向荷重： $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $M_{C1} = M_{XY} + F_Z l_2$

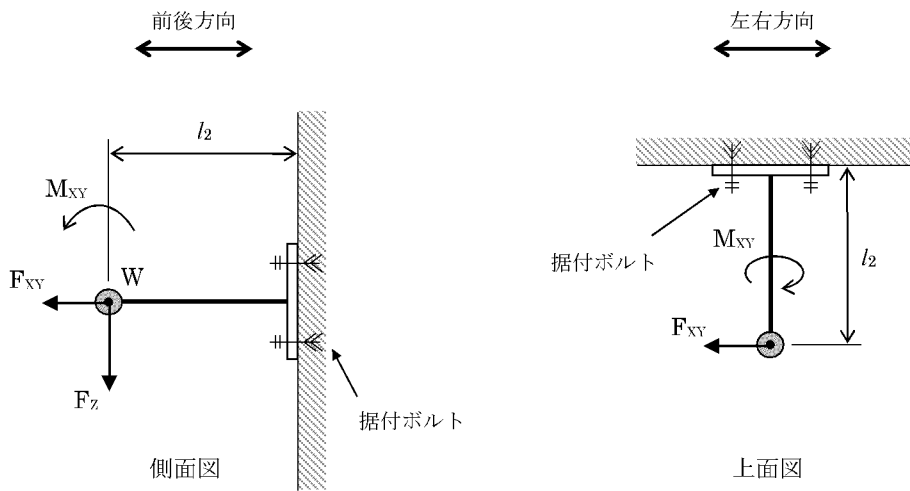
ii. 左右方向

- ・ せん断方向荷重： $F_{XY}$ 、 $F_Z$
- ・ 曲げモーメント荷重： $M_{C2} = \sqrt{F_{XY}^2 + F_Z^2} \cdot l_2$
- ・ ねじりモーメント荷重： $M_{XY}$



側面図

曲がり部支点に作用する反力算出モデル



据付ボルトに作用する反力算出モデル

第 4-6 図 四点固定 L 型の反力算出モデル

## b. 応力の算出

### (a) 前後方向

#### イ 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_1 S = M_{C1} + F_{XY} h$$

以上の式より

$$\sigma_{a1} = \frac{M_{C1} + F_{XY} h}{S l_{a1} n_1} = \sigma_{amax}$$

#### ロ 据付ボルトに発生するせん断応力

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

$$\tau_a = \frac{F_Z}{NS}$$

### (b) 左右方向

#### イ 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1} S \sigma_{b1} + l_{b2} S \sigma_{b2} + l_{b3} S \sigma_{b3} = M_{C2}$$

$$\text{以上の式より } \sigma_{b1} = \frac{M_{C2} l_{b1}}{S(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2)} = \sigma_{bmax}$$

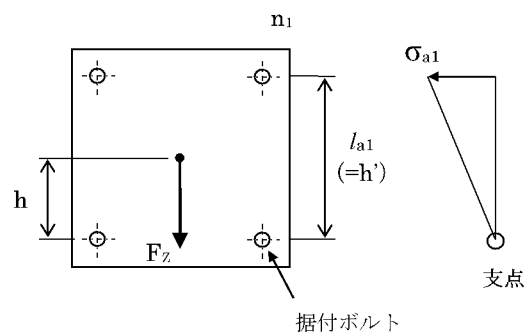
ここで、 $l_{b1} = h' \sin \theta + l' \cos \theta$ 、 $l_{b2} = h' \sin \theta$ 、 $l_{b3} = l' \cos \theta$  とする。

$$\text{ただし、 } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{F_Z}{F_{XY}} \right)$$

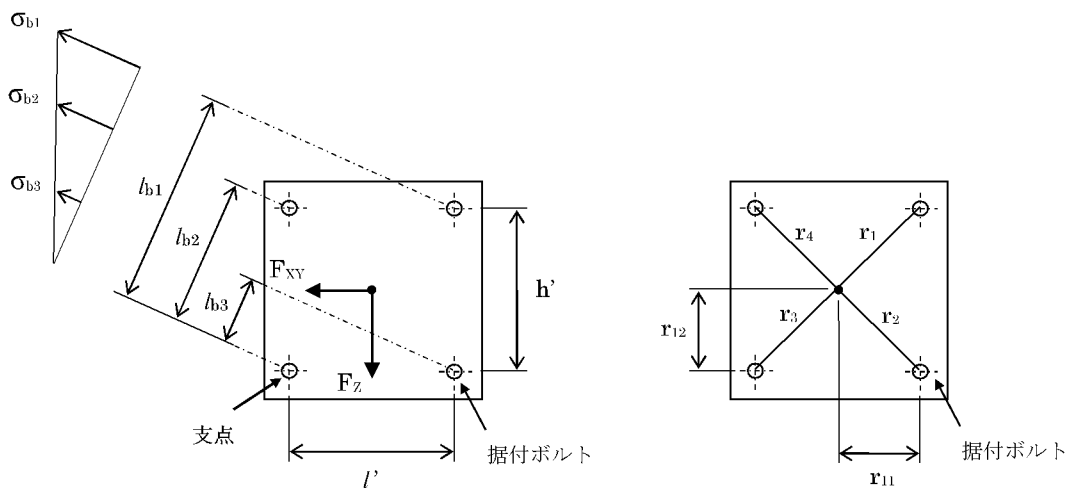
ロ 据付ボルトに発生するせん断応力

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

$$\tau_b = \sqrt{\left\{ \frac{F_{XY}}{NS} + \frac{M_{XY}r_{12}}{(r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)S} \right\}^2 + \left\{ \frac{F_Z}{NS} + \frac{M_{XY}r_{11}}{(r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)S} \right\}^2}$$



応力計算モデル (前後方向)



応力計算モデル (左右方向)

第 4-7 図 四点固定 L 型の応力評価モデル

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

火災感知器は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

火災感知器の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

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

### 5.3 許容限界

火災感知器の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

火災感知器の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

### 5.4 評価方法

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

第 5-1 表 火災感知器の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平方向	鉛直方向
火災感知器	煙感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	5.5	4.5
	熱感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	5.5	4.5
	煙感知器 (防爆)	加振台への取付位置	7.5	4.5
	熱感知器 (防爆)	加振台への取付位置	5.5	2.0
	炎感知器	加振台への取付位置	5.5	2.0
	炎感知器 (防爆)	加振台への取付位置	5.5	2.0

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

火災感知器の設計用地震力は、第6-1表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。火災感知器の設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋の各場所における最大床加速度(Ss)のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

第6-1表 火災感知器の設計用地震力 (1/2)

機器名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.37.60 他	緊急時 対策棟 EL.42.70	水平	1.0	水平方向は Ss-1~Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1~Ss-5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	
煙感知器 (防爆) 熱感知器 (防爆)	基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.30.75 他	緊急時 対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は Ss-1~Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1~Ss-5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。



第 6-1 表 火災感知器の設計用地震力 (2/2)

機器名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
炎感知器	基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.30.75 他	緊急時 対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は Ss-1~Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1~Ss-5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	
炎感知器 (防爆)	基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 燃料設備 EL.24.85	緊急時 対策棟 燃料設備 EL.24.85	水平	1.0	水平方向は Ss-1~Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1~Ss-5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.1.2 許容応力条件

第6-2表に火災感知器の許容応力評価条件を示す。

第6-2表 火災感知器の許容応力評価条件

設備名称	評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
煙感知器 (アナログ)	据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
熱感知器 (アナログ)	据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
煙感知器 (防爆)	据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
熱感知器 (防爆)	据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
炎感知器	据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
炎感知器 (防爆)	据付ボルト	SUS304 相当	40 (雰囲気温度)	205	520	205

#### 記号の定義

S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値

S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値

F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

### 6.1.3 応力評価モデルの諸元

火災感知器は、「3.3 固有値解析結果」により固有振動数を確認した。

煙感知器（アナログ）、熱感知器（アナログ）、煙感知器（防爆）、熱感知器（防爆）及び炎感知器（防爆）の固有振動数は上下方向 30Hz 以上、前後方向 30Hz 以上、左右方向 30Hz 以上であることを確認した。したがって、応力評価に使用する設計用加速度は、最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

炎感知器の固有振動数は上下方向 23.8Hz、前後方向 25.1Hz、左右方向 22.5Hz であることを確認した。したがって、応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向の設計用加速度は固有振動数が最小である 22.5Hz における応答加速度を、鉛直方向の設計用加速度は 23.8Hz における応答加速度を使用する。

火災感知器の応力評価モデルの諸元及び設計用加速度を第 6-3 表から第 6-14 表に示す。

第 6-3 表 煙感知器（アナログ）の応力評価モデルの諸元

項 目	記 号	単 位	入力値
据付ボルト呼び径	d	mm	10
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
天井面より機器重心までの鉛直距離	$l_1$	mm	210
据付ボルトより固定金具端部までの水平距離	$l_2$	mm	30
	$l_3$	mm	25
据付ボルトより機器重心までの水平距離	$l_4$	mm	64
据付ボルト総数	N	本	1
据付ボルト断面積	S	mm <sup>2</sup>	58
機器質量	W	kg	6

第 6-4 表 煙感知器（アナログ）の設計用加速度

方 向	記 号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	$\alpha_H$	2.928
鉛直	$\alpha_V$	0.960

第 6-5 表 熱感知器（アナログ）の応力評価モデルの諸元

項 目	記 号	単 位	入力値
据付ボルト呼び径	d	mm	10
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
天井面より機器重心までの鉛直距離	$l_1$	mm	210
据付ボルトより固定金具端部までの水平距離	$l_2$	mm	30
	$l_3$	mm	25
据付ボルトより機器重心までの水平距離	$l_4$	mm	64
据付ボルト総数	N	本	1
据付ボルト断面積	S	mm <sup>2</sup>	58
機器質量	W	kg	6

第 6-6 表 熱感知器（アナログ）の設計用加速度

方 向	記 号	設計用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	$\alpha_H$	2.928
鉛直	$\alpha_V$	0.960

第 6-7 表 煙感知器（防爆）の応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
据付ボルト呼び径	d	mm	10
支点より機器重心までの鉛直距離	h	mm	50
鉛直方向の据付ボルト間距離	h'	mm	100
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
壁面より機器重心までの水平距離	l	mm	137
水平方向の据付ボルト間距離	l'	mm	100
各列の据付ボルト本数	n <sub>1</sub>	本	2
据付ボルト総数	N	本	4
据付ボルト断面積	S	mm <sup>2</sup>	58
機器質量	W	kg	10

第 6-8 表 煙感知器（防爆）の設計用加速度

方 向	記 号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	α <sub>H</sub>	2.088
鉛直	α <sub>V</sub>	0.900

第 6-9 表 熱感知器（防爆）の応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
据付ボルト呼び径	d	mm	10
支点より機器重心までの鉛直距離	h	mm	50
鉛直方向の据付ボルト間距離	h'	mm	100
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
壁面より機器重心までの水平距離	l	mm	387
水平方向の据付ボルト間距離	l'	mm	100
各列の据付ボルト本数	n <sub>1</sub>	本	2
据付ボルト総数	N	本	4
据付ボルト断面積	S	mm <sup>2</sup>	58
機器質量	W	kg	9

第 6-10 表 熱感知器（防爆）の設計用加速度

方 向	記 号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	α <sub>H</sub>	2.088
鉛直	α <sub>V</sub>	0.900

第6-11表 炎感知器の応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	数値
据付ボルト呼び径	d	mm	8
重力加速度	g	m/s <sup>2</sup>	9.80665
曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離	$l_1$	mm	129
壁面より曲がり部支点までの水平距離	$l_2$	mm	113
鉛直方向の据付ボルト間距離	$l_3$	mm	75
据付ボルトより固定金具端部までの水平距離	$l_4$	mm	52
据付ボルト総数	N	本	2
据付ボルト間中心より据付ボルトまでの距離	$r_1$	mm	37
	$r_2$	mm	37
据付ボルト間中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)	$r_{11}$	mm	37
据付ボルト断面積	S	mm <sup>2</sup>	36.6
機器質量	W	kg	2

第6-12表 炎感知器の設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平加速度	$\alpha_H$	2.401
鉛直加速度	$\alpha_V$	2.570



第6-13表 炎感知器（防爆）の応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
据付ボルト呼び径	$d$	mm	6
重力加速度	$g$	$m/s^2$	9.80665
曲がり部支点より機器重心までの鉛直距離	$l_1$	mm	69
壁面より曲がり部支点までの水平距離	$l_2$	mm	213.5
据付ボルトより曲がり部支点までの鉛直距離	$h$	mm	38.1
水平方向の据付ボルト間距離	$l'$	mm	76.2
鉛直方向の据付ボルト間距離	$h'$	mm	76.2
固定金具中心より据付ボルトまでの距離	$r_1$	mm	53
	$r_2$	mm	53
	$r_3$	mm	53
	$r_4$	mm	53
固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (水平方向)	$r_{11}$	mm	38.1
固定金具中心より据付ボルトまでの最大距離 (鉛直方向)	$r_{12}$	mm	38.1
各列の据付ボルト本数	$n_1$	本	2
据付ボルト総数	$N$	本	4
据付ボルト断面積	$S$	$mm^2$	20.1
機器質量	$W$	kg	9

第6-14表 炎感知器（防爆）の設計用加速度

方向	記号	設計用加速度 ( $\times 9.8m/s^2$ )
水平	$\alpha_H$	1.056
鉛直	$\alpha_V$	0.564

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

火災感知器の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

火災感知器は、30Hz 未満の固有振動数を含めて正弦波加振試験を実施していることから、火災感知器の機能維持評価に用いる評価用加速度は設置フロア上階床面の最大床加速度を使用する。

火災感知器の評価用加速度を第 6-15 表に示す。

第 6-15 表 火災感知器の評価用加速度

機器名称	方 向	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
煙感知器 (アナログ)	水平	2.44
	鉛直	0.8
熱感知器 (アナログ)	水平	2.44
	鉛直	0.8
煙感知器 (防爆)	水平	1.74
	鉛直	0.75
熱感知器 (防爆)	水平	1.74
	鉛直	0.75
炎感知器	水平	1.74
	鉛直	0.75
炎感知器 (防爆)	水平	0.88
	鉛直	0.47

## 7. 耐震評価結果

火災感知器の応力評価結果及び機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。

据付ボルトの発生応力は許容応力以下であり、火災感知器の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、火災感知器は、地震時及び地震後においても、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 火災感知器の応力評価結果 (1/2)

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生応力	許容応力
				MPa	MPa
煙感知器 (アナログ)	据付ボルト	引張応力	前後	32	279
			左右	28	279
		せん断応力	前後	3	160
			左右	3	160
		組合せ応力	前後	32	279
			左右	28	279
熱感知器 (アナログ)	据付ボルト	引張応力	前後	32	279
			左右	28	279
		せん断応力	前後	3	160
			左右	3	160
		組合せ応力	前後	32	279
			左右	28	279
煙感知器 (防爆)	据付ボルト	引張応力	前後	4	279
			左右	4	279
		せん断応力	前後	1	160
			左右	2	160
		組合せ応力	前後	4	279
			左右	4	279
熱感知器 (防爆)	据付ボルト	引張応力	前後	7	279
			左右	8	279
		せん断応力	前後	1	160
			左右	2	160
		組合せ応力	前後	7	279
			左右	8	279

火災感知器

第7-1表 火災感知器の応力評価結果 (2/2)

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生応力		許容応力	
				MPa		MPa	
火災感知器	据付ボルト	引張応力	前後	6	279	279	279
			左右	5	279		
		せん断応力	前後	1	160	160	160
			左右	4	160		
		組合せ応力	前後	6	279	279	279
			左右	5	279		
火災感知器 (防爆)	据付ボルト	引張応力	前後	13	204	204	204
			左右	12	204		
		せん断応力	前後	2	117	117	117
			左右	4	117		
		組合せ応力	前後	13	204	204	204
			左右	12	204		

第7-2表 火災感知器の機能維持評価結果

設備名称	加速度確認箇所	機能確認済加速度との比較				詳細評価
		水平加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
煙感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	2.44	5.5	0.80	4.5	—
熱感知器 (アナログ)	加振台への取付位置	2.44	5.5	0.80	4.5	—
煙感知器 (防爆)	加振台への取付位置	1.74	7.5	0.75	4.5	—
熱感知器 (防爆)	加振台への取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—
炎感知器	加振台への取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—
炎感知器 (防爆)	加振台への取付位置	0.88	5.5	0.47	2.0	—

火災感知器

## 火災報知盤の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 4
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 6
3.3 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 6
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 7
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 7
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 7
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 7
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 8
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 9
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 21
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 21
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 21
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 21
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 21
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 22
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 22
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 27
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 3 - 28



## 1. 概 要

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

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す火災報知盤の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

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

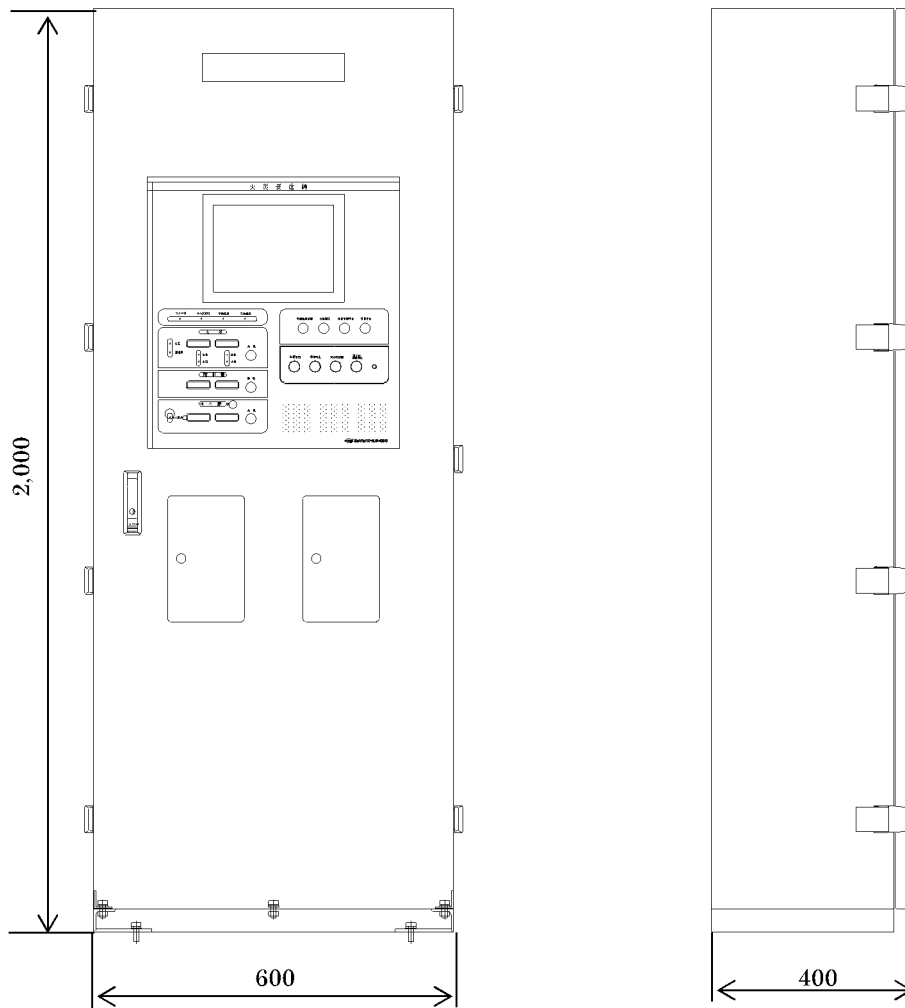
### 2.2 構造概要

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

第 2-1 表 火災報知盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
火災報知盤	火災報知盤 (壁掛け型)	火災報知盤の背面は、取付ボルトにて火災報知盤を固定金具に、固定金具を据付ボルトにより建屋壁のコンクリート躯体に据え付ける。	

(単位：mm)



第 2-1 図 火災報知盤 外観図

## 2.3 評価方針

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

火災報知盤の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において火災報知盤の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

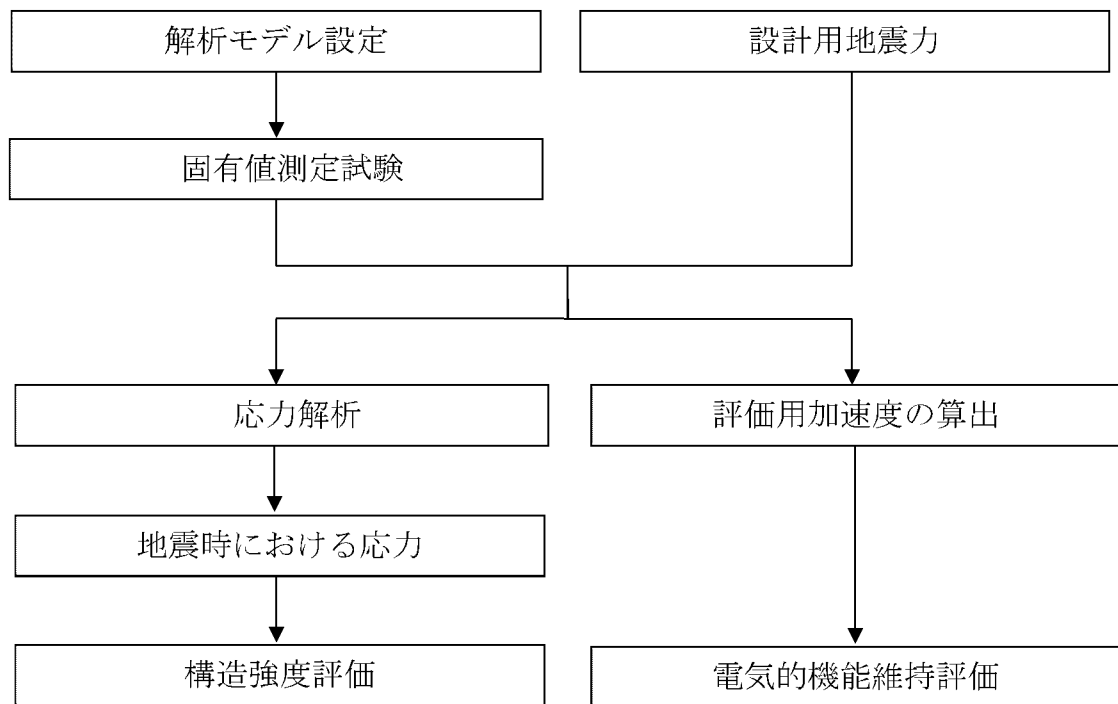
火災報知盤の電氣的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において火災報知盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

火災報知盤の耐震評価フローを第 2-2 図に示す。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-2 図 火災報知盤の耐震評価フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 固有値解析結果」において火災報知盤の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

火災報知盤は、固定金具等の支持構造物も含めた火災報知盤の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 固有値解析結果

「3.2 解析方法」に示す正弦波掃引試験にて測定した火災報知盤の固有値解析結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表より、火災報知盤の固有振動数は、上下方向 30Hz 以上、前後方向 21.4Hz、左右方向 27.6Hz であることを確認した。

第 3-1 表 火災報知盤の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
火災報知盤	上下	30 以上
	前後	21.4
	左右	27.6

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

火災報知盤の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

火災報知盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位である据付ボルト及び取付ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、火災報知盤の自重とする。

##### (2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、火災報知盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
火災報知盤	据付ボルト	D+Ss
	取付ボルト	D+Ss

#### 4.4 許容限界

火災報知盤の許容限界は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」に示す許容限界に従い、許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第4-2表に示す。

第4-2表 据付ボルト及び取付ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
据付ボルト 取付ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

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

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) - 1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。



#### 4.5 評価方法

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

- ・ 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、火災報知盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.5.1 記号の定義

据付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-3 表に、取付ボルトの応力評価に用いる記号を第 4-4 表に示す。

第 4-3 表 据付ボルトの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_1$	mm	据付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_1$	mm	据付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h_{11}'$	mm	鉛直方向の据付ボルト間距離
$h_{12}'$		
$l_1$	mm	壁面より機器重心までの水平距離
$l_1'$	mm	水平方向の据付ボルト間距離
$l_{a1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{a2}$		
$l_{b1}$	mm	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$l_{b4}$		
$l_{b5}$		

第 4-3 表 据付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$n_{a1}$	本	各列の据付ボルト本数
$n_{a2}$		
$N_1$	本	据付ボルト総数
$S_1$	$\text{mm}^2$	据付ボルト断面積
$W_1$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度
$\sigma_{a1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
$\sigma_{a2}$		
$\sigma_{b1}$	MPa	各据付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{b4}$		
$\sigma_{b5}$		
$\sigma_{amax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{bmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_a$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
$\tau_b$	MPa	各据付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

第 4-4 表 取付ボルトの応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	記号の定義
$d_2$	mm	取付ボルト呼び径
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$h_2$	mm	取付ボルトより機器重心までの鉛直距離
$h_{21}'$	mm	鉛直方向の取付ボルト間距離
$h_{22}'$		
$l_2$	mm	固定金具より機器重心までの水平距離
$l_{21}'$	mm	水平方向の取付ボルト間距離
$l_{22}'$		
$l_{c1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (前後方向)
$l_{c2}$		
$l_{d1}$	mm	支点よりの取付ボルト間距離 (左右方向)
$l_{d2}$		
$l_{d3}$		
$l_{d4}$		
$l_{d5}$		
$n_{c1}$	本	各列の取付ボルト本数
$n_{c2}$		
$N_2$	本	取付ボルト総数
$S_2$	mm <sup>2</sup>	取付ボルト断面積
$W_2$	kg	機器質量
$\alpha_H$	—	水平震度
$\alpha_V$	—	鉛直震度

第 4-4 表 取付ボルトの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	記号の定義
$\sigma_{c1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力 (前後方向)
$\sigma_{c2}$		
$\sigma_{d1}$	MPa	各取付ボルトに発生する引張応力 (左右方向)
$\sigma_{d2}$		
$\sigma_{d3}$		
$\sigma_{d4}$		
$\sigma_{d5}$		
$\sigma_{cmax}$	MPa	最大引張応力 (前後方向)
$\sigma_{dmax}$	MPa	最大引張応力 (左右方向)
$\tau_c$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力 (前後方向)
$\tau_d$	MPa	各取付ボルトに発生するせん断応力 (左右方向)

#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

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

火災報知盤は、「2.2 構造概要」の第2-1表に示すとおり、据付ボルト、取付ボルトにより据え付けるため、据付ボルト、取付ボルトは、それぞれに対し応力評価モデル及び評価式にて評価する。

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

##### (1) 据付ボルトの構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により据付ボルトの発生応力を算出する。据付ボルトの応力評価モデルを第4-1図及び第4-2図に示し、評価式を以下に示す。

##### a. 前後方向

##### (a) 据付ボルトに発生する最大引張応力

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S_1 + \sigma_{a2} l_{a2} n_{a2} S_1 = W_1 g \alpha_H h_1 + W_1 g (1 + \alpha_V) l_1$$

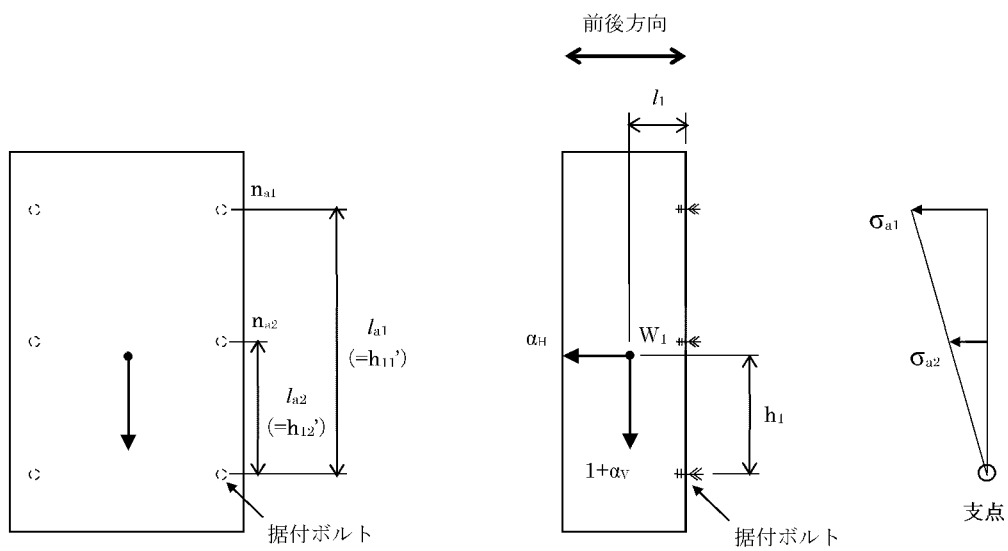
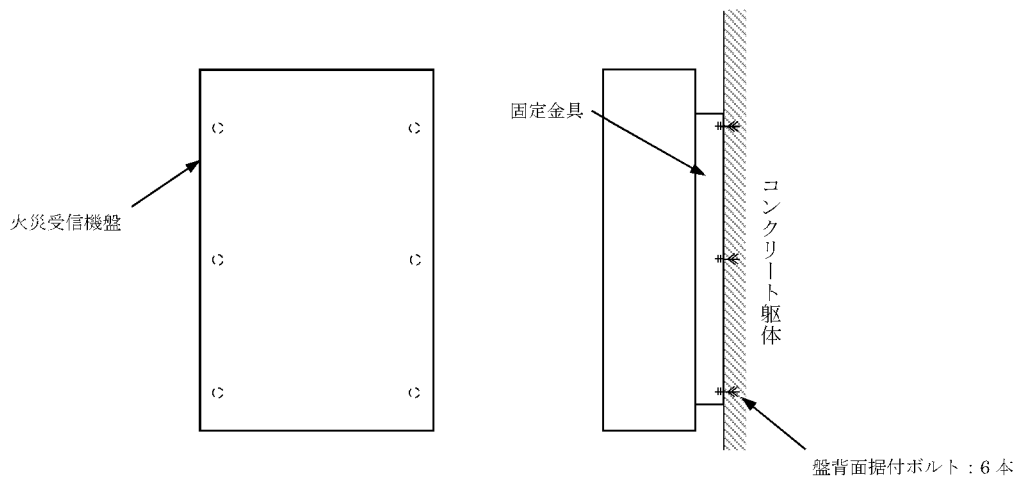
以上の式より

$$\sigma_{a1} = \frac{W_1 l_{a1} g (\alpha_H h_1 + (1 + \alpha_V) l_1)}{S_1 (l_{a1}^2 n_{a1} + l_{a2}^2 n_{a2})} = \sigma_{\text{amax}}$$

##### (b) 据付ボルトに発生するせん断応力

据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_a = \frac{W_1 g (1 + \alpha_V)}{N_1 S_1}$$



第 4-1 図 据付ボルトの応力評価モデル (前後方向)

b. 左右方向

(a) 据付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

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

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S_1\sigma_{b1} + l_{b2}S_1\sigma_{b2} + l_{b3}S_1\sigma_{b3} + l_{b4}S_1\sigma_{b4} + l_{b5}S_1\sigma_{b5} = W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2)} = \sigma_{bmax}$$

$$\text{ここで、 } l_{b1} = l_1' \cos\theta + h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b2} = l_1' \cos\theta + h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b3} = l_1' \cos\theta$$

$$l_{b4} = h_{11}' \sin\theta$$

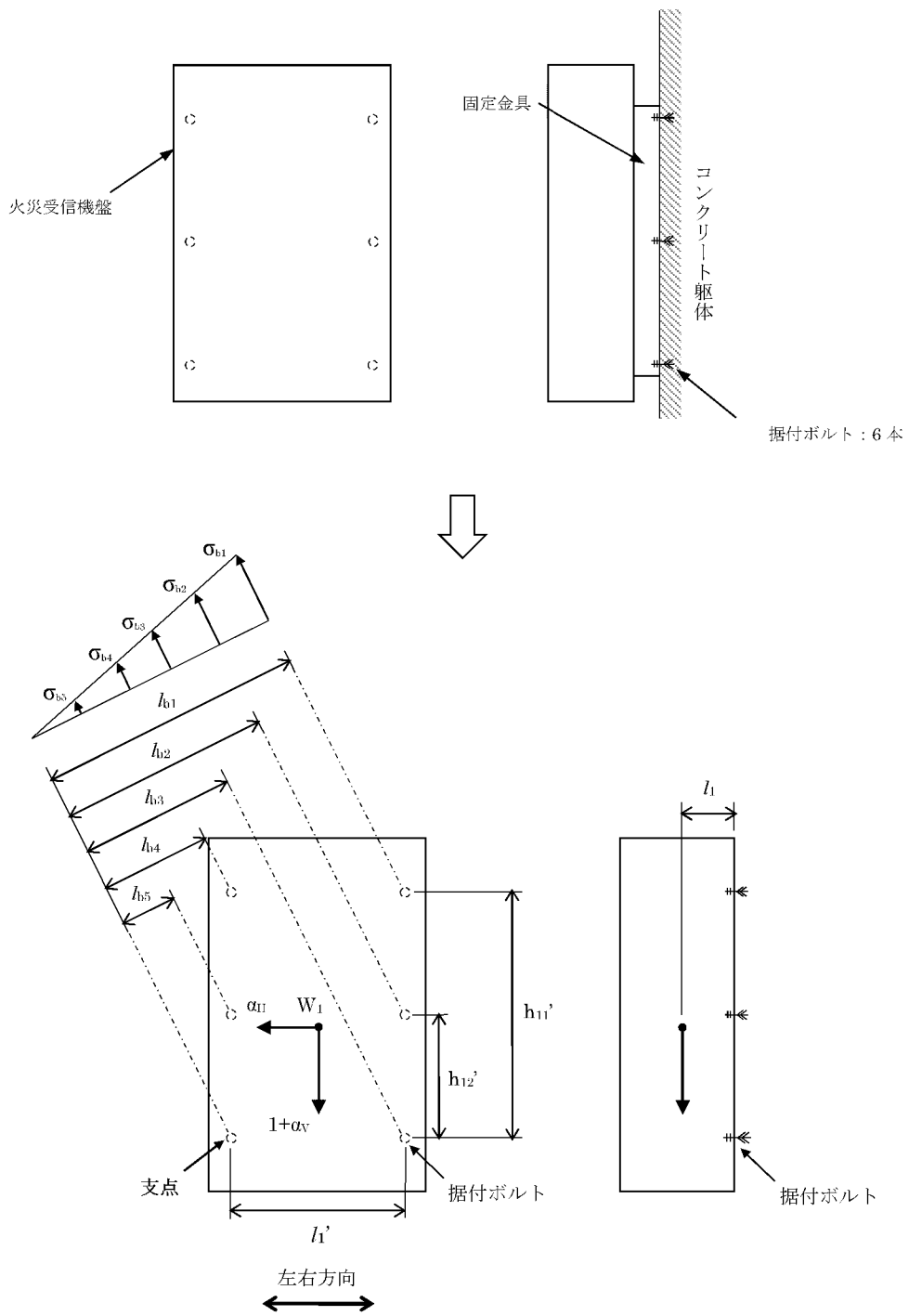
$$l_{b5} = h_{12}' \sin\theta \quad \text{とする。}$$

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

(b) 据付ボルトに発生するせん断応力

据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{W_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1S_1}$$



第4-2図 据付ボルトの応力評価モデル（左右方向）



(2) 取付ボルトの構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により取付ボルトの発生応力を算出する。取付ボルトの応力評価モデルを第 4-3 図及び第 4-4 図に示し、評価式を以下に示す。

なお、火災報知盤は「2.2 構造概要」の第 2-1 図に示すとおり、盤背面は 9 本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端 6 本のみで支持されるとして評価する。

a. 前後方向

(a) 取付ボルトに発生する最大引張応力

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2$$

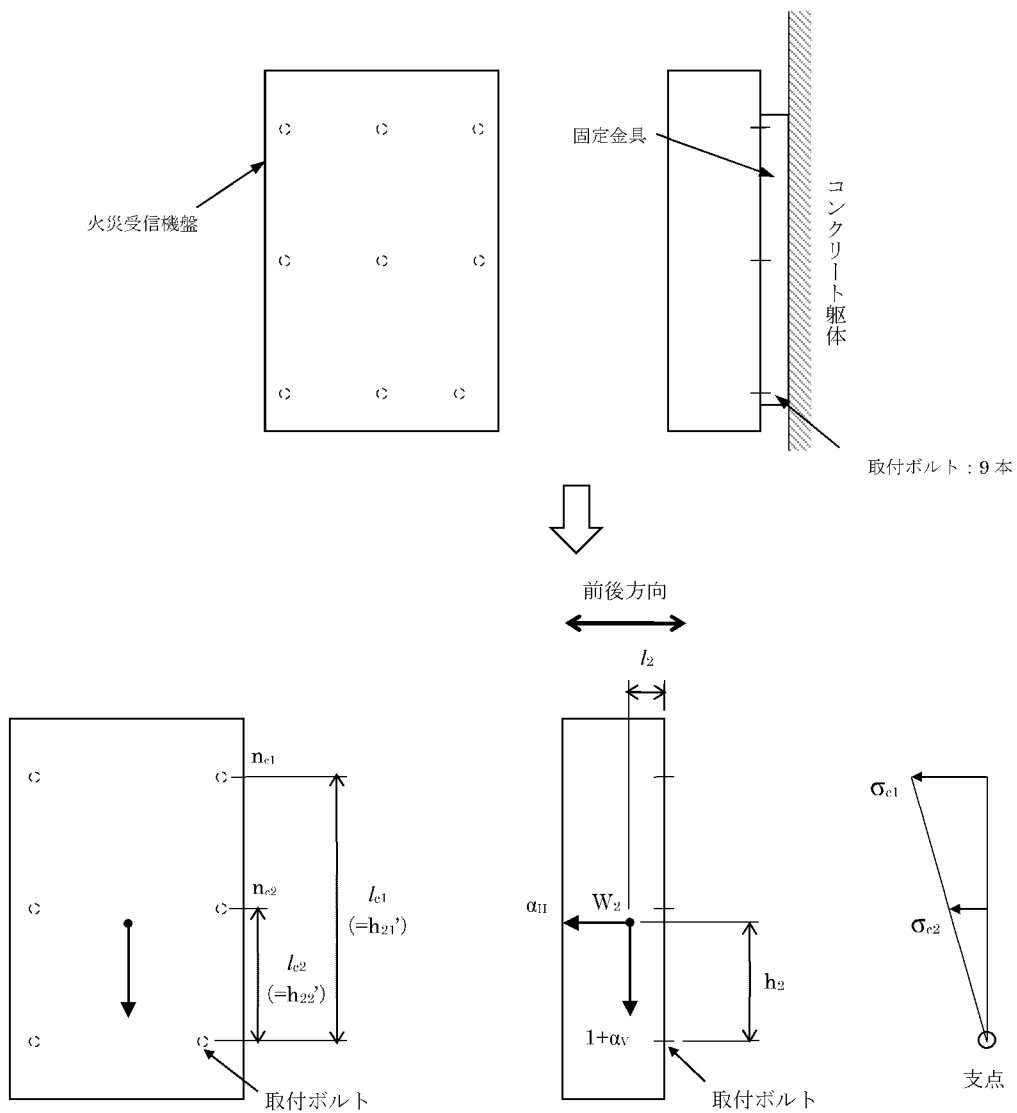
以上の式より

$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2})} = \sigma_{cmax}$$

(b) 取付ボルトに発生するせん断応力

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$



第 4-3 図 取付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

b. 左右方向

(a) 取付ボルトに発生する最大引張応力

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

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{d1}S_2\sigma_{d1} + l_{d2}S_2\sigma_{d2} + l_{d3}S_2\sigma_{d3} + l_{d4}S_2\sigma_{d4} + l_{d5}S_2\sigma_{d5} = W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2(l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2)} = \sigma_{dmax}$$

$$\text{ここで、 } l_{d1} = l_{21}' \cos\theta + h_{21}' \sin\theta$$

$$l_{d2} = l_{21}' \cos\theta + h_{22}' \sin\theta$$

$$l_{d3} = l_{22}' \cos\theta$$

$$l_{d4} = h_{21}' \sin\theta$$

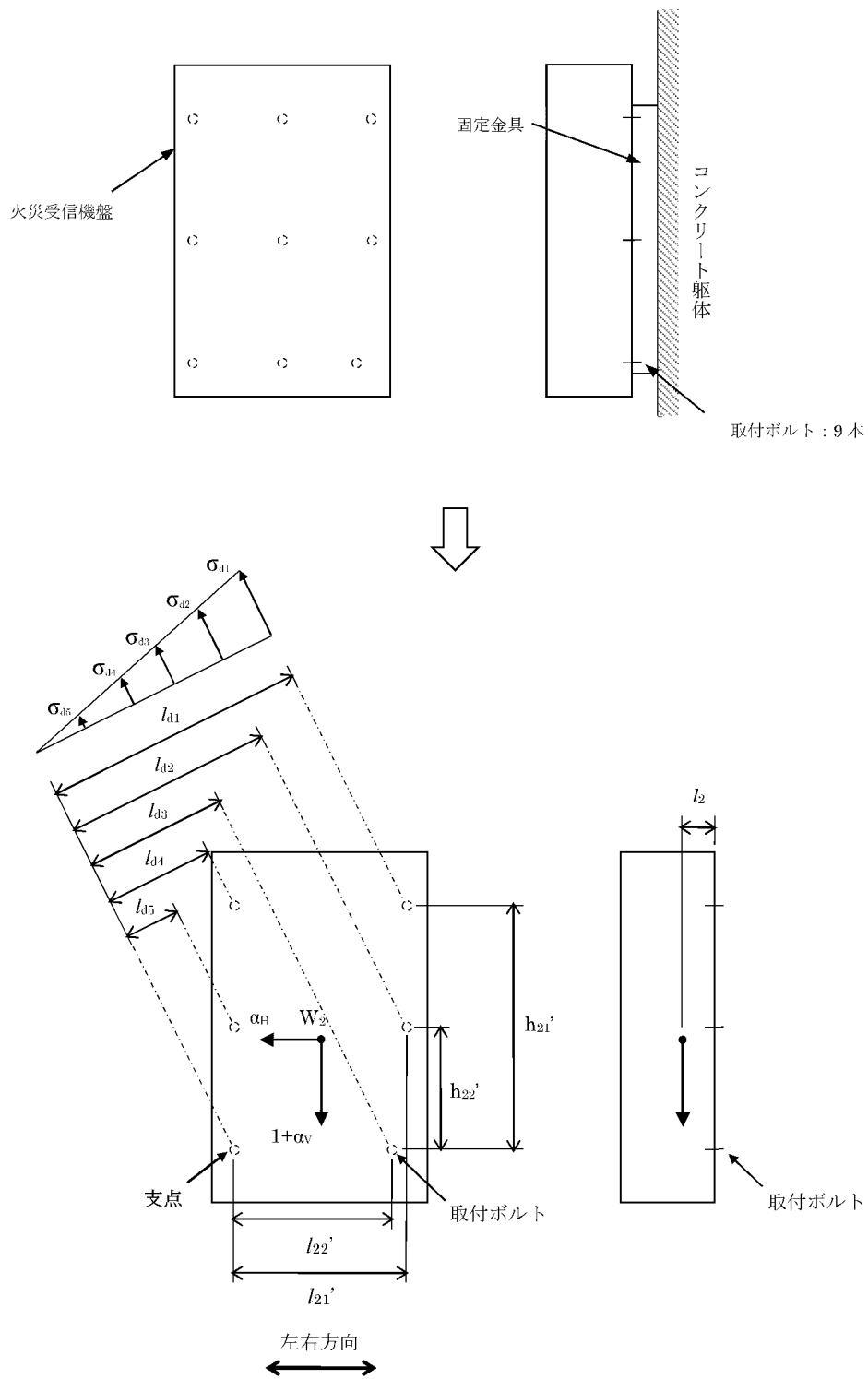
$$l_{d5} = h_{22}' \sin\theta \quad \text{とする。}$$

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

(b) 取付ボルトに発生するせん断応力

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_d = \frac{W_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2S_2}$$



第 4-4 図 取付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

火災報知盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

火災報知盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な火災報知盤本体とする。

### 5.3 許容限界

火災報知盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

火災報知盤の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 火災報知盤の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平方向	鉛直方向
火災感知設備	火災報知盤	加振台への 取付位置	5.5	2.0

### 5.4 評価方法

火災報知盤の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、火災報知盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

火災報知盤の設計用地震力は、第6-1表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。火災報知盤の設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す地震動における、機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

第6-1表 火災報知盤の設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 <sup>(注1)</sup> 及び高さ (m)	方向	<sup>(注2)</sup> 減衰定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	緊急時対策棟 EL.30.75	緊急時対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を 用いる。 鉛直方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の包絡曲線を 用いる。
		緊急時対策棟 EL.37.60	鉛直	1.0	

(注 1) 火災報知盤を建屋壁面に固定しているため、設置フロア上階の設計用床応答曲線を用いる。機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

(注 2) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.1.2 許容応力条件

火災報知盤の許容応力評価条件を第 6-2 表に示す。

第 6-2 表 火災報知盤の許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
取付ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

記号の定義

S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値

S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値

F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

### 6.1.3 応力評価モデルの諸元

火災報知盤は、「3.3 固有値解析結果」により、固有振動数が上下方向 30Hz 以上、前後方向 21.4Hz、左右方向 27.6Hz であることを確認した。したがって応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向の設計用加速度は固有振動数が最小である 21.4Hz における応答加速度を、鉛直方向の設計用加速度は最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

火災報知盤における据付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-3 表に、取付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-4 表に、火災報知盤の設計用加速度を第 6-5 表に示す。



第 6-3 表 据付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
据付ボルト呼び径	$d_1$	mm	12
据付ボルトより機器重心までの鉛直距離	$h_1$	mm	726
鉛直方向の据付ボルト間距離	$h_{11}'$	mm	1520
	$h_{12}'$	mm	760
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
壁面より機器重心までの水平距離	$l_1$	mm	233
水平方向の据付ボルト間距離	$l_1'$	mm	760
各列の据付ボルト本数	$n_{a1}$	本	2
	$n_{a2}$	本	2
据付ボルト総数	$N_1$	本	6
据付ボルト断面積	$S_1$	mm <sup>2</sup>	84.3
機器質量	$W_1$	kg	269

第 6-4 表 取付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
取付ボルト呼び径	$d_2$	mm	12
取付ボルトより機器重心までの鉛直距離	$h_2$	mm	751
鉛直方向の取付ボルト間距離	$h_{21}'$	mm	1570
	$h_{22}'$	mm	865
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
固定金具より機器重心までの水平距離	$l_2$	mm	133
水平方向の取付ボルト間距離	$l_{21}'$	mm	660
	$l_{22}'$	mm	580
各列の取付ボルト本数 <sup>(注)</sup>	$n_{c1}$	本	2
	$n_{c2}$	本	2
取付ボルト総数 <sup>(注)</sup>	$N_2$	本	6
取付ボルト断面積	$S_2$	mm <sup>2</sup>	84.3
機器質量	$W_2$	kg	219

(注) 盤背面は 9 本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端 6 本のみで支持されるとして評価する。

第 6-5 表 火災報知盤の設計用加速度

方 向	記 号	設計用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	$\alpha_H$	2.430
鉛直	$\alpha_V$	0.900

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

火災報知盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

火災報知盤は、正弦波加振試験を実施していることから、火災報知盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は設置フロア上階床面の最大床加速度を使用する。

火災報知盤の評価用加速度を第6-6表に示す。

第6-6表 火災報知盤の評価用加速度

方 向	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	1.74
鉛直	0.75

## 7. 耐震評価結果

火災報知盤の応力評価結果及び機能維持評価結果を第 7-1 表及び第 7-2 表に示す。

据付ボルト及び取付ボルトの発生応力は許容応力以下であり、火災報知盤の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、火災報知盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 火災報知盤応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生応力		許容応力	
				MPa		MPa	
火災報知盤	据付ボルト	引張応力	前後	19		279	
			左右	7		279	
		せん断応力	前後	10		160	
			左右	17		160	
		組合せ応力	前後	19		279	
			左右	7		279	
	取付ボルト	引張応力	前後	13		279	
			左右	4		279	
		せん断応力	前後	9		160	
			左右	14		160	
		組合せ応力	前後	13		279	
			左右	4		279	

第7-2表 火災報知盤の機能維持評価結果

設備名称	加速度確認箇所	機能確認済加速度との比較				詳細評価
		水平加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		鉛直加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
火災報知盤	加振台への取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—

## ハロンボンベ設備の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 4
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.3 設計用地震力 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 7
3.4 解析モデル及び諸元 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 8
3.5 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 11
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 14
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 16
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 20
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 20
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 21
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 22



## 1. 概 要

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

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロンボンベ設備の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

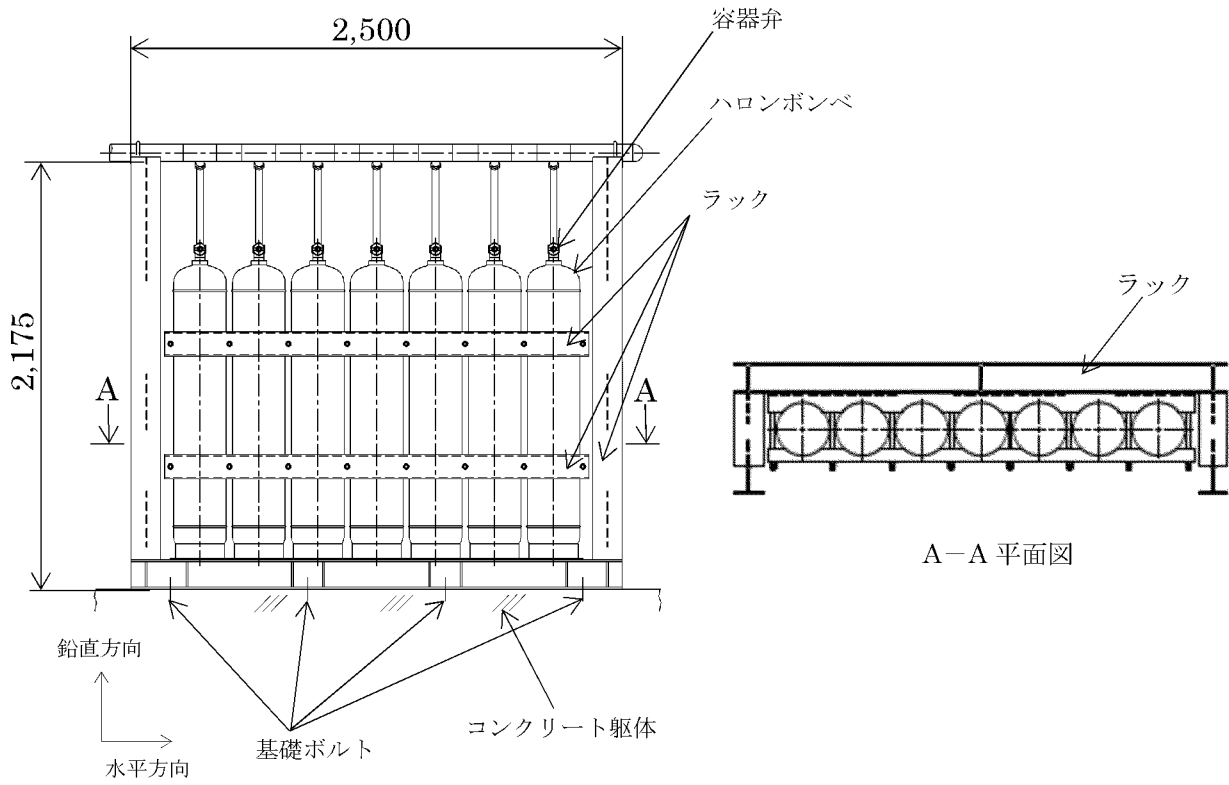
### 2.2 構造概要

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

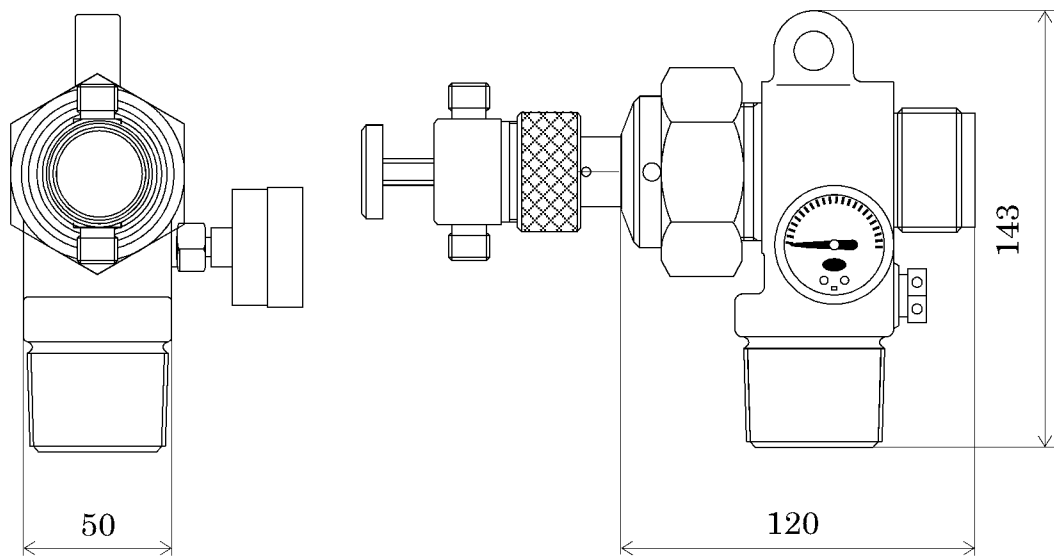
第 2-1 表 ハロンボンベ設備の構造計画

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

(単位 : mm)



第 2-1 図 ハロンボンベ設備 外観図



第 2-2 図 容器弁 外観図

## 2.3 評価方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンボンベ設備の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」においてハロンボンベ設備の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

ハロンボンベ設備の構成品である容器弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

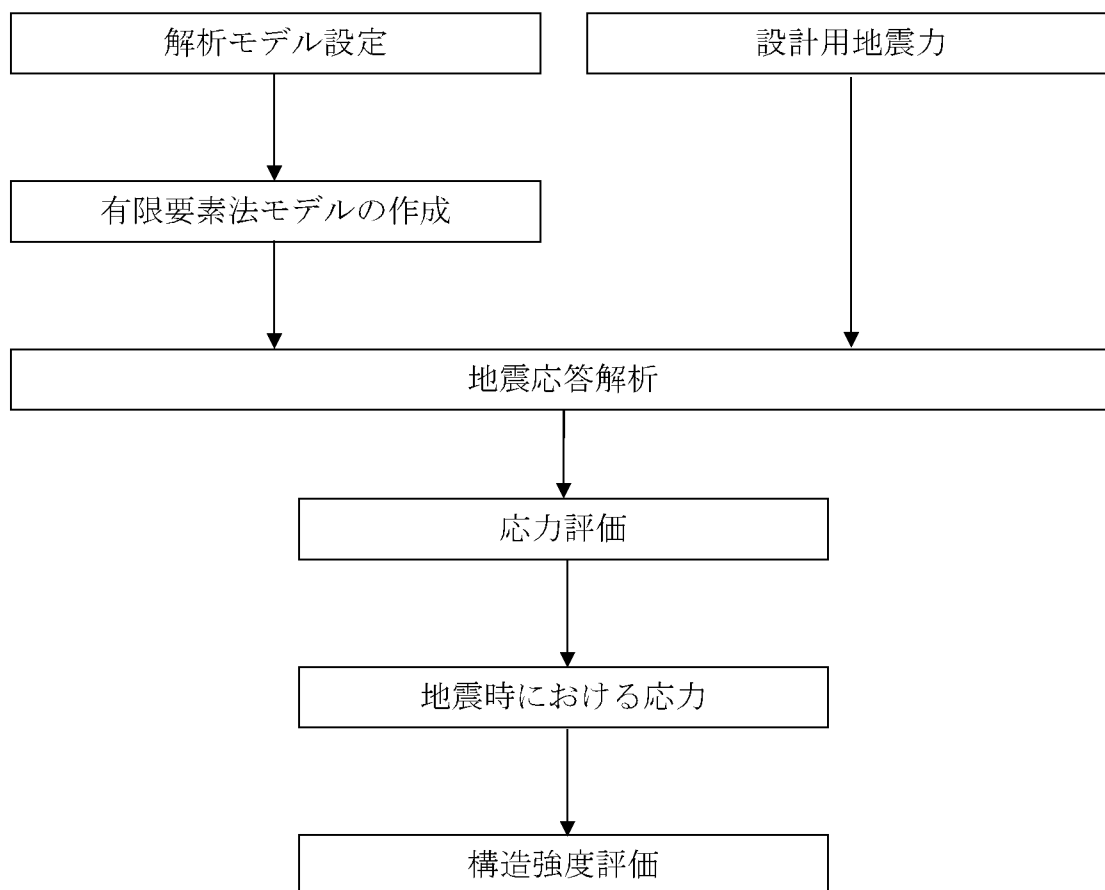
ハロンボンベ設備の容器弁の動的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において容器弁の評価用加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ハロンボンベ設備の耐震評価（応力評価）フローを第 2-3 図に、容器弁の耐震評価（機能維持評価）フローを第 2-4 図に示す。

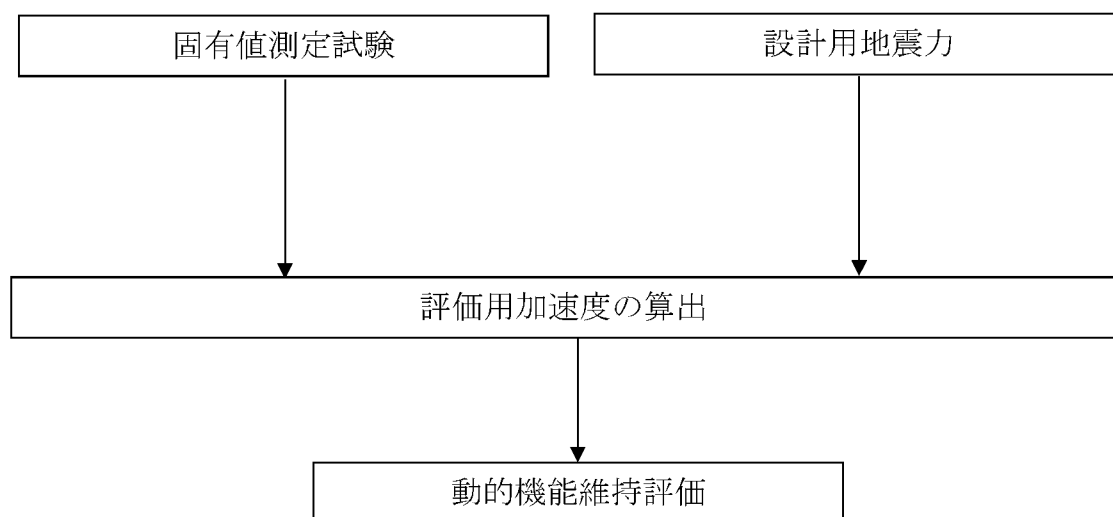
## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-3 図 ハロンボンベ設備の耐震評価（応力評価）フロー



第 2-4 図 容器弁の耐震評価（機能維持評価）フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ハロンボンベ設備の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」においてハロンボンベ設備の固有振動数を算出する。

ハロンボンベ設備の構成部品である容器弁については、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.5 固有値解析結果」において容器弁の固有振動数を算出する。

#### 3.2 解析方法

ハロンボンベ設備の解析方法を「3.2.1 ハロンボンベ設備」に、ハロンボンベ設備の構成部品である容器弁の解析方法を「3.2.2 容器弁」に示す。

##### 3.2.1 ハロンボンベ設備

- (1) ハロンボンベ設備の構成部品であるハロンボンベ及びラックをはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行い、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (4) 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 3.2.2 容器弁

容器弁は、支持構造物も含めた容器弁の設置状態を模擬し、固有値測定試験として正弦波掃引試験を実施する。

### 3.3 設計用地震力

ハロンボンベ設備の設計用地震力は、第 3-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

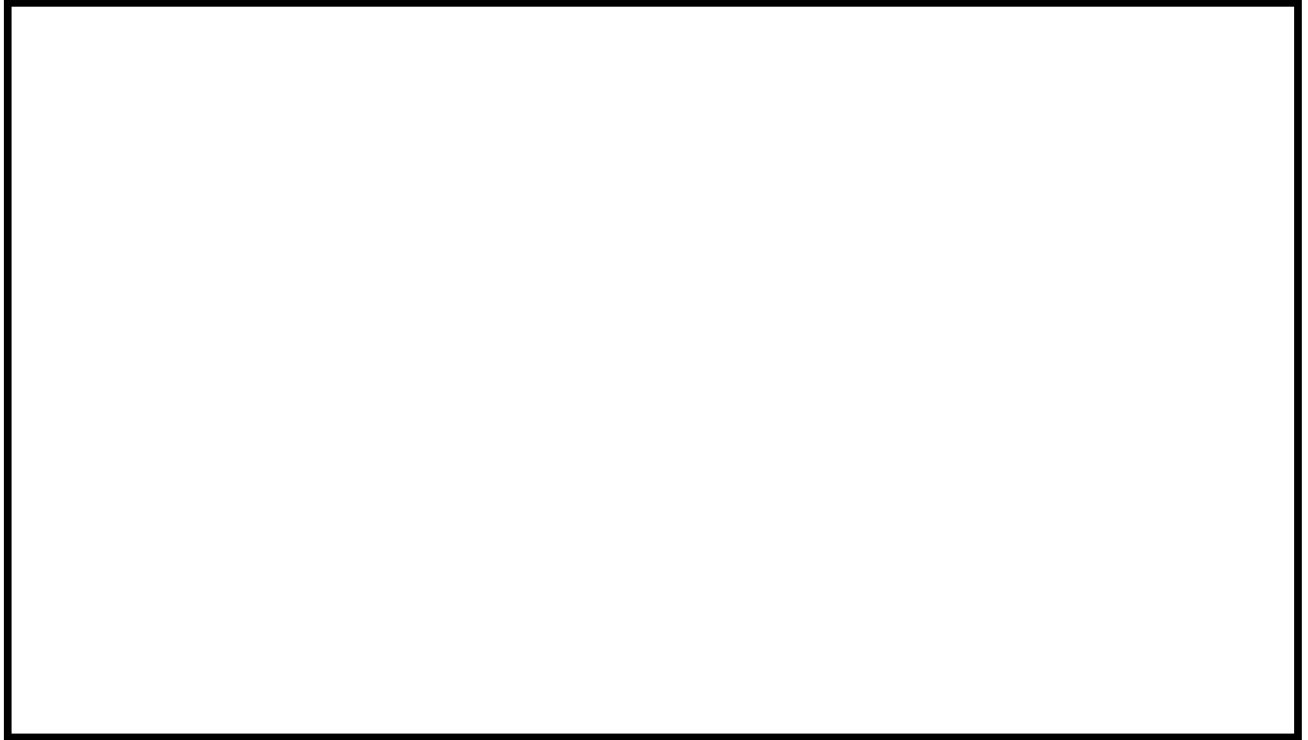
第 3-1 表 設計用地震力

設備 名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
ハロン ボンベ 設備	基準地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.30.75	緊急時 対策棟 EL.30.75	水平	1.0	水平方向は Ss-1~Ss- 5 の X 方向及 び Y 方向の 包絡曲線を用 いる。 鉛直方向は Ss-1~Ss- 5 の包絡曲線 を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 3.4 解析モデル及び諸元

「3.2.1 ハロンボンベ設備」に示すハロンボンベ設備の解析モデルを第 3-1 図に、解析モデルの諸元を第 3-2 表に、ハロンボンベ設備の外形図を第 3-2 図に示す。



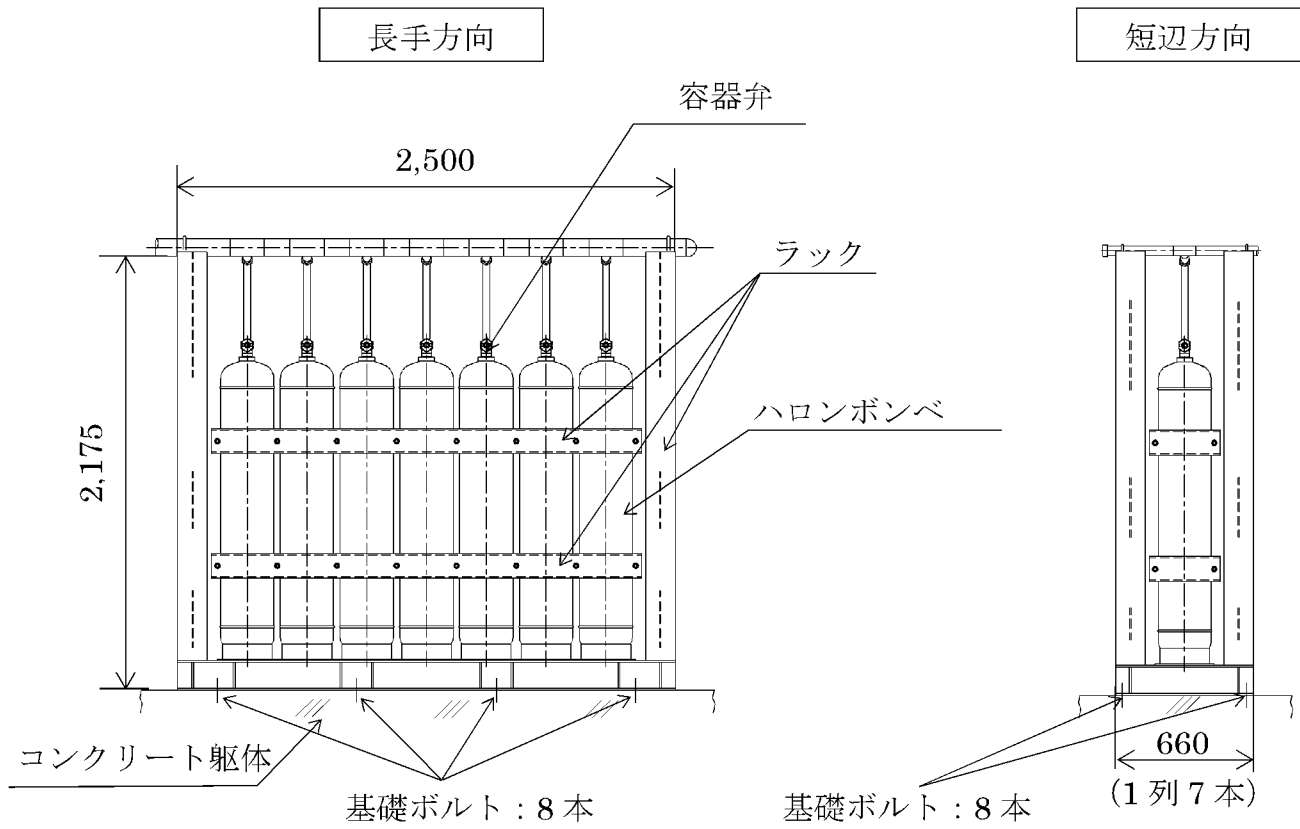
第 3-1 図 解析モデル



第 3-2 表 解析モデルの諸元

	材料	諸元 (数値)	縦弾性 係 数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	
					強軸	弱軸
ラック(mm)	SS400	H150×150×7×t10	201,200			
	SS400	C200×90×8×t13.5	201,200			
	SS400	C150×75×6.5×t10	201,200			
	SS400	C125×65×6×t8	201,200			
基礎ボルト(mm)	SS400	M20×8 本	—			
温度条件(°C)	—	40	—			
質量(kg)	—	2,247	—			
ポアソン比	—	0.3	—			

(単位：mm)



第3-2図 ハロンボンベ設備 外形図

### 3.5 固有値解析結果

ハロンポンベ設備の固有値解析結果を「3.5.1 ハロンポンベ設備」に、ハロンポンベ設備の容器弁の固有値解析結果を「3.5.2 容器弁」に示す。

#### 3.5.1 ハロンポンベ設備

ハロンポンベ設備の固有値解析結果を第 3-3 表に、振動モード図を第 3-3 図に示す。

#### 3.5.2 容器弁

容器弁の固有値解析結果を第 3-4 表に示す。第 3-4 表より、容器弁は、剛構造である。

第 3-3 表 ハロンポンベ設備の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
ハロンポンベ設備	長手方向	47.1
	短辺方向	59.3

第 3-4 表 容器弁の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)
容器弁	30 以上



第 3-3 図 振動モード図

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンボンベ設備の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

ハロンボンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位であるラック及び基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、ハロンボンベ設備の自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、ハロンボンベ設備の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
ハロンボンベ設備	ラック	D+Ss
	基礎ボルト	D+Ss

#### 4.4 許容限界

ハロンボンベ設備の許容限界は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」に示す許容限界に従い、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第4-2表及び第4-3表に示す。

第4-2表 ハロンボンベ設備 ラックの許容限界

評価対象部位	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>
				一次応力
				組合せ
ラック	—	D+Ss	$IV_{AS}$	$1.5f_t^*$

(注1)  $f_t^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を  $1.2S_y$  及び  $1.2S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。但し、 $S_y$  及び  $0.7S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

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

第 4-3 表 ハロンボンベ設備 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
基礎ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1)  $f_t^*$ ,  $f_s^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を  $1.2S_y$  及び  $1.2S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、 $S_y$  及び  $0.7S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

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

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min} (1.4(1.5f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$  とする。

## 4.5 評価方法

ハロンボンベ設備の応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

### 4.5.1 記号の定義

応力評価に使用する記号を第 4-4 表に示す。

第 4-4 表 ラック及び基礎ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト 1 本当たりの断面積
F <sub>s</sub>	N	基礎ボルト 1 本当たりに作用するせん断力
F <sub>t</sub>	N	基礎ボルト 1 本当たりに作用する引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ <sub>a</sub>	MPa	ラックの軸応力
σ <sub>b</sub>	MPa	ラックの曲げ応力
σ <sub>bt</sub>	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ <sub>b</sub>	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ <sub>t</sub>	MPa	ラックのねじりモーメントによるせん断応力



#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

ハロンポンベ設備は、3次元 FEM モデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

ハロンポンベ設備は、「2.2 構造概要」の第 2-1 表に示すとおり、ポンベをラックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し応力評価を実施する。

ハロンポンベ設備の各記号の諸元を第 4-5 表に示す。

##### (1) ラックの構造強度評価

###### a. ラックに発生する組合せ応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出するラックの軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

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

##### (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

「3. 地震応答解析」にて算出する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. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する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。

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

第4-5表 ハロンポンベ設備の各記号諸元

設備名称	記号	単位	記号の定義	値
ハロンポンベ設備	A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト1本当たりの断面積	245
	F <sub>s</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用するせん断力	2.10×10 <sup>4</sup>
	F <sub>t</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用する引張力	1.77×10 <sup>4</sup>

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロンボンベ設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位における評価用加速度が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

ハロンボンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な容器弁本体とする。

### 5.3 許容限界

ハロンボンベ設備の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

容器弁の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 容器弁の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
			水平方向	鉛直方向	
設備	ハロンボンベ	容器弁	加振台への 取付位置	5.65	5.0

### 5.4 評価方法

容器弁の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、容器弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

ハロンボンベ設備の許容応力評価条件を第6-1表に示す。

第6-1表 ハロンボンベ設備の許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
ラック	SS400	40 (最高使用温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	235	400	280

記号の定義  
S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値  
S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値  
F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

容器弁の設計用地震力は、第 6-2 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

第 6-2 表 設計用地震力

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
ハロン ボンベ 設備	基準地震動 S <sub>s</sub>	緊急時 対策棟 EL.30.75	緊急時 対策棟 EL.30.75	水平	1.0	水平方向は S <sub>s</sub> - 1 ~ S <sub>s</sub> - 5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は S <sub>s</sub> - 1 ~ S <sub>s</sub> - 5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.2.2 評価用加速度

容器弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床面の最大床加速度を使用する。

容器弁の評価用加速度を第 6-3 表に示す。

第 6-3 表 容器弁の評価用加速度

方向	評価用加速度(×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	1.21
鉛直	0.70

## 7. 耐震評価結果

ハロンボンベ設備の応力評価結果及び機能維持評価結果を第 7-1 表及び第 7-2 表に、最大応力発生箇所を第 7-1 図に示す。

ラック及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、容器弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、ハロンボンベ設備は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

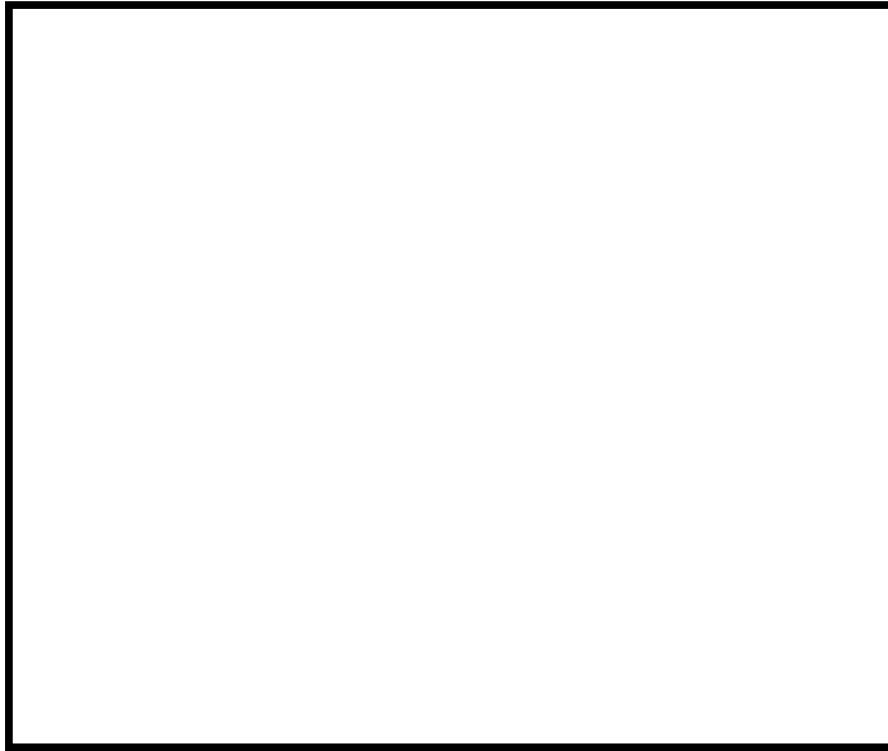
第7-1表 ハロンポンベ設備の応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
			MPa	MPa
ハロンポンベ設備	ラック	組合せ応力	123	279
		引張応力	73	279
	基礎ボルト	せん断応力	86	160
		組合せ応力	73	279

第7-2表 容器弁の機能維持評価結果

設備名称	機能確認加速度との比較						詳細評価
	加速度確認 部位	水平加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		機能確認済 加速度	
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度		
容器弁	機器取付位置	1.21	5.65	0.70	5.0	—	





第 7-1 図 最大応力発生箇所

全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 4
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.3 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 9
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 10
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 25
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 25
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 29
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 30

## 1. 概 要

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

## 2. 基本方針

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

### 2.1 位 置

全域ハロン自動消火設備制御盤制御盤は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

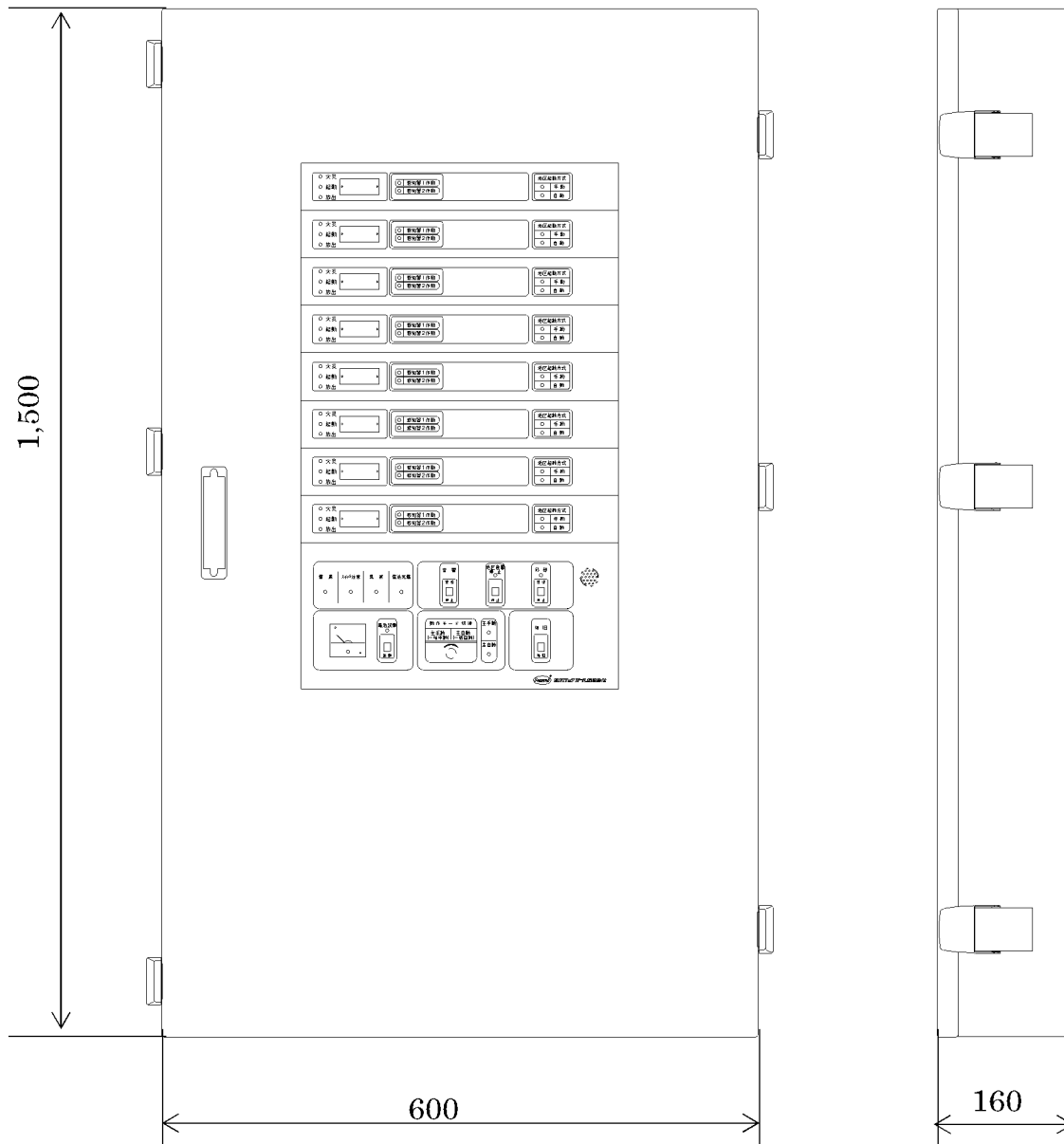
### 2.2 構造概要

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

第2-1表 全域ハロン自動消火設備制御盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
全域ハロン自動消火設備制御盤	全域ハロン自動消火設備制御盤 (壁掛け型)	全域ハロン自動消火設備制御盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	<p>据付ボルト 8本</p> <p>全域ハロン自動消火設備制御盤</p> <p>取付ボルト : 11本</p> <p>固定金具</p> <p>コンクリート躯体</p> <p>鉛直方向</p> <p>水平方向</p>

(単位：mm)



第 2-1 図 全域ハロン自動消火設備制御盤 外観図

## 2.3 評価方針

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

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位に作用する応力が許容限界に収まることを確認する。

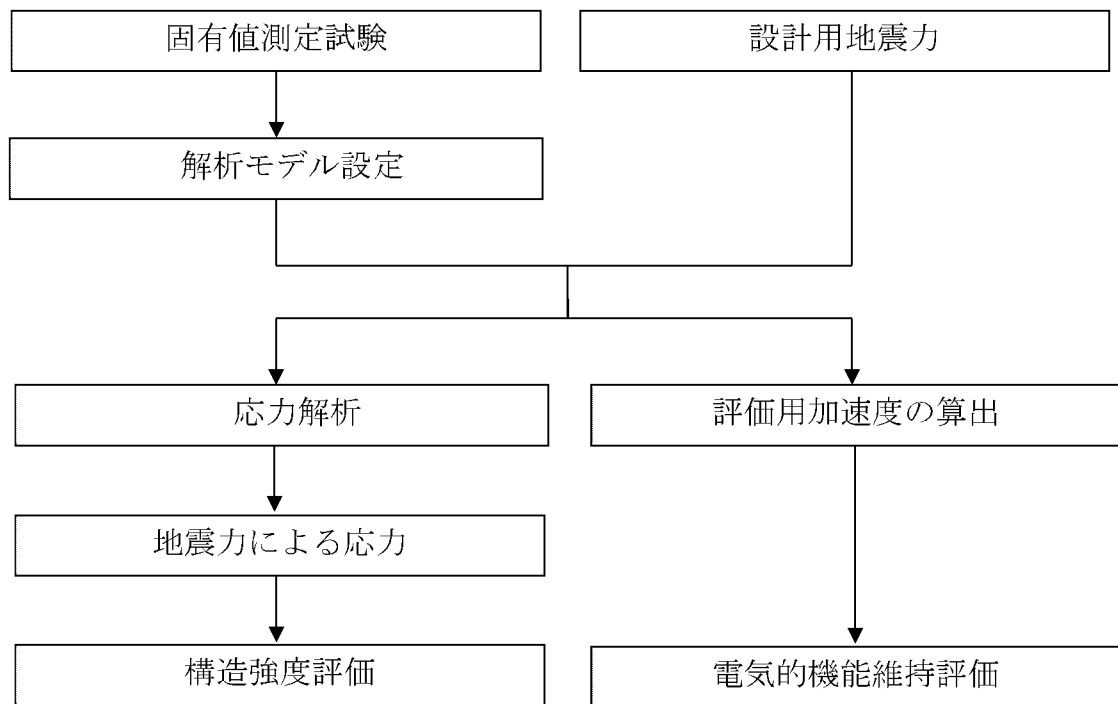
全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の電氣的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震評価フローを第 2-2 図に示す。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-2 図 全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震評価フロー



### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 固有値解析結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

全域ハロン自動消火設備制御盤は固定金具等の支持構造物も含めた全域ハロン自動消火設備制御盤の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 固有値解析結果

「3.2 解析方法」に示す正弦波掃引試験にて測定した全域ハロン自動消火設備制御盤の固有値解析結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
全域ハロン自動消火設備 制御盤	前後	30 以上
	左右	30 以上
	上下	30 以上

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

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

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である据付ボルト及び取付ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

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

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、全域ハロン自動消火設備制御盤の自重とする。

##### (2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
全域ハロン自動消火設備 制御盤	据付ボルト	D+Ss
	取付ボルト	D+Ss

#### 4.4 許容限界

全域ハロン自動消火設備制御盤の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態IV<sub>AS</sub>の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 4-2 表に示す。

第 4-2 表 据付ボルト及び取付ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)</sup> <sup>(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
据付ボルト 取付ボルト	—	D+S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中 S<sub>y</sub> 及び S<sub>y</sub>(RT)を 1.2S<sub>y</sub> 及び 1.2S<sub>y</sub>(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、S<sub>y</sub> 及び 0.7S<sub>u</sub> のいずれか小さい方の値とする。

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

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) - 1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。

#### 4.5 評価方法

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

- ・ 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 4.5.1 記号の定義

据付ボルト及び取付ボルトの応力評価に使用する記号の定義を第 4-3 表から第 4-4 表に示す。

第 4-3 表 据付ボルト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
$W_1$	機器質量	kg
$n_{a1}$	各列の据付ボルト本数	本
$n_{a2}$		
$n_{a3}$		
$N_1$	据付ボルト総数	本
$d_1$	据付ボルト呼び径	mm
$S_1$	据付ボルト断面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha_H$	水平震度	—
$\alpha_V$	鉛直震度	—
$g$	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$l_1$	支点より機器重心までの水平距離	mm
$h_1$	支点より機器重心までの鉛直距離	mm
$l_1'$	水平方向の据付ボルト間距離	mm
$h_{11}'$	鉛直方向の据付ボルト間距離	mm
$h_{12}'$		
$h_{13}'$		
$l_{a1}$	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)	mm
$l_{a2}$		
$l_{a3}$		
$l_{b1}$	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)	mm
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$l_{b4}$		
$l_{b5}$		
$l_{b6}$		
$l_{b7}$		

第 4-3 表 据付ボルト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
$\sigma_{a1}$	各据付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{a2}$		
$\sigma_{a3}$		
$\sigma_{b1}$	各据付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)	MPa
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{b4}$		
$\sigma_{b5}$		
$\sigma_{b6}$		
$\sigma_{b7}$		
$\sigma_{amax}$	最大引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{bmax}$	最大引張応力 (左右方向)	MPa
$\tau_a$	各据付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)	MPa
$\tau_b$	各据付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)	MPa

第 4-4 表 取付ボルト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
$W_2$	機器質量	kg
$n_{c1}$	各列の取付ボルト本数	本
$n_{c2}$		
$n_{c3}$		
$N_2$	取付ボルト総数	本
$d_2$	取付ボルト呼び径	mm
$S_2$	取付ボルト断面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha_H$	水平震度	—
$\alpha_V$	鉛直震度	—
$g$	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$l_2$	支点より機器重心までの水平距離	mm
$h_2$	支点より機器重心までの鉛直距離	mm
$l_2'$	水平方向の取付ボルト間距離	mm
$h_{21}'$	鉛直方向の取付ボルト間距離	mm
$h_{22}'$		
$h_{23}'$		
$l_{c1}$	支点よりの取付ボルト間距離 (前後方向)	mm
$l_{c2}$		
$l_{c3}$		
$l_{d1}$	支点よりの取付ボルト間距離 (左右方向)	mm
$l_{d2}$		
$l_{d3}$		
$l_{d4}$		
$l_{d5}$		
$l_{d6}$		



第 4-4 表 取付ボルト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
$\sigma_{c1}$	各取付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{c2}$		
$\sigma_{c3}$		
$\sigma_{d1}$	各取付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)	MPa
$\sigma_{d2}$		
$\sigma_{d3}$		
$\sigma_{d4}$		
$\sigma_{d5}$		
$\sigma_{d6}$		
$\sigma_{cmax}$	最大引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{dmax}$	最大引張応力 (左右方向)	MPa
$\tau_c$	各取付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)	MPa
$\tau_d$	各取付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)	MPa

#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

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

全域ハロン自動消火設備制御盤は「2.2 構造概要」の第 2-1 表に示すとおり、据付ボルト及び取付ボルトにより据え付けるため、据付ボルト及び取付ボルトは、それぞれに対し応力評価モデル及び評価式にて評価する。

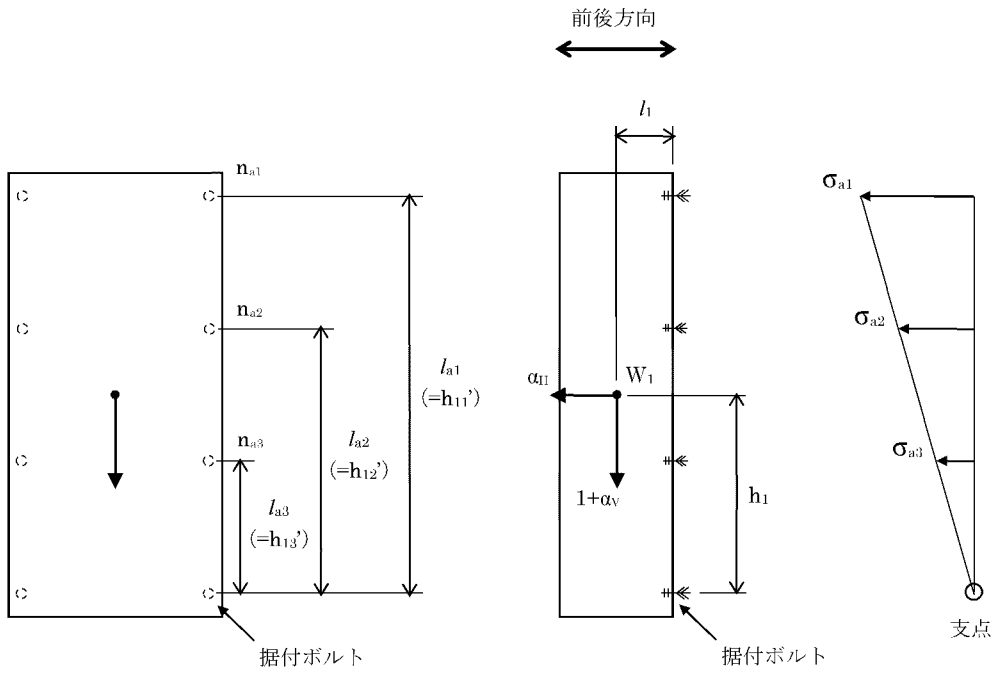
ここで盤正面に直行する方向を前後方向、盤正面と平行な方向を左右方向とする。

(1) 全域ハロン自動消火設備制御盤

a. 据付ボルトの構造強度評価

(a) 前後方向

据付ボルトの前後方向に対応する応力評価モデルを第 4-1 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-1 図 据付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

- ・最大引張応力  $\sigma_{\text{amax}}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{a1}}{l_{a1}} = \frac{\sigma_{a2}}{l_{a2}} = \frac{\sigma_{a3}}{l_{a3}} \quad \text{---- ①}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S_1 + \sigma_{a2} l_{a2} n_{a2} S_1 + \sigma_{a3} l_{a3} n_{a3} S_1 = W_1 g \alpha_H h_1 + W_1 g (1 + \alpha_V) l_1 \quad \text{---- ②}$$

式①②より、

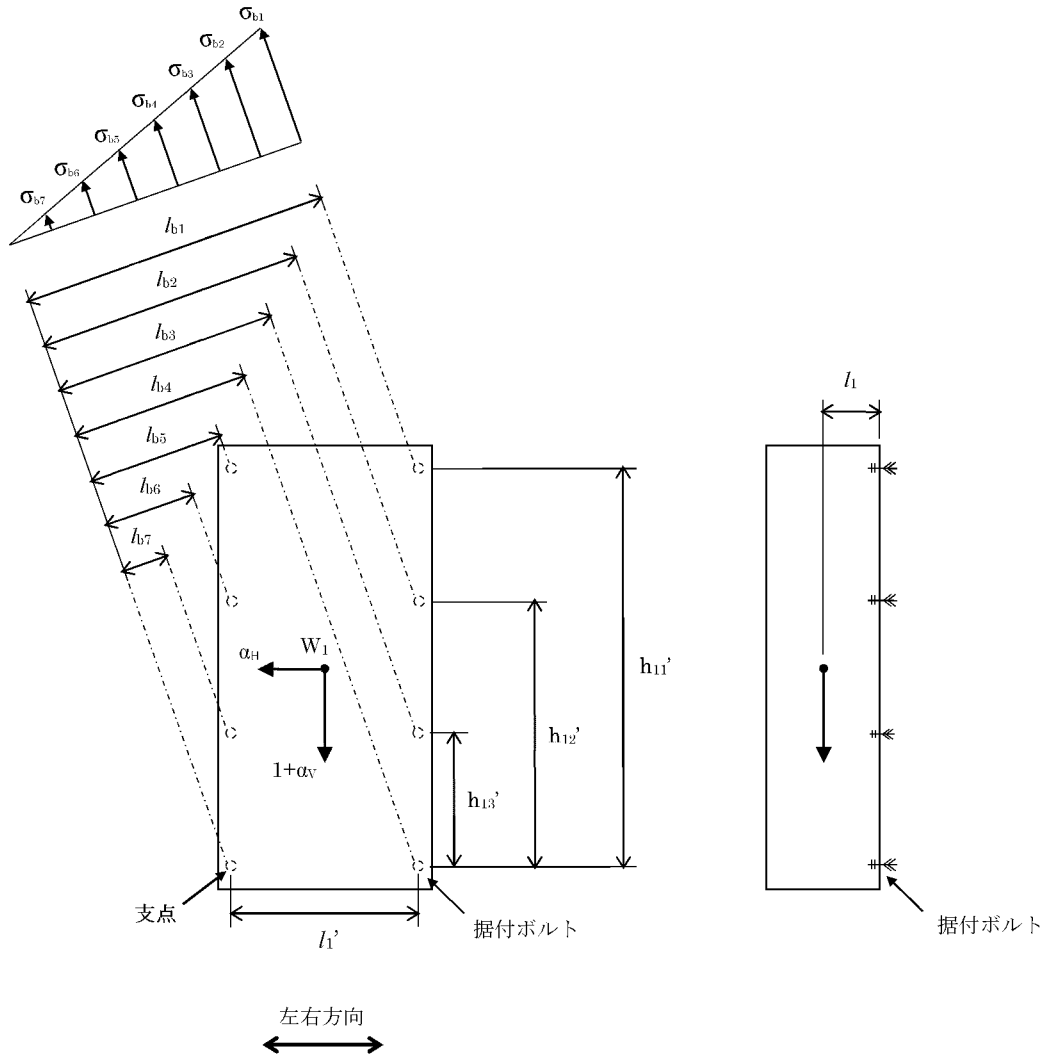
$$\sigma_{a1} = \frac{W_1 l_{a1} g (\alpha_H h_1 + (1 + \alpha_V) l_1)}{S_1 (l_{a1}^2 n_{a1} + l_{a2}^2 n_{a2} + l_{a3}^2 n_{a3})} = \sigma_{\text{amax}}$$

- ・せん断応力  $\tau_a$  の算出

$$\tau_a = \frac{W_1 g (1 + \alpha_V)}{N_1 S_1}$$

(b) 左右方向

据付ボルトの左右方向に対応する応力評価モデルを第 4-2 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-2 図 据付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

・最大引張応力  $\sigma_{bmax}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}} = \frac{\sigma_{b6}}{l_{b6}} = \frac{\sigma_{b7}}{l_{b7}} \quad \dots \textcircled{1}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S_1\sigma_{b1} + l_{b2}S_1\sigma_{b2} + l_{b3}S_1\sigma_{b3} + l_{b4}S_1\sigma_{b4} + l_{b5}S_1\sigma_{b5} + l_{b6}S_1\sigma_{b6} + l_{b7}S_1\sigma_{b7} \\ = W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \quad \dots \textcircled{2}$$

式①②より

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2 + l_{b6}^2 + l_{b7}^2)} = \sigma_{b\max}$$

ここで、

$$l_{b1} = l_1' \cos\theta + h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b2} = l_1' \cos\theta + h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b3} = l_1' \cos\theta + h_{13}' \sin\theta$$

$$l_{b4} = l_1' \cos\theta$$

$$l_{b5} = h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b6} = h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b7} = h_{13}' \sin\theta$$

ただし、

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

・せん断応力  $\tau_b$  の算出

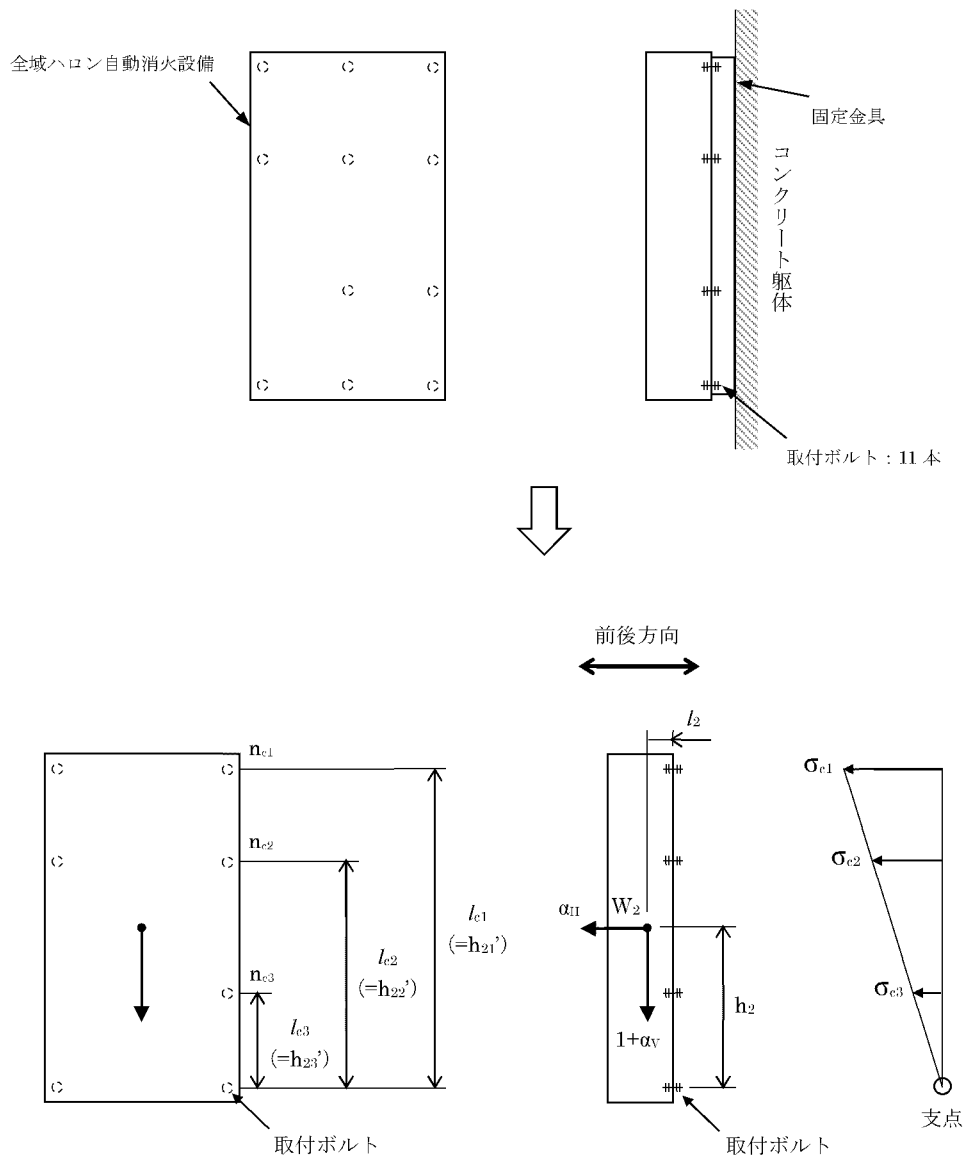
$$\tau_b = \frac{W_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1S_1}$$

b. 取付ボルトの構造強度評価

「2.2 構造概要」の第2-1図に示すとおり、盤背面は11本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端7本のみで支持されることとして評価する。

(a) 前後方向

取付ボルトの前後方向に対応する応力評価モデルを第4-3図に示し、評価式を以下に示す。



第4-3図 取付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

- ・最大引張応力  $\sigma_{\text{cmax}}$  の算出  
 応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}} = \frac{\sigma_{c3}}{l_{c3}} \quad \text{---- ①}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 + \sigma_{c3} l_{c3} n_{c3} S_2 = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2 \quad \text{---- ②}$$

式①②より、

$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2} + l_{c3}^2 n_{c3})} = \sigma_{\text{cmax}}$$

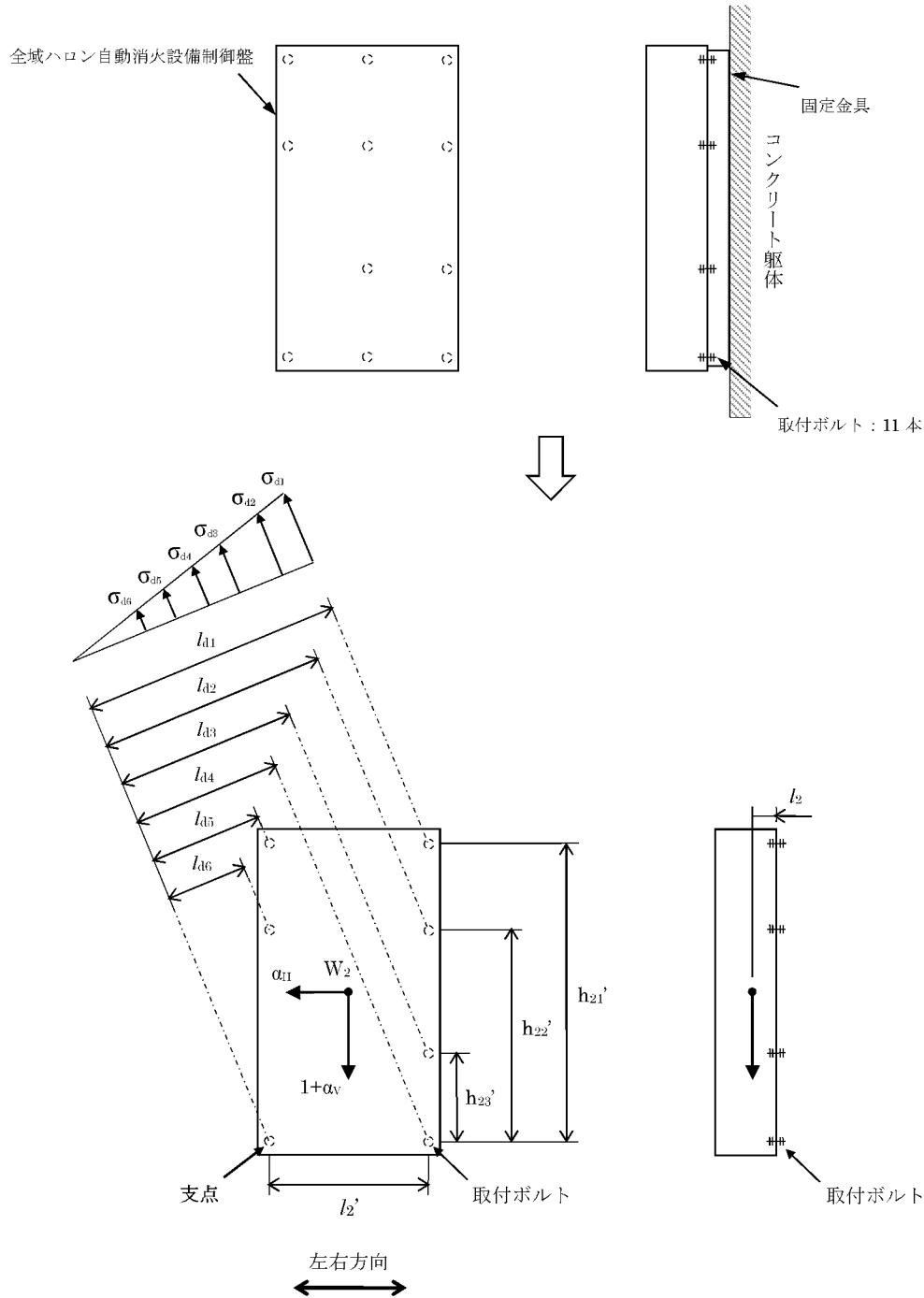
- ・せん断応力  $\tau_c$  の算出

$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$



(b) 左右方向

取付ボルトの左右方向に対応する応力評価モデルを第 4-4 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-4 図 取付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

- ・最大引張応力  $\sigma_{dmax}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}} = \frac{\sigma_{d6}}{l_{d6}} \quad \dots \textcircled{1}$$

モーメントの釣合式より、

$$\begin{aligned} & l_{d1}S_2\sigma_{d1} + l_{d2}S_2\sigma_{d2} + l_{d3}S_2\sigma_{d3} + l_{d4}S_2\sigma_{d4} + l_{d5}S_2\sigma_{d5} + l_{d6}S_2\sigma_{d6} \\ &= W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

式①②より

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2(l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2 + l_{d6}^2)} = \sigma_{dmax}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} \quad & l_{d1} = l_2' \cos\theta + h_{21}' \sin\theta \\ & l_{d2} = l_2' \cos\theta + h_{22}' \sin\theta \\ & l_{d3} = l_2' \cos\theta + h_{23}' \sin\theta \\ & l_{d4} = l_2' \cos\theta \\ & l_{d5} = h_{21}' \sin\theta \\ & l_{d6} = h_{22}' \sin\theta \end{aligned}$$

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

- ・せん断応力  $\tau_d$  の算出

$$\tau_d = \frac{W_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2S_2}$$

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

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

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

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

### 5.3 許容限界

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

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
		水平方向	鉛直方向
全域ハロン自動消火設備 制御盤	加振台への 取付位置	4.0	3.0

### 5.4 評価方法

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

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用地震力は、第 6-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。全域ハロン自動消火設備制御盤の設置場所は 1 箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添 1-1 の「4.1.1 入力地震動」に示す地震動における、機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。(今回対象は 1 面のみ)

第 6-1 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 <sup>(注1)</sup> 及び高さ (m)	方向	<sup>(注2)</sup> 減衰定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	緊急時対策棟 EL.30.75	緊急時対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は $S_s$ -1~ $S_s$ -5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は $S_s$ -1~ $S_s$ -5 の包絡曲線を用いる。
		緊急時対策棟 EL.37.60	鉛直	1.0	

(注 1) 機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

(注 2) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.1.2 許容応力条件

第 6-2 表に全域ハロン自動消火設備制御盤の許容応力評価条件を示す。

第 6-2 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の許容応力評価条件

評価部位	材 質	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
取付ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

記号の定義  
S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値  
S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値  
F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

### 6.1.3 応力評価モデルの諸元

応力評価に使用する設計用加速度は、最小の固有振動数における応答加速度と、最大床加速度の 1.2 倍の大きい方の値を使用する。

全域ハロン自動消火設備制御盤における据付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-3 表に、取付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-4 表に、全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用加速度を第 6-5 表に示す。

#### (1) 全域ハロン自動消火設備制御盤

第 6-3 表 据付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	数値
機器質量	$W_1$	kg	138
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
支点より機器重心までの水平距離	$l_1$	mm	108
支点より機器重心までの鉛直距離	$h_1$	mm	544
水平方向の据付ボルト間距離	$l_1'$	mm	660
鉛直方向の据付ボルト間距離	$h_{11}'$	mm	1220
	$h_{12}'$	mm	820
	$h_{13}'$	mm	400
据付ボルト呼び径	$d_1$	mm	12
据付ボルト断面積	$S_1$	mm <sup>2</sup>	84.3
各列の据付ボルト本数	$n_{a1}$	本	2
	$n_{a2}$	本	2
	$n_{a3}$	本	2
据付ボルト総数	$N_1$	本	8

第 6-4 表 取付ボルトの応力評価モデルの諸元

項 目	記 号	単 位	数 値
機器質量	$W_2$	kg	78
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
支点より機器重心までの 水平距離	$l_2$	mm	8
支点より機器重心までの 鉛直距離	$h_2$	mm	551
水平方向の取付ボルト間 距離	$l_2'$	mm	660
鉛直方向の取付ボルト間 距離	$h_{21}'$	mm	1230
	$h_{22}'$	mm	870
	$h_{23}'$	mm	370
取付ボルト呼び径	$d_2$	mm	12
取付ボルト断面積	$S_2$	mm <sup>2</sup>	84.3
各列の取付ボルト本数	$n_{c1}$	本	2
	$n_{c2}$	本	2
	$n_{c3}$	本	1
取付ボルト総数	$N_2$	本	7

第 6-5 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用加速度

項 目	記 号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	$\alpha_H$	2.088
鉛直	$\alpha_V$	0.900

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

全域ハロン自動消火設備制御盤は、30Hz 未満の固有振動数を含めて正弦波加振試験を実施していることから、全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は「6.2.1 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度を第 6-6 表に示す。

第 6-6 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度

機器名称	項目	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
全域ハロン自動消火設備 制御盤	水平	1.74
	鉛直	0.75



## 7. 耐震評価結果

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。

据付ボルト及び取付ボルトの発生応力は許容応力以下であり、全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、全域ハロン自動消火設備制御盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	方向	発生値	評価基準値
				MPa	MPa
全域ハロン自動 消火設備 制御盤	据付ボルト	引張応力	前後	6	210
			左右	2	
		せん断応力	前後	4	160
			左右	6	
	取付ボルト	引張応力	前後	6	210
			左右	2	
		せん断応力	前後	3	210
			左右	1	
		引張応力	前後	3	160
			左右	4	
		せん断応力	前後	3	210
			左右	1	

第7-2表 全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価結果

設備名称	加速度確認 部位	機能確認済加速度との比較				詳細評価
		水平加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		鉛直加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
全域ハロン自動消火設備制御 盤	加振台への 取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—

## 溢水防護に係る施設の耐震計算の方針

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 1
2. 耐震評価の基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 2
2.1 評価対象施設 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 5
3.1 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 5
3.2 許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 6
4. 耐震評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 8
4.1 機器・配管系 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 8
5. 適用規格 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 12

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）」第54条並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下、「解釈」という）に適合する設計とするため、添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している耐震性を有することから溢水源として設定しない重大事故等対処設備以外の機器（以下「溢水源としない機器」という。）、耐震Cクラス機器で添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設への基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第50条の対象ではない。

耐震評価は、添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に示す適用規格を用いて実施する。

溢水防護に係る施設のうち、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの具体的な計算の方法及び結果は、別添2-2「緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震計算書」に、溢水源としない機器の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-3「溢水源としない機器の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果は、別添2-4「溢水防護に係る施設の水平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」に示す。

## 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「5. 適用規格」で示す適用規格を用いて、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動  $S_s$  による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重による応力等が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法により確認する。

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、その機能を維持又は保持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせる実施する。影響評価方法は「4.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

### 2.1 評価対象施設

評価対象施設は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している溢水源としない機器及び添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」にて設定している浸水防護施設のうち溢水防護に係る施設を対象とする。

#### 2.1.1 溢水源としない機器

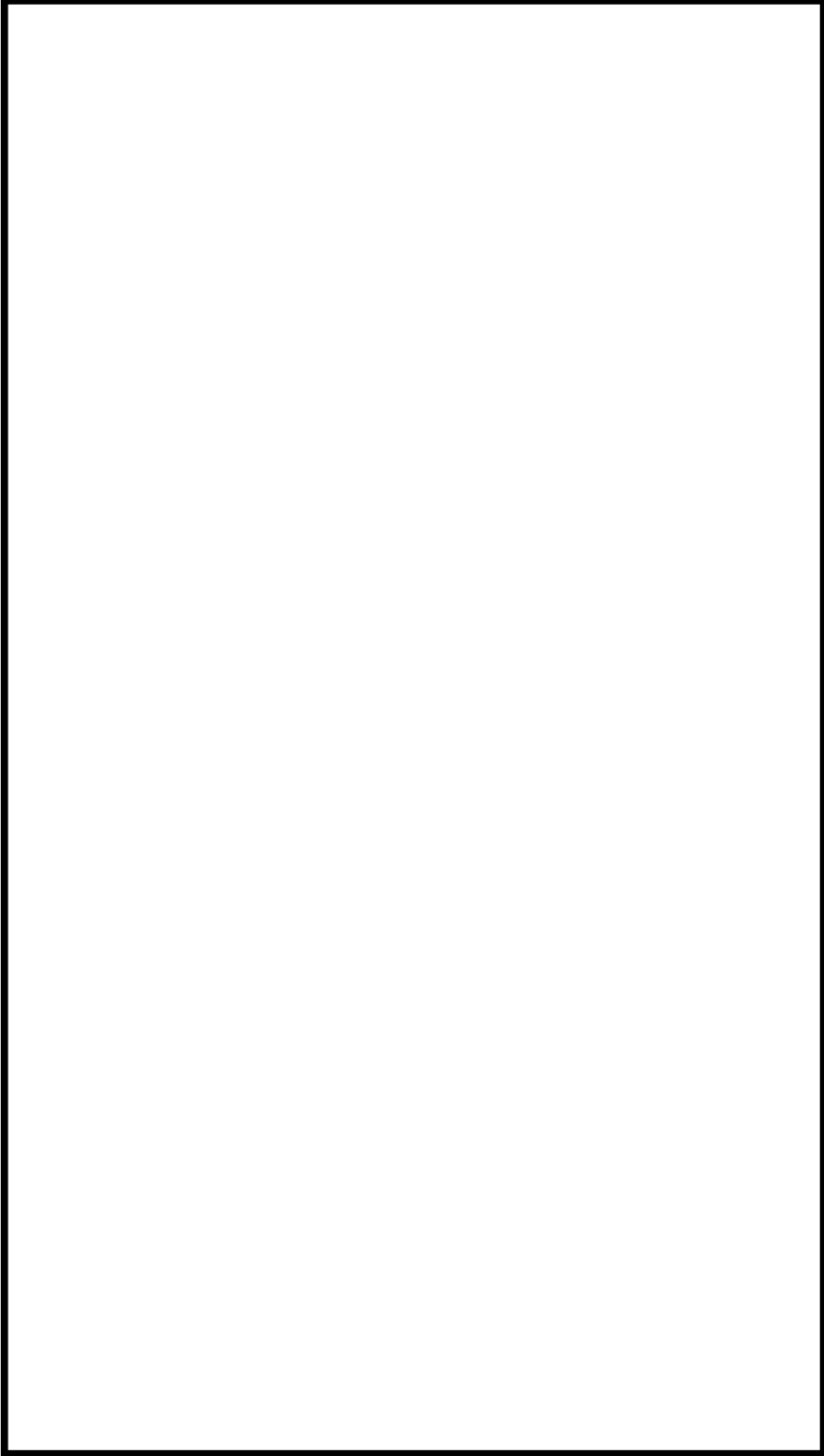
添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している溢水源としない機器として流体を内包する機器を評価対象施設とする。

評価対象施設のうち配管、弁及び支持構造物は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」にて示す配管、弁及び支持構造物の構造を踏まえ、応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有する構造とする。

#### 2.1.2 溢水防護に係る施設

添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「5. 構造強度設計」にて設定している対象施設の構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプ及び吐出ラインの構造計画(1/2)

設備名称	配置図
<p>緊急時対策棟 用湧水サンプル ポンプ及び吐 出ライン</p>	<p>(概略断面図)</p> 



第2-1表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ及び吐出ラインの構造計画(2/2)

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、ポンプ及び原動機により構成し、主軸は、ケーシング及び揚水管置に設置する軸受により支持する。	ポンプ吐出部であるヘッドは台板の上部にヘッド取付ボルトで固定し、ポンプ部はヘッド下部に取付ボルトで固定する。ヘッド上部に原動機支持台及び原動機を取付ボルトで固定する。台板は基礎ボルトで床面に固定する。	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ及び吐出ライン	配管及び支持構造物により構成する。	支持装置及び支持架構から構成される支持構造物を据付ボルトにより、コンクリート躯体に据え付ける。	

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

##### (1) 荷重の種類

荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「5.2 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している以下の荷重を用いる。

##### a. 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおり、自重とする。

##### b. 地震荷重(Ss)

地震荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

##### c. 内圧荷重(P<sub>D</sub>)

内圧荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおり、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

##### d. 機械的荷重(M<sub>D</sub>)

機械的荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおり、当該設備に設計上定められた機械的荷重とする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す荷重の組合せを踏まえて設定する。

## 3.2 許容限界

溢水源としない機器の許容限界は、溢水源としない機器を添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」の「2.1.3 地震起因による溢水」において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を有し、機器の破損等により溢水源とならない設計とするため、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> の許容限界を準用する。

評価対象部位ごとの許容限界を第 3-1 表に示す。

溢水防護に係る施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価対象部位の損傷モードを踏まえ評価項目を選定し定める。

施設ごとの許容限界を「3.2.1 施設ごとの許容限界」に示す。

### 3.2.1 施設ごとの許容限界

#### (1) 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

##### a. 基礎ボルト、取付ボルト及び軸受

緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、構造強度設計上の性能目標として、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、建屋にボルト等により固定し、地下水を処理し、溢水伝ばを防止する機能の保持を考慮して、主要な構造部材が、上記機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、JEAG4601 の立形ポンプの耐震強度評価にて示される評価対象部位を踏まえ、緊急時対策棟用湧水サンプポンプを建屋に固定する基礎ボルト及びポンプ取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」で JEAG4601 に準じて設定している、許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。緊急時対策棟用湧水サンプポンプは立形のポンプであり、軸受については、「4.1.3 機能維持評価」の「(1) 動的機能維持」にて示す設置建屋の最大床加速度と機能確認済加速度とを比較することにより確認する。

第3-1表 施設ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	D + M <sub>D</sub> + P <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	せん断、引張	部材の降伏	JEAG4601 に準じて許容応力状態IV <sub>AS</sub> の許容応力以下とする
		ヘッド取付ボルト			
		ポンプ取付ボルト			
		原動機取付ボルト			
		原動機支持台取付ボルト			

## 4. 耐震評価方法

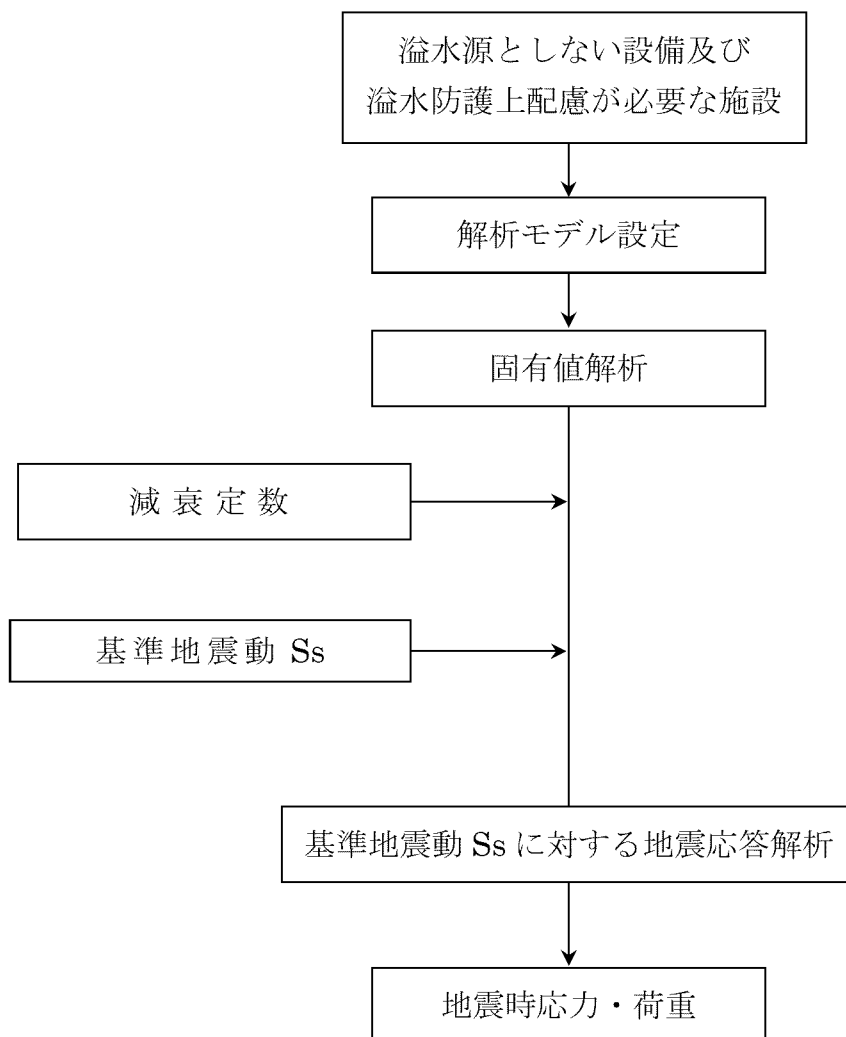
### 4.1 機器・配管系

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設のうち、機器・配管系の耐震評価は、以下の「4.1.1 地震応答解析」、「4.1.2 耐震評価」、「4.1.3 機能維持評価」及び「4.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に従って実施する。

#### 4.1.1 地震応答解析

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析は、以下の「(1)入力地震動」に示す入力地震動、「(2)解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び「(3)設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

地震応答解析の手順を第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 地震応答解析の手順

(1) 入力地震動

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析における入力地震動は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「4. 設計用床応答曲線(Ss)」に設定している、当該設備設置床の基準地震動 Ss における設計用床応答曲線(Ss)とする。

(2) 解析方法及び解析モデル

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルから変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 解析方法及び解析モデル」による。

(3) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰係数は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す機器・配管系の減衰定数から変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 減衰定数」による。

#### 4.1.2 耐震評価

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す、荷重の組み合わせに対して、「4.1.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により発生応力を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に収まることを確認する。評価手法は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.2.1 耐震評価方法」に示す方法から変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.2.1 耐震評価方法」による。

#### 4.1.3 機能維持評価

溢水源としない機器の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の方針は、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

溢水防護に係る施設の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持及び動的機能維持に係る耐震計算の方針は、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機能維持」を準用する。

##### (1) 動的機能維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標及び評価方針を踏まえ、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による当該設備床の最大床加速度が、機能確認済加速度以下であることにより確認する。

##### a 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ

緊急時対策棟用湧水サンプポンプを構成するポンプ及び電動機は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた緊急時対策棟用湧水サンプポンプを設置する床の最大床加速度が、資料 12-9「機能維持の基本方針」で設定する立形斜流ポンプ及び立形ころがり軸受機の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

#### 4.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設に関する、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添 2-4「溢水防護に係る施設の水平 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」に示す。



## 5. 適用規格

添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に記載している以下の指針等を適用する。

- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格(JSME S NJ1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984) ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1991 追補版) ((社) 日本電気協会)

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

## 目 次

頁

1. 概 要	12 (3) - 別添 3 - 1 - 1
2. 耐震評価の基本方針	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
2.1 評価対象設備	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
2.2 評価方針	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	12 (3) - 別添 3 - 1 - 24
3.1 荷重及び荷重の組合せ	12 (3) - 別添 3 - 1 - 24
3.2 許容限界	12 (3) - 別添 3 - 1 - 25
4. 耐震評価方法	12 (3) - 別添 3 - 1 - 31
4.1 車両型設備	12 (3) - 別添 3 - 1 - 31
4.2 ボンベ設備	12 (3) - 別添 3 - 1 - 38
4.3 その他設備	12 (3) - 別添 3 - 1 - 43
4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮	12 (3) - 別添 3 - 1 - 45
5. 適用規格	12 (3) - 別添 3 - 1 - 46

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 54 条及び第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下「添付資料 4」という。）の別添 2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」（以下「添付資料 4 の別添 2」という。）にて設定する構造強度上の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動  $S_s$  による地震力に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。

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

## 2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、転倒評価、構造強度評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないこと、並びに車両の支持機能及び移動機能が損なわれないことを確認する。また、波及的影響評価を実施し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してその機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせ実施する。影響評価方法は「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

### 2.1 評価対象設備

評価対象設備は、添付資料 4 の別添 2 の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ボンベ設備及びその他設備を対象とし、第 2-1 表に示す。また、評価を要しない可搬型重大事故等対処設備についても併せて示す。

添付資料 4 の別添 2 にて設定している対象設備の構造計画を第 2-2 表に示す。

### 2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、添付資料 4 の別添 2 の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ボンベ設備及びその他設備の分類ごとに定める「転倒評価」、「構造強度評価」、「機能維持評価」、「波及的影響評価」及び「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価対象部位は、添付資料 4 の別添 2 の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、第 2-3 表に示すとおり設定する。

### 2.2.1 車両型設備

車両型設備は、転倒評価、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

以下に、車両型設備の評価内容を示す。

各評価において使用する加速度、すべり量及び浮上がり角は、加振試験の結果により求める。なお、加速度、すべり量及び浮上がり角を各評価にて用いる場合には、実機における車両応答の不確かさを考慮した余裕等を必要に応じて適切に考慮する。

評価対象部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの構造強度評価については、原子力発電所耐震設計技術指針（以下「JEAG4601」という。）に規定されているその他支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の構造強度評価に準じて実施する。

#### (1) 転倒評価

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

その評価方法は「4.1 (2) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しないことを確認する。

## (2) 構造強度評価

車両型設備の構造強度評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.1(2)b. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、車両に積載している発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに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。

その評価方法は「4.1 (3) 構造強度評価」に示すとおり、加振試験で得られた応答加速度を用いて、車両に積載している発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては、加振試験で得られた車両型設備の評価対象部位頂部での最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した応答加速度（以下「設計用加速度」という。）を用い、車両型設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

## (3) 機能維持評価

車両型設備の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能の機能維持評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.1(2)c. 動的及び電氣的機能」及び「6.3.1(2)d. 支持機能及び移動機能」にて設定している評価方針に基づき、車両に積載している発電機、内燃機関等は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により動的及び電氣的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、車両部は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、積載物から受ける荷重を支持する支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

それらの評価方法は「4.1 (4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が保持できることを確認する。

#### (4) 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.1(2)e. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。車両型設備は、サスペンションのようなバネ構造を有するため、設備に生じる地震荷重により、大きな傾きが生じることから、車両全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。

その評価方法は「4.1(5) 波及的影響評価」に示すとおり、すべり量に、浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。



## 2.2.2 ボンベ設備

### (1) 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価については、添付資料4の別添2の「6.3.2(2)a. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック架台及びボンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。

その評価方法は、「4.2(2) 構造強度評価」に示すとおり、地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて、ボンベラック架台、基礎ボルト等の評価を行う。

### (2) 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.2(2)b. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。ボンベ設備は、車両型設備と異なりバネのような柔らかい構造を有しないため、大きな変位量は発生しないことから、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ボンベを収容するボンベラック架台及びボンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認することで、機器全体が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その評価方法は、「4.2(3) 波及的影響評価」に示すとおり、地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて、ボンベラック架台、基礎ボルト等の評価を行う。

## 2.2.3 その他設備

### (1) 転倒評価

その他設備の転倒評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.3(2)a.転倒」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、転倒しないことを、保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることをにより確認する。

その評価方法は、「4.3(2) 転倒評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定冶具等が健全であり、機器全体が転倒しないことを確認する。

### (2) 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.3(2)b.機能維持」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所における最大床加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをにより確認する。

その評価方法は、「4.3(3)機能維持評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後に計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定冶具等の支持機能が保持できることを確認する。

### (3) 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.3(2)c. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。その他設備は、車両型設備と異なりバネのような柔らかい構造を有しないため、大きな変位量は発生しないことから、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は、「4.3(4) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒しないことを確認する。

その他設備に使用しているキャビネット、支持フレーム、固定治具等は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、対象設備の重心高さを考慮して設置位置を設定するとともに、保管場所における最大床加速度により受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。キャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能については、保管状態を模擬した加振試験により確認する。

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

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (1/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
車両型設備	緊急時対策所用発電機車	別添3-3	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車内燃機関	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車[調速装置]	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車 [非常調速装置]	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車冷却水ポンプ	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車燃料油サービスタンク	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車励磁装置	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車保護継電器	別添3-3 緊急時対策所用発電機車を含む。	非常用電源設備

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (2/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
ポンプ設備	空気ポンプ (緊急時対策所用)	別添3-4	放射線管理施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (3/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)	別添3-5	計測制御系統施設
	可搬型温度計測装置(格納容器再循環ユニット入口温度/出口温度(SA)用)	別添3-5	計測制御系統施設
その他設備	携帯型通話設備	別添3-5	計測制御系統施設
	衛星携帯電話設備	別添3-5	計測制御系統施設
	無線連絡設備	別添3-5	計測制御系統施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (4/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
その他設備	緊急時対策所エアモニタ	別添3-5	放射線管理施設
	可搬型モニタリングポスト	別添3-5	放射線管理施設
	可搬型エアモニタ	別添3-5	放射線管理施設 緊急時対策所
	電離箱サーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	NaIシンチレーションサーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	GM汚染サーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	ZnSシンチレーションサーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (5/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
その他設備	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラックマニホールド上流閉止端及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース出口接続口及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース出口接続口及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設



第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (6/6)

添付資料4の別添2での設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は評価を要しない理由	施設区分
その他設備	緊急時対策所用発電機車用給油ライン取合用フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	非常用電源設備
	酸素濃度計	別添3-5	緊急時対策所
	二酸化炭素濃度計	別添3-5	緊急時対策所

第 2-2 表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (1/3)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b></p> <p>屋内の可搬型重大事故等対処設備は、添付資料 4 の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）に保管する設計とする。</p> <p>屋外の可搬型重大事故等対処設備は、添付資料 4 の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、第 6 保管エリア又は第 4 保管エリアに保管する設計とする。</p>			
車両型設備	サスペンションを有し、地震に対する影響を軽減できる構造であるとともに、早期の重大事故等への対処を考慮し、自走、牽引にて移動できる構造とし、車両（トレーラ）、発電機、内燃機関等により構成する。	間接支持構造物としての車両に発電機、内燃機関等を取付ボルトで据え付け、車両（トレーラ）を拘束せず保管する。	第 2-1 図
ボンベ設備	空気ボンベ及び空気ボンベの支持構造物であるボンベラック架台等により構成する。	空気ボンベは、容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルト等によりボンベラック架台に固定し、ボンベラック架台を基礎ボルトにより床に据え付ける。	第 2-2 図

第 2-2 表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (2/3)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
その他設備	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)等及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネットで構成する。	収納箱はキャビネットに収納し、固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第 2-3 図
	可搬型エリアモニタ及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネット	収納箱は収納ラックに収納し、固定治具により拘束して保管する。 また、収納ラックは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-4 図
	携帯型通話設備及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネット	収納箱はキャビネットの引出しに収納し、仕切板により拘束するとともに、引出しを固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第 2-5 図
	緊急時対策所エリアモニタ等及びそれを収納するキャビネット	緊急時対策所エリアモニタ等はキャビネットの引出しに収納するとともに、引出しを固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-6 図
	可搬型モニタリングポスト及びそれを支持する支持フレーム	可搬型モニタリングポストは支持フレームに固定治具により拘束して保管する。 また、支持フレームは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-7 図

第 2-2 表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (3/3)

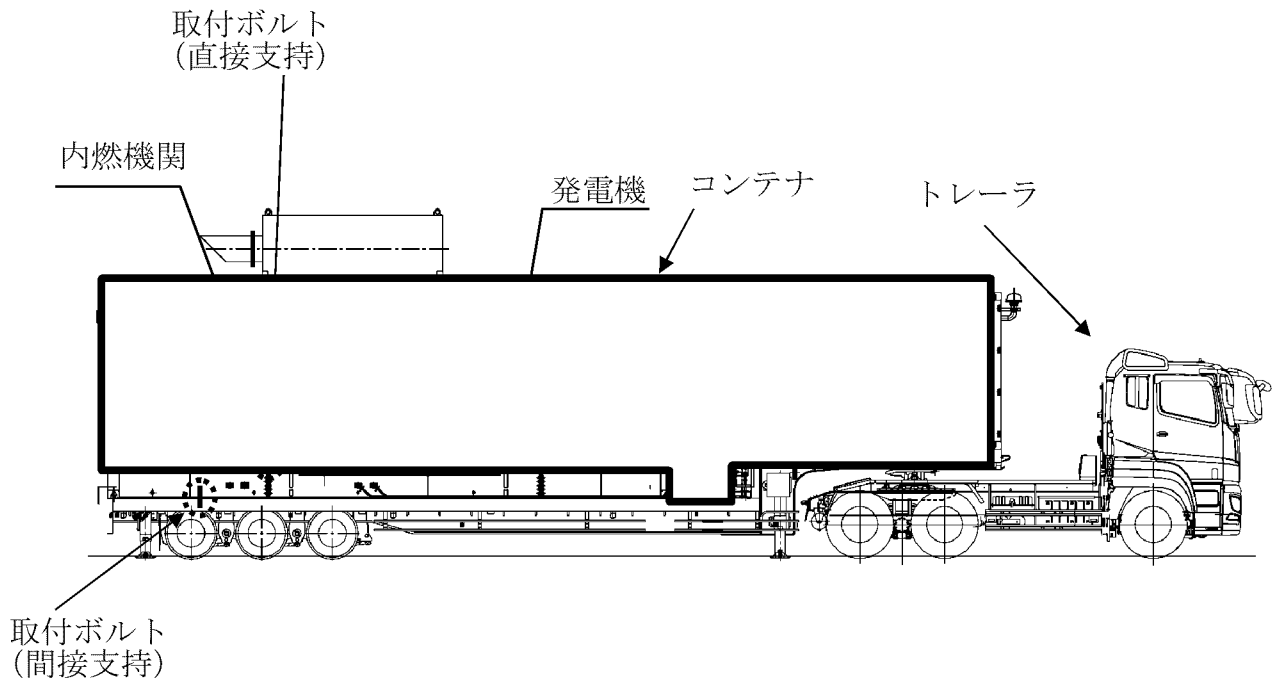
設備 分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
その他設備	可搬型モニタリングポスト で構成する。	可搬型モニタリングポスト は固定治具により拘束して 保管する。 また、固定治具は壁に据付 ボルトで据え付ける。	第 2-8 図

第2-3表 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価対象部位 (1/2)

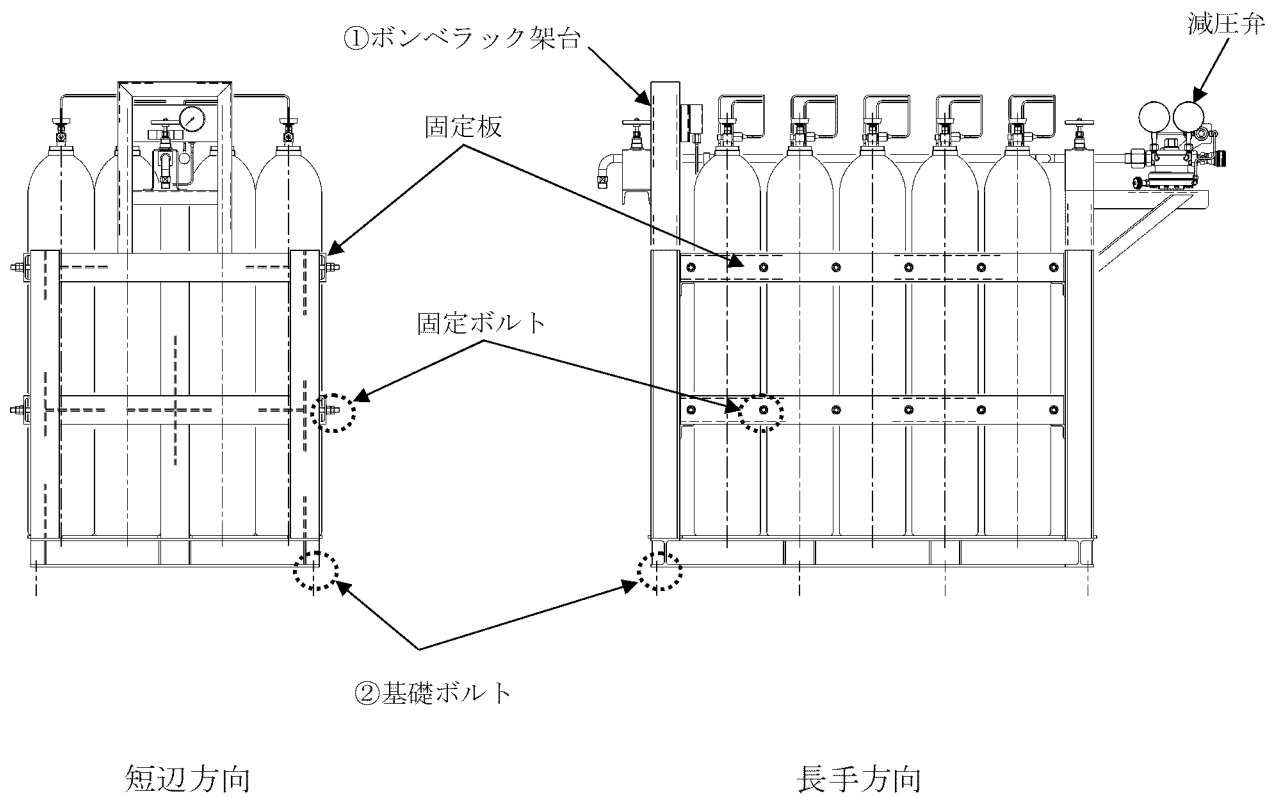
機器名称	設備	評価対象部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急時対策用発電機車</li> </ul>	車両型設備	発電機 取付ボルト 内燃機関 取付ボルト	コンテナ 取付ボルト	<p>JEAG4601 において剛構造の発電機、内燃機関は、構造強度評価対象は取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備は JEAG4601 に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができないため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトとなる。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

第2-3表 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価対象部位 (2/2)

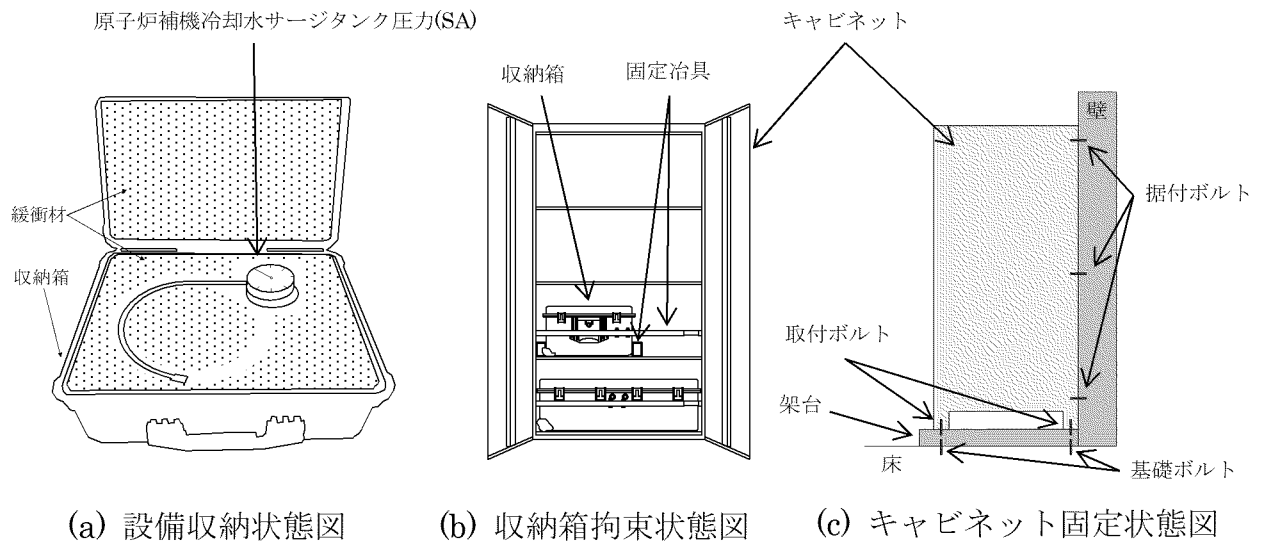
機器名称	設備	評価対象部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
<ul style="list-style-type: none"> <li>空気ボンベ (緊急時対策所用)</li> </ul>	ボンベ設備	ボンベラック架台 基礎ボルト	対象なし	<p>空気ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付資料 14-2-3「重大事故等クラス3機器の強度評価書」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、空気ボンベを固定する支持構造物であるボンベラック架台並びにこれを固定する基礎ボルトを評価対象とする。</p>



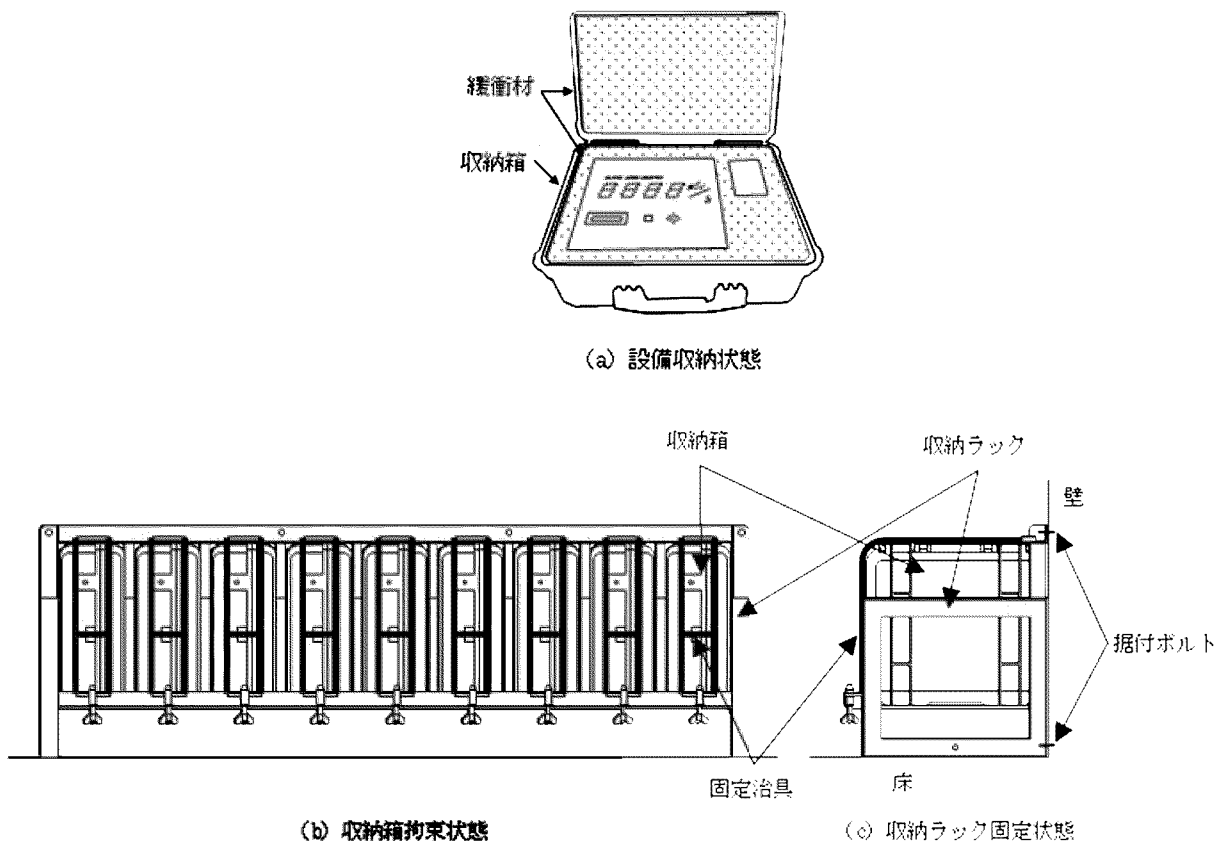
第 2-1 図 車両型設備



第 2-2 図 ボンベ設備

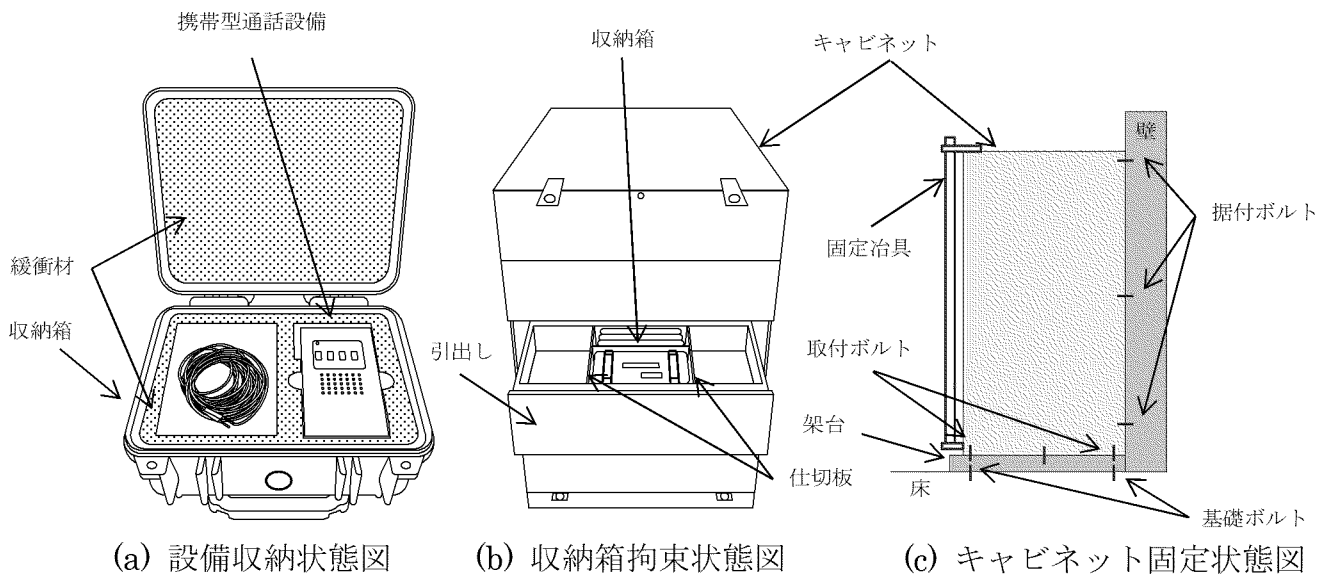


第 2-3 図 その他設備（原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)等）

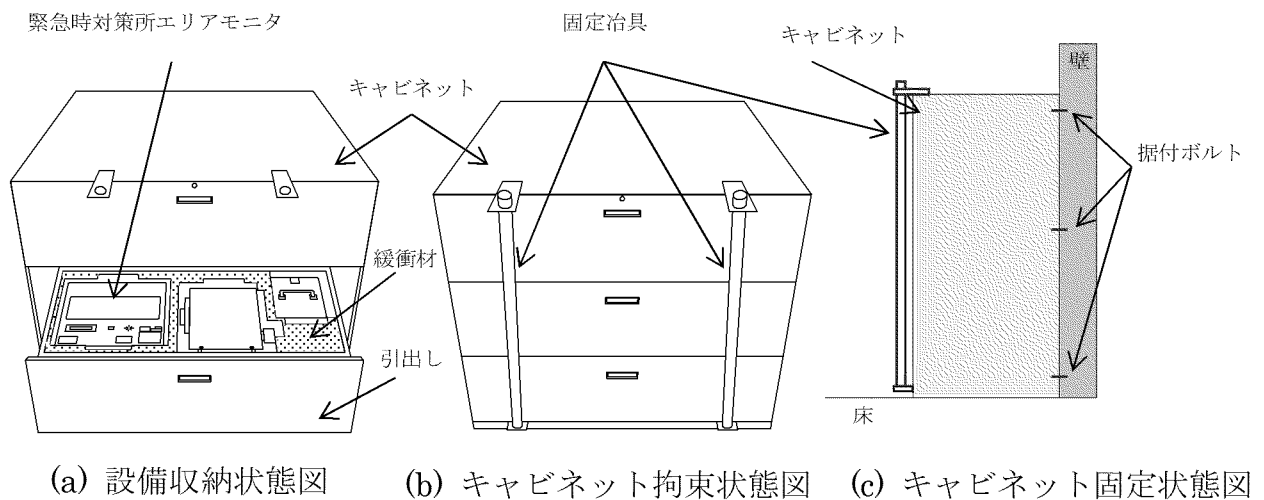


第 2-4 図 その他設備（可搬型エリアモニタ）

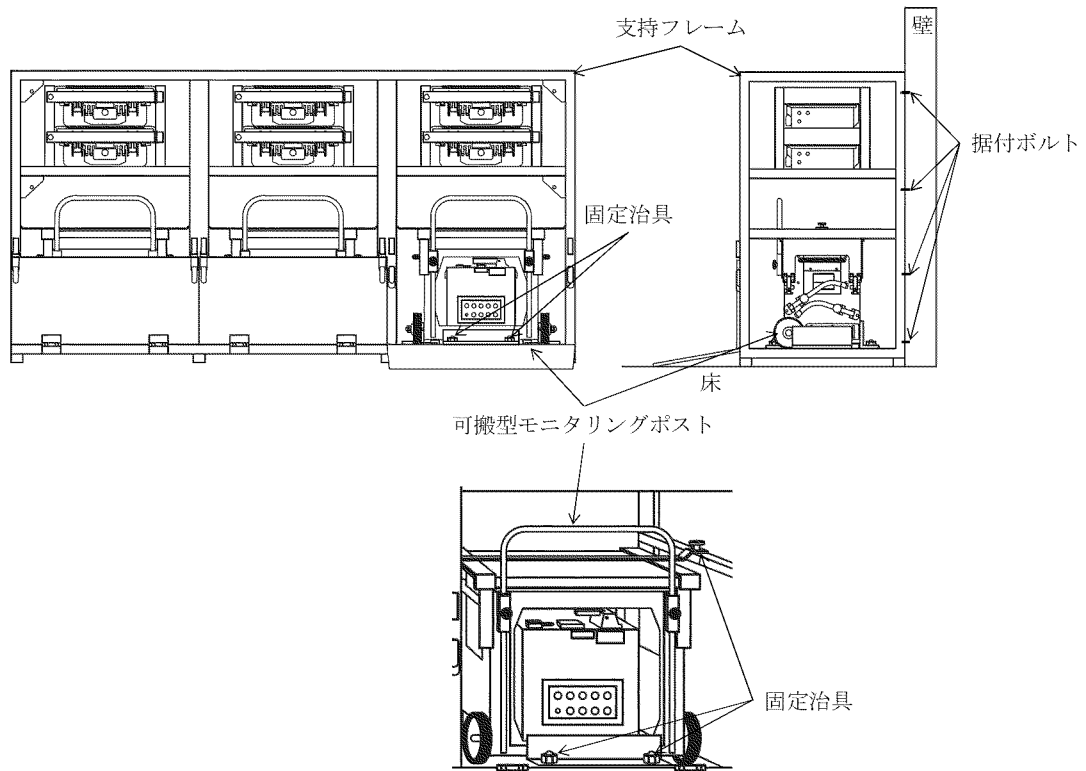




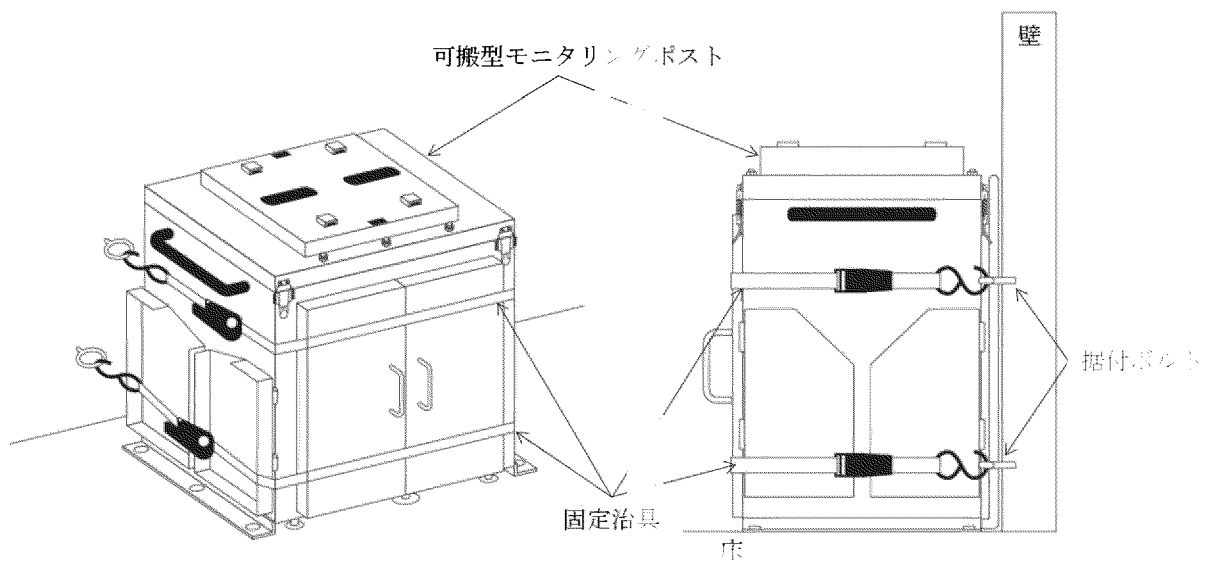
第 2-5 図 その他設備（携帯型通話設備）



第 2-6 図 その他設備（緊急時対策所エリアモニタ等）



第 2-7 図 その他設備 (可搬型モニタリングポスト)



第 2-8 図 その他設備 (可搬型モニタリングポスト)

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

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

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

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

荷重及び荷重の組合せは、添付資料 4 の別添 2 の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し、設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、資料 12-9「機能維持の基本方針」の第 3-1 図 耐震計算における積雪荷重及び風荷重の設定フローに基づき、設定する。

積雪については除雪にて対応することで無視できる。

車両型設備は、風を一面に受ける構造と違い、風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また、車両型設備には内燃機関、発電機等の重量物が積載され重量が大きいこと及び加振試験結果を用いて評価を行うことから基準地震動  $S_s$  による地震力より大きな地震動で評価される。よって、車両型設備については、風荷重については無視できる。ポンベ設備は、耐震性を有する緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）に保管することから、風荷重については無視できる。また、その他設備についても、建物・構築物、屋外設置の機器に比べ、風による受圧面積が相対的に小さいことから、風荷重については無視できる。

## 3.2 許容限界

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

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

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

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

### 3.2.1 車両型設備

#### (1) 転倒評価

車両型設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に拘束せずに保管し、必要な負荷へ給電する発電機、その駆動源となる内燃機関等を車両に取付ボルトで固定し、車両全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(1) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

#### (2) 構造強度評価

車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、必要な負荷へ給電する機能を有する発電機、その駆動源となる内燃機関等の機器を車両に取付ボルトで固定し、主要な構造部材が給電機能、支持機能等を保持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(2) 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9 「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

### (3) 機能維持評価

車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、車両に積載している発電機の必要な負荷へ給電する機能、その駆動源となる内燃機関等の動的及び電氣的機能を保持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、積載物から受ける荷重を支持する支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できる設計とする。

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

### (4) 波及的影響評価

車両型設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に拘束せずに保管し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう離隔距離を確保する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(4) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、車両型設備の加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、地震によるすべり及び浮上がりにより他の可搬型重大事故等対処設備との接触、衝突等の相互干渉による破損を引き起こし機能喪失するなどの波及的影響を及ぼさないよう、可搬型重大事故等対処設備の作業性及び運用性を踏まえ設定した1台あたりの離隔距離未満であることを許容限界として設定する。

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

### 3.2.2 ボンベ設備

#### (1) 構造強度評価

ボンベ設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、空気を供給する機能を有する空気ボンベをボンベラック架台に収納し、ボンベラック架台を耐震性を有する緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の床に基礎ボルトで固定して保管し、主要な構造部材が空気供給機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2(1) 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態 $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### (2) 波及的影響評価

ボンベ設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、基礎ボルト等で固定し保管することで、主要な構造部材が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2(2) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態 $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

### 3.2.3 その他設備

#### (1) 転倒評価

その他設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(1) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

#### (2) 機能維持評価

その他設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束した支持機能を保持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(2) 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて動的及び電氣的機能並びに支持機能が保持できることを許容限界として設定する。

#### (3) 波及的影響評価

その他設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(3) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
車両型設備	D+Ss	取付ボルト (第3-2表)	引張、せん断、組合せ	部材の降伏	JEAG4601 を適用し、 許容応力状態IV <sub>AS</sub> の許 容応力以下とする。
ポンベ設備	D+Ss	架台 <sup>(注)</sup> (第3-3表)	引張、せん断、組合せ	部材の降伏	JEAG4601 を適用し、 許容応力状態IV <sub>AS</sub> の許 容応力以下とする。

(注) ポンベラック架台



第3-2表 取付ボルト及び基礎ボルトの許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
取付ボルト 基礎ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

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

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>)-1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。

第3-3表 架台の許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>
				一次応力
				組合せ
架台	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

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

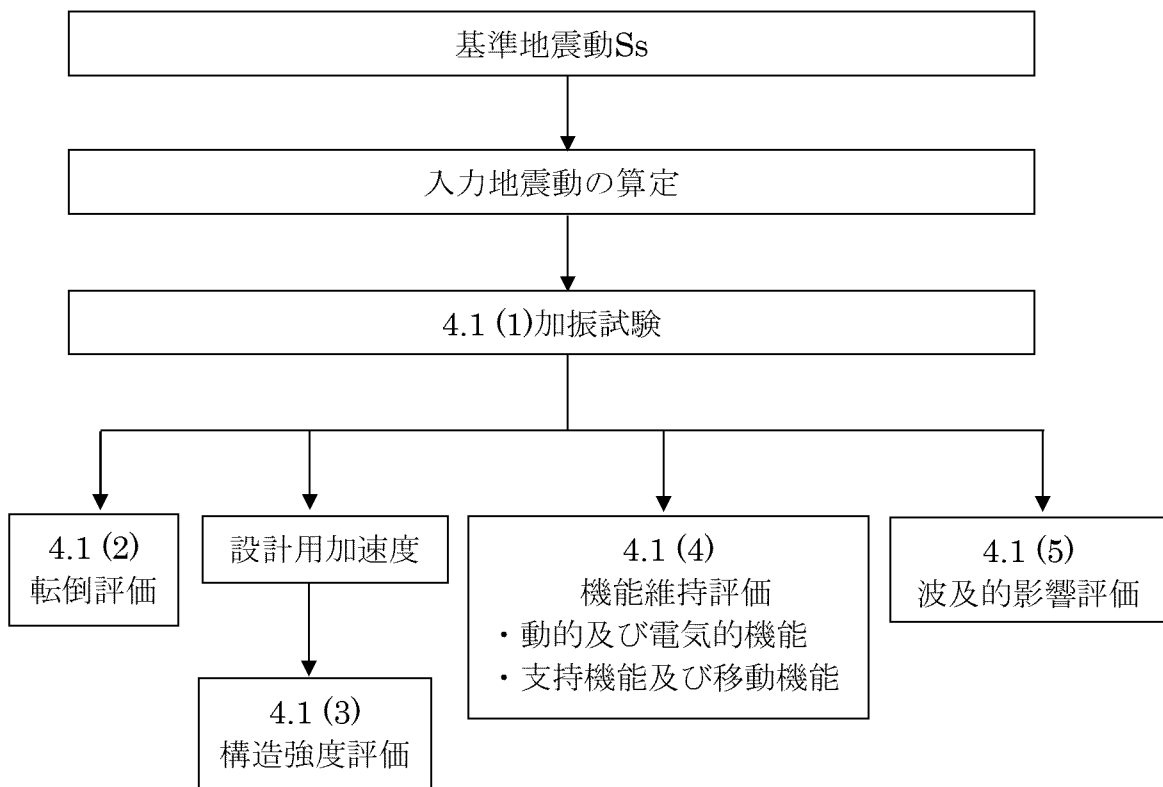
#### 4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ボンベ設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ボンベ設備」及び「4.3 その他設備」のそれぞれに示す「転倒評価」、「構造強度評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

##### 4.1 車両型設備

車両型設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

車両型設備の評価の概要フロー図を第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 車両型設備の評価フロー

## (1) 加振試験

### a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を保持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること、動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

### b. 入力地震動

加振試験の入力地震動は、対象設備の保管場所である第6保管エリア及び第4保管エリアの地表面の応答に地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%振幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

## (2) 転倒評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。転倒評価は、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

### (3) 構造強度評価

#### a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 引張応力の評価式」及び「(b) せん断応力の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の1.2倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度を設定し、構造強度評価を行う。

計算モデルを第4-2図に、構造強度評価に使用する記号を第4-1表に示す。

第4-1表 構造強度評価に使用する記号

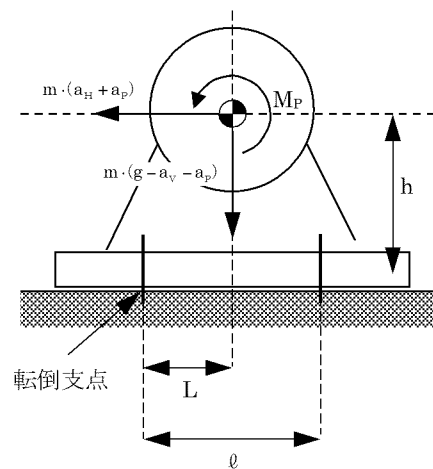
記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_P$	$\text{m/s}^2$	回転体振動による加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から重心までの高さ
$L$	$\text{mm}$	重心と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$M_P$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(a) 引張応力の評価式

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

(b) せん断応力の評価式

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



第 4-2 図 計算モデル図

b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 引張応力の評価式」及び「(b) せん断応力の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度を設定し、構造強度評価を行う。

計算モデル図を第 4-3 図に示し、構造強度評価に使用する記号を第 4-2 表に示す。

第4-2表 構造強度評価に使用する記号

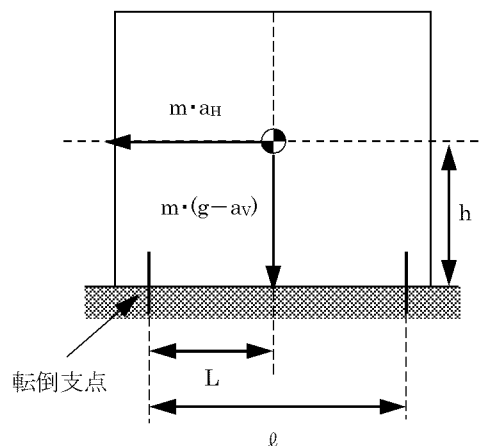
記号	単位	定義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_v$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から重心までの高さ
$L$	$\text{mm}$	重心と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(a) 引張応力の評価式

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

(b) せん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$



第4-3図 計算モデル図

#### (4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持されていることを確認する。加振試験については、JEAG4601に基づき実施する。

基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上がりを考慮しても、加振試験により、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上がりを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

#### (5) 波及的影響評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり量と、加振試験で得られた浮上がり角を基に算出した浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。

##### a. すべり量

車両型設備のすべり量については、加振試験の結果を基に設定する。

加振試験によるすべり量については、各設備の加振試験で得られたすべり量のうち、最も大きいすべり量を使用する。

##### b. 浮上がりによる変位量

車両型設備の浮上がりによる変位量については、各設備の加振試験で得られた浮上がり角のうち、最も大きい値を用いて算出する。

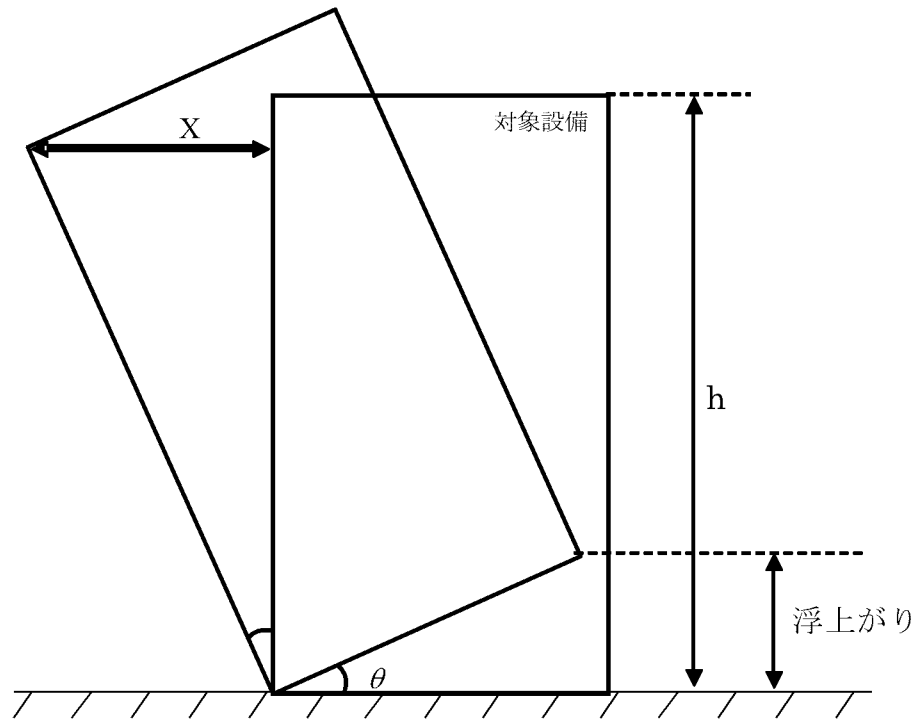
また、浮上がりに伴う、波及的影響として評価すべき浮上がりによる変位量を表した図を第 4-4 図に示し、使用する記号を第 4-3 表に示す。

浮上がりによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \sin \theta$$

第4-3表 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	定義
h	mm	車両高さ
X	mm	浮上がりによる変位量
$\theta$	°	浮上がり角



第4-4図 浮上がりによる変位量の算出図

c. トータル影響量

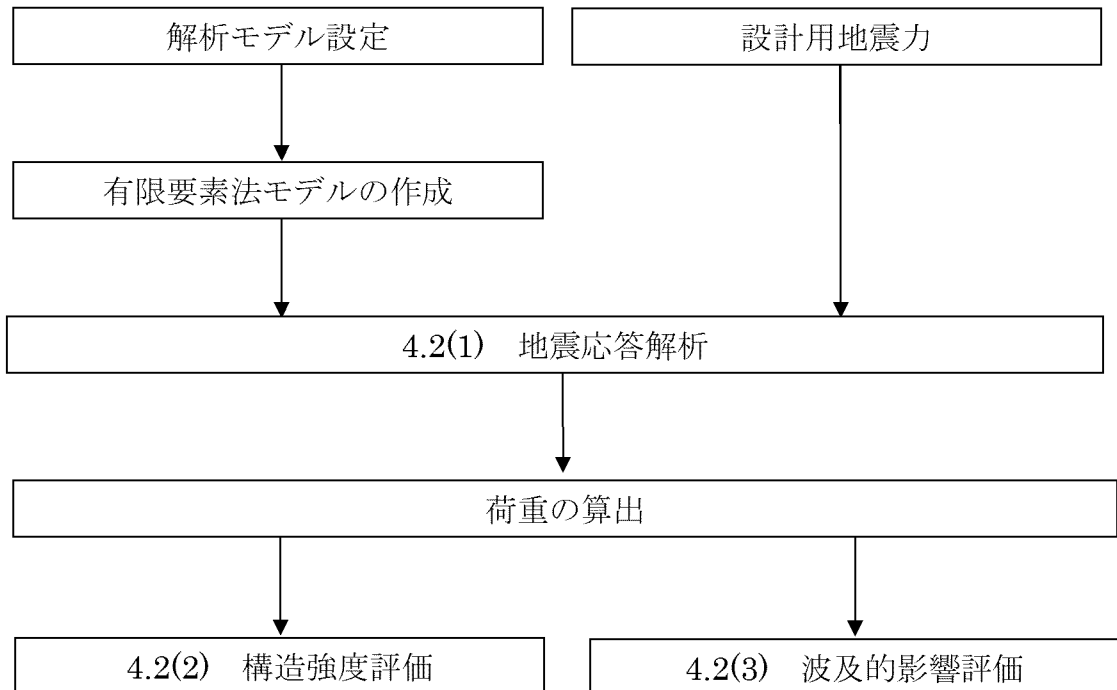
「a. すべり量」にて設定したすべり量と、「b. 浮上がりによる変位量」により算出される浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が「3.2 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。



## 4.2 ボンベ設備

ボンベ設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

ボンベ設備の評価の概要フロー図を第 4-5 図に示す。



第 4-5 図 ボンベ設備の評価フロー

### (1) 地震応答解析

#### a. 基本方針

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

ボンベ設備の地震応答解析は、以下の「b. 設計用地震力」に示す入力地震動及び「d. 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて、「c. 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従って実施する。

b. 設計用地震力

地震応答解析にて荷重を算出する際に用いる設計用地震力は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す、保管場所の設計用床応答曲線を用いる。

c. 解析方法及び解析モデル

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

(a) スペクトルモーダル解析

ボンベ設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるようモデル化し、設計用地震力により発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。解析の概要を以下に示す。

- イ. スペクトルモーダル解析法における最大値は、二乗和平方根 (SRSS) 法により求める。
- ロ. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ハ. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

(b) 3次元 FEM 解析

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

- イ. ボンベ設備の耐震計算書の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績のある 3次元 FEM モデルによる解析を適用する。
- ロ. ボンベラック架台を構成する鋼材をはり要素としてモデル化した 3次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- ハ. 解析コードは MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 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。

- ニ. 拘束条件として、ポンベラック架台は、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- ホ. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ヘ. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- ト. ポンベ本体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して転倒しないことを目的としたポンベラック架台に、固定ボルト及び固定板にて固定され収納される。ここで、ポンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有しかつコンパクトであることから、はるかに剛性が高いものであるため、解析上、剛構造として取り扱う。
- チ. ヘッダマニホールド及び減圧弁等の付属構成部品は、ポンベ及びポンベラック架台と一体となって振動するようボルト固定する等の設計上の配慮がなされているため、固定された拘束部位からは大きな荷重を受けることなく、有意な応力は生じない。

d. 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に設定している、JEAG4601 に記載されている減衰定数を用いる。

ポンベ設備の減衰定数は、水平及び鉛直ともに 1.0%とする。

## (2) 構造強度評価

ボンベ設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、「4.2(1) 地震応答解析」で示した地震応答解析により求める荷重から算出した発生応力が、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認する。

構造強度評価に使用する記号を第 4-4 表に示す。

第 4-4 表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定義
$\sigma_a$	MPa	はり要素の軸応力
$\sigma_b$	MPa	はり要素の曲げ応力
$\tau$	MPa	はり要素のせん断応力
$F_{bt}$	N	基礎ボルトの引張力
$F_{bs}$	N	基礎ボルトのせん断力
$A_b$	mm <sup>2</sup>	基礎ボルトの断面積
$\sigma$	MPa	はり要素の組合せ応力
$\sigma_t$	MPa	ボルトの引張応力
$\tau_s$	MPa	ボルトのせん断応力

### a. 応力計算

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

#### (a) 架台（はり要素）の応力計算

架台のうち、はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

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

(c) 基礎ボルトの応力計算

ボルトの応力を以下のとおり計算する。

- ・引張応力

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

- ・せん断応力

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

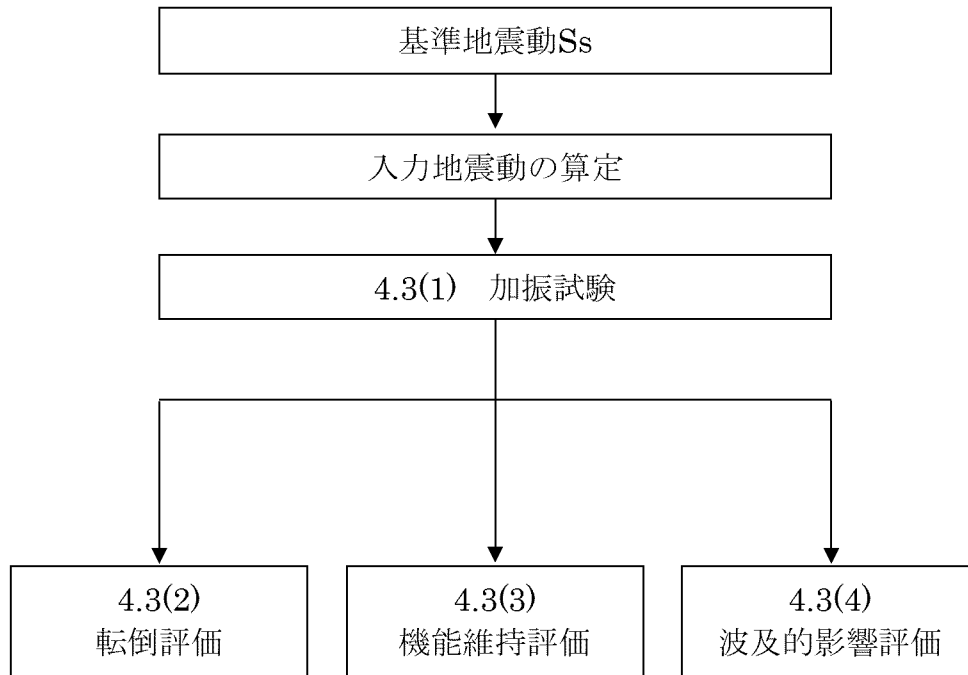
(3) 波及的影響評価

ポンベ設備は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ポンベを収納するポンベラック架台及びポンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が「4.2(2) 構造強度評価」に示す方法で、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認することで、機器全体が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

### 4.3 その他設備

その他設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

その他設備の評価の概要フロー図を第 4-6 図に示す。



第 4-6 図 その他設備の評価フロー

#### (1) 加振試験

##### a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を保持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、動的及び電氣的機能並びに支持機能が保持できること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2)転倒評価」、「(3)機能維持評価」及び「(4)波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

## b. 入力地震動

入力地震動は、別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に示す、各保管場所の Ss1~5 の地震動を用いて、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、すべての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう設定する。

## (2) 転倒評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1) b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒していないことを確認する。

基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることをにより確認する。

## (3) 機能維持評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1) b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能が保持されることを確認する。

基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により、動的及び電氣的機能並びに支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをにより確認する。

また、基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備保管場所設置床又は地表面の最大加速度が、加振試験により支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをにより確認する。

#### (4) 波及的影響評価

その他設備は、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット、支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認することから、「4.3(2)転倒評価」に示す方法と同じ評価を行う。

#### 4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向を組合せたものに対する可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。



## 5. 適用規格

資料 12-1 「耐震設計の基本方針」の「2.2 適用規格」に示す適用規格のうち、以下の指針等を適用する。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）〈第I編 軽水炉規格〉」（JSME S NC1-2012）（社）日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」（JSME S NJ1-2012）（社）日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601 1987）（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（JEAG4601・補-1984）（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）（社）日本電気協会

可搬型重大事故等対処設備のうち  
車両型設備の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2.1 配 置 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 3
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 9
3. 耐震評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 10
3.1 加振試験 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 10
3.2 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 16
3.3 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 17
3.4 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 24
3.5 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 26
4. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.2 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.3 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.4 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
5. 評価結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 33
5.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 33
5.2 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 35
5.3 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 37
5.4 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 37

## 1. 概要

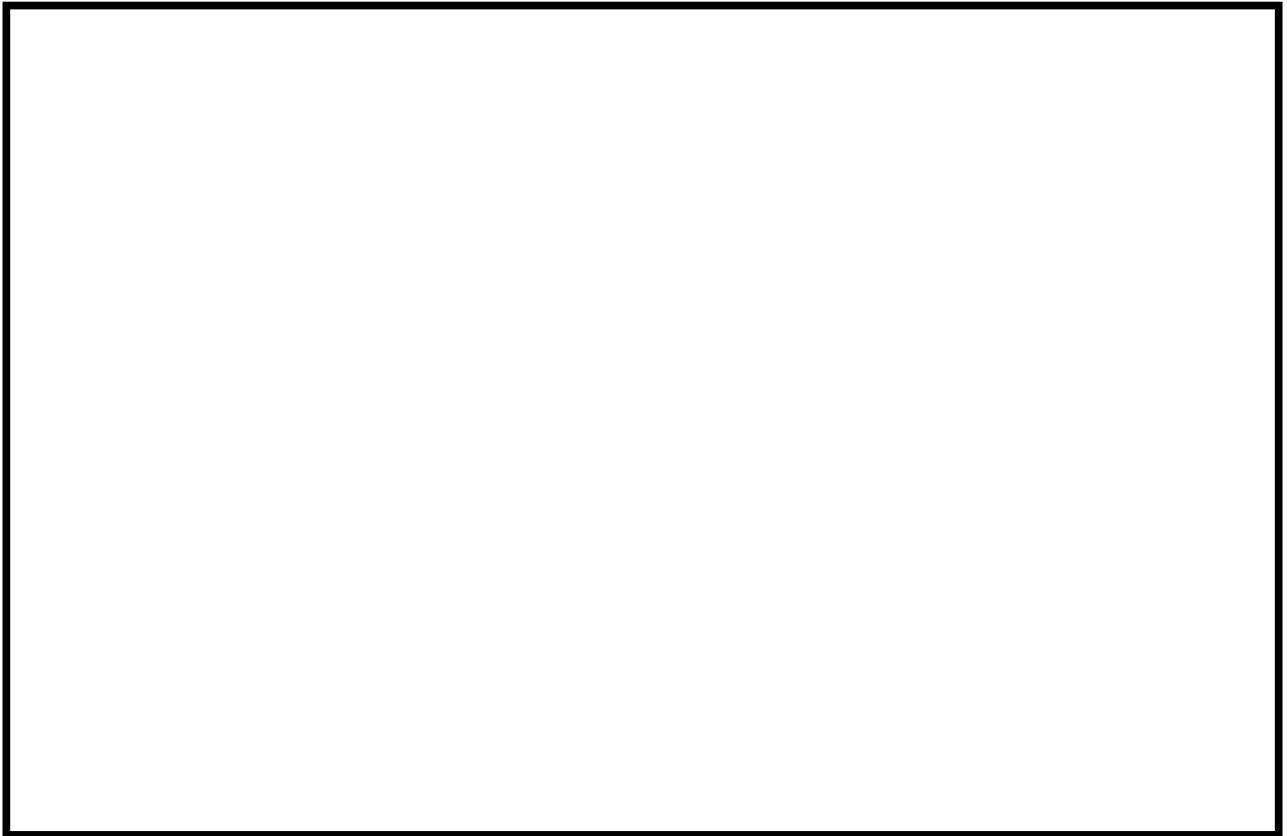
本資料は、別添 3-1 「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」(以下「別添 3-1」という。)に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震後において、重大事故等に対処するために必要な機能を保持するために、耐震性を有することを確認するとともに、すべり及び浮上がりにより当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、車両型設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 配置

車両型設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、第 6 保管エリア又は第 4 保管エリアに分散して保管する。これらの保管場所を第 2-1 図に示す。



第2-1図 車両型設備を保管する保管場所位置図

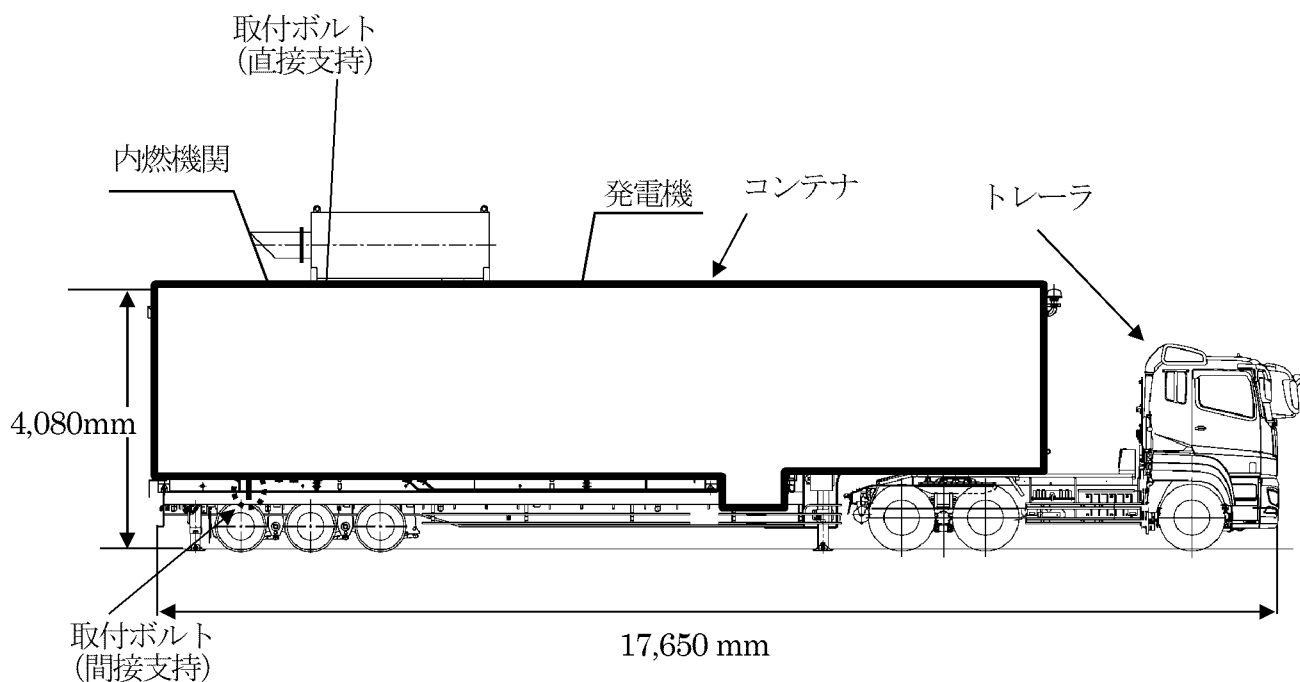
## 2.2 構造概要

車両型設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、車両型設備の構造計画を第2-1表に、緊急時対策所用発電機車の構造図を第2-2図に示す。

第2-1表 車両型設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所用 発電機車	サスペンションを有し、連結したトラクタヘッドにて牽引して移動できる構造 <sup>※1</sup> とし、トレーラ、発電機、内燃機関等により構成する。	発電機、内燃機関等は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機等を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトレーラに搭載し取付ボルトにより固定する。トレーラは、保管場所に拘束せずに保管する。	第2-2図

※ 1：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。



第 2-2 図 緊急時対策所用発電機車の構造図 (外観図)

### 2.3 評価方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、転倒評価、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

また、各評価において使用する加速度、すべり量及び浮上がり角は、加振試験により求める。なお、加速度、すべり量及び浮上がり角を各評価にて用いる場合には、実機における車両応答の不確かさを考慮した余裕等を必要に応じて適切に考慮する。

別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す評価対象部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの応力評価については、JEAG4601 に規定されているその他の支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の応力評価に準じて実施する。

車両型設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

以下に、評価内容を示し評価方法の一覧を第 2-2 表に示す。

#### (1) 評価フロー

車両型設備の評価フローを第 2-3 図に示す。

## (2) 転倒評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(1) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

転倒評価は、「3.2 転倒評価」に示す方法により、加振試験を行い、拘束せずに保管する設備は、試験後に転倒していないことを確認する。また、「5.1 転倒評価」において基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

## (3) 構造強度評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(2) 構造強度評価」にて設定した構造強度評価の方針に従い、直接支持構造物及び間接支持構造物に対する応力評価を実施する。

構造強度評価は、「3.3 構造強度評価」に示す方法により、加振試験で得られた車両型設備の評価対象部位頂部での最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確実さを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した応答加速度（以下「設計用加速度」という。）を用い、「4.2 構造強度評価」に示す評価条件を用いて計算し、「5.2 構造強度評価」において車両型設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

## (4) 機能維持評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(3) 機能維持評価」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能維持評価を実施する。

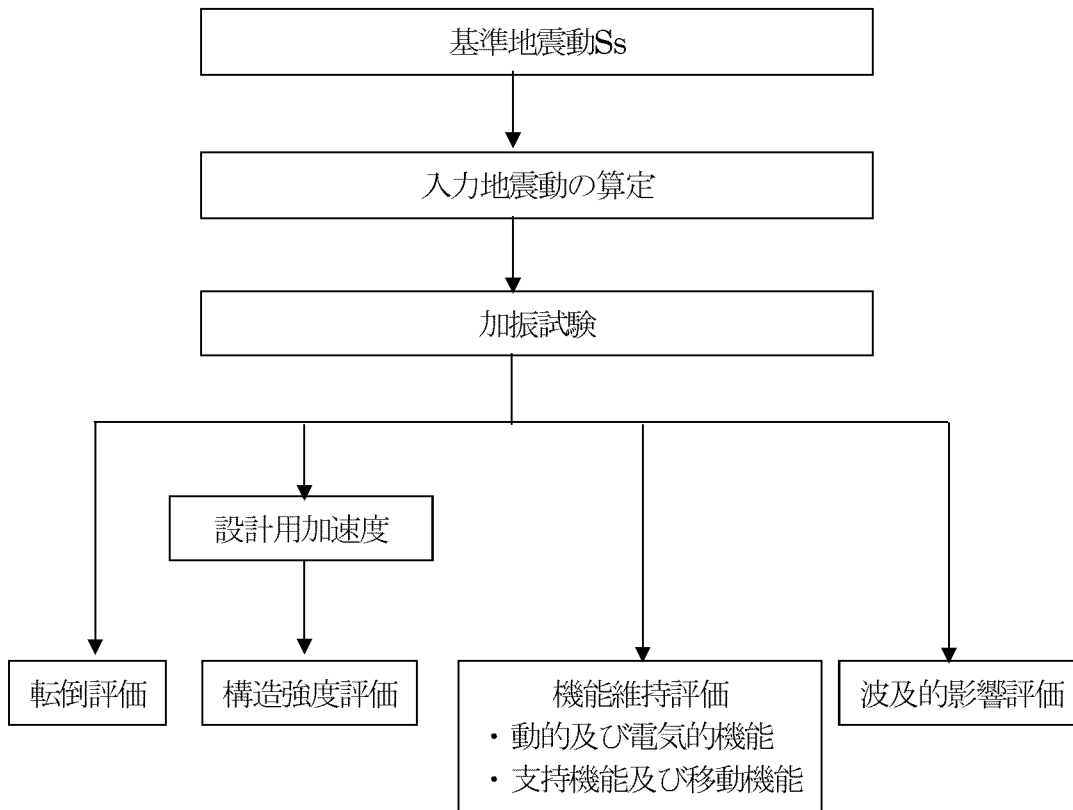
機能維持評価は、「3.4 機能維持評価」に示す方法により、加振試験を行い、試験後に発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認する。また、「5.3 機能維持評価」において基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

## (5) 波及的影響評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備 (4) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。



車両型設備の波及的影響評価は、「3.5 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備がすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。



第2-3図 車両型設備の評価フロー

第2-2表 車両型設備の評価方法

設備名称	車両 種別	設備 種別	転倒評価	機能維持評価	構造強度評価		波及的 影響評価
					直接支持 構造物	間接支持 構造物	
緊急時対策所用発電機車	トレーラ	発電機	加振試験	加振試験	加振試験 + 応力計算	加振試験 + 応力計算	加振試験

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)日本機械学会
- 「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)日本機械学会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会
- JIS B 1051-2000 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質－第一部：ボルト，ねじ及び植込みボルト

### 3. 耐震評価

#### 3.1 加振試験

##### (1) 基本方針

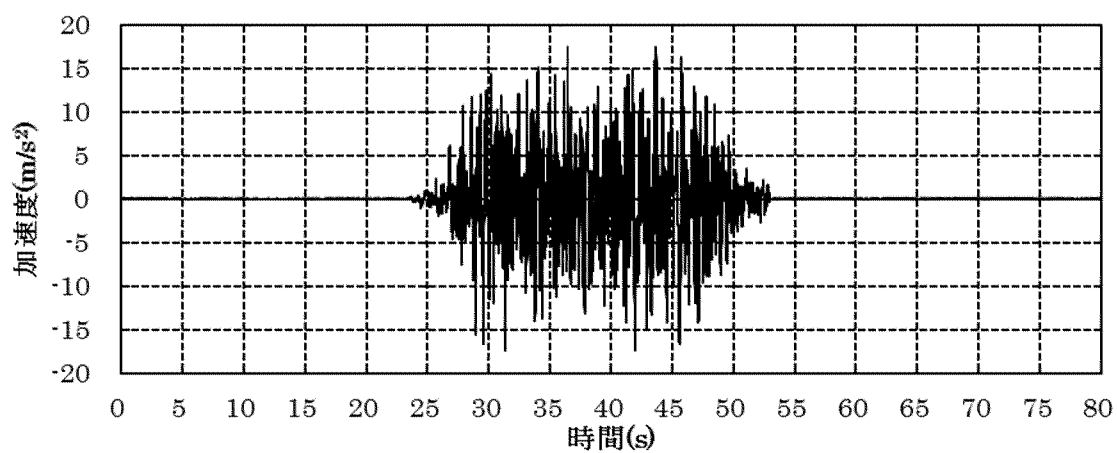
別添 3-1 の「4.1 車両型設備 (1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

加振試験は、以下の「(2) 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.2 転倒評価」及び「3.4 機能維持評価」に示す方法により転倒評価及び機能維持評価を行うとともに、「3.3 構造強度評価」に用いる最大応答加速度並びに「3.5 波及的影響評価」に用いるすべり量及び浮上がり角を求める。

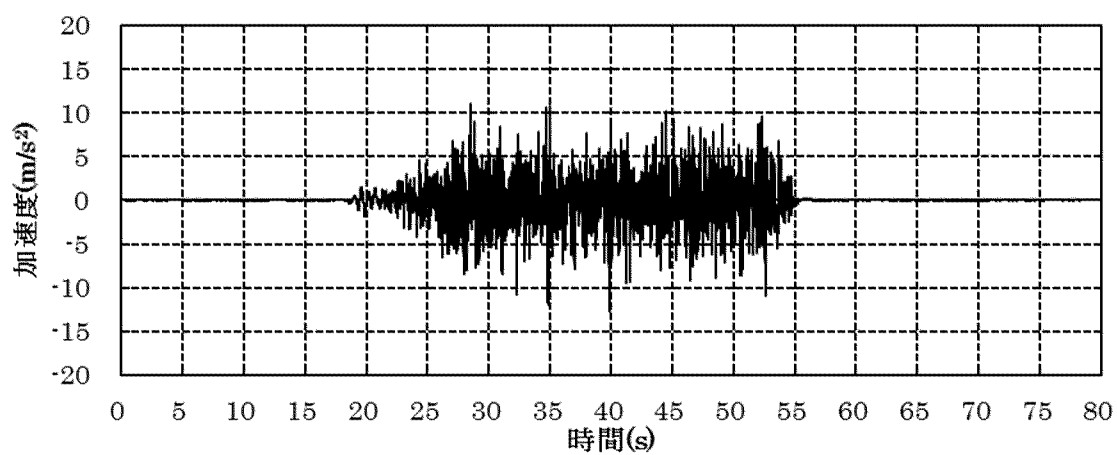
##### (2) 入力地震動

加振試験の入力地震動は、別添 3-2 「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」及び平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 別添 3-2 「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に示す対象設備の保管場所である第 6 保管エリア及び第 4 保管エリアの地表面の応答に地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%拡幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

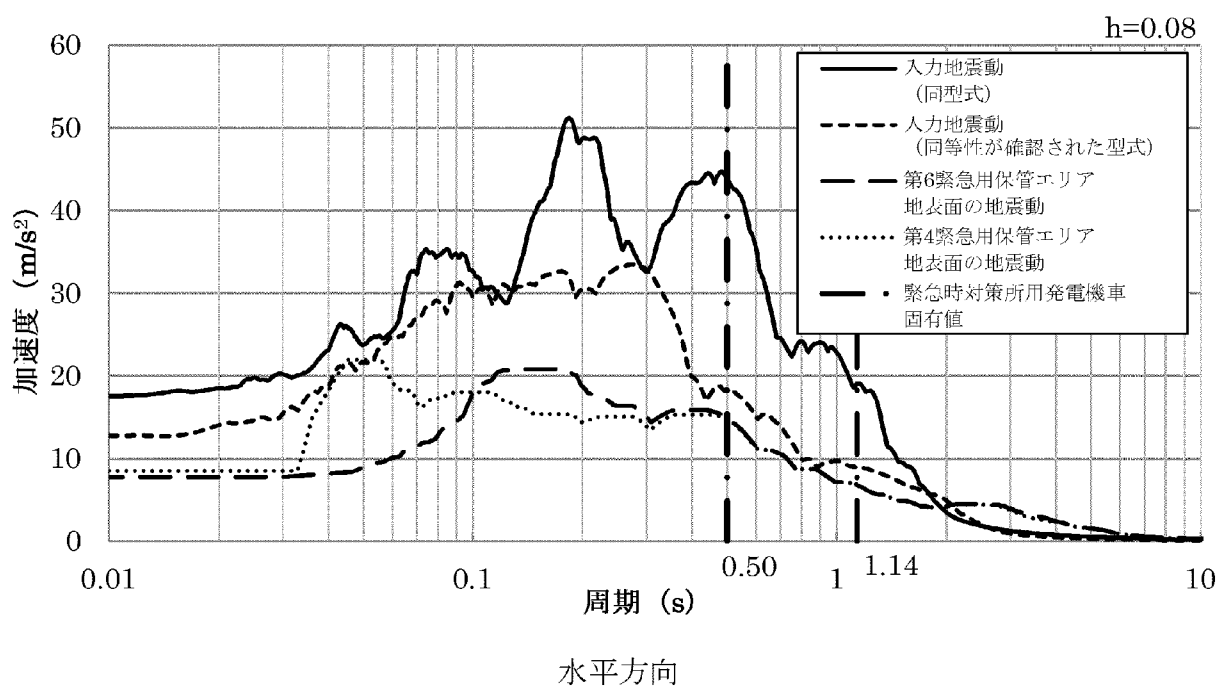
加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。なお、加振試験用入力地震動には、同型式及び同等性が確認された型式を適用する。



(a) 加速度時刻歴波形（同型式）



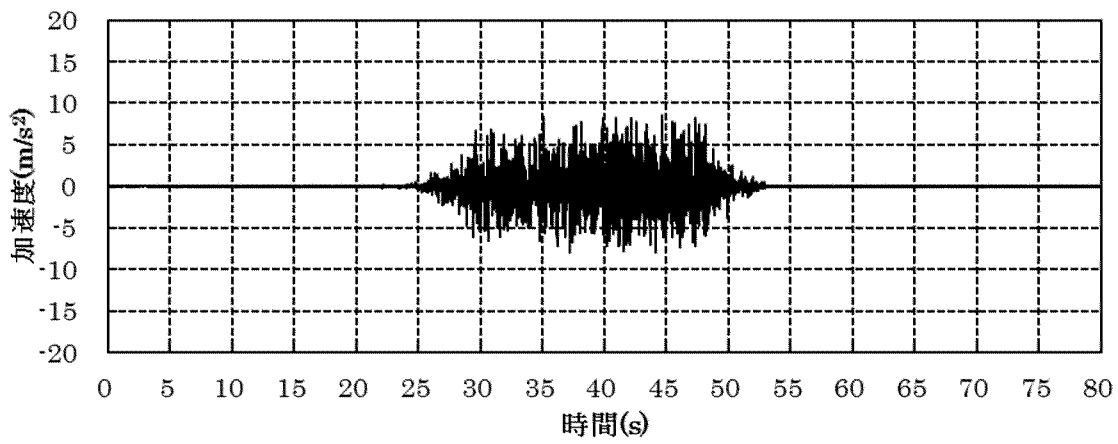
(b) 加速度時刻歴波形（同等性が確認された型式）



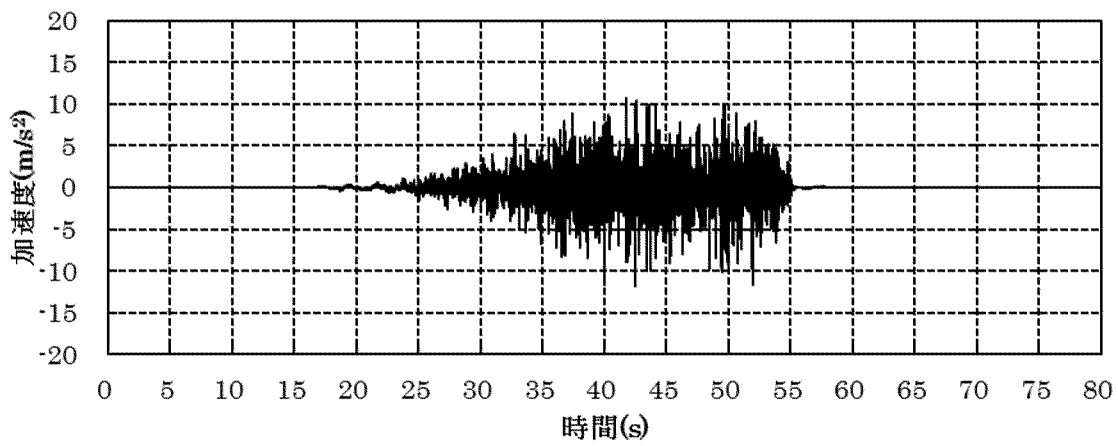
(c) 加速度応答スペクトル<sup>(注1)</sup>

第3-1図 加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向)

(注1) 各保管エリアの地震動は  $Ss-1 \sim Ss-5$  を包絡するものとし、入力地震動は地盤物性のばらつき等を考慮し、 $\pm 10\%$  拡幅処理を実施。

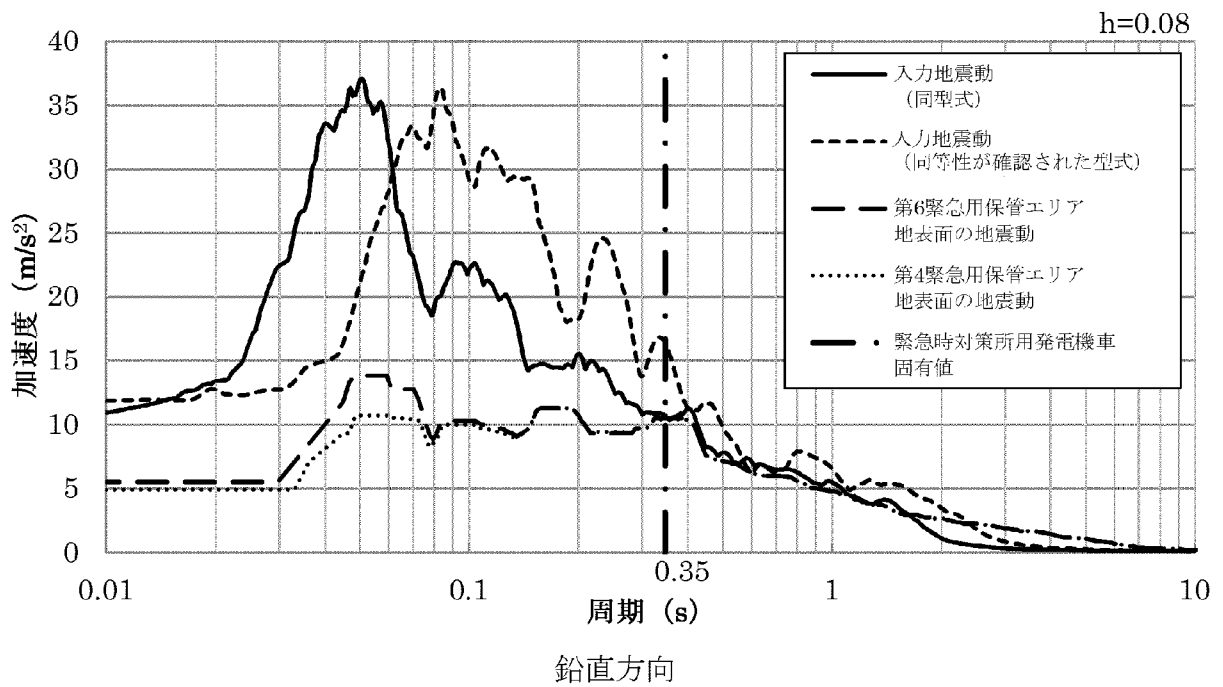


(a) 加速度時刻歴波形（同型式）



(b) 加速度時刻歴波形（同等性が確認された型式）





(c) 加速度応答スペクトル<sup>(注1)</sup>

第3-2図 加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向)

(注1) 各保管エリアの地震動は S<sub>s-1</sub>~S<sub>s-5</sub> を包絡するものとし、入力地震動は地盤物性のばらつき等を考慮し、±10%拡幅処理を実施。

(3) 試験結果

「3.1 加振試験」で得られた加速度を第3-1表に示す。

また、「3.1 加振試験」で得られたすべり量及び浮上がり角を第3-2表に示す。

第3-1表 加振試験で得られた最大応答加速度

設備名称	保管場所	計測箇所	最大応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	
			水平	鉛直
緊急時対策所用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	内燃機関頂部	2.93	2.35
		発電機頂部	4.63	2.03
		コンテナ頂部	4.22	3.75

第3-2表 加振試験で得られたすべり量及び浮上がり角

設備名称	保管場所	すべり量		浮上がり角
		前後方向 (mm)	左右方向 (mm)	左右方向 ( $^{\circ}$ )
緊急時対策所用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	450	980	16

## 3.2 転倒評価

### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(1) 転倒評価」に設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「(2) 評価対象部位」に示す対象部位が「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### (2) 評価対象部位

転倒評価の対象部位は、別添 3-1 の「2.2.1(1) 転倒評価」にて設定したとおり、車両全体とする。

### (3) 許容限界

許容限界は、「(2) 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であること。

### (4) 評価方法

#### a. 試験方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.1 加振試験 (2) 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い、試験により転倒していないことを確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて対象設備の全ての保管場所の設計用床応答曲線を対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

- ・加振波：対象設備の保管場所における地表面に相当する時刻歴応答加速度を床応答曲線に変換し、地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%拡幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波
- ・加振方向：水平（前後）＋鉛直及び水平（左右）＋鉛直

b. 評価方法

車両型設備の転倒評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下あることを確認する。

3.3 構造強度評価

(1) 直接支持構造物

a. 基本方針

車両型設備の直接支持構造物は、別添 3-1 の「2.2.1(2) 構造強度評価」で設定した評価方針に従って、応力評価を実施する。

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、「b. 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「c. 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「d. 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「e. 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

b. 評価対象部位

車両型設備の直接支持構造物の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価対象部位に従って設定する。

評価対象部位を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 車両型設備直接支持構造物評価対象部位

設備名称	評価対象部位	図
緊急時対策所用発電機車	内燃機関取付ボルト 発電機取付ボルト	第 2-2 図

c. 荷重及び荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 3-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重及び荷重の組合せに従って設定する。荷重の組合せを第 3-4 表に示す。

第 3-4 表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名称	評価対象部位	許容応力状態	荷重の組合せ
緊急時対策所用 発電機車	取付ボルト	IV <sub>AS</sub>	D+S <sub>s</sub>

d. 許容限界

車両型設備の直接支持構造物の許容限界は、「b. 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の破断延性限界を考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 3-5 表に示す。

第 3-5 表 取付ボルトの許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
取付ボルト	—	D+S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

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

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>)-1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。

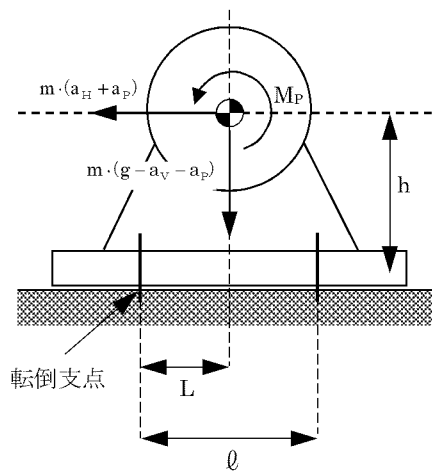
e. 評価方法

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(3)a. 直接支持構造物」で設定した評価式に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、第 3-1 表に示す加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。なお、加振試験で得られた最大応答加速度は、第 6 保管エリア及び第 4 保管エリアの入力地震動を包絡する入力地震動に対する試験結果を用いる。

(a) 評価に使用する計算モデル及び記号の定義

構造強度評価に使用する計算モデルを第 3-3 図に、記号を第 3-6 表に示す。



第 3-3 図 計算モデル図

第3-6表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの有効断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_P$	$\text{m/s}^2$	回転体振動による加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から評価対象部位頂部までの高さ
$L$	$\text{mm}$	車両重心位置と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$M_P$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(b) 取付ボルトの構造強度評価

- 取付ボルトの引張応力の評価式

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

- 取付ボルトのせん断応力の評価式

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

(c) 設計用加速度の割り増し

加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の1.2倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。

(2) 間接支持構造物

a. 基本方針

車両型設備の間接支持構造物は、別添 3-1 の「2.2.1(2) 構造強度評価」で設定した評価方針に従って、応力評価を実施する。

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、「b. 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「c. 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「d. 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「e. 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

b. 評価対象部位

車両型設備の間接支持構造物の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価対象部位に従って設定する。

評価対象部位を第 3-7 表に示す。

第 3-7 表 車両型設備間接支持構造物評価対象部位

設備名称	評価対象部位	図
緊急時対策所用発電機車	コンテナ取付ボルト	第 2-2 図

c. 荷重及び荷重の組合せ

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 c. 荷重及び荷重の組合せ」に同じ。

d. 許容限界

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 d. 許容限界」に同じ。



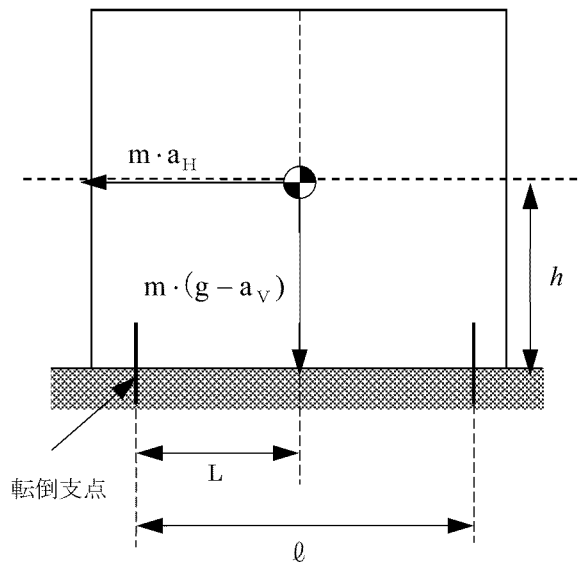
e. 評価方法

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(3) b. 間接支持構造物」で設定した評価式に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、第 3-1 表に示す加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。

(a) 評価に使用する計算モデル及び記号の定義

構造強度評価に使用する計算モデルを第 3-4 図に、記号を第 3-8 表に示す。



第 3-4 図 計算モデル図

第3-8表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの有効断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から評価対象部位頂部までの高さ
$L$	$\text{mm}$	車両重心位置と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(b) 取付ボルトの構造強度評価

- ・ 取付ボルトの引張応力の評価式

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

- ・ 取付ボルトのせん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

(c) 設計用加速度の割り増し

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 e. 評価方法 (c) 設計用加速度の割り増し」に同じ。

### 3.4 機能維持評価

#### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「(2) 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における地表面の最大加速度が、「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### (2) 評価対象部位

車両型設備の評価対象部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」に示す確認方法を踏まえて、地震後に動的及び電氣的機能の保持が必要な車両に積載している発電機、内燃機関等並びに支持機能及び移動機能の保持が必要な車両部とする。

#### (3) 許容限界

許容限界は、「(2) 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持されることを確認した加振台の最大加速度以下であること。

#### (4) 評価方法

##### a. 試験方法

機能維持評価は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、「3.2 転倒評価」における加振試験後に、第 3-9 表の機能維持評価方法に基づき、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できることを確認する。

##### b. 評価方法

機能維持評価は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と加振試験後に動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

第3-9表 機能維持評価方法

評価対象設備	機能維持確認項目
緊急時対策所用発電機車	<p>重大事故等時に緊急時対策棟の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電するための容量を有すること。 また、保管場所から設置場所まで移動可能であること。</p>

### 3.5 波及的影響評価

#### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「(2) 評価対象部位」に示す対象部位のトータル影響量が、「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### (2) 評価対象部位

対象部位は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定したとおり、車両全体とする。

#### (3) 許容限界

許容限界は、別添 3-1 の「3.2.1 車両型設備 (4) 波及的影響評価」にて設定した許容限界に従い、波及的影響を防止する必要がある他の設備との離隔距離を、1 台あたり左右方向 2,200mm、前後方向 750mm とする。

#### (4) 評価方法

波及的影響評価は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることを確認する。

地震時における設備のすべり量の算出については「a. すべり量」に、地震時における設備の浮上がりによる影響量の算出については「b. 浮上がりによる変位量」に、トータル影響量の算出については「c. トータル影響量」に示す。

##### a. すべり量

車両型設備のすべり量については、加振試験の結果を基に設定する。

b. 浮上がりによる変位量

車両型設備の浮上がりによる変位量については、加振試験で得られた浮上がり角の値を用いて算出する。

また、浮上がりに伴う、波及的影響として評価すべき浮上がりによる変位量を表した図を第3-5図に示し、使用する記号を第3-10表に示す。

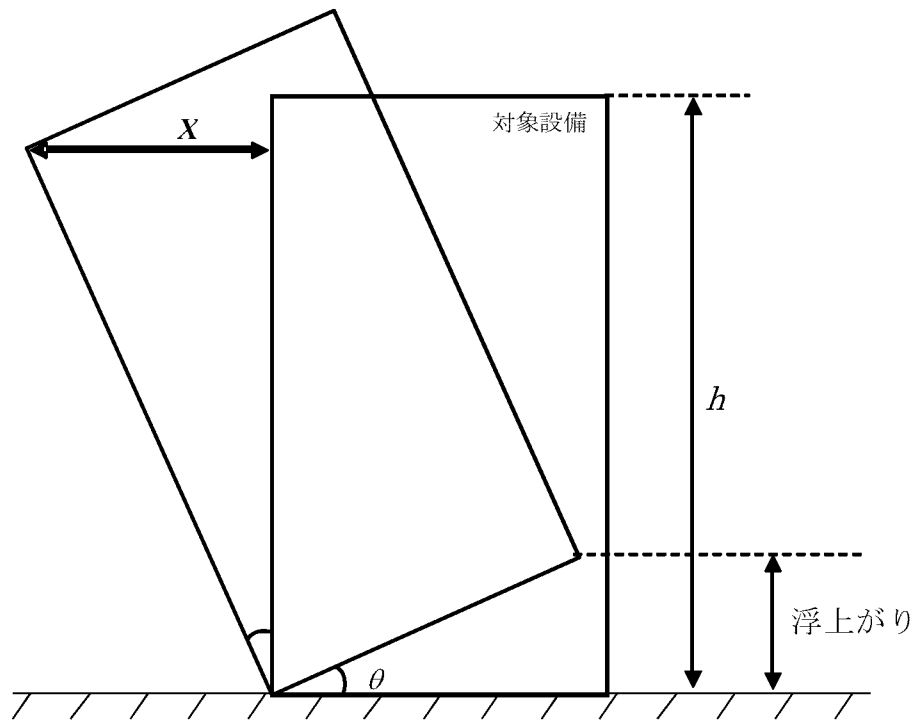
なお、地震による前後方向への浮上がりはほとんど無視できるため、前後方向への浮上がりによる変位量は評価しない。

浮上がりによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \sin \theta$$

第3-10表 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	定義
h	mm	車両高さ
X	mm	浮上がりによる変位量
$\theta$	°	浮上がり角



第3-5図 浮上がりによる変位量の算出図

c. トータル影響量

「a. すべり量」にて設定したすべり量に、「b. 浮上がりによる変位量」により算出される浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が「3.5(3) 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

## 4. 評価条件

「3. 耐震評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 4.1 転倒評価

車両型設備の転倒評価は、「3.2 転倒評価」に示す評価方法に従い、保管場所における地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、転倒しないことを確認するために個別に設定する評価条件はない。比較対象となる保管場所の地表面の最大加速度は、評価結果と併せて第5-1表に示す。

### 4.2 構造強度評価

#### (1) 直接支持構造物

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物」に用いる評価条件を第4-1表、第4-2表に示す。

#### (2) 間接支持構造物

「3.3 構造強度評価 (2) 間接支持構造物」に用いる評価条件を第4-3表、第4-4表に示す。

### 4.3 機能維持評価

車両型設備の機能維持評価は、「3.4 機能維持評価」に示す評価方法に従い、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認するものであり、機能保持を確認するために、個別に設定する評価条件はない。比較対象となる保管場所の地表面の最大加速度は、評価結果と併せて第5-1表に示す。

### 4.4 波及的影響評価

「3.5 波及的影響評価」に用いる評価条件を第4-5表に示す。



第 4-1 表 車両型設備直接支持構造物の設計条件

機器名称	評価部位	評価温度 (雰囲気温度) (°C)	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
緊急時対策所用発電機車	内燃機関取付 ボルト	40	10.9				12	6	535	1,070
	発電機取付 ボルト	40	10.9				6	3	445	890

第 4-2 表 車両型設備直接支持構造物の設計用加速度

機器名称	評価対象部位	加振試験で得られた 最大応答加速度 (×9.8 m/s <sup>2</sup> )		設計用加速度 (×9.8 m/s <sup>2</sup> )	
		水平	鉛直	水平 aH	鉛直 av
緊急時対策所用発電機車	内燃機関	2.93	2.35	3.52	2.82
	発電機	4.63	2.03	5.56	2.44

第 4-3 表 車両型設備間接支持構造物の設計条件

機器名称	評価部位	評価温度 (雰囲気温度) (°C)	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
緊急時対策所用発電機車	コンテナ 取付ボルト	40	SCM435				34	17	1,310	2,620

第 4-4 表 車両型設備間接支持構造物の設計用加速度

機器名称	評価対象部位	加振試験で得られた 最大応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		設計用加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	
		水平	鉛直	水平 a <sub>H</sub>	鉛直 a <sub>V</sub>
緊急時対策所用発電機車	コンテナ取付ボルト	4.22	3.75	5.07	4.50

第 4-5 表 車両型設備の浮上がりによる変位量

機器名称	車両高さ (h)	浮上がり角 ( $\theta$ )	浮上がりによる変位量 (X)
緊急時対策所用発電機車	4,080	16	1,124.60

## 5. 評価結果

車両型設備の転倒評価、構造強度評価（直接支持構造物、間接支持構造物）、機能維持評価及び波及的影響評価の結果を以下に示す。

以下に示す評価結果により、車両型設備は、地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を保持するため、耐震性を有する。

### 5.1 転倒評価

保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。結果を第 5-1 表に示す。

第5-1表 車両型設備の転倒評価及び機能維持評価確認結果

評価対象設備	保管エリア	加振方向	保管場所地表面の最大加速度と 加振台の最大加速度の比較		転倒評価 結果	機能維持 評価結果
			保管場所地表面の 最大加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	加振台の 最大加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		
緊急時対策用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	水平	0.87	1.78	○	○
		鉛直	0.56	1.43	○	○

## 5.2 構造強度評価

### (1) 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価結果を第 5-2 表に示す。地震発生後の車両型設備の直接支持構造物へ発生する応力は、許容応力以下であることを確認した。

### (2) 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価結果を第 5-3 表に示す。地震発生後の車両型設備の間接支持構造物へ発生する応力は、許容応力以下であることを確認した。

第 5-2 表 車両型設備の直接支持構造物の評価結果

(単位 : MPa)

評価対象部位	応力分類	計算結果	許容応力	評価
緊急時対策所用発電機車 内燃機関取付ボルト	引張	326	699	○
	せん断	107	403	○
	組合せ	326	699	○
緊急時対策所用発電機車 発電機取付ボルト	引張	366	699	○
	せん断	146	403	○
	組合せ	366	699	○

第 5-3 表 車両型設備の間接支持構造物の評価結果

(単位 : MPa)

評価対象部位	応力分類	計算結果	許容応力	評価
緊急時対策所用発電機車 コンテナ取付ボルト	引張	401	651	○
	せん断	129	375	○
	組合せ	401	651	○

### 5.3 機能維持評価

保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。結果を第 5-1 表に示す。

### 5.4 波及的影響評価

波及的影響評価として評価した左右方向のトータル影響量と前後方向のトータル影響量については、設定した許容限界（離隔距離）未満であることを確認した。

#### (1) 左右方向

第 5-4 表に各車両の左右方向に関する評価結果を示す。下記により、左右方向のトータル影響量は、許容限界 2,200mm 未満であることを確認した。

第 5-4 表 波及的影響評価結果（左右方向）

設備名称	トータル影響量 (mm)	許容限界 (mm)	評価
緊急時対策所用発電機車	2,105	2,200	○

#### (2) 前後方向

第 5-5 表に各車両の前後方向に関する評価結果を示す。下記により、前後方向のトータル影響量は、許容限界 750mm 未満であることを確認した。

第 5-5 表 波及的影響評価結果（前後方向）

設備名称	トータル影響量 (mm)	許容限界 (mm)	評価
緊急時対策所用発電機車	450	750	○



計算機プログラム（解析コード）の概要

# 目 次

## 1. 概 要

## 2. 解析コード

- 別紙1 SPAN2000
- 別紙2 MSC NASTRAN
- 別紙3 FEMAP with NX NASTRAN
- 別紙4 CHERRY
- 別紙5 microSHAKE
- 別紙6 NUPP4
- 別紙7 FEDM
- 別紙8 ADMITML
- 別紙9 VB\_耐震壁
- 別紙10 SHAKE
- 別紙11 microSHAKE/3D

## 1. 概 要

本資料は、添付資料 12「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

## 2. 解析コード

添付資料 12「耐震性に関する説明書」で使用した解析コードの一覧を第 2-1 表に示す。

第2-1表(1/5) 建物・構築物の耐震設計に係る解析コード

評価対象	プログラム名	資料名	添付資料
緊急時対策棟 緊急時対策棟屋外地 下エリア（加圧設備） 緊急時対策棟屋外地 下エリア（燃料設備）	MSC NASTRAN	別紙2-5	添付資料 12-16-2 12-16-3 12-16-4 12-16-5
	microSHAKE	別紙5	添付資料 12-16-1
	NUPP4	別紙6	添付資料 12-16-1
	FEDM	別紙7	添付資料 12-16-2 12-16-3 12-16-4 12-16-5
	ADMITML	別紙8	添付資料 12-16-1
	VB_耐震壁	別紙9	添付資料 12-16-1
	SHAKE	別紙10	添付資料 12-16-1

第2-1表(2/5) 機器・配管系の耐震設計に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元
配管	SPAN2000	別紙1	添付資料 12-12 12-13
通信機器収容盤	MSC NASTRAN	別紙2-1	添付資料 12-17-1-1-2
通信連絡設備収容盤			添付資料 12-17-1-2-2
SPDS-WGP 通信用 計算機			添付資料 12-17-1-3-2
緊急時対策棟メタル クラッド開閉装置			添付資料 12-17-3-4
衛星アンテナ		別紙2-2	添付資料 12-17-1-2-4
緊急時対策所非常用空気 浄化フィルタユニット		別紙2-3	添付資料 12-17-2-2
衛星携帯電話用アンテナ		FEMAP with NX NASTRAN	別紙3
無線通話装置用アンテナ	別紙3		添付資料 12-17-1-4-3
床応答曲線	CHERRY	別紙4	添付資料 12-7

第2-1表(3/5) 別添1 「火災防護設備の耐震性に関する説明書」に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
ハロンボンベ設備	MSC NASTRAN	別紙2-4	添付資料 12 別添 1-4
ハロンガス供給配管	SPAN2000	別紙1	添付資料 12 別添 1-7

第2-1表(4/5) 別添2 「溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書」  
に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
配管	SPAN2000	別紙1	添付資料12 別添2-3

第2-1表(5/5) 別添3 「可搬型重大事故等対処設備等の耐震性に関する説明書」  
に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
可搬型重大事故等 対処設備保管場所	microSHAKE	別紙5	添付資料12 別添3-2
	microSHAKE/3D	別紙11	添付資料12 別添3-2
空気ボンベ (緊急時対策所用)	MSC NASTRAN	別紙2-4	添付資料12 別添3-4

### 別紙 3 FEMAP with NX NASTRAN

衛星携帯電話用アンテナ、無線通話装置用アンテナ

項目 \ コード名	FEMAP with NX NASTRAN
開発機関	Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.
開発時期	1971年
使用したバージョン	10.3.1B
使用目的	はりモデルを用いた固有値解析
コードの概要	<p>アメリカ航空宇宙局(NASA)の構造解析プログラムとして開発された NASTRAN が 1971 年に The MacNeal-Schwendler Co.(MSC 社の前身)から商用版としてリリースされ、このコードをベースに UGS 社(Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. の前身)が NX NASTRAN として継承、開発を続けている、有限要素法による構造解析用汎用市販コードである。現在はモデリングと解析結果の処理を行うプリポストソフトウェアの FEMAP とのパッケージでリリースされている。</p> <p>静的応力解析、固有値解析、時刻歴応答解析など様々な解析が可能で、棒要素、はり要素、シェル要素、ソリッド要素など多くの要素に対応しており、多分野で幅広く使用されている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>FEMAP with NX NASTRAN は汎用市販コードであり、常設重大事故緩和設備である衛星携帯電話用アンテナ、無線通話装置用アンテナに使用している。</p> <p><b>【検証の内容】</b>            本コードの検証の内容は次のとおりである。</p>

<p style="text-align: center;">       検証(Verification)        及び        妥当性確認(Validation)     </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、はりモデルを用いて、固有周波数について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p>【妥当性確認】</p> <p>本コードの使用は、次のとおり妥当である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードは、航空宇宙、防衛、建設、自動車、造船、機械、電気/電子などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用するはりモデルを用いた固有値解析に本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 他の汎用有限要素法解析コード「RESP-T」を用いてはりモデルを用いた固有値解析を行い、本コードとほぼ一致する解が得られることで検証を行っている。また検証に用いた「RESP-T」のバージョンは最新バージョンとの解析結果の差違はないことを確認している。</li> <li>・ 今回の工認申請で行うはりモデルを用いた固有値解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲であることを確認している。</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに  
計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 13

玄海原子力発電所第 3 号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	13 (3) - 1
2. 基本方針 .....	13 (3) - 1
2.1 設計基準対象施設に関する計測 .....	13 (3) - 1
2.2 重大事故等対処設備に関する計測 .....	13 (3) - 1
3. 放射線管理用計測装置の構成 .....	13 (3) - 2
3.1 エリアモニタリング設備 .....	13 (3) - 2
3.2 固定式周辺モニタリング設備 .....	13 (3) - 3
3.3 移動式周辺モニタリング設備 .....	13 (3) - 5
3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存 .....	13 (3) - 11
4. 放射線管理用計測装置の計測範囲及び警報動作範囲 .....	13 (3) - 12
4.1 放射線管理用計測装置の計測範囲 .....	13 (3) - 12
4.2 放射線管理用計測装置の警報動作範囲 .....	13 (3) - 12

## 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34条、第75条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に関わる放射線管理施設のうち放射線管理用計測装置の構成、計測範囲及び警報動作範囲について説明するものである。

本工事計画では、放射線管理用計測装置による計測結果の表示場所を代替緊急時対策所から緊急時対策所（緊急時対策棟内）に変更することについて説明する。

## 2. 基本方針

### 2.1 設計基準対象施設に関する計測

技術基準規則第34条及びその解釈に基づき、周辺監視区域に隣接する地域における空間線量率を計測するための固定式周辺モニタリング設備は、計測結果を中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ表示し、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）までの伝送は多様性を有する設計とする。

### 2.2 重大事故等対処設備に関する計測

技術基準規則第75条及びその解釈に基づき、重大事故等が発生した場合に発電所及びその周辺（発電所の周辺海域を含む。）において発電用原子炉施設から放出される放射性物質の濃度及び放射線量を監視し、及び測定し、並びにその結果を記録するために、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備を設置及び保管する。固定式周辺モニタリング設備の計測結果は、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示できる設計とする。

技術基準規則第76条及びその解釈に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射線量を監視、計測及び記録するために緊急時対策所エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。））を設け、計測結果を記録及び保存できる設計とする。

### 3. 放射線管理用計測装置の構成

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の放射線管理用計測装置における検出器から測定値の指示、表示及び記録に至るシステム構成については、「3.1 エリアモニタリング設備」、「3.2 固定式周辺モニタリング設備」、「3.3 移動式周辺モニタリング設備」に示す。

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の放射線管理用計測装置による計測結果の表示、記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」にてとりまとめる。

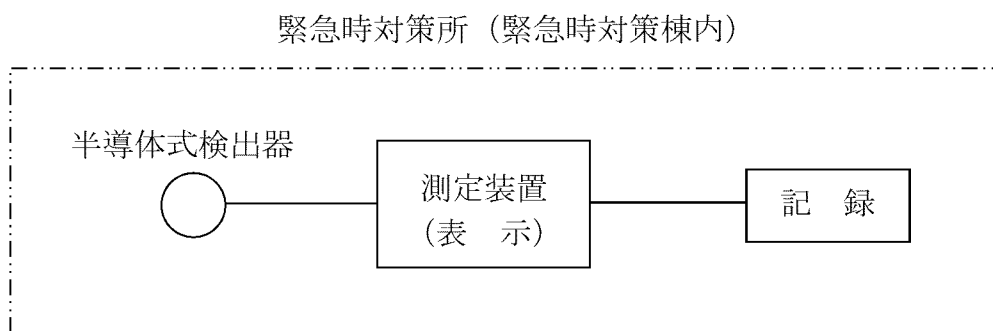
#### 3.1 エリアモニタリング設備

##### 3.1.1 緊急時対策所の線量当量率を計測する装置

###### 緊急時対策所エリアモニタ

重大事故等時に使用する緊急時対策所エリアモニタは、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の線量当量率を半導体式検出器を用いてパルス信号として検出する。検出したパルス信号を測定装置にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後、線量当量率を表示する。計測結果は記録装置にて記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第1図「緊急時対策所エリアモニタの概略構成図」参照）



第1図 緊急時対策所エリアモニタの概略構成図

### 3.2 固定式周辺モニタリング設備

周辺監視区域境界に隣接する地域における空間線量率を監視、測定及び記録するために設置する固定式周辺モニタリング設備は、設計基準対象施設として、中央制御室までのデータ伝送系及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）までのデータ伝送系は多様性を有する設計とする。設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として、指示値は、中央制御室はオフサイトモニタ盤、緊急時対策所（緊急時対策棟内）はSPDSデータ表示装置に表示し、監視できる設計とする。計測結果は、中央制御室の記録計にて継続的に記録し、記録紙は取り替えて保存できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第2図「固定式周辺モニタリング設備概略構成図」参照）

#### 3.2.1 モニタリングステーション及びモニタリングポスト（空気吸収線量率） （1,2,3,4号機共用、重大事故等時のみ3,4号機共用（以下同じ。））

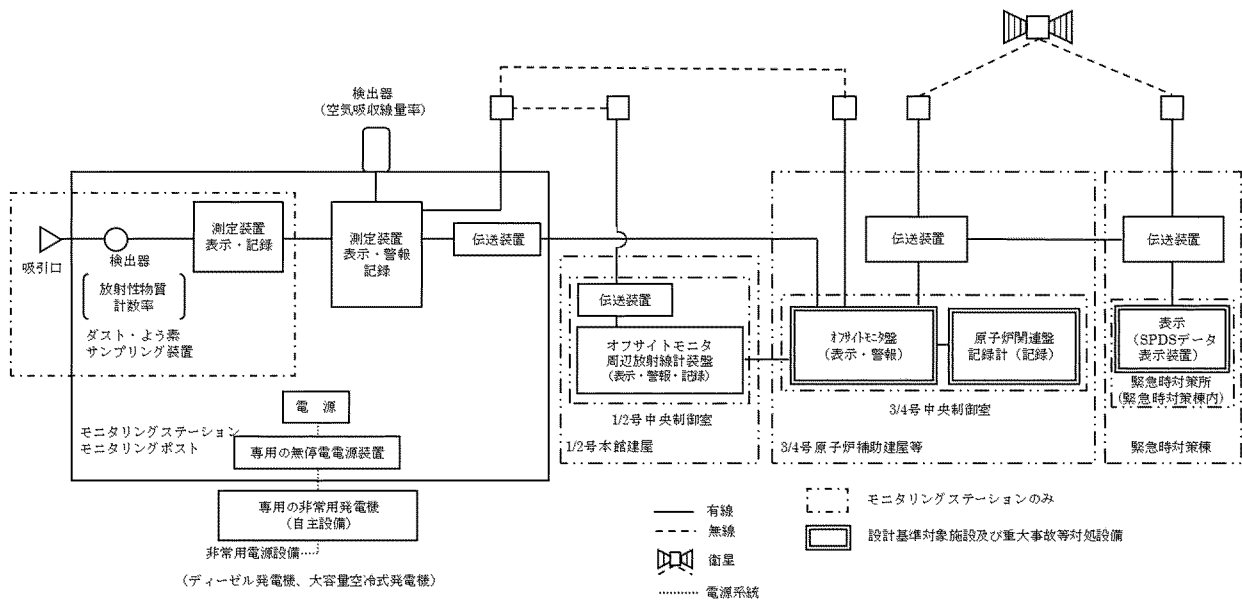
モニタリングステーション及びモニタリングポストは、検出器に入射したガンマ線を電気信号として測定装置へ出力し、空気吸収線量率の計測値を表示する。

#### 3.2.2 モニタリングステーション（ダスト・よう素）（1,2,3,4号機共用（以下同じ。））

モニタリングステーション（ダスト・よう素）は、検出器に入射したベータ線又はガンマ線を電気信号として測定装置へ出力し、空气中放射性物質を計測した計数率を表示する。

#### 3.2.3 モニタリングステーション及びモニタリングポスト（伝送）

モニタリングステーション及びモニタリングポストから出力された計測値は、伝送装置（有線、無線及び衛星回線）により中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ伝送する。



第2図 固定式周辺モニタリング設備概略構成図

### 3.3 移動式周辺モニタリング設備

#### 3.3.1 可搬型モニタリングポスト (3,4号機共用 (以下同じ。))

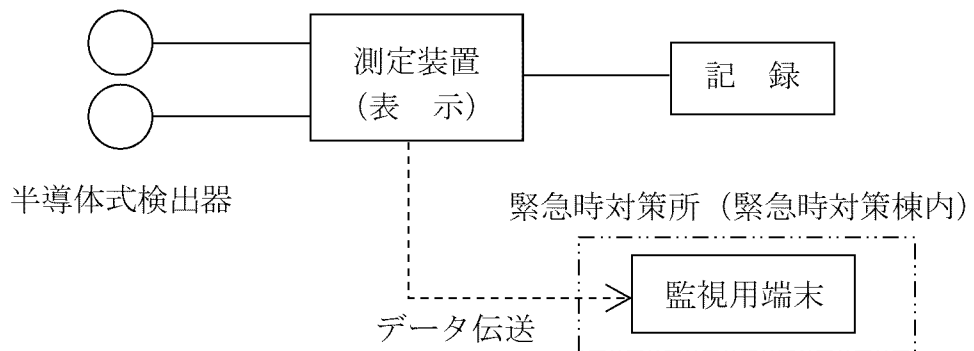
重大事故等が発生した場合に、固定式周辺モニタリング設備が機能喪失した場合の代替としての放射線量の監視、測定及び記録するための可搬型モニタリングポストは、2種類の検出器を用いて空気吸収線量率を測定する。

NaI (Tl)シンチレーション検出器は、検出器に入射したガンマ線により発生した光電子を光電子増倍管にて電気信号に変換、増幅した後、測定装置にて空気吸収線量率へ変換し、表示する。

半導体式検出器は、線量当量率を半導体式検出器を用いて電気信号として検出し、検出した電気信号を測定装置にて空気吸収線量率へ変換し、表示する。また、表示される測定値は電磁的に記録し、保存する。

なお、測定値は伝送装置 (携帯電話回線又は衛星回線) により、緊急時対策所 (緊急時対策棟内) へ伝送できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。  
(第3図「可搬型モニタリングポストの概略構成図」参照)

#### NaI (Tl)シンチレーション検出器



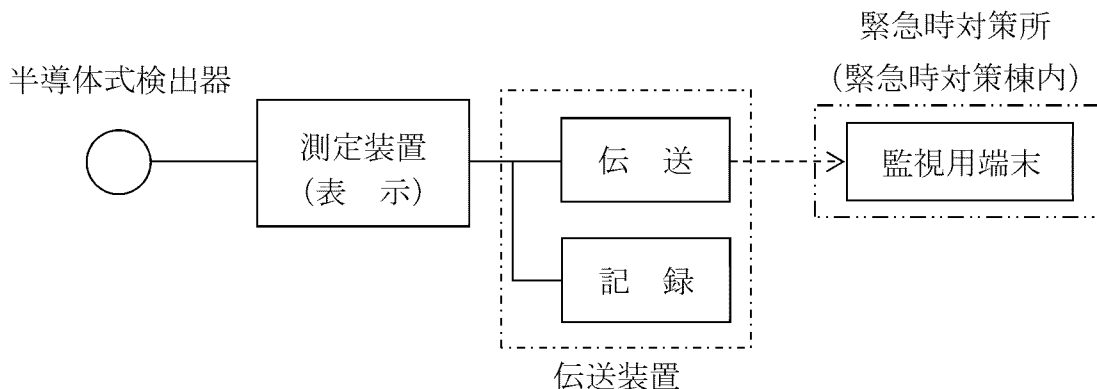
第3図 可搬型モニタリングポストの概略構成図

### 3.3.2 可搬型エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。））

重大事故等が発生した場合に、発電用原子炉施設から放出される放射線量を、原子炉格納施設を囲む8方位において、監視、測定及び記録するための可搬型エリアモニタは、線量当量率を半導体式検出器を用いて電気信号として検出する。検出した電気信号を測定装置にて線量当量率へ変換する処理を行った後、線量当量率を表示するとともに、電磁的に記録し、保存する。測定値は無線により緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ伝送できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第4図「可搬型エリアモニタの概略構成図」参照）

可搬型エリアモニタは、緊急時対策所の加圧判断用と一部兼用とし、その使用目的等については、添付資料18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」にて示し、設備の構成及び測定範囲に関する内容については本資料にて示す。



第4図 可搬型エリアモニタの概略構成図



### 3.3.3 電離箱サーベイメータ（3,4号機共用（以下同じ。））

重大事故等が発生した場合に、発電所及びその周辺（発電所の周辺海域を含む。）の放射線量を監視、測定及び記録するための電離箱サーベイメータは、線量当量率を電離箱検出器を用いて電気信号として検出する。検出した電気信号を測定装置にて線量当量率へ変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第5図「電離箱サーベイメータの概略構成図」参照）



第5図 電離箱サーベイメータの概略構成図

### 3.3.4 NaI シンチレーションサーベイメータ (3,4 号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するための NaI シンチレーションサーベイメータは、NaI(Tl)シンチレーション検出器に入射したガンマ線により発生した光電子を光電子増倍管にて電気信号に変換、増幅した後、測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

(第 6 図「NaI シンチレーションサーベイメータの概略構成図」参照)

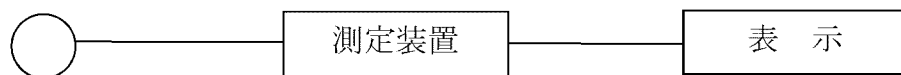


第 6 図 NaI シンチレーションサーベイメータの概略構成図

### 3.3.5 GM 汚染サーベイメータ (3,4 号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水、土壌及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するための GM 汚染サーベイメータは、ベータ線を GM 管検出器で検出し、ベータ線の入射により GM 管内に封入された不活性ガスが電離され、発生した電気信号を測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。(第 7 図「GM 汚染サーベイメータの概略構成図」参照)

GM管検出器



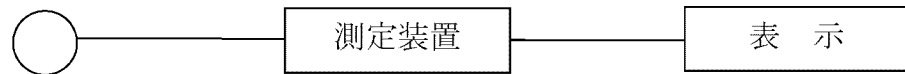
第 7 図 GM 汚染サーベイメータの概略構成図

### 3.3.6 ZnS シンチレーションサーベイメータ (3,4 号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水、土壌及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するための ZnS シンチレーションサーベイメータは、ZnS(Ag)シンチレーション検出器に入射したアルファ線により発生した光電子を光電子増倍管にて増幅後、電気信号を測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

(第 8 図「ZnS シンチレーションサーベイメータの概略構成図」参照)

ZnS(Ag)シンチレーション  
検出器 (光電子増倍管を含む。)



第 8 図 ZnS シンチレーションサーベイメータの概略構成図

### 3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存

緊急時対策所エリアモニタの計測結果は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。また、計測結果は、記録装置にて継続的に記録し、記録紙は取り替えて保存できる設計とする。

モニタリングステーション及びモニタリングポストの計測結果は、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。

可搬型モニタリングポスト及び可搬型エリアモニタの計測結果は、現場及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。

第1表に放射線管理用計測装置の計測結果の指示、表示及び記録場所を示す。

なお、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備の記録の保存については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料32「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」による。

第1表 放射線管理用計測装置の計測結果の指示、表示及び記録

放射線管理用計測装置		指示又は表示	記録
エリアモニタリング設備	緊急時対策所エリアモニタ（可搬型）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）（記録装置）
固定式周辺モニタリング設備	モニタリングステーション及びモニタリングポスト	中央制御室 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（SPDSデータ表示装置）	中央制御室（記録計）
移動式周辺モニタリング設備	可搬型モニタリングポスト	現場 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（監視用端末）	現場（電磁的記録）
	可搬型エリアモニタ	現場 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（監視用端末）	現場（電磁的記録）

#### 4. 放射線管理用計測装置の計測範囲及び警報動作範囲

緊急時対策所エリアモニタの計測範囲及び警報動作範囲について以下に示す。

なお、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 32「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」による。

##### 4.1 放射線管理用計測装置の計測範囲

緊急時対策所エリアモニタの計測範囲を第2表に示す。

##### 4.2 放射線管理用計測装置の警報動作範囲

重大事故等対処設備については、重大事故等により変動する可能性のある範囲にわたり計測する設計としていること及び技術基準規則の要求に該当しないことから警報装置を設ける必要はない。

第2表 放射線管理用計測装置の計測範囲

(エリアモニタリング設備)

名称	計測範囲	計測範囲の設定に関する考え方
緊急時対策所 エリアモニタ	0.001～ 99.99mSv/h	計測下限値は、作業従事者に対する放射線防護の観点より管理区域境界における線量当量率限度（遮蔽区分Ⅰの上限線量当量率）から計測できるように設定する。 計測上限値は、重大事故等時の直接線・スカイイン線の影響を含めプルーム放出により希ガス等が緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に侵入した場合に侵入が判断できるときと、及びプルーム放出以降のグラウンドシヤイン線からの影響による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の最大線量当量率約1mSv/hを計測できる範囲として設定する。

# 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料16

玄海原子力発電所第3号機



# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	16 (3) - 1
2. 基本方針 .....	16 (3) - 1
2.1 常設の非常用発電装置の設計方針 .....	16 (3) - 1
2.1.1 内燃機関 .....	16 (3) - 2
2.1.2 遮断器 .....	16 (3) - 2
2.1.3 その他電気設備 .....	16 (3) - 3
2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針 .....	16 (3) - 3
2.2.1 可搬型の非常用発電装置 .....	16 (3) - 4
3. 施設の詳細設計方針 .....	16 (3) - 5
3.1 可搬型の非常用発電装置 .....	16 (3) - 5
3.1.1 緊急時対策所用発電機車 .....	16 (3) - 5
3.1.1.1 内燃機関 .....	16 (3) - 6
3.1.1.2 発電機 .....	16 (3) - 6
4. その他 .....	16 (3) - 8
4.1 ディーゼル発電機の定格容量について .....	16 (3) - 8
4.1.1 設計基準事故時のディーゼル発電機からの給電について .....	16 (3) - 8
4.1.2 重大事故等時のディーゼル発電機からの給電について .....	16 (3) - 8

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第76条及び第77条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則の解釈に基づき設置する緊急時対策所用発電機車（3,4号機共用（以下同じ。））の出力の決定に関して説明するものである。

また、技術基準規則第78条に基づく「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令（以下「火力省令」という。）」及び「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令（以下「原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準」という。）」の準用については、本資料にて非常用電源設備の内燃機関に対する火力省令の適合性、並びに非常用電源設備の遮断器及びその他電気設備に対する原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準の適合性について説明するものである。

## 2. 基本方針

### 2.1 常設の非常用発電装置の設計方針

重大事故等対処設備のうち、常設の非常用電源装置である内燃機関は、火力省令第19～23条、第25～29条のうち関連する事項を準用する設計とし、内燃機関等の構造等について準用する設計とする。

なお、内燃機関における、火力省令第25条第3項に基づく強度評価の基本方針、強度評価方法及び強度評価結果は、添付資料11 別添3「発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書」に示す。

遮断器及びその他電気設備は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準第4～16条、第19～28条、第30～35条の関連する事項を準用する設計とする。感電、火災等の防止として、電気設備における感電、火災等の防止、電路の絶縁、電線等の断線の防止、電線の接続、電気機械器具の熱的強度、高圧又は特別高圧の電気機械器具の危険の防止、電気設備の接地、電気設備の接地の方法及び発電所等への取扱者以外の者の立入の防止について各事項を準用する設計とする。異常の予防及び保護対策として、特別高圧電路等と結合する変圧器等の火災等の防止、過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策について各事項を準用する設計とする。電氣的、磁氣的障害の防止として、電気設備の電氣的、磁氣的障害の防止について準用する設計とする。また、供給支障の防止として、遮断器及びその他電気設備の機械的強度及び常時監視をしない発電所等の施設について各事項を準用する設計とする。

### 2.1.1 内燃機関

内燃機関は、火力省令を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 内燃機関等の構造等

耐圧部の構造は、最高使用圧力又は最高使用温度において発生する最大の応力に対し十分な強度を有した設計とする。

### 2.1.2 遮断器

遮断器は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 感電、火災等の防止

遮断器は、感電の防止のため接地し、また、充電部分に容易に接触できない設計とする。回路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は、端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は、JESC E7002に基づき、通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、火災発生防止のため、閉鎖された金属製の外箱に収納し、隔離する設計とする。遮断器は適切な接地を施し、鉄台及び金属製の外箱には、A種接地工事（高圧設備）又はC種接地工事（低圧設備）を施す設計とする。取扱者以外の者の立入りを防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようにさく、へい等を設ける設計とする。

#### (2) 異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため、高圧電路に施設する過電流遮断器は、施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し、その作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計としている。

#### (3) 電氣的、磁氣的障害の防止

遮断器は、閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

#### (4) 供給支障の防止

発電所構内には、遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

### 2.1.3 その他電気設備

その他の非常用電源設備は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 感電、火災等の防止

電気設備は、感電の防止のため接地し、また、筐体やアクリルカバー等により充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電気設備については接続板及び接続用ボルト・ナット等により接続することで電気抵抗を増加させない設計とし、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。電気設備は、熱的強度については、期待される使用状態において発生する熱に耐える設計とする。火災防止のため、可燃性の物から離して施設する設計とする。必要箇所には、異常時の電圧上昇等による影響を及ぼさないよう適切な接地を施す設計とする。取扱者以外の者の立入りを防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようにさく、へい等を設ける設計とする。

#### (2) 異常の予防及び保護対策

高圧電路と結合する変圧器は、電気設備の損傷、感電又は火災のおそれがないよう、適切な接地を施す設計とする。過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策のため、各補機には、過電流を検知できるよう保護継電器、過電流検知器及び配線用遮断器を設置し、過電流を検出した場合は、遮断器を開放する設計とする。

#### (3) 電氣的、磁氣的障害の防止

閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電気設備その他の物件の機能に電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

#### (4) 供給支障の防止

変圧器、母線及びそれを支持する碍子は、短絡電流により生ずる機械的衝撃に耐える設計としている。発電所構内には、電気設備の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

## 2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針

重大事故等対処設備における可搬型の非常用発電装置のうち緊急時対策所用発電機車は、専用の負荷に電力を供給できる出力を有する設計とする。

非常用発電装置としての機能の重要性を考慮し、緊急時対策所用発電機車に

については、火力省令及び電気設備に関する技術基準を定める省令を引用している日本内燃力発電設備協会規格の「可搬型発電設備技術基準(NEGA C 331 : 2005) (以下「可搬型発電設備技術基準」という。)」を準用する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の内燃機関は、流入する燃料を自動的に調整する调速装置並びに軸受が異常な摩耗、変形及び過熱が生じないように潤滑油装置を設ける設計とし、回転速度、潤滑油圧力、潤滑油温度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。回転速度が著しく上昇した場合、冷却水温度が著しく上昇した場合等に自動的に停止する設計とする。また、過回転防止装置は定格回転速度の116%以下で動作する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の発電機は、電氣的・機械的に十分な性能を持つ絶縁巻線を使用し、耐熱性及び耐湿性を考慮した絶縁処理を施す設計とする。電源電圧の著しく低下した場合、過電流が発生した場合等に自動的に停止する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の強度については、完成品として一般産業品規格で規定される温度試験等を実施し、定格負荷状態において十分な強度を有する設計とする。

耐圧部分に対する強度については、可搬型発電設備技術基準に関連する事項がないため、「電気規格調査会標準規格 JEC-2130」で規定される温度試験による強度評価の基本方針、強度評価方法及び強度評価結果を添付資料11 別添4「非常用発電装置（可搬型）の強度に関する説明書」に示す。

### 2.2.1 可搬型の非常用発電装置

可搬型の非常用発電装置は、可搬型発電設備技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 原動機

内燃機関に流入する燃料を自動的に調整する调速装置を設ける設計とする。

また、内燃機関の軸受は、運転中の荷重を安定に支持できるものであり、かつ、異常な摩耗、変形及び過熱が生じないように潤滑油装置を設ける設計とする。

#### (2) 発電機

通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、発電機の耐熱クラスは、E種絶縁以上の設計とする。発電機の巻線は、非常停止速度や短絡電流に対して十分な電氣的・機械的強度及び絶縁性能を有する設計とする。

#### (3) 計測装置

回転速度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。

(4) 保護装置

電圧低下、過速度、冷却水温度上昇及び潤滑油圧力低下時に、原動機を自動的に停止する設計とする。定格回転速度の116%以下で動作する非常調速装置を設ける設計とする。

また、発電機は、過電流が発生した場合に電路から自動的に遮断する保護装置を設ける設計とする。

(5) 運転性能

定格出力のもとで1時間運転し、安定した運転が維持される設計とする。

(6) 絶縁抵抗及び絶縁耐力

出力端子と大地間の絶縁抵抗値を測定し、出力端子と大地間に規定の交流電圧を印加したときこれに耐える設計とする。

### 3. 施設の詳細設計方針

#### 3.1 可搬型の非常用発電装置

##### 3.1.1 緊急時対策所用発電機車

緊急時対策所用発電機車は、緊急時対策棟専用電源として設置し、緊急時対策棟メタルクラッド開閉装置母線に接続する。全交流動力電源喪失時に緊急時対策棟の機能を維持するために必要な機器へ電力を供給できる設計とする。

全交流動力電源喪失時において、緊急時対策所用発電機車から電力供給を期待する緊急時対策棟の負荷を第1表に示す。第1表より、緊急時対策所用発電機車の所要負荷は327kWである。

発電機の出力は、所要負荷に供給できる容量を設定し、設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより、内燃機関の必要な出力を算出する。

所要負荷に基づき、内燃機関の必要な出力及び発電機の容量を以下の通りとする。

なお、可搬型発電設備技術基準を準用し、「2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針」に記載の設計とする。

### 3.1.1.1 内燃機関

発電機の実出力は、所要負荷である327kWに対し、十分な余裕を有する1,460kWとする。発電機の実出力から内燃機関の実出力は、次式により1,540kWとする。

$$P_E \geq \frac{P}{\eta} = \frac{1,460}{\square} = \square$$

$P_E$  : 内燃機関の実出力(kW)

$P$  : 発電機の定格出力(kW) = 1,460

$\eta$  : 発電機の効率 =  $\square$

### 3.1.1.2 発電機

発電機の容量は、次式により1,825kVAとする。

$$Q = \frac{P}{\text{pf}} = \frac{1,460}{0.80} = 1,825$$

$Q$  : 発電機の容量(kVA)

$P$  : 発電機の定格出力(kW) = 1,460

$\text{pf}$  : 力率 = 0.80

第1表 緊急時対策所用発電機車の負荷リスト

負荷	台数	負荷容量(kW) (注1)
緊急時対策所非常用空気浄化ファン	1	13
緊急時対策所非常用空気浄化設備電気加熱 コイル	2	42
緊急時対策棟給気ファン	1	80
緊急時対策棟排気ファン	1	32
緊急時対策棟充電器盤	1	83
緊急時対策棟計装電源盤 <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> SPDS データ表示装置 衛星携帯電話設備のうち衛星携帯電話 (固定型) 統合原子力防災ネットワークに接続する 通信連絡設備等	1	29
緊急時対策所用発電機車用給油ポンプ	1	2
緊急時対策所用発電機車 100V 分電盤	2	5
緊急時対策所用発電機車補機盤	2	17
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタ ユニットヒートトレース	2	6
緊急時対策棟空気浄化フィルタユニット ヒートトレース	1	6
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	2	9
共通電源等	1 式	3
合計		327

(注1) 電磁弁及び電動弁は、負荷容量が小さくかつ動作時間が短時間であり、負荷容量には含めない。



#### 4. その他

##### 4.1 ディーゼル発電機の定格容量について

外部電源喪失による設計基準事故時は、3B又は4Bディーゼル発電機から緊急時対策棟の負荷へ給電する。

3B及び4Bディーゼル発電機の定格容量は、平成3年1月11日付け2資庁第9202号にて認可された工事計画の添付資料14「非常用予備発電装置の出力の決定に関する説明書」に示す発電所を安全に停止するために必要な負荷及び工学的安全施設作動時の負荷に裕度を考慮し7,100kWとしている。

##### 4.1.1 設計基準事故時のディーゼル発電機からの給電について

設計基準事故時におけるディーゼル発電機から緊急時対策棟への給電については、4Bディーゼル発電機よりも負荷の大きい3Bディーゼル発電機の工学的安全施設作動時の負荷（最大負荷：6,784kW）に、ディーゼル発電機から給電するその他の負荷として、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料40「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」で考慮したSPDS等の負荷67kW及び緊急時対策棟の負荷（最大負荷：179kW）を加えても、その合計負荷容量は7,030kWであり、かつ、起動電流による瞬間的な負荷の増を加味してもディーゼル発電機の定格容量未満であるため給電可能である。

##### 4.1.2 重大事故等時のディーゼル発電機からの給電について

重大事故等時においては、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料40「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に示すディーゼル発電機の負荷（技術基準規則に基づき必要となる重大事故等対処施設において、全ての機器を同時に使用することはないが、仮に全ての機器の負荷を合計した最大負荷：6,030kW）に第1表に示す緊急時対策所用発電機車から電力供給を期待する緊急時対策棟の負荷（最大負荷：327kW）を加えても、その合計負荷容量は6,357kWであり、かつ、起動電流による瞬間的な負荷の増を加味してもディーゼル発電機の定格容量未満であるため給電可能である。

# 緊急時対策所の機能に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料17

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	17 (3) - 1
2. 基本方針 .....	17 (3) - 1
3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計 .....	17 (3) - 4
3.1 居住性の確保 .....	17 (3) - 5
3.1.1 換気設備等 .....	17 (3) - 5
3.1.2 生体遮蔽装置 .....	17 (3) - 6
3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 .....	17 (3) - 6
3.1.4 チェンジングエリア .....	17 (3) - 7
3.1.5 照明 .....	17 (3) - 7
3.2 情報の把握 .....	17 (3) - 7
3.3 通信連絡 .....	17 (3) - 8
3.3.1 通信設備 .....	17 (3) - 8
3.4 有毒ガスに対する防護措置 .....	17 (3) - 8
3.4.1 固定源に対する防護措置 .....	17 (3) - 9
3.4.2 可動源に対する防護措置 .....	17 (3) - 10
4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価 .....	17 (3) - 11
4.1 評価条件 .....	17 (3) - 11
4.1.1 評価の概要 .....	17 (3) - 11
4.1.2 評価事象の選定 .....	17 (3) - 11
4.1.3 有毒ガス到達経路の選定 .....	17 (3) - 11
4.1.4 有毒ガス放出率の計算 .....	17 (3) - 11
4.1.5 大気拡散の評価 .....	17 (3) - 13
4.1.6 有毒ガス濃度評価 .....	17 (3) - 16
4.1.7 有毒ガス防護判断基準値 .....	17 (3) - 16
4.1.8 有毒ガス防護判断基準値に対する割合 .....	17 (3) - 16

4.1.9	有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算及び 判断基準値との比較	17 (3) - 17
4.2	評価結果	17 (3) - 17
4.2.1	有毒ガス防護判断基準値に対する割合	17 (3) - 17
4.2.2	有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算	17 (3) - 17
4.3	有毒ガス濃度評価のまとめ	17 (3) - 17

## 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 46 条及び第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）（3,4 号機共用（以下同じ。））の機能について説明するものである。あわせて技術基準規則第 47 条第 4 項のうち通信連絡設備及び第 5 項、第 77 条並びにそれらの解釈に係る緊急時対策所の通信連絡設備について説明する。

## 2. 基本方針

2.1 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等が発生した場合においても当該事故等に対処するため以下の設計とする。

- (1) 基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能を喪失しないようにするとともに、EL 約 25m に設置し、基準津波の影響を受けない設計とする。

耐震設計に関する詳細は、添付資料 12「耐震性に関する説明書」のうち添付資料 12-1「耐震設計の基本方針」及び添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」、自然現象への配慮等の詳細は、添付資料 2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示す。

- (2) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、緊急時対策所機能に係る設備を含め中央制御室との共通要因により同時に機能喪失しないよう、中央制御室に対して独立性を有する設計とするとともに、中央制御室とは離れた位置に設ける設計とする。

位置的分散に関する詳細は、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

- (3) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、代替交流電源からの給電を可能な設計とし、代替電源設備からの給電を可能とするよう非常用電源設備として、希ガス等の放射性物質の放出時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側で操作及び作業を行わないことを考慮しても 1 台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）に給電するために必要な容量を有する緊急時対策所用発電機車（3,4 号機共用（以下同じ。））を予備も含めて設けることで、多重性を確保する設計とする。

緊急時対策所用発電機車の詳細は、添付資料 16「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に示す。

- (4) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において 3 号機及び 4 号機双

方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、必要な情報を共有・考慮しながら総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とするとともに、安全性の向上が図れることから、3号機及び4号機で共用する設計とする。

共用に関する詳細は、添付資料4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

## 2.2 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、以下の機能を有する設計とする。

### (1) 居住性の確保に関する機能

1次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「1次冷却材喪失事故等」という。）が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための緊急時対策本部要員（以下「対策要員」という。）を収容できるとともに、対策要員が必要な期間にわたり滞在でき、また、重大事故等が発生した場合においても、当該事故等に対処するために必要な数の対策要員を収容することができるとともに、放射線管理施設の換気設備（緊急時対策所換気設備（3,4号機共用（以下同じ。））、生体遮蔽装置（緊急時対策所遮蔽（3,4号機共用（以下同じ。））、外部遮蔽及び補助遮蔽の性能とあいまって、当該事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員がとどまることができる。

重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理用計測装置による放射線量の監視、測定ができる。

また、1次冷却材喪失事故等及び重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握することができる。

### (2) 情報の把握に関する機能

1次冷却材喪失事故等が発生した場合において、中央制御室の運転員を介さずに事故状態等を正確かつ速やかに把握できるとともに、重大事故等が発生した場合においても、当該事故等に対処するために必要な情報を把握することができるよう、情報収集設備によりプラントパラメータ等の必要なデータを表示できる。

### (3) 通信連絡に関する機能

1 次冷却材喪失事故等及び重大事故等が発生した場合において、発電所内の関係要員への指示や発電所外関連箇所との通信連絡等、発電所内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うとともに、発電所内から発電所外の緊急時対策支援システム（ERSS）等へ必要なデータを伝送することができる。

### (4) 有毒ガスに対する防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、有毒ガスが重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員（以下「指示要員」という。）に及ぼす影響により、指示要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないように、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまり必要な指示、操作を行うことができる設計とする。

敷地内外において貯蔵施設に保管されている有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質（以下「固定源」という。）に対しては、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回る設計とする。固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤等は、現場の設置状況を踏まえ、評価条件を設定する。

発電所構内において輸送手段の輸送容器に保管されている有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質（以下「可動源」という。）に対しては、緊急時対策所換気設備の隔離等の対策により指示要員を防護できる設計とする。

なお、有毒化学物質は、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（平成 29 年 4 月 5 日原規技発第 1704052 号原子力規制委員会決定）（以下「有毒ガス評価ガイド」という。）を参照して、有毒ガス防護に係る影響評価を実施し、有毒ガスが大気中に多量に放出されるかの観点から、有毒化学物質の性状、貯蔵状況等を踏まえ、固定源及び可動源を特定する。

## 2.3 適用基準、適用規格等

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 有毒ガス評価ガイド
- ・ 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）  
（平成 21・07・27 原院第 1 号平成 21 年 8 月 12 日原子力安全・保安院制

定)

- ・発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定）
- ・毒物及び劇物取締法（昭和 25 年 12 月 28 日法律第 303 号）
- ・消防法（昭和 23 年 7 月 24 日法律第 186 号）
- ・高圧ガス保安法（昭和 26 年 6 月 7 日法律第 204 号）

### 3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物（緊急時対策所遮蔽含む）は、基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能を喪失しないように設計する。緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するため、基準地震動による地震力に対する構造強度の確保に加え、生体遮蔽装置の遮蔽性及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまった十分な気密性を維持する設計とする。緊急時対策所機能に係る設備についても、基準地震動による地震力に対し、機能を喪失しないよう、耐震設計を行う。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第 1-1 図及び第 1-2 図に示すとおり、発電所への津波（T.P.+3.93m（取水ピット前面））の影響を受けないよう、中央制御室から離れた場所の高台（EL.約 25m）に設置する。また、緊急時対策所機能に係る設備は、第 2 図に示すとおり、中央制御室に対して独立性を有した設計とするとともに、予備も含め中央制御室とは離れた位置に設置又は保管する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、通常時において 3 号機又は 4 号機の非常用母線からの給電及び設計基準事故時においてディーゼル発電機からの給電に加えて、非常用電源設備のうち専用であって可搬型の緊急時対策所用発電機車により、代替電源設備からの給電を可能とする。

緊急時対策所用発電機車は、1 台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）に給電するために必要な容量を有するものを予備も含めて 3 台保管することで、多重性を有する設計とする。また、緊急時対策所用発電機車は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の運用に必要な電源容量 409kVA に対して定格容量 1825kVA であり、第 1 表に示す 75%負荷時の燃料消費量から、燃料補給がなくとも居住性に係る線量評価における放射性物質の放出継続時間（10 時間）を上回る 238 時間以上の連続運転が可能である。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において 3 号機及び 4 号機双方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有・考慮しながら、総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわ



ない設計とするとともに、安全性の向上が図れることから、3号機及び4号機で共用する設計とする。

また、共用により悪影響を及ぼさないよう、号機の区分けなく使用でき、更にプラントパラメータは、号機ごとに表示・監視できる設計とする。

### 3.1 居住性の確保

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための対策要員が収容でき、また、重大事故等が発生した場合においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員に加え、少なくとも原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な対策要員を含めた重大事故等に対処するために必要な数の対策要員を収容することができる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第3図に示すとおり、3区画（合計約820m<sup>2</sup>）で構成する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、災害時（ブルーム通過時以外）、約50名の対策要員が活動することを想定しており、第4図に示すとおり、対策要員の活動に必要な各作業班用の机、設備等を配置しても、活動に必要な広さを確保する。ブルーム通過中においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員及び原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な対策要員を含め、最大100名を収容するために必要な広さを確保する設計とする。なお、机等の配置にあたっては、必要な指示を行う対策要員と現場作業を行う対策要員との輻輳を避けるレイアウトとなるよう考慮する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等時において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性並びに生体遮蔽装置及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまって、居住性に係る被ばく評価の判断基準（緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量が事故後7日間で100mSvを超えないこと（以下同じ。))を満足する設計とする。

#### 3.1.1 換気設備等

緊急時対策所換気設備は、基準地震動による地震力に対する耐震壁のせん断ひずみの許容限界を考慮しても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性とあいまって、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧でき、居

住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障なく維持できる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理施設の放射線管理用計測装置（緊急時対策所エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。））及び可搬型エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。）））により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定する。

緊急時対策所換気設備の機能については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」、放射線管理計測装置の仕様等は、添付資料 13「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」に示す。

### 3.1.2 生体遮蔽装置

生体遮蔽装置は、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

生体遮蔽装置の詳細は、添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」に示す。

### 3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

設計基準事故時及び重大事故等時の対応として、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握できるよう、乾電池又は充電電池等を電源とした可搬型の酸素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））及び二酸化炭素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））を、使用する1セット1個と故障時及び保守点検時のバックアップ用として2個を含めて合計3個保管する。また、酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計は、汎用品を用いる等容易かつ確実に操作ができるものとする。

酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の仕様を第2表に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に示す。

### 3.1.4 チェンジングエリア

重大事故等が発生し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、重大事故等に対処するための対策要員が緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側から室内に放射性物質による汚染の持ち込みを防止できるよう、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行うための区画（以下「チェンジングエリア」という。）を設置する設計とする。

チェンジングエリアの詳細は、添付資料 14「管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」に示す。

### 3.1.5 照明

緊急時対策所（緊急時対策棟内）等（チェンジングエリア含む。）の通常照明が使用できない場合において、設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障がないよう、可搬型照明を配備する。

## 3.2 情報の把握

緊急時対策所（緊急時対策棟内）において、1次冷却材喪失事故等に対処するために必要な情報及び重大事故等に対処するために必要な指示ができるよう重大事故等に対処するために必要な情報（炉心冷却や原子炉格納容器の状態）を、中央制御室内の運転員を介さずに正確かつ速やかに把握できるよう、プラントパラメータ等の必要なデータを収集及び表示するための情報収集設備（「3,4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、3,4号機共用、4号機に設置」（以下同じ。））を設置する。

情報収集設備として、事故状態等の必要な情報を把握するために必要なパラメータ等を収集し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）で表示できるよう、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）を原子炉補助建屋及び4号機原子炉周辺建屋に設置し、SPDSデータ表示装置を緊急時対策棟に設置する。

SPDSデータ表示装置は、プラントの状態確認に必要な主要なプラントパラメータ及び主要な補機の作動状態を確認することができるようにする。また、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）へのデータ入力については、安全保護系ラック、NIS盤、RMS盤等からプラントパラメータを直接収集することができるバックアップラインを設け、主要プラントパラメータをバックアップすることができるようにする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）で確認できる主要なプラントパラメータ及び主要な補機の作動状態の詳細は、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

なお、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）及び SPDS データ表示装置は、計測制御系統施設の通信連絡設備を緊急時対策所の設備として兼用する。

### 3.3 通信連絡

#### 3.3.1 通信設備

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1 次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するため、計測制御系統施設のうち発電所内の関係要員への指示を行うために必要な通信設備（発電所内）（「3,4 号機共用、3 号機に設置」、「3,4 号機共用、3 号機に保管」（以下同じ。））及び発電所外関連箇所と専用であって有線系、無線系又は衛星系回線による通信方式の多様性を備えた通信回線にて連絡できる通信設備（発電所外）（「3,4 号機共用、3 号機に設置」、「3,4 号機共用、3 号機に保管」（以下同じ。））により、発電所内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡できるようにする。

また、重大事故等が発生した場合においても、計測制御系統施設のうち緊急時対策所（緊急時対策棟内）から中央制御室、屋内外の作業場所、本店、国、地方公共団体、その他関係機関の発電所の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行う通信設備（発電所内）及び通信設備（発電所外）により、発電所の内外の通信連絡をする必要のある場所との通信連絡ができるようにする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の通信設備として、携帯型通話設備、衛星携帯電話設備、無線連絡設備、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、運転指令設備、電力保安通信用電話設備、テレビ会議システム（社内）及び加入電話設備を設置又は保管する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の通信設備（発電所内）及び通信設備（発電所外）の詳細は、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

#### 3.4 有毒ガスに対する防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、有毒ガスが緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員に及ぼす影響により、指示要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないように、緊急時対策所（緊急時対策棟内）

内にとどまり、必要な指示、操作を行うことができる設計とする。

固定源に対しては、貯蔵容器すべてが損傷し、有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象を想定し、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回る設計とする。

可動源に対しては、通信連絡設備による連絡、緊急時対策所換気設備の隔離、防護具の着用等により指示要員を防護できる設計とする。

なお、有毒化学物質は、有毒ガス評価ガイドを参照して、有毒ガス防護に係る影響評価を実施し、有毒ガスが大気中に多量に放出されるかの観点から、有毒化学物質の揮発性等の性状、貯蔵量、建屋内保管、換気等の貯蔵状況等を踏まえ、敷地内及び中央制御室等から半径 10km 以内にある敷地外の固定源並びに可動源を特定し、特定した有毒化学物質に対して有毒ガス防護判断基準値を設定する。固定源及び可動源の特定並びに有毒ガス防護判断基準値の設定については、令和 2 年 3 月 30 日付け原規規発第 20033012 号にて認可された工事計画の添付資料 3「中央制御室の機能に関する説明書」の別添「固定源及び可動源の特定について」による。

#### 3.4.1 固定源に対する防護措置

固定源に対しては、貯蔵容器すべてが損傷し、有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象を想定し、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回することで、技術基準規則別記-9 に規定される「有毒ガスの発生」はなく、同規則に基づく有毒ガスの発生を検出するための装置について有毒ガスの発生源の近傍及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）近傍への設置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に自動的に警報するための装置について緊急時対策所（緊急時対策棟内）への設置は不要とする設計とする。

固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤等について、毒物及び劇物取締法の要求に基づき設置する防液堤及び有毒化学物質が漏えいした場合に有毒ガスの発生を抑制するために設置する覆いは、それぞれ設計上の配慮により構造上更地となるような壊れ方はしないことから、現場の設置状況を踏まえ、評価条件を設定する。

なお、有毒化学物質が漏えいした場合でも、毒物及び劇物取締法の要求に基づき設置する中和槽等により有毒化学物質が貯蔵場所外に流出することはない。

指示要員の吸気中の有毒ガス濃度が、有毒ガス防護のための判断基準値を

下回ることの評価については、「4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価」に示す。

### 3.4.2 可動源に対する防護措置

可動源に対しては、立会人の随行、通信連絡設備による連絡、緊急時対策所換気設備の隔離、防護具の着用等により指示要員を防護することで、技術基準規則別記-9 に基づく有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に自動的に警報するための装置の設置を不要とする設計とする。

また、可動源から有毒ガスが発生した場合においては、漏えいに対する希釈等の終息活動により有毒ガスの発生を低減するための活動を実施する。

#### (1) 立会人の随行

発電所構内に可動源が入構する場合には、立会人を随行させることで、可動源から有毒ガスが発生した場合に認知可能な体制を整備する。

#### (2) 通信連絡

可動源から有毒ガスが発生した場合において、発電所内の通信連絡をする必要のある場所との通信設備（発電所内）による連絡体制を整備する。

具体的な通信設備（発電所内）については、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

#### (3) 換気設備

可動源から発生した有毒ガスに対して、緊急時対策所換気設備の外気取入れを手動で遮断し、外部雰囲気から隔離できる設計とする。

具体的な、換気設備の機能については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に示す。

#### (4) 防護具の着用

可動源から発生した有毒ガスから指示要員を防護するため、防毒マスクを配備する。防毒マスクの配備場所を第 5 図に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に緊急時対策本部が設置される場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員は、可動源から有毒ガスの発生による異常の連絡を受け、緊急時対策所（緊急時対策棟内）において臭気等により異常を認知した場合は、防毒マスクを着用する。

## 4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価

### 4.1 評価条件

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価に当たって、評価手順及び評価条件を本項において示す。

#### 4.1.1 評価の概要

固定源から放出される有毒ガスにより、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる指示要員の吸気中の有毒ガス濃度が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることを評価する。

評価に当たっては、受動的に機能を発揮する設備として、固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤及び覆いを評価上考慮する。

具体的な手順は以下のとおり。

- (1) 評価事象は、評価対象となる固定源から有毒化学物質が漏えいし、有毒ガスが発生することを想定する。なお、固定源について、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が厳しくなるよう評価条件を選定する。
- (2) 評価事象に対して、固定源から発生した有毒ガスが、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する経路を選定する。
- (3) 発電所敷地内の気象データを用いて、有毒ガスの放出源から大気中への蒸発率及び大気拡散を計算し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における有毒ガス濃度を計算する。

#### 4.1.2 評価事象の選定

評価対象とする貯蔵容器から防液堤内に有毒化学物質の全量が漏えいし、有毒ガスが発生することを想定する。

#### 4.1.3 有毒ガス到達経路の選定

固定源から発生した有毒ガスについては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する経路を選定する。

有毒ガス到達経路を第6図に示す。

#### 4.1.4 有毒ガス放出率の計算

評価対象とする貯蔵容器すべてが損傷し、貯蔵されている有毒化学物質が全量防液堤内に流出することによって発生した有毒ガスが大気中に放出さ

れることを想定し、大気中への有毒ガスの放出率を評価する。この際、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度への影響を考慮して、固定源の物性、保管状態、放出形態及び気象データ等の評価条件を適切に設定する。

また、液体の有毒化学物質の単位時間当たりの大気中への放出率の評価は、文献「Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA」に従って、「(2) 有毒ガス放出率評価式」により計算する。

固定源の評価条件を第3表、有毒化学物質に係る評価条件を第4表及び第7図にそれぞれ示す。

(1) 事象発生直前の状態

事象発生直前まで貯蔵容器に有毒化学物質が貯蔵されていたものとする。

(2) 有毒ガス放出率評価式

a. 蒸発率  $E$

$$E = A \times K_M \times \left( \frac{M_{Wm} \times P_v}{R \times T} \right)$$

b. 物質移動係数  $K_M$

$$K_M = 0.0048 \times U^{\frac{7}{9}} \times Z^{-\frac{1}{9}} \times S_c^{-\frac{2}{3}}$$

$$S_c = \frac{v}{D_M}$$

$$D_M = D_{H_2O} \times \sqrt{\frac{M_{WH_2O}}{M_{Wm}}}$$

$$D_{H_2O} = D_0 \times \left( \frac{T}{273.15} \right)^{1.75}$$

c. 蒸発率補正  $E_C$

$$E_C = - \left( \frac{P_a}{P_v} \right) \ln \left( 1 - \frac{P_v}{P_a} \right) \times E$$

ここで、

$E$  : 蒸発率 (kg/s)

$E_C$  : 補正蒸発率 (kg/s)

$A$  : 開口部面積 (m<sup>2</sup>)

$K_M$  : 化学物質の物質移動係数 (m/s)

$M_{Wm}$  : 化学物質の分子量 (kg/kmol)

$P_a$  : 大気圧 (Pa)



$P_v$	: 化学物質の分圧 (Pa)
$R$	: ガス定数 (J/kmol・K)
$T$	: 温度 (K)
$U$	: 風速 (m/s)
$Z$	: 開口部面積の等価直径(m) ( $=\sqrt{(4A/\pi)}$ )
$S_C$	: 化学物質のシュミット数
$\nu$	: 動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s)
$D_M$	: 化学物質の分子拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)
$D_{H_2O}$	: 温度 $T$ (K)、圧力 $P_v$ (Pa) における水の分子拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)
$M_{WH_2O}$	: 水の分子量 (kg/kmol)
$D_0$	: 水の拡散係数 ( $=2.2 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ )

(3) 評価の対象とする固定源

有毒ガス評価ガイドに従って選定した敷地内における固定源を対象とする。なお、同一防液堤内に固定源がある場合、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大になる値を使用する。評価の対象とする敷地内の固定源を第 8 図に示す。

#### 4.1.5 大気拡散の評価

発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度を計算する。固定源の大気拡散計算の評価条件を第 5 表に示す。

(1) 大気拡散評価モデル

固定源から放出された有毒ガスが、大気を拡散して評価点に到達するまでの計算は、ガウスプルームモデルを適用する。

相対濃度は、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式のとおり計算する。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \cdot d\delta_i$$

(建屋影響を考慮しない場合)

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{yi} \cdot \sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_{zi}^2}\right)$$

(建屋影響を考慮する場合)

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \Sigma_{yi} \cdot \Sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\Sigma_{zi}^2}\right)$$

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

T : 実効放出継続時間 (h)

$(\chi/Q)_i$  : 時刻 i における相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

${}_d\delta_i$  : 時刻 i において風向が当該方位 d にあるとき  ${}_d\delta_i = 1$   
時刻 i において風向が当該方位 d がないとき  ${}_d\delta_i = 0$

$\sigma_{yi}$  : 時刻 i における濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ (m)

$\sigma_{zi}$  : 時刻 i における濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ (m)

$U_i$  : 時刻 i における風速 (m/s)

H : 放出源の有効高さ (m)

$$\Sigma_{yi} : \left(\sigma_{yi}^2 + \frac{cA}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Sigma_{zi} : \left(\sigma_{zi}^2 + \frac{cA}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

A : 建屋等の風向方向の投影面積 (m<sup>2</sup>)

c : 形状係数

上記のうち、気象項目（風向、風速及び  $\sigma_{yi}$ 、 $\sigma_{zi}$  を求めるために必要な大気安定度）については「(2)気象データ」に示すデータを、建屋の投影面積については「(5)建屋投影面積」に示す値を、形状係数については「(6)形状係数」に示す値を用いることとする。

$\sigma_{yi}$  及び  $\sigma_{zi}$  については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定）における相関式を用いて計算する。

## (2) 気象データ

2011 年 1 月～2011 年 12 月の 1 年間における気象データを使用する。  
なお、当該データの使用に当たっては、風向風速データが不良標本の棄却

検定により、10年間（2007年1月～2017年12月、2011年1月～2011年12月を除く）の気象状態と比較して特に異常でないことを確認している。

(3) 相対濃度の評価点

相対濃度の評価点は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口とする。

(4) 評価対象方位

固定源について、放出点から比較的近距离の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。巻き込みを生じる代表建屋としては、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる一つの建屋を選定する。そのため、評価対象とする方位は、放出された有毒ガスが巻き込みを生じる代表建屋の影響を受けて拡散すること及び巻き込みを生じる代表建屋の影響を受けて拡散された有毒ガスが評価点に届くことの両方に該当する方位とする。具体的には、全16方位のうち以下のa.~c.の条件に該当する方位を選定し、すべての条件に該当する方位を評価対象とする。

- a. 放出点が評価点の風上にあること。
- b. 放出点から放出された有毒ガスが、巻き込みを生じる代表建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること。
- c. 巻き込みを生じる代表建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること。

評価対象とする方位は、巻き込みを生じる代表建屋の周辺に0.5L（L：建屋の風向に垂直な面での高さ又は幅の小さい方）だけ幅を広げた部分を見込む方位を仮定する。

以上により、固定源が選定条件a.~c.にすべて該当する方位を評価対象方位と設定する。具体的な固定源の評価対象方位は、第9図に示す。

(5) 建屋投影面積

建屋投影面積は小さい方が厳しい結果となるため、巻き込みを生じる代表建屋の建屋投影面積を保守的に設定するものとする。

## (6) 形状係数

建屋の形状係数は  $1/2$  <sup>(注)</sup> とする。

(注)「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定

### 4.1.6 有毒ガス濃度評価

有毒ガス濃度評価においては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における濃度を用いる。緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する有毒ガスの濃度は、「4.1.4 有毒ガス放出率の計算」及び「4.1.5 大気拡散の評価」の結果を用いて、次式を用いて算出する。

$$C_{ppm} = \frac{C}{M} \times 22.4 \times \frac{T}{273.15} \times 10^6$$

$$C = E \times \chi / Q \quad (\text{液体状有毒化学物質の評価})$$

$$C = q_{GW} \times \chi / Q \quad (\text{ガス状有毒化学物質の評価})$$

$C_{ppm}$  : 外気濃度 (ppm)

$C$  : 外気濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) = ( $\text{g}/\text{L}$ )

$M$  : 物質の分子量 ( $\text{g}/\text{mol}$ )

$T$  : 気温 (K)

$E$  : 蒸発率 ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$q_{GW}$  : 質量放出率 ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$\chi / Q$  : 相対濃度 ( $\text{s}/\text{m}^3$ )

### 4.1.7 有毒ガス防護判断基準値

有毒ガス防護判断基準値については、有毒ガス評価ガイドの考え方に従い、NIOSH（米国国立労働安全衛生研究所）で定められている IDLH 値（急性の毒性限度）及び日本産業衛生学会が定める最大許容濃度等を用いて、有毒化学物質毎に設定する。固定源の有毒ガス防護判断基準値を第 6 表に示す。

### 4.1.8 有毒ガス防護判断基準値に対する割合

固定源について、「4.1.6 有毒ガス濃度評価」の計算結果を「4.1.7 有毒ガス防護判断基準値」で除して求めた値について、毎時刻の濃度を年間につ

いて小さい方から順に並べた累積出現頻度 97%<sup>(注)</sup> に当たる値を用いる。

(注)「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」昭和 57 年 1 月 28 日  
原子力安全委員会決定

#### 4.1.9 有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算及び判断基準値との比較

固定源と評価点とを結んだラインが含まれる 1 方位及びその隣接方位に固定源が複数ある場合、隣接方位の固定源からの有毒ガス防護判断基準値に対する割合も合算し、合算値が 1 を超えないことを評価する。

$$\text{有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_i}{T_i} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

$C_i$  : 有毒ガス  $i$  の濃度

$T_i$  : 有毒ガス  $i$  の有毒ガス防護判断基準値

## 4.2 評価結果

### 4.2.1 有毒ガス防護判断基準値に対する割合

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における、固定源から放出される有毒ガスによる有毒ガス防護判断基準値に対する割合の計算結果を第 7 表に示す。

### 4.2.2 有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における、固定源から放出される有毒ガスによる有毒ガス防護判断基準値に対する割合を合算した結果を第 8 表に示す。有毒ガス防護判断基準値に対する割合を合算した最大値は 0.07 であり、有毒ガス防護のための判断基準値である 1 を下回る。

## 4.3 有毒ガス濃度評価のまとめ

固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤及び覆いを考慮して、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価を行い、その結果、固定源に対して有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることを確認したことから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能を確保できると評価する。

第1表 緊急時対策所用発電機車の燃料消費量及び連続運転時間

負荷率	燃料消費量 (ℓ/h)	連続運転時間*
100%	□	約182時間
75%	□	約238時間
50%	□	約324時間

※緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク(ℓ)／燃料消費量(ℓ/h)にて算出

第2表 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 仕様

名称	仕様等
酸素濃度計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定（使用）範囲：0～100%</li> <li>・測定精度：±0.5%（0.0～25.0%） ±3.0%（25.1%以上）【メーカー値】（JIS-T-8201準拠）</li> <li>・電 源：乾電池（交換等により容易に電源が確保できるもの）</li> <li>・個 数：1個（予備2個）</li> </ul>
二酸化炭素濃度計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定（使用）範囲：0～2%</li> <li>・測定精度：±（測定範囲の1.5%＋指示値の2%）【メーカー値】</li> <li>・電 源：充電池等（交換等により容易に電源が確保できるもの）</li> <li>・個 数：1個（予備2個）</li> </ul>

第3表 固定源の評価条件 (1/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (A))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	2.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (2/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	2.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (3/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (B))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (4/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (C))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	



第3表 固定源の評価条件 (5/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (B))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (6/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (C))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (7/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 塩酸貯 槽)	有毒ガスを発生するおそれ のある有毒化学物質である 塩酸を貯蔵する施設であ り、大気中に有毒ガスを多 量に放出させるおそれがあ ることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び 可動源に対して、次の項目を確 認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作 地点と有毒ガスの発生源との 位置関係(距離、高さ、方位を 含む。) -防液堤の有無(防液堤がある 場合は、防液堤までの最短距 離、防液堤の内面積及び廃液 処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせ ずに、有毒ガス発生抑制等 の効果が見込める設備(例え ば、防液堤内のフロート等) (解説-5)
有毒化学 物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値 として設定	
有毒化学物質 漏えい時の 開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が 設置された防液堤に設置す る有毒ガス発生抑制が見 込める覆いの開口部面積に 余裕を見込んだ値として設 定	

第3表 固定源の評価条件 (8/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3号機復水脱塩装 置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれ のある有毒化学物質である 塩酸を貯蔵する施設であ り、大気中に有毒ガスを多 量に放出させるおそれがあ ることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び 可動源に対して、次の項目を確 認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作 地点と有毒ガスの発生源との 位置関係(距離、高さ、方位を 含む。) -防液堤の有無(防液堤がある 場合は、防液堤までの最短距 離、防液堤の内面積及び廃液 処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせ ずに、有毒ガス発生抑制等 の効果が見込める設備(例え ば、防液堤内のフロート等) (解説-5)
有毒化学 物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値 として設定	
有毒化学物質 漏えい時の 開口部面積	8.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が 設置された防液堤に設置す る有毒ガス発生抑制が見 込める覆いの開口部面積に 余裕を見込んだ値として設 定	

第3表 固定源の評価条件 (9/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3号機復水脱塩装置 塩酸計量槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	8.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (10/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質であるアンモニアを貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	アンモニア (25%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	14.3m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (11/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	41.7m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (12/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸計量槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	41.7m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (13/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (高塩系排水回収装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	19.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (14/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	6.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第4表 有毒化学物質に係る評価条件

項目		評価条件	選定理由	備考
動粘性係数		文献と気象資料(温度)に基づき設定	ENVIRONMENTAL CHEMODYNAMICS, Louis J. Thibodeaux	<p>有毒ガス評価ガイド 4.3 有毒ガスの放出の評価 3) 次の項目から判断して、有毒ガスの性状、放出形態に応じて、有毒ガスの放出量評価モデルが適切に用いられていること。                      ー有毒化学物質の漏えい量                      ー有毒化学物質及び有毒ガスの物性値(例えば、蒸気圧、密度等)                      ー有毒ガスの放出率(評価モデルの技術的妥当性を含む。)</p>
分子拡散係数		文献と気象資料(温度)に基づき設定	伝熱工学資料, 日本機械学会	
有毒ガス分圧 (注)	塩酸	文献と気象資料(温度)に基づき設定	Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA, Mary Evans (1993)	
	アンモニア	文献と気象資料(温度)に基づき設定	The Total and Partial Vapor Pressures of Aqueous of Anmonia Solutions, University of Illiniois, Thomas A. Wilson (1925)	
分子量		塩酸: 36.5g/mol アンモニア: 17.0g/mol	—	
気象資料		玄海原子力発電所における1年間の気象資料(2011.1~2011.12) ・地上風を代表する観測点(地上約10m)の気象データ ・露場の温度	風向風速データが不良標本の棄却検定により10年間(2007年1月~2017年12月、2011年1月~2011年12月を除く)の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	

(注) 評価に用いた有毒ガス分圧の詳細については、第7図に示す。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (1/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
大気拡散 評価モデル	ガウスプルームモデル	気象指針 <sup>(注)</sup> を参考として、有毒ガスは風下方向に直線的に流され、有毒ガスの軸のまわりに正規分布に拡がっていくと仮定するガウスプルームモデルを適用	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 2) 次の項目から判断して、有毒ガスの性状、放出形態に応じて、大気拡散モデルが適切に用いられていること。 －大気拡散の解析モデルは、検証されたものであり、かつ適用範囲内で用いられていること(選定した解析モデルの妥当性、不確かさ等が試験解析、ベンチマーク解析等により確認されていること。)
気象資料	玄海原子力発電所における 1年間の気象資料 (2011.1～2011.12) ・地上風を代表する観測点 (地上約10m)の気象データ	風向風速データが不良標本の棄却検定により、10年間(2007年1月～2017年12月、2011年1月～2011年12月を除く)の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 1) 次の項目から判断して、評価に用いる大気拡散条件(気象条件を含む。)が適切であること。 －気象データ(年間の風向、風速、大気安定度)は評価対象とする地理的範囲を代表していること。 －評価に用いた観測年が異常年でないという根拠が示されていること <sup>参6</sup> 。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日 原子力安全委員会決定)

第5表 大気拡散計算の評価条件 (2/7)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
実効放出 継続時間	1 時間	保守的な結果が得られるように、実効放出継続時間を最短の1時間と設定	被ばく評価手法（内規） 解説 5.13(3) 実効放出継続時間(T)は、想定事故の種類によって放出率に変化があるので、放出モードを考慮して適切に定めなければならないが、事故期間中の放射性物質の全放出量を1時間当たりの最大放出量で除した値を用いることも一つの方法である。
累積出現 頻度	小さい方から 97%	気象指針を参考として、年間の有毒ガス防護判断基準値に対する割合を降順に並び替え、累積出現頻度が97%に当たる値を設定	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 6) 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度は、年間の気象条件を用いて計算したもののうち、厳しい値が評価に用いられていること（例えば、毎時刻の原子炉制御室等外評価点での濃度を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる値が用いられていること等 <sup>6</sup> 。）。  被ばく評価手法（内規） 5.2.1(2) 評価点の相対濃度は、毎時刻の相対濃度を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる相対濃度とする。



第5表 大気拡散計算の評価条件 (3/7)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
建屋影響	<p>(敷地内固定源)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3/4 号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A) <sup>(注)</sup> : 考慮しない</li> <li>・ 3/4 号機補給水処理装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮しない</li> <li>・ 3 号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮する (3/4 号タービン建屋)</li> <li>・ 3/4 号機薬液注入装置アンモニア原液タンク : 考慮する (3/4 号タービン建屋)</li> <li>・ 4 号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮する (3/4 号タービン建屋)</li> <li>・ 高塩系排水回収装置塩酸貯槽 : 考慮しない</li> <li>・ 3/4 号機排水処理装置塩酸貯槽 : 考慮しない</li> </ul>	放出点から近距離の建屋の影響を受ける場合は、建屋による巻き込み現象を考慮	<p>有毒ガス評価ガイド</p> <p>4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価</p> <p>3) 地形及び建屋等の影響を考慮する場合には、そのモデル化の妥当性が示されていること (例えば、三次元拡散シミュレーションモデルを用いる場合等)。</p> <p>被ばく評価手法 (内規)</p> <p>5.1.2(1)a) 中央制御室のように、事故時の放射性物質の放出点から比較的近距離の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。そのため、放出点と巻き込みを生じる建屋及び評価点との位置関係によっては、建屋の影響を考慮して大気拡散の計算をする必要がある。</p>

(注) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (4/7)

項目	評価条件	選定理由	備考															
巻き込みを生じる代表建屋	3/4号タービン建屋	巻き込みの影響が最も大きいと考えられる1つの建屋として選定 また、建屋投影面積が小さい方が保守的な結果を与えるため、単独建屋として設定	<p>被ばく評価手法（内規） 5.1.2(3)a)3) 巻き込みを生じる代表的な建屋として、表5.1に示す建屋を選定することは適切である。</p> <p>表5.1 放射性物質の巻き込みの対象とする代表建屋の選定例</p> <table border="1" data-bbox="959 730 1410 1155"> <thead> <tr> <th data-bbox="959 730 1074 779">原子炉施設</th> <th data-bbox="1074 730 1177 779">想定事故</th> <th data-bbox="1177 730 1410 779">建屋の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="959 779 1074 904">BWR型原子炉施設</td> <td data-bbox="1074 779 1177 904">原子炉冷却材喪失</td> <td data-bbox="1177 779 1410 904">原子炉建屋（建屋影響がある場合）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 904 1074 1028"></td> <td data-bbox="1074 904 1177 1028">主蒸気管破断</td> <td data-bbox="1177 904 1410 1028">原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 1028 1074 1155">PWR型原子炉施設</td> <td data-bbox="1074 1028 1177 1155">原子炉冷却材喪失</td> <td data-bbox="1177 1028 1410 1155">原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋</td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 1155 1074 1202"></td> <td data-bbox="1074 1155 1177 1202">蒸気発生器伝熱管破損</td> <td data-bbox="1177 1155 1410 1202">原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋</td> </tr> </tbody> </table>	原子炉施設	想定事故	建屋の種類	BWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉建屋（建屋影響がある場合）		主蒸気管破断	原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）	PWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋		蒸気発生器伝熱管破損	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋
原子炉施設	想定事故	建屋の種類																
BWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉建屋（建屋影響がある場合）																
	主蒸気管破断	原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）																
PWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋																
	蒸気発生器伝熱管破損	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋																

第5表 大気拡散計算の評価条件 (5/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
評価点	緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口	評価対象は緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員の有毒ガス防護判断基準値に対する割合であるが、保守的に外気取入口の設置位置を評価点と設定	有毒ガス評価ガイド 4.4.1 原子炉制御室等外評価点 原子炉制御室等の外気取入口が設置されている位置を原子炉制御室等外評価点としていることを確認する。
発生源と評価点の距離	(敷地内固定源) <ul style="list-style-type: none"> <li>・3/4号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (注) : 850m</li> <li>・3/4号機補給水処理装置塩酸貯槽 (注) : 850m</li> <li>・3号機復水脱塩装置塩酸貯槽 (注) : 630m</li> <li>・3/4号機薬液注入装置アンモニア原液タンク : 620m</li> <li>・4号機復水脱塩装置塩酸貯槽 (注) : 620m</li> <li>・高塩系排水回収装置塩酸貯槽 : 900m</li> <li>・3/4号機排水処理装置塩酸貯槽 : 870m</li> </ul> ※評価点との高度差はないものとする。	固定源と評価点の位置から保守的に設定	有毒ガス評価ガイド 3.1 固定源及び可動源の調査 (3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 - 有毒化学物質の名称 - 有毒化学物質の貯蔵量 - 有毒化学物質の貯蔵方法 - 原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係（距離、高さ、方位を含む。） - 防液堤の有無（防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無）（解説-5） - 電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備（例えば、防液堤内のフロート等）（解説-5）

(注) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (6/7)

項目	評価条件 <sup>(注1)</sup>	選定理由	備考
着目方位 <sup>(注2)</sup>	(敷地内固定源) ・3/4号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A) <sup>(注3)</sup> 1方位： <u>SE</u> ・3/4号機補給水処理装置塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> 1方位： <u>SE</u> ・3号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> 2方位： <u>SE,SSE</u> ・3/4号機薬液注入装置アンモニア原液タンク 2方位： <u>SE,SSE</u> ・4号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> 2方位： <u>SE,SSE</u> ・高塩系排水回収装置塩酸貯槽 1方位： <u>SE</u> ・3/4号機排水処理装置塩酸貯槽 1方位： <u>SE</u>	建屋風下側の巻き込みによる拡がりを考慮し、以下のi)～iii)の条件に該当する方位を選定し、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を選定 i) 放出点の評価点の風上にあること ii) 放出点から放出された有毒ガスが、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること iii) 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること	被ばく評価手法 (内規) 5.1.2(3)c)1) 中央制御室の被ばく評価の計算では、代表建屋の風下後流側での広範囲に及ぶ乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放出源と評価点とを結ぶラインが含まれる1方位のみを対象とするのではなく、図5.4に示すように、代表建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を対象とする。

(注1) 固定源から評価点を見た方位 (主方位を下線にて示す)。

(注2) 着目方位は、固定源からの評価点の方位であり、評価対象とする風向とは180°向きが異なる。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (7/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
建屋投影面積	3/4号タービン建屋 SE : 6,200m <sup>2</sup> SSE : 6,000m <sup>2</sup>	保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として、着目方位毎に垂直な投影面積を設定	被ばく評価手法(内規) 5.1.2(3)d)1) 風向に垂直な代表建屋の投影面積を求め、放射性物質の濃度を求めるために大気拡散式の入力とする。
形状係数	1/2	気象指針を参考として設定	被ばく評価手法(内規) 5.1.1(2)b) 形状係数の値は、特に根拠が示されるもののほかは原則として1/2を用いる。

第6表 有毒ガス防護判断基準値

項目	有毒ガス防護判断基準値	選定理由	備考
塩酸	50ppm	国際化学物質安全性カード(ICSC:0163、11月2016)に基づき設定	有毒ガス評価ガイド 3.2 有毒ガス防護判断基準値の設定 1)~6)の考えに基づき、発電用原子炉設置者が有毒ガス防護判断基準値を設定していることを確認する。
アンモニア	300ppm		

第7表 固定源による有毒ガス防護判断基準値に対する割合の計算結果

固定源	評価結果				
	有毒ガス防護判断基準値に対する割合 <sup>(注1)</sup> (-)	外気濃度 <sup>(注2)</sup> (ppm)	相対濃度 <sup>(注2)</sup> (s/m <sup>3</sup> )	放出率 <sup>(注2)</sup> (kg/s)	放出継続時間 <sup>(注2)</sup> (h)
敷地内固定源 (3/4号機補給水処理装置 MBP塔用塩酸計量槽 (A) <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $6.9 \times 10^{-2}$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $7.9 \times 10^{-4}$	約 $3.4 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機補給水処理装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $2.3 \times 10^{-1}$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $2.6 \times 10^{-3}$	約 $1.1 \times 10^3$
敷地内固定源 (3号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $2.5 \times 10^{-1}$	約 $6.3 \times 10^{-5}$	約 $6.2 \times 10^{-3}$	約 $6.0 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク)	0.01	約 $4.2 \times 10^0$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $2.2 \times 10^{-2}$	約 $7.0 \times 10^1$
敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.02	約 $1.2 \times 10^0$	約 $1.0 \times 10^{-4}$	約 $1.9 \times 10^{-2}$	約 $1.9 \times 10^2$
敷地内固定源 (高塩系排水回収装置 塩酸貯槽)	0.01	約 $5.2 \times 10^{-1}$	約 $1.3 \times 10^{-4}$	約 $6.6 \times 10^{-3}$	約 $1.8 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽)	0.01未満	約 $1.9 \times 10^{-1}$	約 $1.3 \times 10^{-4}$	約 $2.3 \times 10^{-3}$	約 $1.8 \times 10^3$

(注1) 小数点第3位を四捨五入した値。

(注2) 有効数字2桁で四捨五入した値。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大となる敷地内固定源の結果を記載。

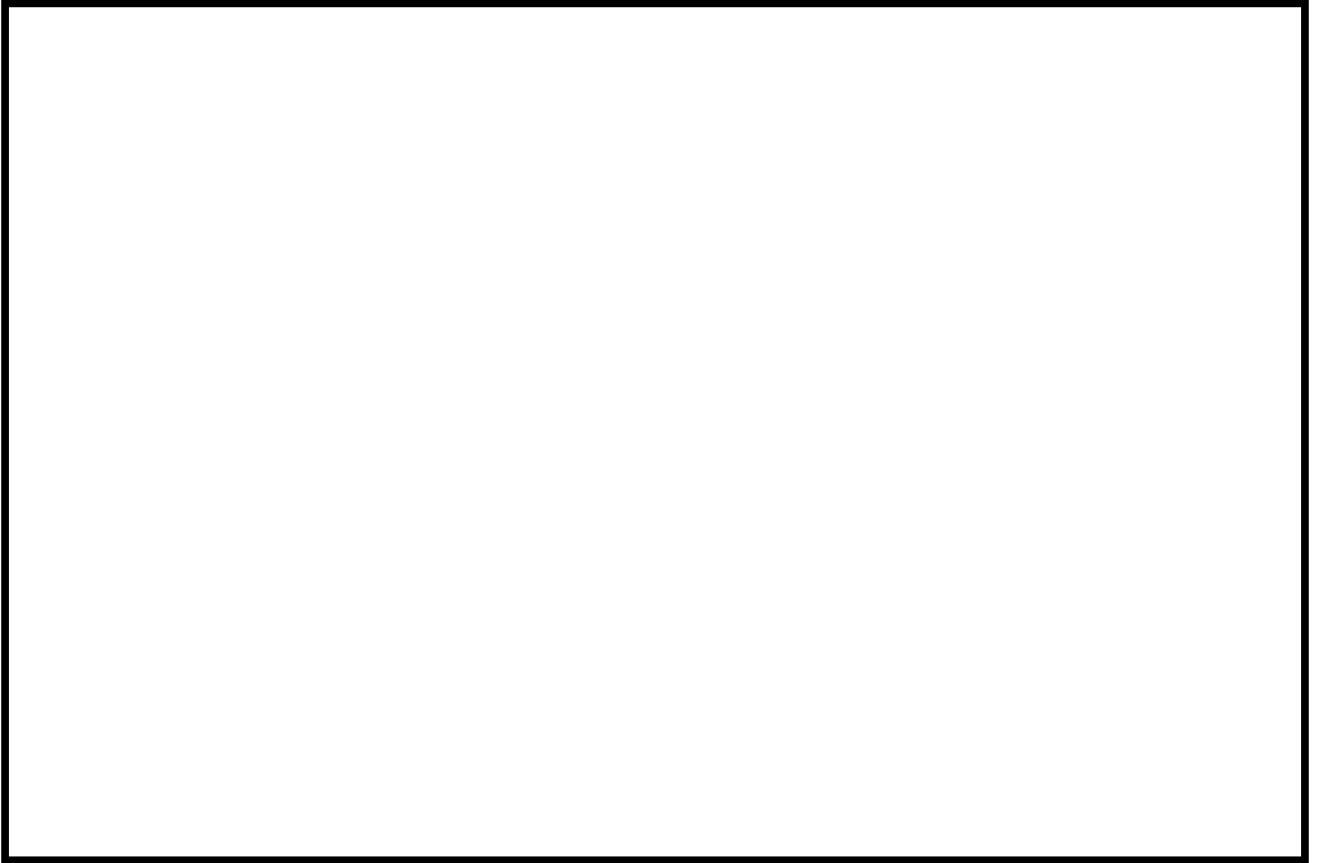
第8表 固定源による有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算結果

着目方位	発 生 源	有毒ガス防護 判断基準値 に対する 割合 <sup>(注1)</sup>	有毒ガス防護判断基準値 に対する割合の和 <sup>(注2)</sup>	
			同一 方位	隣接方位 を考慮
N	—	—	—	—
NNE	—	—	—	—
NE	—	—	—	—
ENE	—	—	—	—
E	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—
SE	敷地内固定源（3/4号機補給水処理装置 MBP塔用塩酸計量槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満	0.07	0.07
	敷地内固定源（3/4号機補給水処理装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満		
	敷地内固定源 （3号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満		
	敷地内固定源（3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク）	0.01		
	敷地内固定源 （4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.02		
	敷地内固定源 （高塩系排水回収装置 塩酸貯槽）	0.01		
	敷地内固定源 （3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽）	0.01 未満		
SSE	—	—	—	—
S	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—
SW	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—
W	—	—	—	—
WNW	—	—	—	—
NW	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—

(注1) 小数点第3位を四捨五入した値。

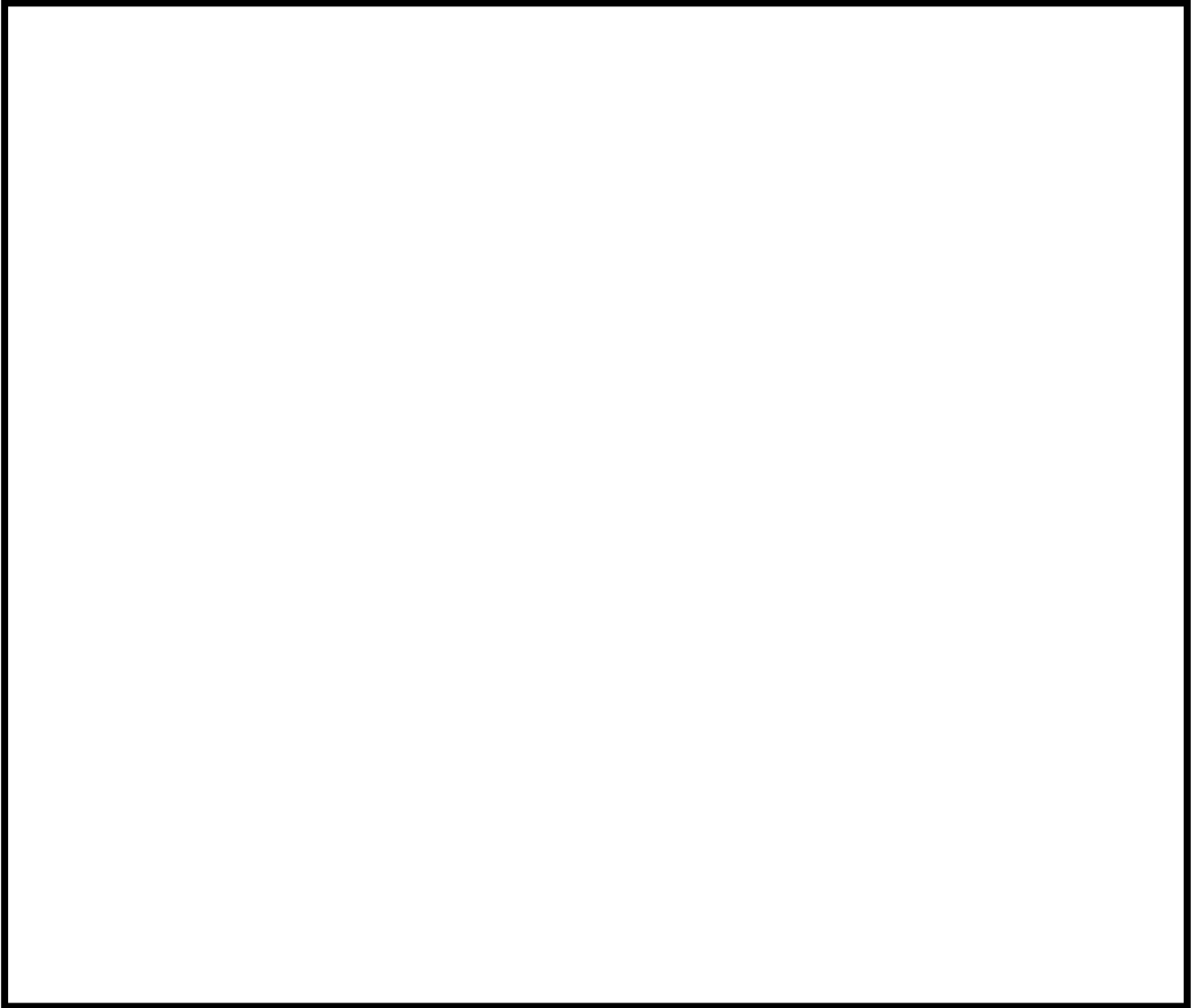
(注2) 小数点第3位を切り上げた値。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大となる敷地内固定源の結果を記載。



第 1-1 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 配置図

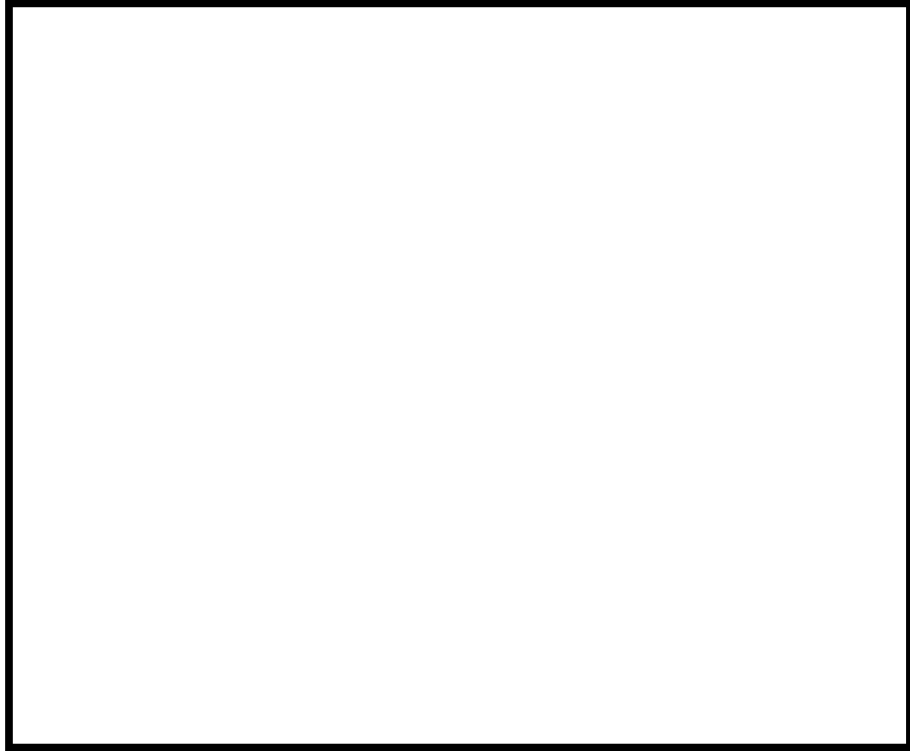




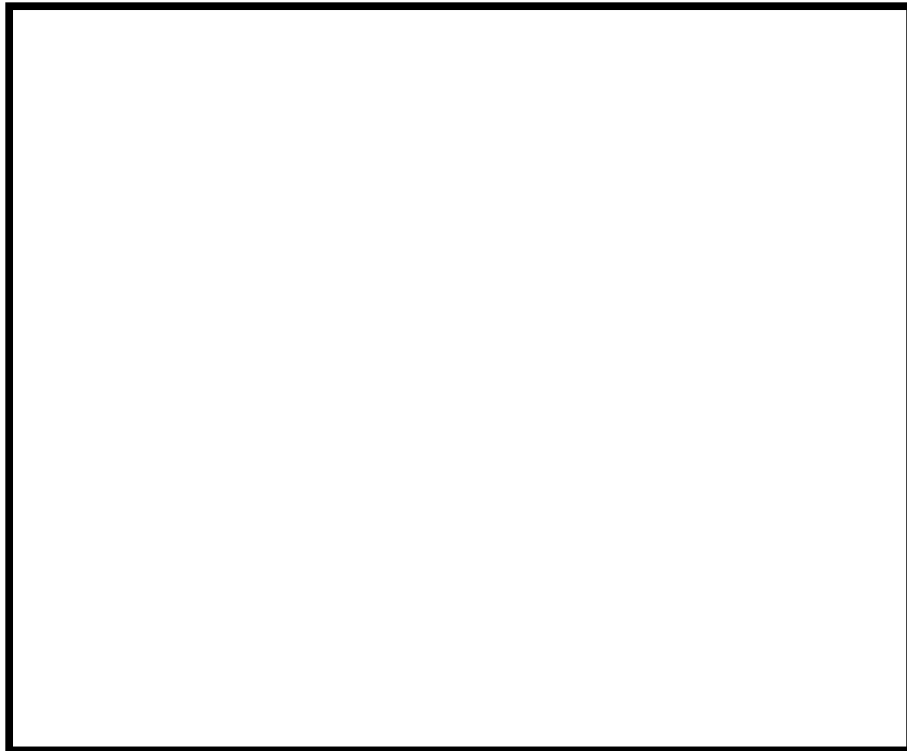
第 1-2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 周辺図



第 2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(1/3)



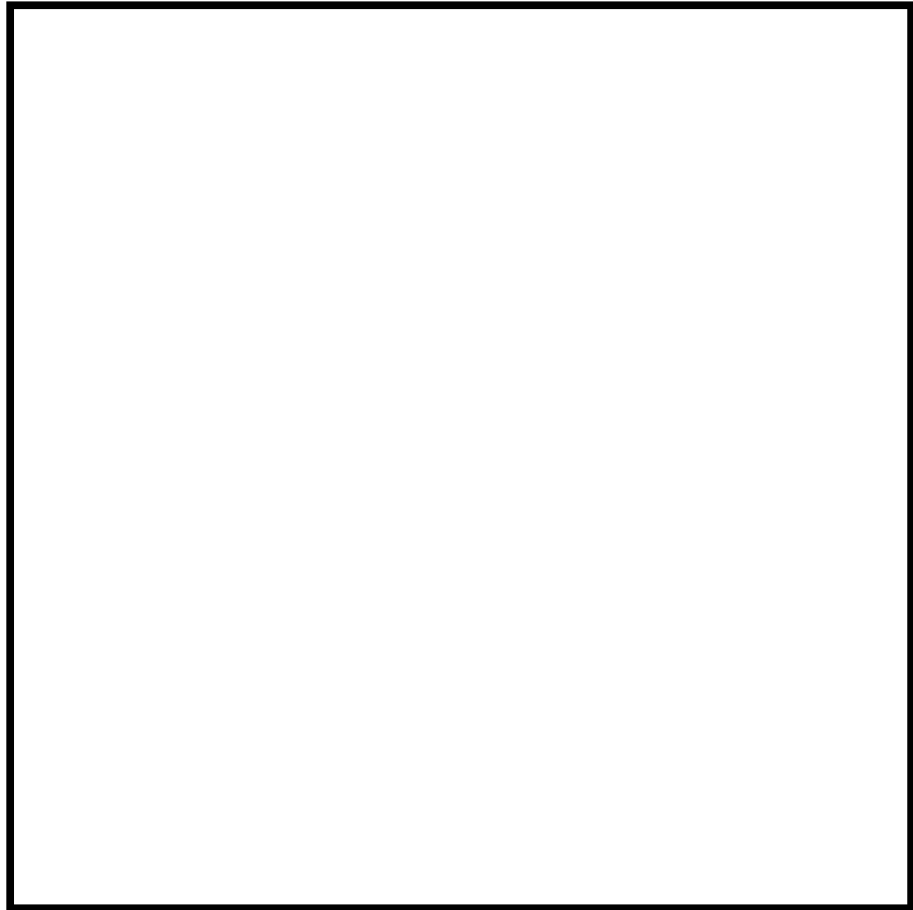
緊急時対策棟 地上 2 階(EL.30.75m)



緊急時対策棟 屋上(EL.37.6m)

(周辺図)

第 2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(2/3)

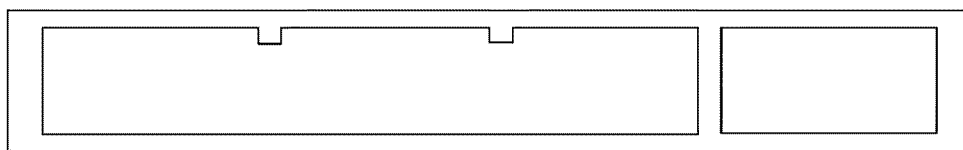


緊急時対策棟 地上1階(EL.25.3m)

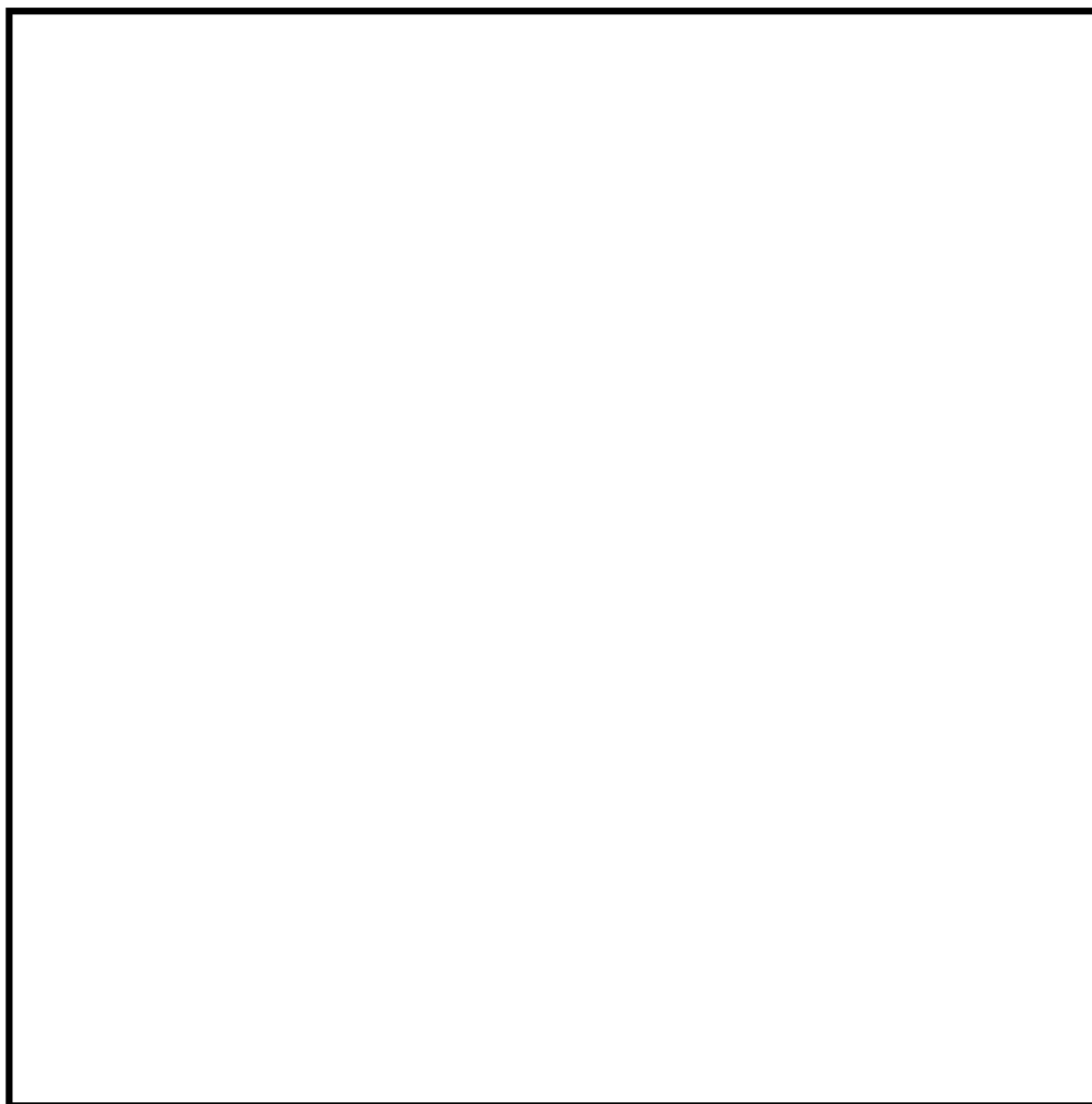


緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）地下1階、地下2階(EL.19.925m,15.0m)

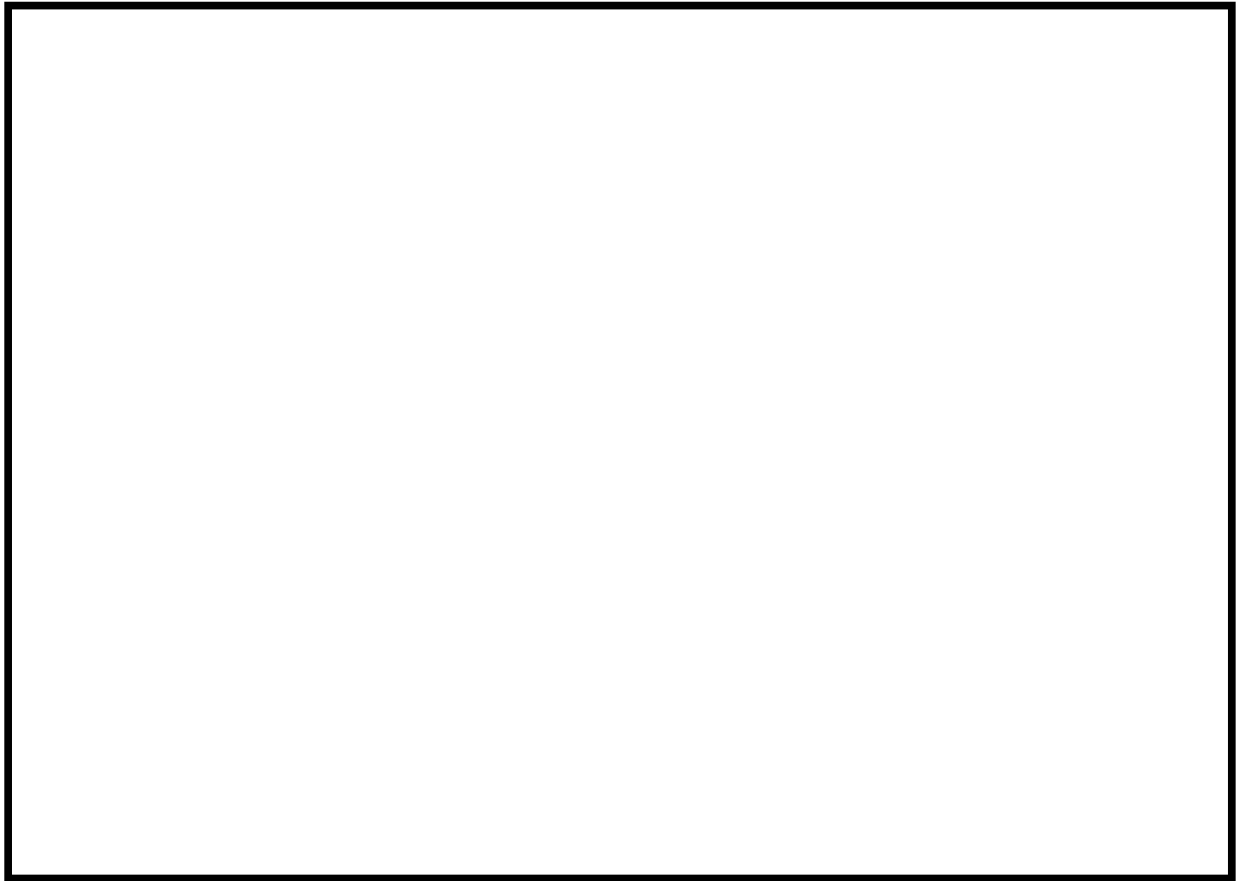
第2図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(3/3)



断面 A-A



第3図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）構造概要



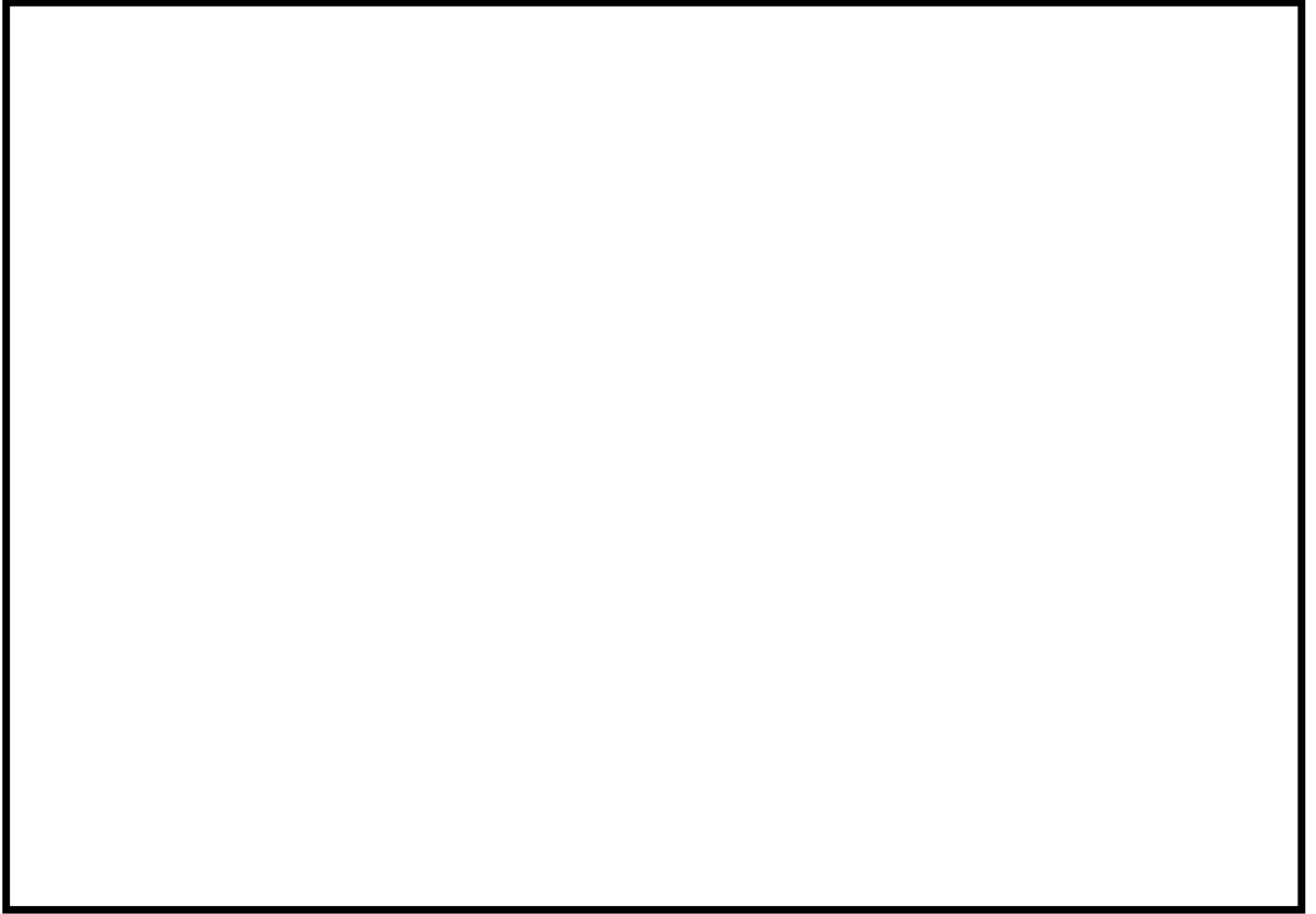
緊急時対策棟 地上1階(EL.25.3m)



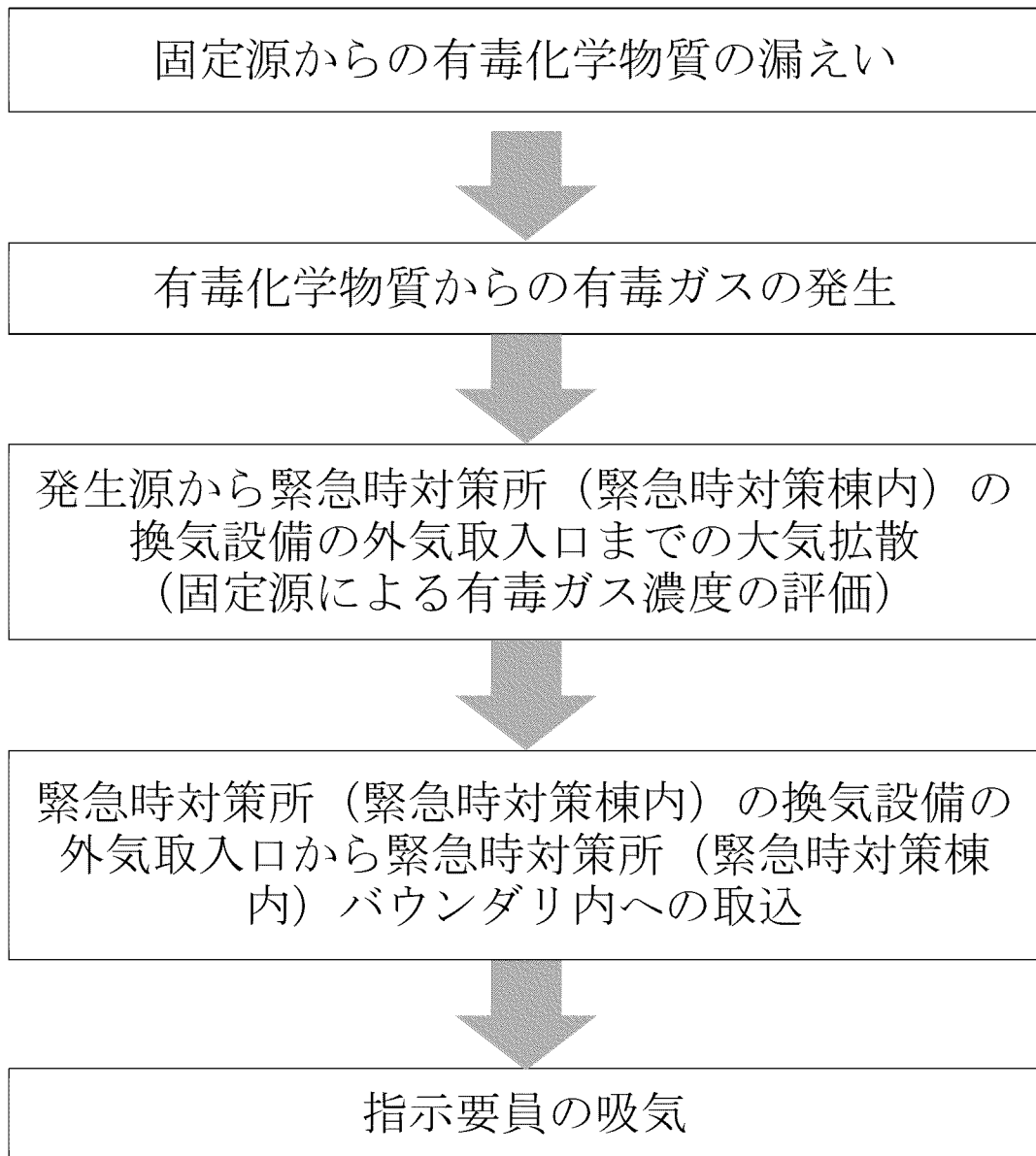
本部・執務エリア拡大図

(注) 本レイアウトについては、訓練結果等により変更となる可能性がある。

第4図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）レイアウト

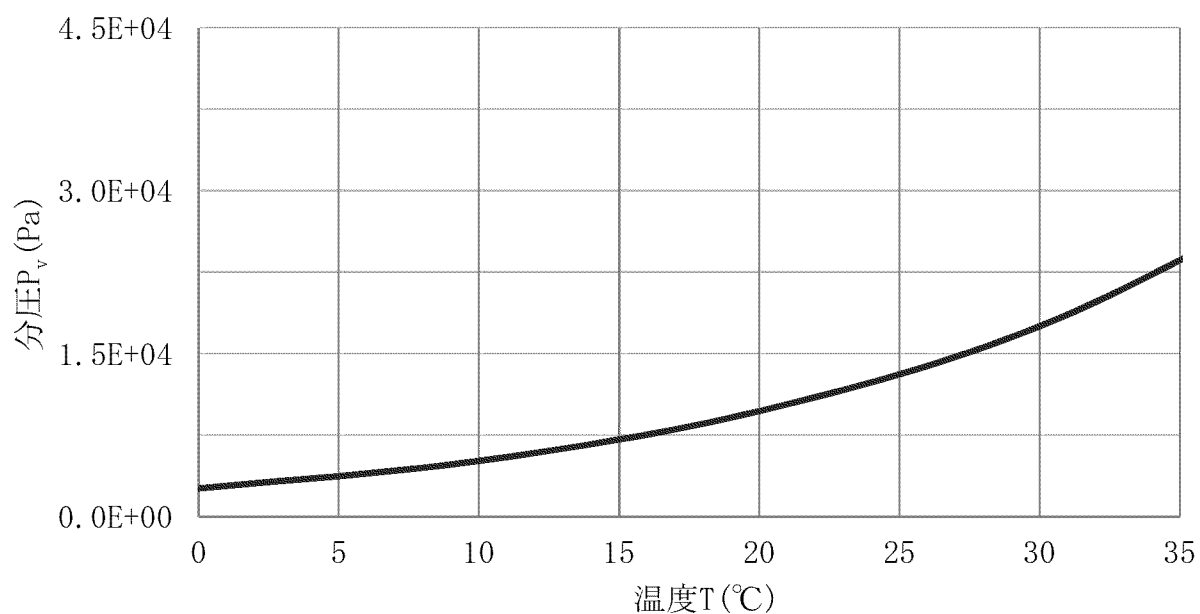


第5図 防毒マスクの配備場所



第6図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガスの到達経路

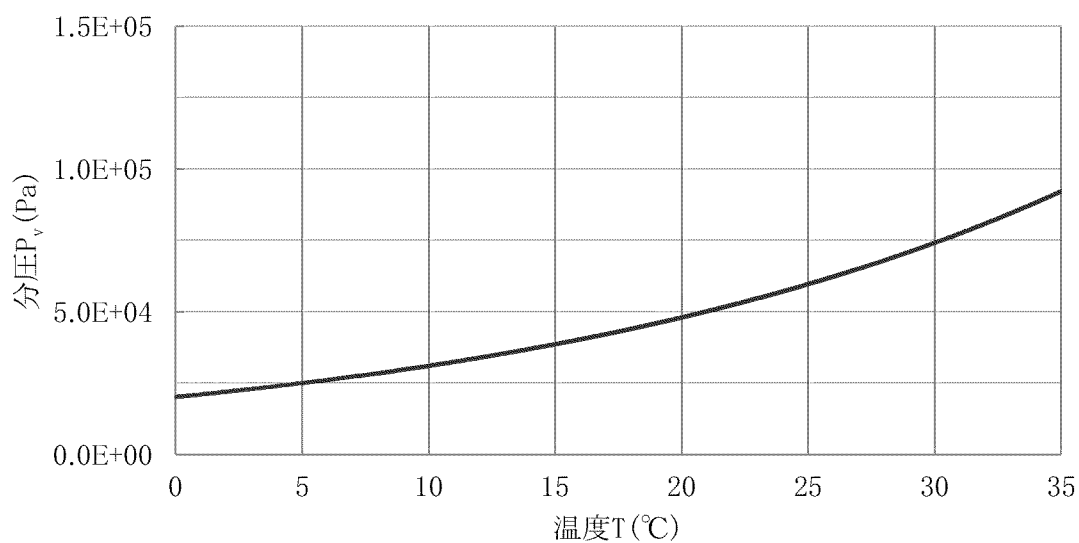




(塩酸 (35.0wt%) の分圧曲線) (注)

(注) 「Mary Evans, Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA, USDOC (1993)」を基に塩酸 (35.0wt%) の分圧  $P_v$  (Pa) を評価

第 7 図 有毒化学物質に係る評価条件 (有毒化学物質の分圧) (1/2)

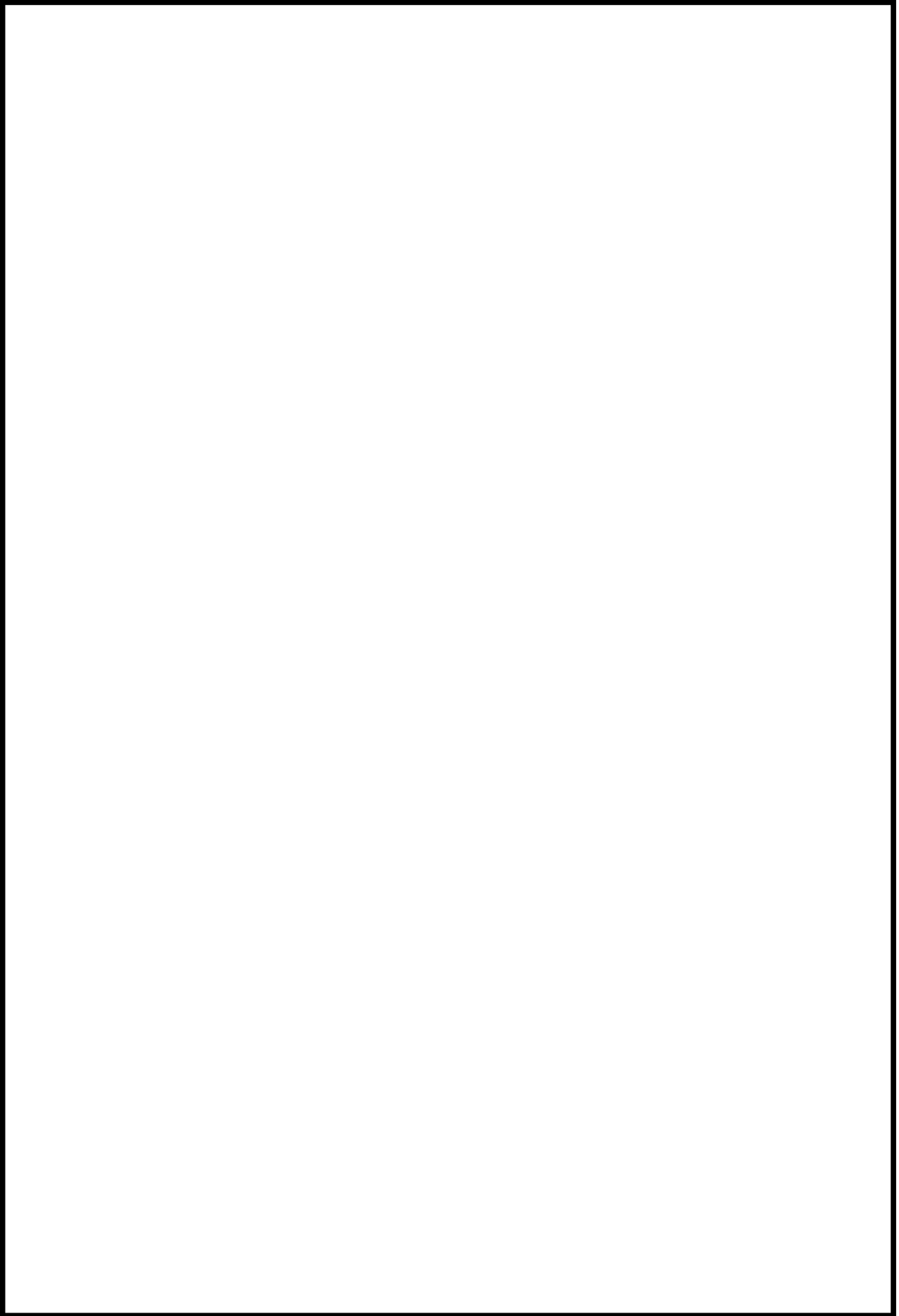


(アンモニア (25.0wt%) の分圧曲線)<sup>(注)</sup>

(注) 「Thomas A. Wilson, The Total and Partial Vapor Pressures of Aqueous Ammonia Solutions, University of Illinois, 1925」を基にアンモニア (25.0wt%) の分圧  $P_v$  (Pa) を評価

第7図 有毒化学物質に係る評価条件 (有毒化学物質の分圧) (2/2)

第 8 図 敷地内固定源





第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（1/3）



第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（2/3）



第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（3/3）

## 添付図面目次

第 1-1 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（発電所全体図）
第 1-2 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図(1/4)）
第 1-3 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図(2/4)）
第 1-4 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図(3/4)）
第 1-5 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（平面図(4/4)）
第 1-6 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図(1/4)）
第 1-7 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図(2/4)）
第 1-8 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図(3/4)）
第 1-9 図	主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図（断面図(4/4)）
第 2 図	単線結線図
第 3 図	環境測定装置の構造図（可搬型気象観測装置）
第 4 図	環境測定装置の取付箇所を明示した図面（可搬型気象観測装置） 屋外
第 5-1 図	通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟（EL.42.7m）
第 5-2 図	通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟（EL.37.6m）
第 5-3 図	通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟（EL.30.75m）

- 第 5-4 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.25.3m)
- 第 5-5 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.20.3m)
- 第 5-6 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.15.0m)
- 第 5-7 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.21.2m)
- 第 5-8 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.15.0m)
- 第 5-9 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.19.925m)
- 第 5-10 図 通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.15.0m)
- 第 6-1 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.37.6m)
- 第 6-2 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.30.75m)
- 第 6-3 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.25.3m)
- 第 6-4 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.20.3m)



- 第 6-5 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.15.0m)
- 第 6-6 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.25.3m)
- 第 6-7 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.21.2m)
- 第 6-8 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.15.0m)
- 第 6-9 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.25.3m)
- 第 6-10 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.19.925m)
- 第 6-11 図 安全避難通路を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.15.0m)
- 第 7-1 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.37.6m)
- 第 7-2 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.30.75m)
- 第 7-3 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.25.3m)
- 第 7-4 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.20.3m)

- 第 7-5 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟 (EL.15.0m)
- 第 7-6 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.25.3m)
- 第 7-7 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.21.2m)
- 第 7-8 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) (EL.15.0m)
- 第 7-9 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.25.3m)
- 第 7-10 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.19.925m)
- 第 7-11 図 非常用照明の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) (EL.15.0m)
- 第 8 図 計測装置の検出器の取付箇所を明示した図面 (計測装置)  
緊急時対策棟 (EL.25.3m)
- 第 9-1 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面 (換気設備)  
屋外
- 第 9-2 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面 (換気設備)  
緊急時対策棟 (EL.37.6m)
- 第 9-3 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面 (換気設備)  
緊急時対策棟 (EL.30.75m)

第 9-4 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(1/5)

第 9-5 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(2/5)

第 9-4 図及び第 9-5 図の補足

第 9-6 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(3/5)

第 9-7 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(4/5)

第 9-8 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（換気設備）(5/5)

第 9-6 図から第 9-8 図の補足

第 9-9 図 放射線管理施設に係る機器の配置を明示した図面（生体遮蔽装置）  
屋外

第 10-1 図 放射線管理施設の系統図（換気設備）(1/2)（設計基準対象施設）

第 10-2 図 放射線管理施設の系統図（換気設備）(2/2)（重大事故等対処設備）

第 11-1 図 放射線管理用計測装置の検出器の取付箇所を明示した図面  
（放射線管理用計測装置） 屋外(1/2)

第 11-2 図 放射線管理用計測装置の検出器の取付箇所を明示した図面  
（放射線管理用計測装置） 屋外(2/2)

第 12-1 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
緊急時対策所エリアモニタ

第 12-2 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
可搬型モニタリングポスト

第 12-3 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
可搬型エリアモニタ

第 12-4 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
電離箱サーベイメータ

第 12-5 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
NaI シンチレーションサーベイメータ

第 12-6 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
GM 汚染サーベイメータ

第 12-7 図 放射線管理施設の構造図（放射線管理用計測装置）  
ZnS シンチレーションサーベイメータ

第 12-8 図 放射線管理施設の構造図（換気設備）  
空気ポンプ（緊急時対策所用）

第 12-8 図の補足

第 12-9 図 放射線管理施設の構造図（換気設備）  
緊急時対策所非常用空気浄化ファン

第 12-9 図の補足

第 12-10 図 放射線管理施設の構造図（換気設備）  
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット(1/2)

第 12-11 図 放射線管理施設の構造図（換気設備）  
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット(2/2)

第 12-10 図及び第 12-11 図の補足

第 12-12 図 放射線管理施設の構造図（生体遮蔽装置）  
緊急時対策所遮蔽（緊急時対策棟内）(1/2)

第 12-13 図 放射線管理施設の構造図（生体遮蔽装置）  
緊急時対策所遮蔽（緊急時対策棟内）(2/2)

第 12-12 図及び第 12-13 図の補足

第 13-1 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
屋外

第 13-2 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）(EL.15.0m)

第 13-3 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
燃料設備(1/4)

第 13-4 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
燃料設備(2/4)

第 13-5 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
燃料設備(3/4)

第 13-6 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面（非常用発電装置）  
燃料設備(4/4)

第 13-3 図から第 13-6 図の補足

第 14-1 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の燃料系統図（非常用発電装置）(1/2)  
（設計基準対象施設）

第 14-2 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の燃料系統図（非常用発電装置）(2/2)  
（重大事故等対処設備）

第 15-1 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車

第 15-1 図の補足

第 15-2 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車燃料油サービスタンク

第 15-2 図の補足

第 15-3 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車用給油ポンプ

第 15-3 図の補足

第 15-4 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク

第 15-4 図の補足

第 15-5 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車

第 15-5 図の補足

第 15-6 図 その他発電用原子炉の附属施設  
非常用電源設備の構造図（非常用発電装置）  
緊急時対策所用発電機車保護継電器

第 16-1 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図  
（火災区域構造物及び火災区画構造物）  
緊急時対策棟（EL.37.6m）

第 16-2 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図  
（火災区域構造物及び火災区画構造物）  
緊急時対策棟（EL.30.75m, EL.28.2m）

第 16-3 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図  
（火災区域構造物及び火災区画構造物）  
緊急時対策棟（EL.25.3m）

第 16-4 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図  
（火災区域構造物及び火災区画構造物）  
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（EL.21.2m）

- 第 16-5 図      その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面及び構造図  
（火災区域構造物及び火災区画構造物）  
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（EL.15.0m）
- 第 16-1 図から第 16-5 図の補足
- 第 16-6 図      その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（1/1）  
緊急時対策棟（EL.30.75m）
- 第 16-7 図      その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（1/22）
- 第 16-8 図      その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（2/22）
- 第 16-9 図      その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（3/22）
- 第 16-10 図     その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（4/22）
- 第 16-11 図     その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（5/22）
- 第 16-12 図     その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（6/22）
- 第 16-13 図     その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（7/22）



- 第 16-14 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（8/22）
- 第 16-15 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（9/22）
- 第 16-16 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（10/22）
- 第 16-17 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（11/22）
- 第 16-18 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（12/22）
- 第 16-19 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（13/22）
- 第 16-20 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（14/22）
- 第 16-21 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（15/22）
- 第 16-22 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（16/22）
- 第 16-23 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（17/22）
- 第 16-24 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）（18/22）

第 16-25 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）(19/22)

第 16-26 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）(20/22)

第 16-27 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）(21/22)

第 16-28 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）(22/22)

第 16-7 図から第 16-28 図の補足

第 16-29 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の構造図（消火設備）  
ハロンボンベ（緊急時対策棟用）

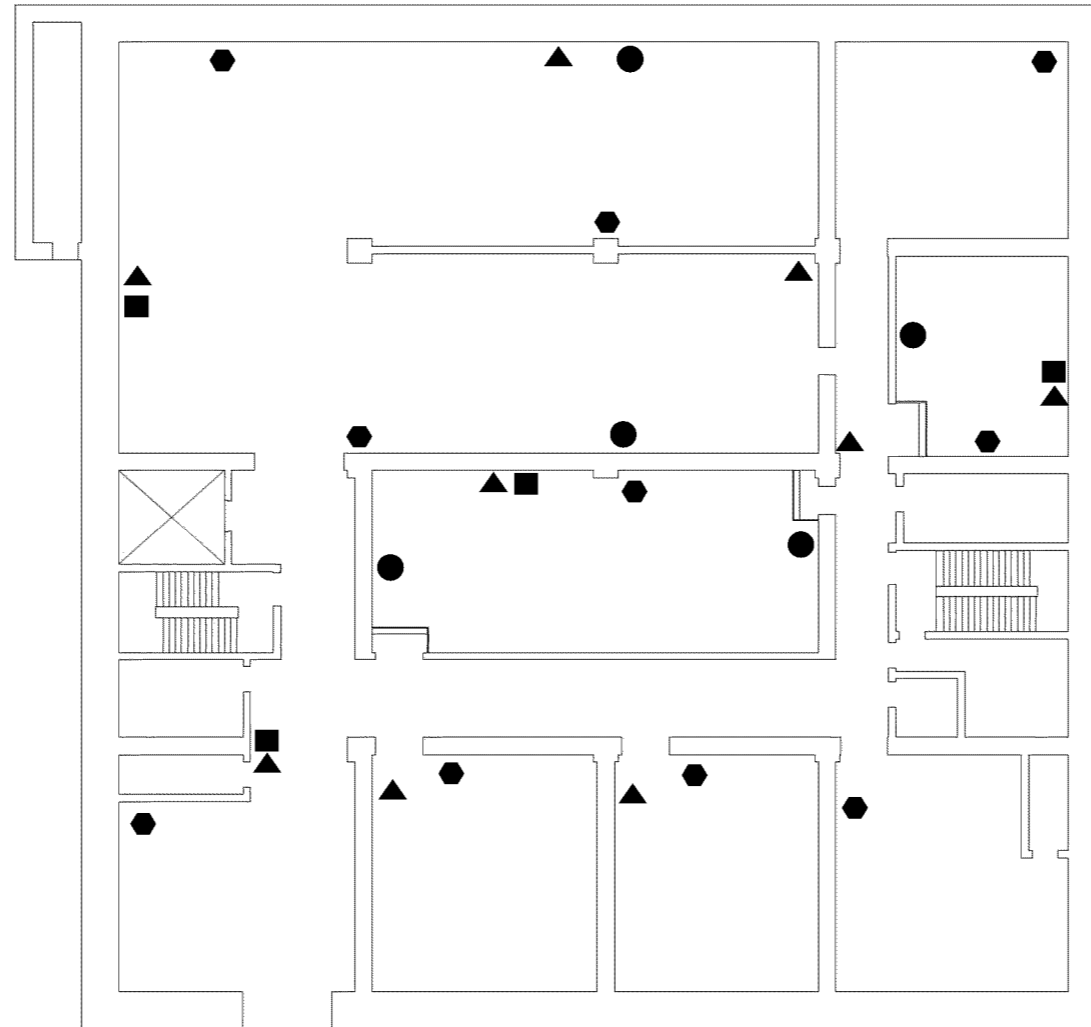
第 16-29 図の補足

第 17-1 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図（消火設備）(1/3)

第 17-2 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図（消火設備）(2/3)

第 17-3 図 その他発電用原子炉の附属施設  
火災防護設備の系統図（消火設備）(3/3)

第 18 図 その他発電用原子炉の附属施設  
緊急時対策所の設置場所を明示した図面（緊急時対策所機能）  
屋外



緊急時対策棟 EL.30.75m

※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

※3,4号機共用

凡 例

- ページング装置 (ハンドセット)
- ▲ ページング装置 (スピーカ)
- 保安電話
- 保安電話 (PHS 基地局)

PHS : パーソナルハンディホンシステム

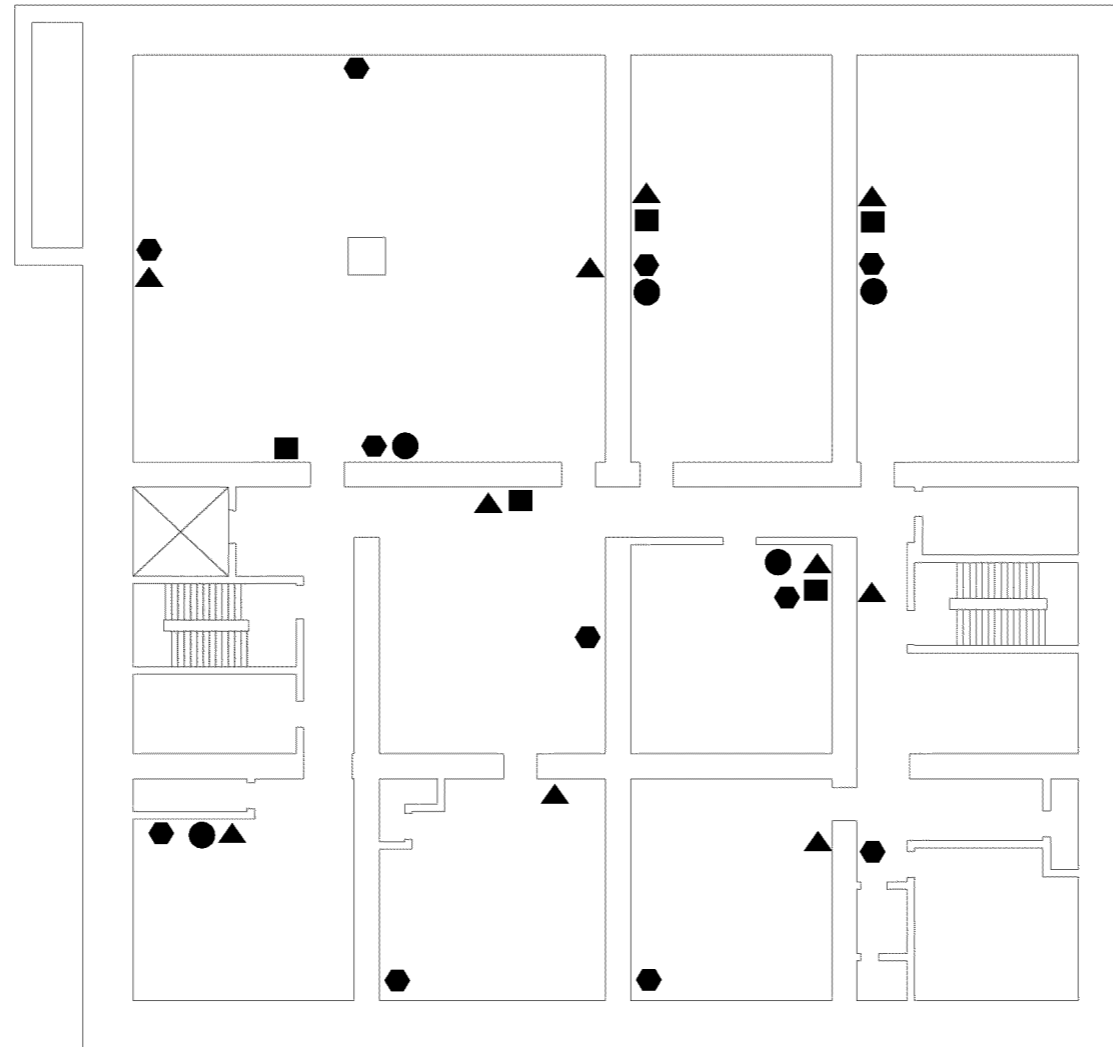
設計及び工事計画認可申請	第5-3図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟(EL.30.75m)	
九州電力株式会社	

設計及び工事計画認可申請 | 第5-4図

玄海原子力発電所第3号機

通信連絡設備の取付箇所を明示した図面  
緊急時対策棟(EL.25.3m)

九州電力株式会社



緊急時対策棟 EL.20.3m

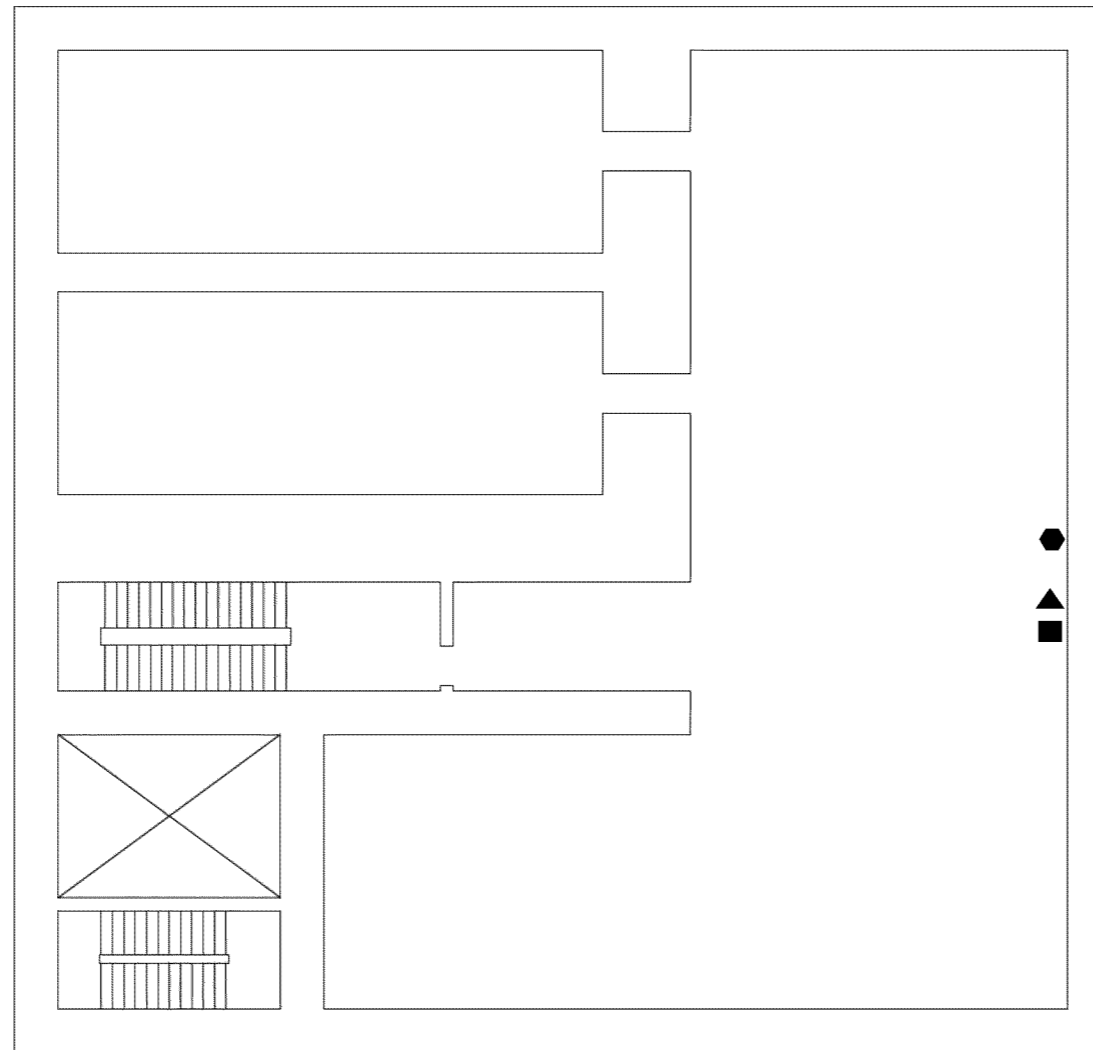
※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

凡 例

- ページング装置 (ハンドセット)
  - ▲ ページング装置 (スピーカ)
  - 保安電話
  - 保安電話 (PHS 基地局)
- PHS : パーソナルハンディホンシステム

※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第5-5図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟(EL.20.3m)	
九州電力株式会社	



緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備） EL.21.2m

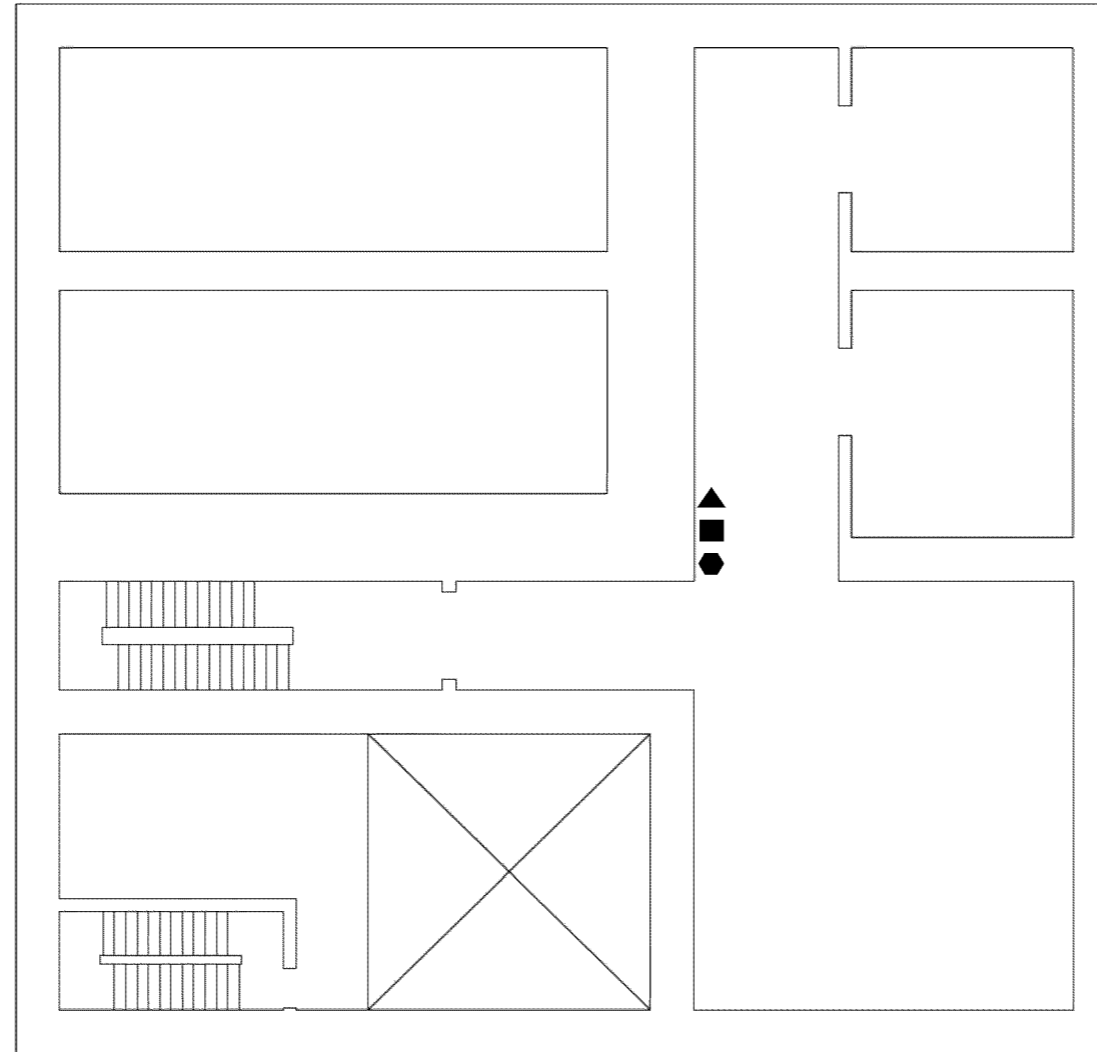
※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

※3,4号機共用

凡 例

- ページング装置（ハンドセット）
  - ▲ ページング装置（スピーカ）
  - 保安電話（PHS 基地局）
- PHS：パーソナルハンディホンシステム

設計及び工事計画認可申請	第5-7図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）(EL. 21.2m)	
九州電力株式会社	



緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備） EL.15.0m

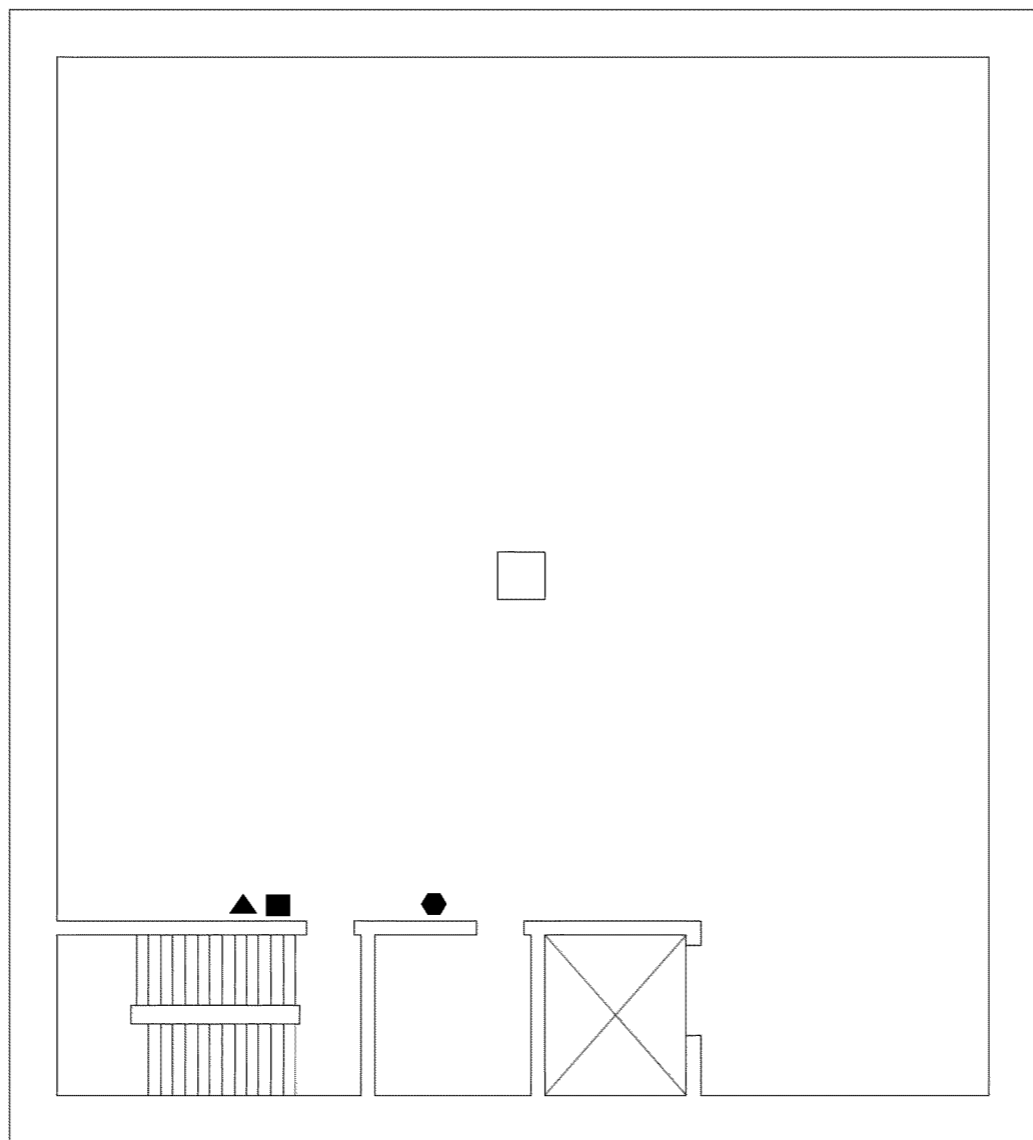
※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

※3,4号機共用

凡 例

- ページング装置（ハンドセット）
  - ▲ ページング装置（スピーカ）
  - 保安電話（PHS 基地局）
- PHS：パーソナルハンディホンシステム

設計及び工事計画認可申請	第5-8図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（EL.15.0m）	
九州電力株式会社	



緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備） EL.19.925m

※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

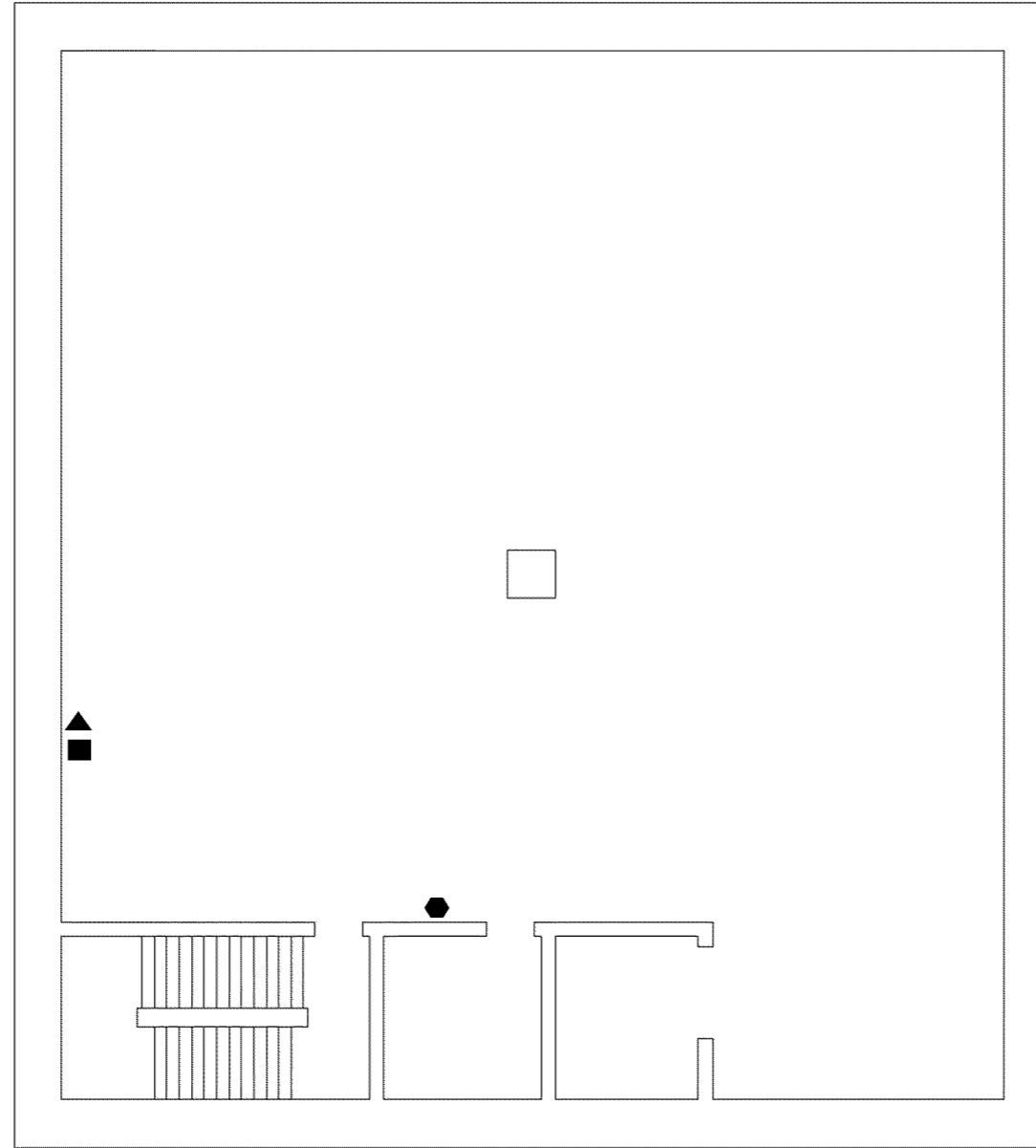
※3,4号機共用

凡 例

- ページング装置（ハンドセット）
  - ▲ ページング装置（スピーカ）
  - 保安電話（PHS 基地局）
- PHS：パーソナルハンディホンシステム

設計及び工事計画認可申請	第5-9 図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（EL.19.925m）	
九州電力株式会社	





緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備） EL.15.0m

※ 通信連絡設備の取付箇所及び数量は、通話確認試験の結果及び関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

※3,4号機共用

凡 例

- ページング装置（ハンドセット）
  - ▲ ページング装置（スピーカ）
  - 保安電話（PHS 基地局）
- PHS：パーソナルハンディホンシステム

設計及び工事計画認可申請	第5-10 図
玄海原子力発電所第3号機	
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（EL.15.0m）	
九州電力株式会社	



緊急時対策棟 EL.25.3m

※ 避難口誘導灯及び避難通路誘導灯の取付箇所及び数量は関係法令に基づく手続きにより適宜改善を図る。

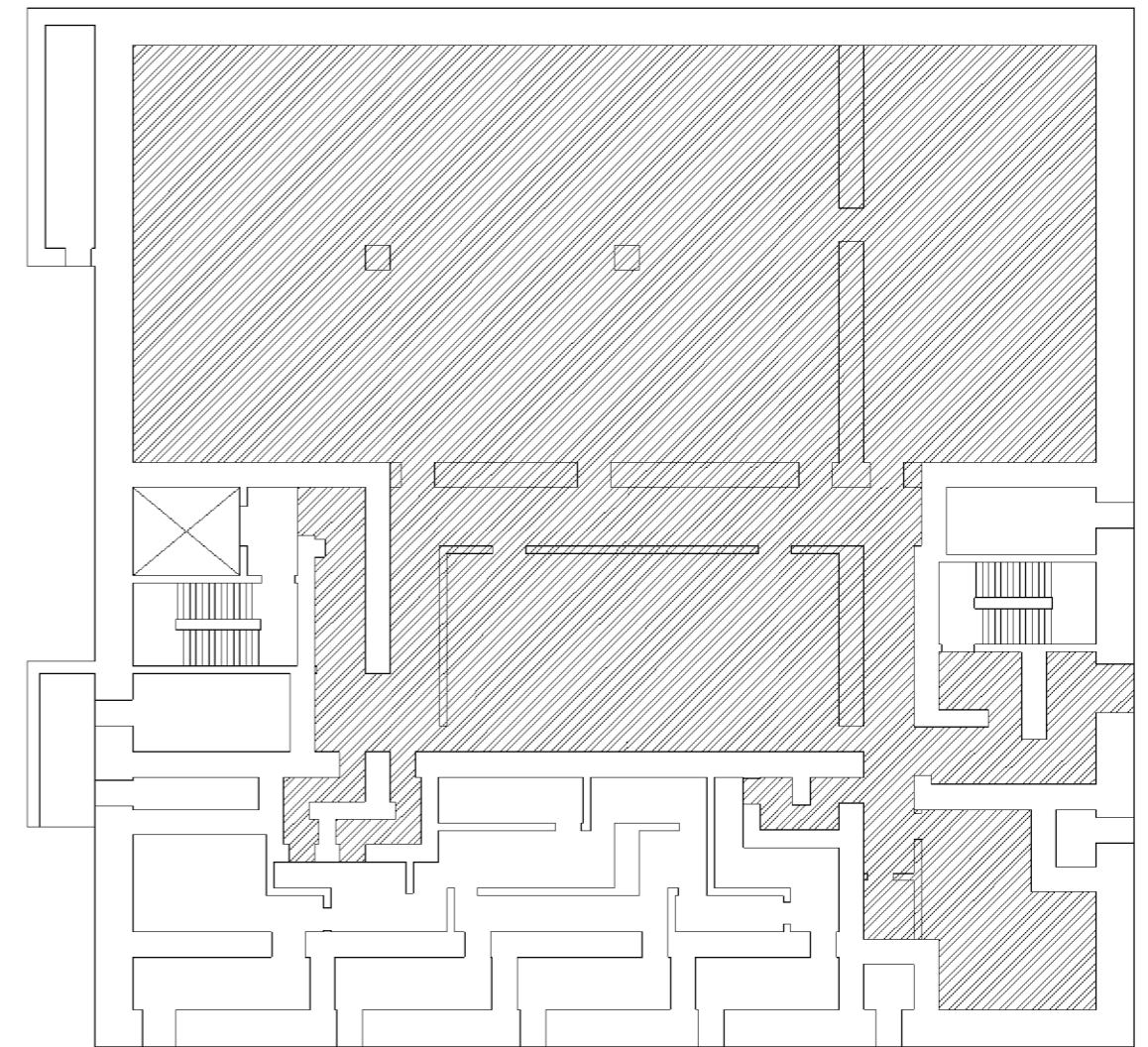
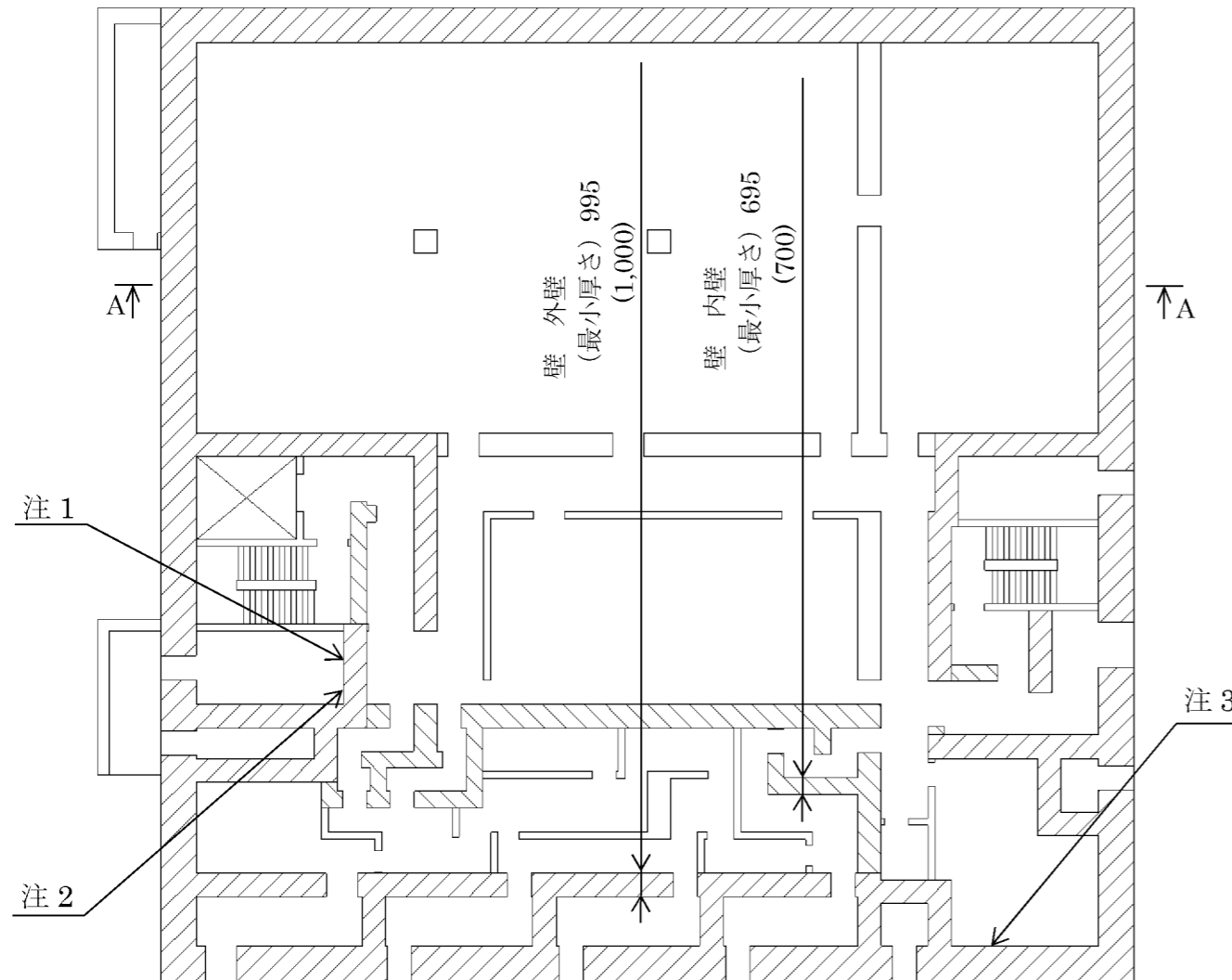
※3,4号機共用

凡例


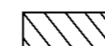
- 避難口誘導灯
- ← 避難通路誘導灯
- 非常灯

設計及び工事計画認可申請	第7-3図
玄海原子力発電所第3号機	
非常用照明の取付箇所を明示した図面 緊急時対策棟(EL.25.3m)	
九州電力株式会社	


主要目表			
名種	称類	冷却方法	材 料
緊急時対策所遮蔽 (緊急時対策棟内) (3,4号機共用)	壁	外壁	鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)
		内壁	鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)
	天井	自然冷却	鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)
	床	自然冷却	鉄筋コンクリート (比重2.15 以上)



緊急時対策棟 EL.25.3m

 : 緊急時対策所遮蔽 外壁  
 : 緊急時対策所遮蔽 内壁

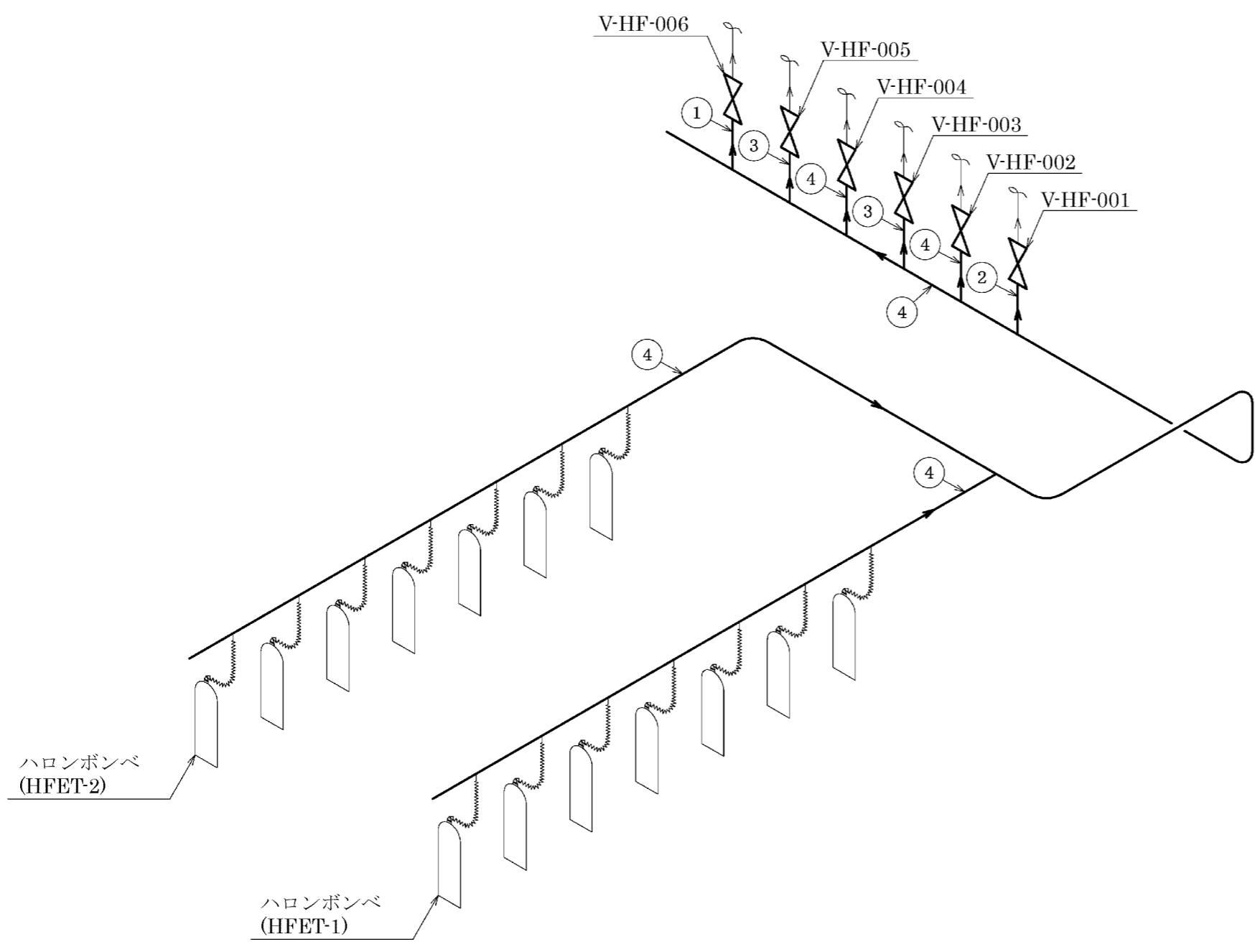
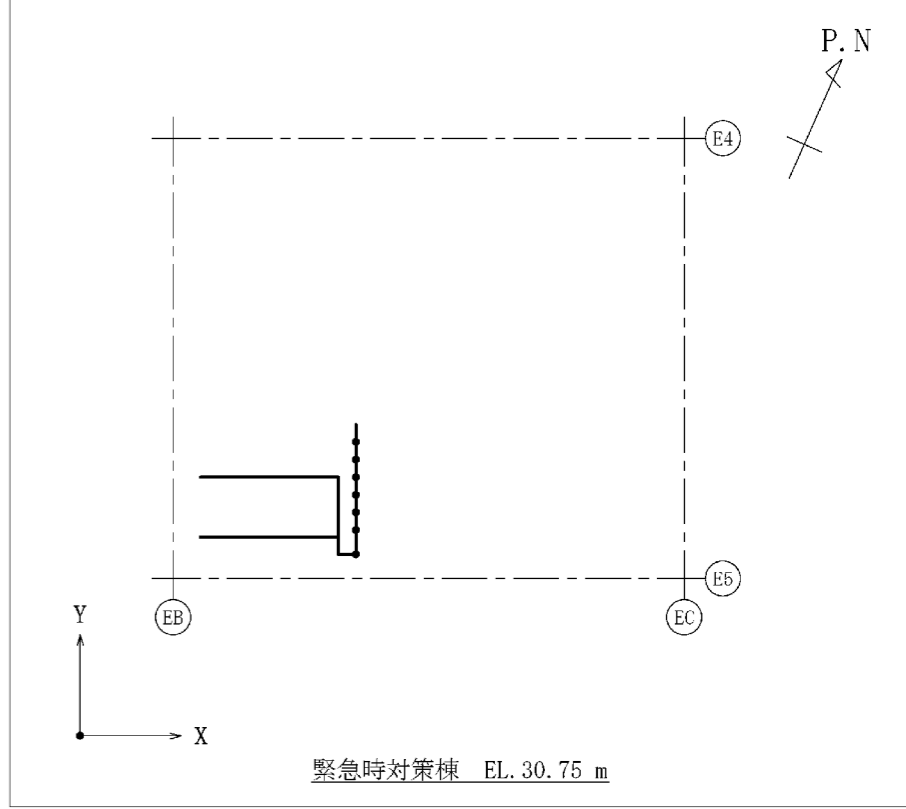
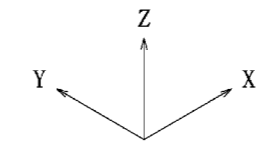
注1 給気ダクト開口 (1ヶ所)  
 注2 給気ダクト開口 (1ヶ所)  
 注3 排気ダクト開口 (1ヶ所)

 : 緊急時対策所遮蔽 天井、床  
 注4 天井については EL.30.75m 床を示す。

※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第 12-12 図
玄海原子力発電所第3号機	
放射線管理施設の構造図 (生体遮蔽装置)	
緊急時対策所遮蔽 (1/2)	
九州電力株式会社	

(単位: mm)

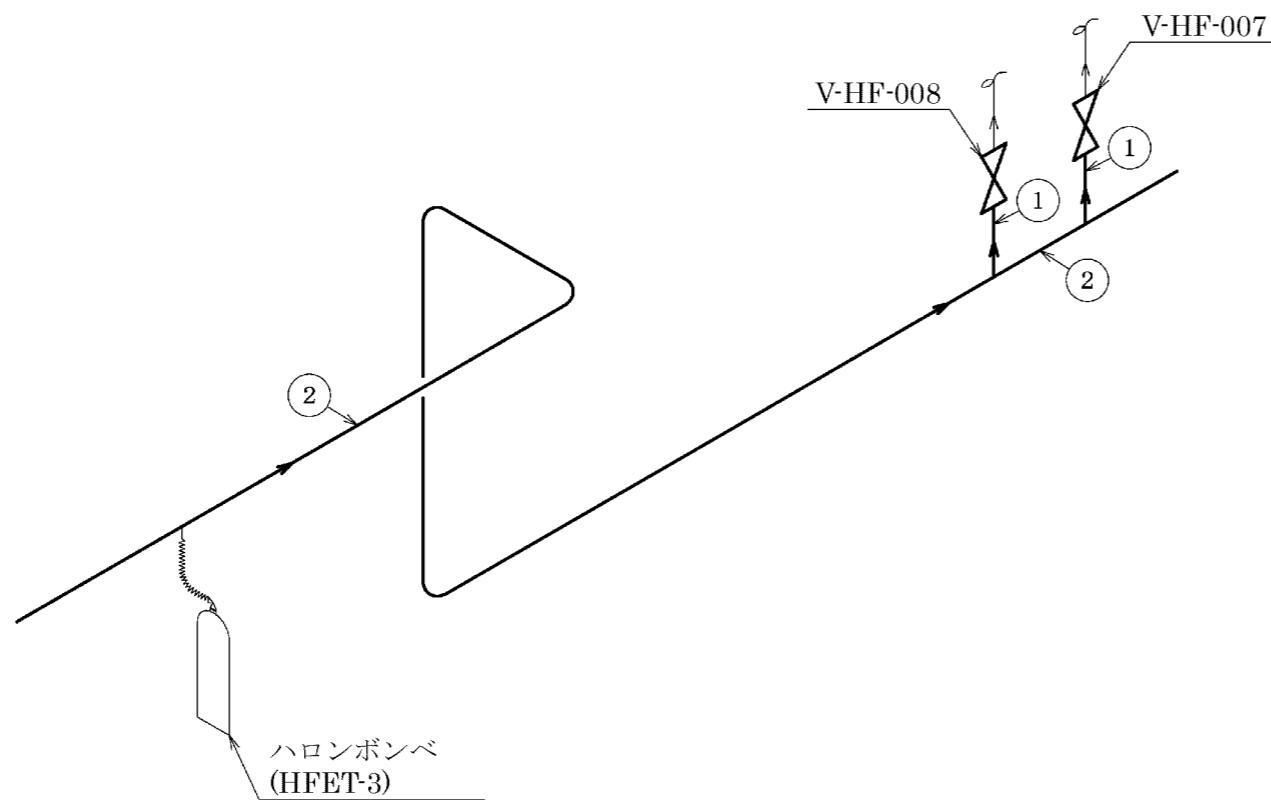
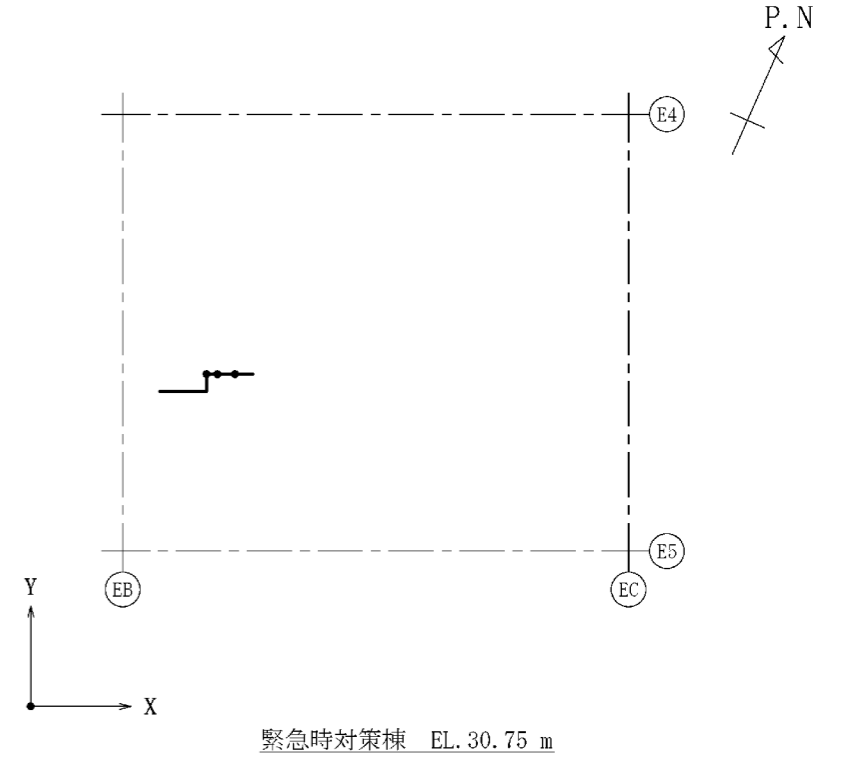
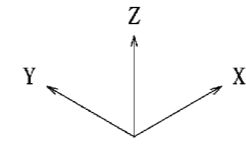


管の設計仕様			
番号	外径(mm)	厚さ(mm)	材料
1	42.7	3.6	SUS304TP
2	48.6	3.7	
3	76.3	5.2	
4	89.1	5.5	

※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第 16-18 図
玄海原子力発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の 配置を明示した図面 (消火設備) (12/22)	
九州電力株式会社	

(注1) 管の設計仕様の番号とアイソメ図中 ○ 内の番号は一致する。



管の設計仕様			
番号	外径(mm)	厚さ(mm)	材料
1	34.0	3.4	SUS304TP
2	48.6	3.7	

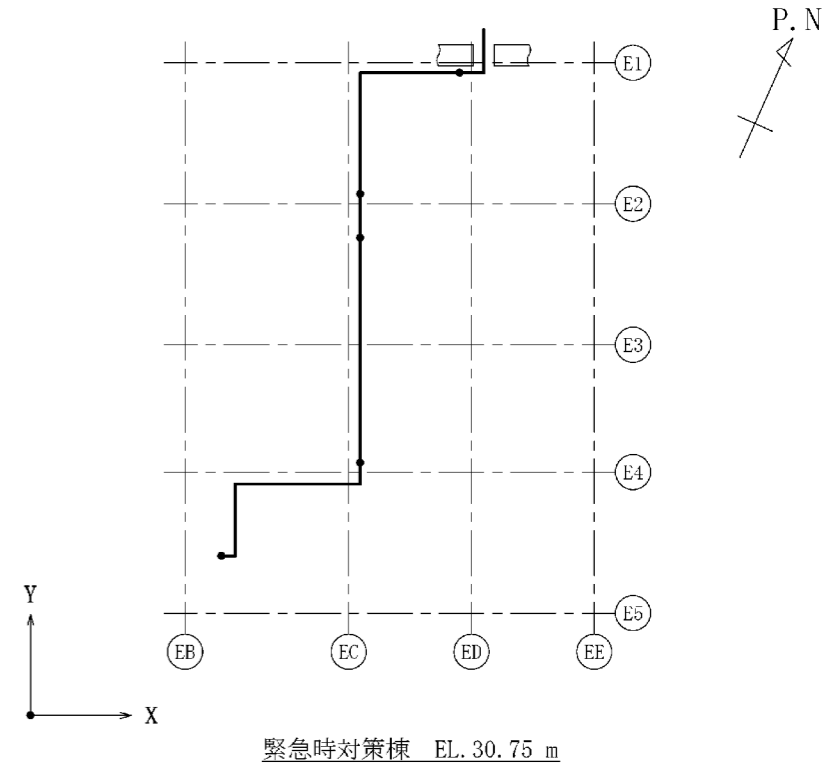
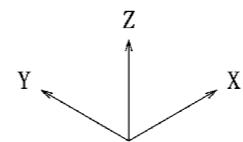
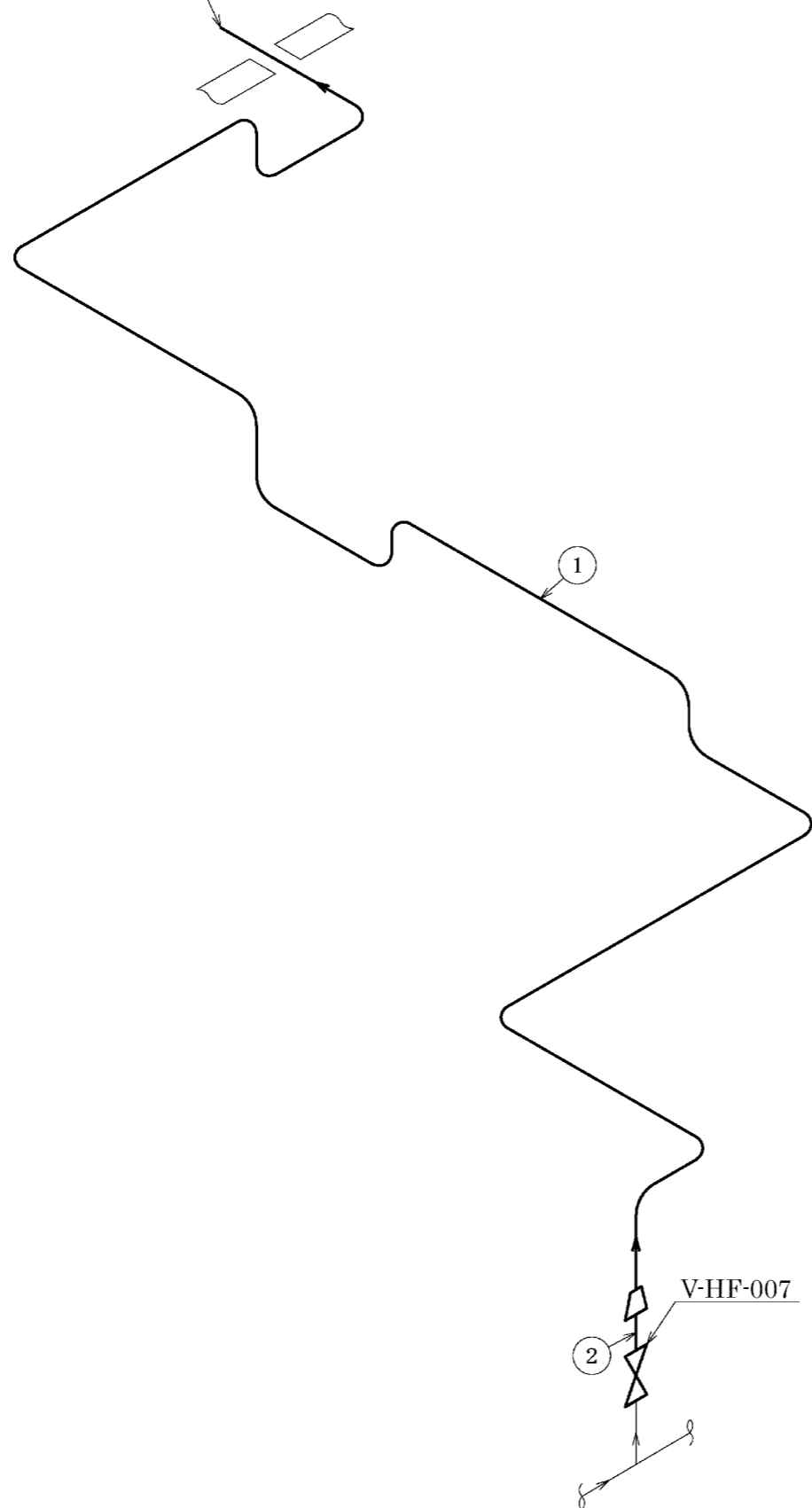
※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第 16-26 図
玄海原子力発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の 配置を明示した図面 (消火設備) (20/22)	
九州電力株式会社	

(注1) 管の設計仕様の番号とアイソメ図中 ○ 内の番号は一致する。

No TSC 1-16

配線スペース (1階1)



管の設計仕様			
番号	外径(mm)	厚さ(mm)	材料
1	27.2	2.9	SUS304TP
2	34.0	3.4	

※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第 16-27 図
玄海原子力発電所第3号機 その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の 配置を明示した図面 (消火設備) (21/22)	
九州電力株式会社	

(注1) 管の設計仕様の番号とアイソメ図中 ○ 内の番号は一致する。

第 16-7 図から第 16-28 図「その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備に係る機器の配置を明示した図面（消火設備）」の補足

(1) 配管の寸法許容範囲

工事計画記載の管に関する公称値（外径、厚さ）の許容範囲は次のとおり。

名 称		適用寸法	外径(mm)	厚さ(mm)	備 考	
火災防護 設備	管	3/4B	最大値	27.7	3.4	第 16-27 図 第 16-28 図
			公称値	27.2	2.9	
			最小値	26.7	2.4	
		1B	最大値	34.5	3.9	第 16-26 図 ~ 第 16-28 図
			公称値	34.0	3.4	
			最小値	33.5	2.9	
		1・1/4B	最大値	43.2	4.1	第 16-18 図 第 16-21 図 第 16-22 図 第 16-25 図
			公称値	42.7	3.6	
			最小値	42.2	3.1	
		1・1/2B	最大値	49.1	4.2	第 16-18 図 第 16-19 図 第 16-21 図 第 16-23 図 第 16-26 図
			公称値	48.6	3.7	
			最小値	48.1	3.2	
		2B	最大値	61.105	4.4	第 16-21 図 第 16-23 図
			公称値	60.5	3.9	
			最小値	59.895	3.4	
		2・1/2B	最大値	77.063	4.0	第 16-16 図 第 16-17 図
			公称値	76.3	3.5	
			最小値	75.537	3.0	
		2・1/2B	最大値	77.063	5.85	第 16-18 図 第 16-21 図 第 16-23 図 第 16-24 図
			公称値	76.3	5.2	
			最小値	75.537	4.55	
		2・1/2B	最大値	77.063	5.98	第 16-17 図
			公称値	76.3	5.2	
			最小値	75.537	4.55	

名 称		適用寸法	外径(mm)	厚さ(mm)	備 考	
火災防護 設備	管	3B	最大値	89.991	6.1875	第 16-18 図 第 16-20 図 第 16-23 図
			公称値	89.1	5.5	
			最小値	88.209	4.8125	
		4B	最大値	115.443	4.5	第 16-15 図 第 16-16 図
			公称値	114.3	4.0	
			最小値	113.157	3.5	
		6B	最大値	166.852	5.625	第 16-9 図 第 16-10 図 第 16-15 図
			公称値	165.2	5.0	
			最小値	163.548	4.375	
	6B	最大値	166.8	8.165	第 16-10 図 ~ 第 16-15 図	
		公称値	165.2	7.1		
		最小値	163.6	6.2125		
	8B	最大値	218.463	7.3125	第 16-7 図 ~ 第 16-9 図	
		公称値	216.3	6.5		
		最小値	214.137	5.6875		



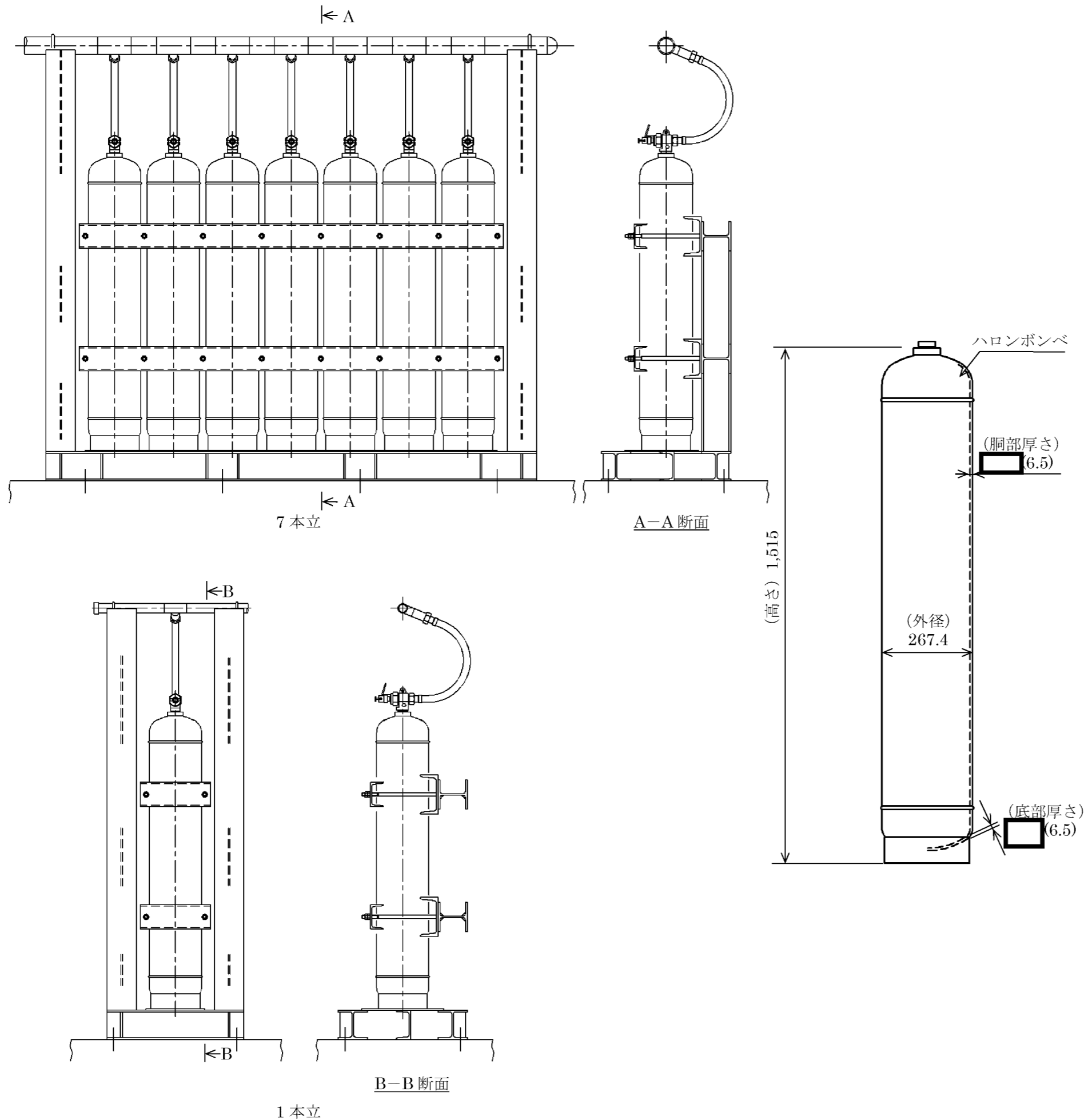
(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる JIS に定める許容差は次のとおり。

名 称		外 径(mm)	厚 さ(mm)	根 拠	
火災防護 設備	管	3/4B	公称値±0.5 (27.2±0.5)	公称値±0.5 (2.9±0.5)	JIS G 3459
		1B	公称値±0.5 (34.0±0.5)	公称値±0.5 (3.4±0.5)	
		1・1/4B	公称値±0.5 (42.7±0.5)	公称値±0.5 (3.6±0.5)	
		1・1/2B	公称値±0.5 (48.6±0.5)	公称値±0.5 (3.7±0.5)	
		2B	公称値±1% (60.5±0.605)	公称値±0.5 (3.9±0.5)	
		2・1/2B	公称値±1% (76.3±0.763)	公称値±0.5 (3.5±0.5)	
		2・1/2B	公称値±1% (76.3±0.763)	公称値±12.5% (5.2±0.65)	
		2・1/2B	公称値±1% (76.3±0.763)	公称値 <sup>+15%</sup> -12.5% (5.2+0.78) (5.2-0.65)	JIS G 3454
		3B	公称値±1% (89.1±0.891)	公称値±12.5% (5.5±0.6875)	JIS G 3459
		4B	公称値±1% (114.3±1.143)	公称値±12.5% (4.0±0.5)	
		6B	公称値±1% (165.2±1.652)	公称値±12.5% (5.0±0.625)	
		6B	公称値±1.6 (165.2±1.6)	公称値 <sup>+15%</sup> -12.5% (7.1+1.065) (7.1-0.8875)	JIS G 3454
8B	公称値±1% (216.3±2.163)	公称値±12.5% (6.5±0.8125)	JIS G 3459		

出典：JIS G 3454 「圧力配管用炭素鋼鋼管」

JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼鋼管」



主要目表			
種類	—	鋼製容器	
容量	ℓ/個	70 以上(70)	
最高使用圧力	MPa	5.2	
最高使用温度	℃	40	
材料	—	SM520B	
個数	—	15	
取付箇所	系統名 (ライン名)	—	ハロン消火系統
	設置床	—	緊急時対策棟 [ EL.30.75m : 15本 ]
	溢水防護上の 区画番号	—	
	溢水防護上の 配慮が必要な 高さ	—	—

※3,4号機共用

設計及び工事計画認可申請	第 16-29 図
玄海原子力発電所第 3 号機	
その他発電用原子炉の附属施設 火災防護設備の構造図 (消火設備) ハロンボンベ (緊急時対策棟用)	
九州電力株式会社	

(単位 : mm)

設計及び工事計画認可申請 第 17-1 図

玄海原子力発電所第 3 号機

その他発電用原子炉の附属施設

火災防護設備の系統図

(消火設備) (1/3)

九州電力株式会社

設計及び工事計画認可申請 第17-3図

玄海原子力発電所第3号機

その他発電用原子炉の附属施設

火災防護設備の系統図

(消火設備) (3/3)

九州電力株式会社