

VI-2-5-6 原子炉冷却材補給設備の耐震性についての計算書

VI-2-5-6-1 原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書

VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書
(原子炉隔離時冷却系)

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	18
3.1 計算方法	18
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	19
3.3 設計条件	21
3.4 材料及び許容応力	41
3.5 設計用地震力	42
4. 解析結果及び評価	43
4.1 固有周期及び設計震度	43
4.2 評価結果	61
4.2.1 管の応力評価結果	61
4.2.2 支持構造物評価結果	65
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	66
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	67

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉隔離時冷却系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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





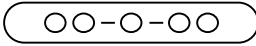
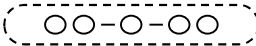

(3) 弁

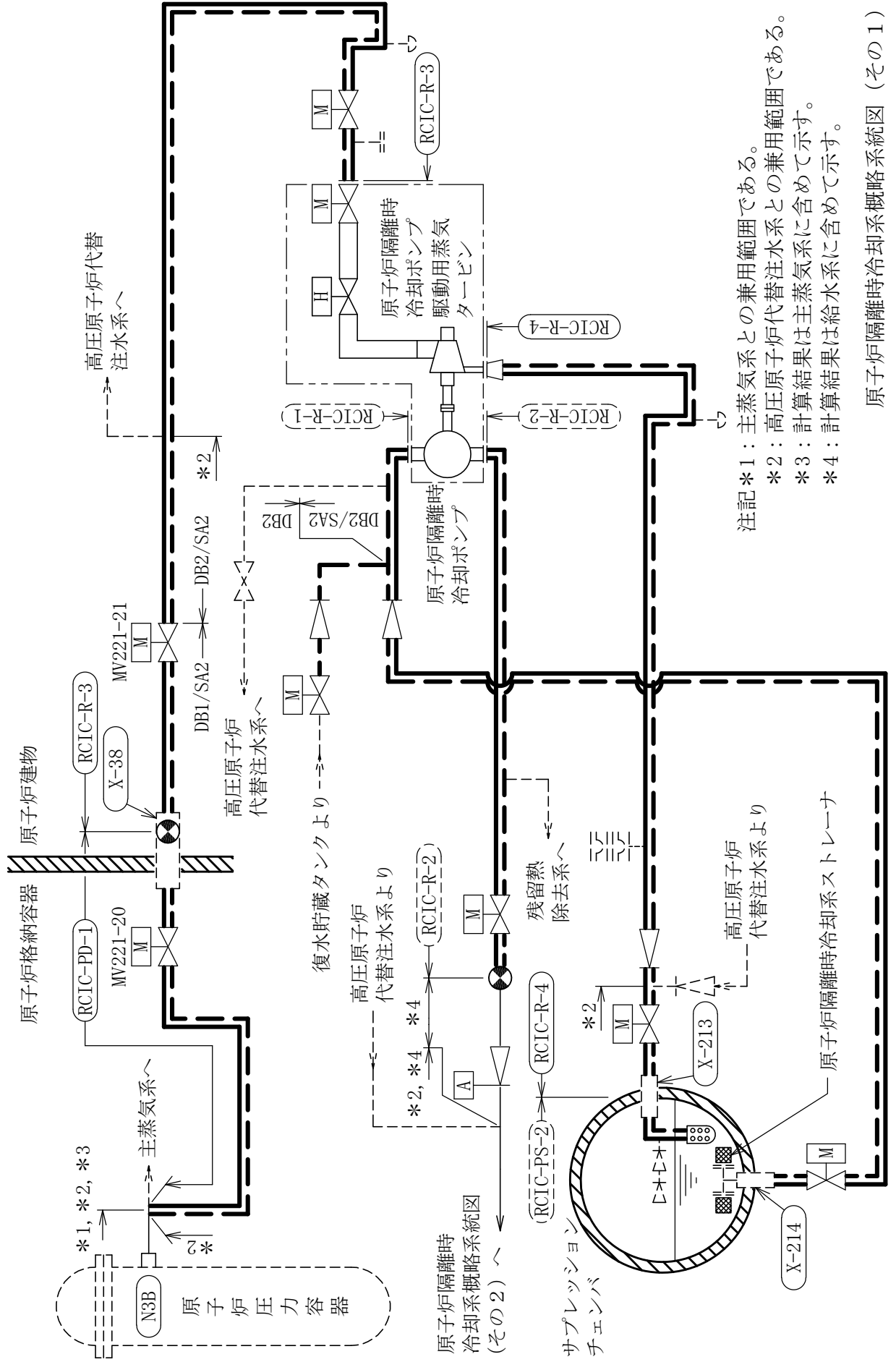
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

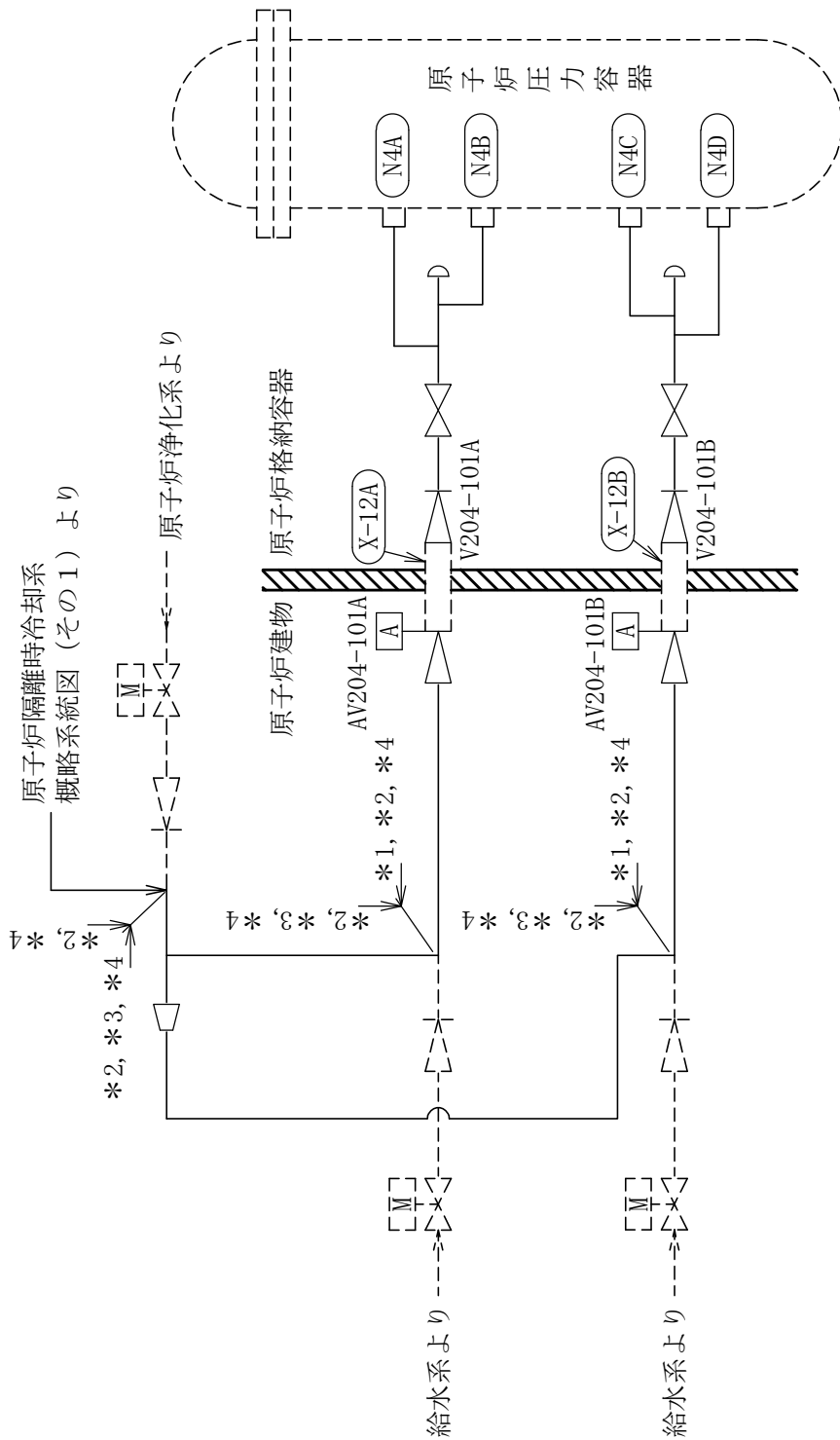
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管





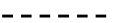


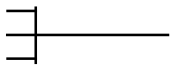
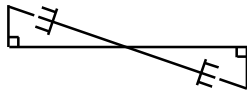
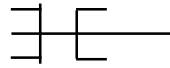
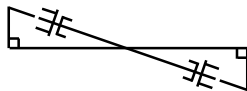

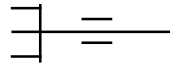
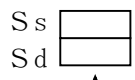

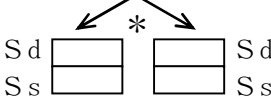
原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その1)

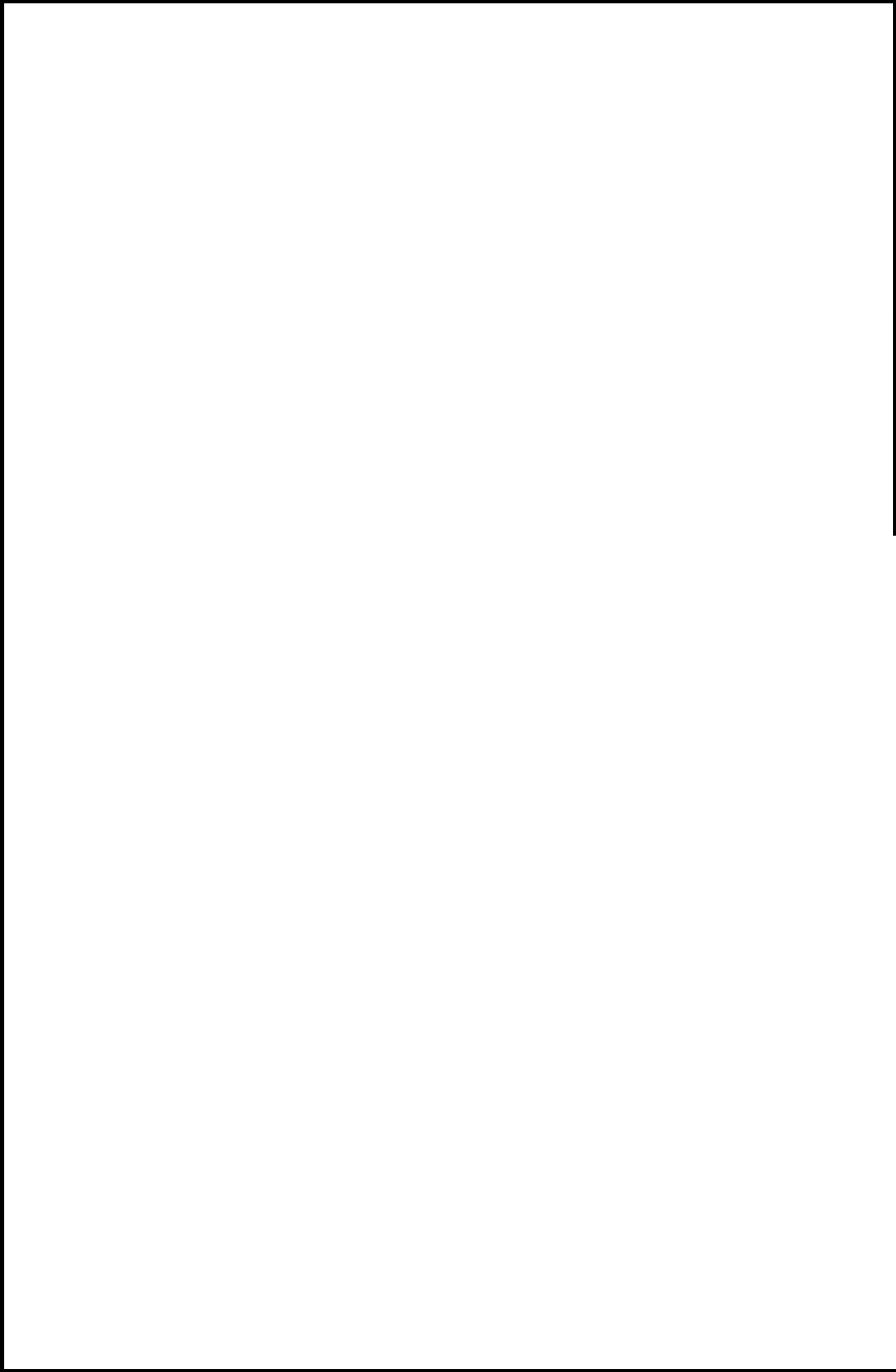


- 注記 * 1 : 給水系との兼用範囲である。
 * 2 : 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 * 3 : 原子炉浄化系との兼用範囲である。
 * 4 : 計算結果は給水系に含めて示す。

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また,  内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)
	注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図

RCIC-PD-1 (DB) (1/2)

鳥瞰図

RCIC-PD-1 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RCIC-PD-1 (SA) (1/2)

鳥瞰図

RCIC-PD-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCIC-R-3 (DB) (2/2)

鳥瞰図

RCIC-R-3 (SA) (2/2)

鳥瞰図

RCIC-R-4 (DB) (2/2)

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材補給設備	原子炉隔離時冷却系	DB	—	クラス1管 クラス2管	S	I _L +S _d	III _A S
							II _L +S _d	
							I _L +S _s	
							II _L +S _s	
							IV _L (L)+S _d ^{*6}	
	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压原子炉代替注水系	SA	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	—	I _L +S _s	IV _A S
							II _L +S _s	
							IV _L (L)+S _d ^{*6}	
							V _L (L)+S _d ^{*6, *7, *8, *9}	
							V _L (L L)+S _s ^{*6, *7, *10}	
							V _L +S _s ^{*11}	
	原子炉隔離時冷却系	SA	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	I _L +S _s	IV _A S	
						II _L +S _s		
						IV _L (L)+S _d ^{*6}		
						V _L (L)+S _d ^{*6, *7, *8, *9}		
						V _L (L L)+S _s ^{*6, *7, *10}		
						V _L +S _s ^{*11}	V _A S	

荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
原子炉格納施設	原子炉格納容器安全設備	高压原子炉代替注水系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	I _L + S _S	IV _A S
							II _L + S _S	
							IV _L (L) + S _d ^{*6}	
							V _L (L) + S _d ^{*6, *7, *8, *9}	V _A S
							V _L (L L) + S _S ^{*6, *7, *10}	
V _L + S _S ^{*11}								

注記*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止（D B拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），

「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(L L)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_A Sは許容応力状態IV_A Sの許容限界を使用し，許容応力状態IV_A Sとして評価を実施する。

*6：原子炉冷却材圧力バウンダリにおいて考慮する。

*7：原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する。

*8：原子炉格納容器バウンダリは，事象の進展によっては，重大事故等時の最大荷重の発生タイミングが遅くなる可能性があることから，保守的に重大事故等時の最大荷重とS_d地震力の組合せを考慮する。

*9：原子炉格納容器バウンダリにおいては，原子炉格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用しない場合）における荷重条件を適用する。

*10：原子炉格納容器バウンダリにおいては，原子炉格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用する場合）における荷重条件を適用する。

*11：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから，重大事故等時の最大荷重とS_s地震力の組合せを考慮する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1N~1	III _A S	8.62	302
		IV _A S	8.62	302
		V _A S	8.62	302
2	1~25, 30~34	III _A S	8.62	302
		IV _A S	8.62	302
		V _A S	8.62	302

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~1	114.3	11.1	SFVC2B	S	185880
2	1~25, 30~34	114.3	11.1	STS42	S	185880

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

質量	対応する評価点
	1N～201, 401～501, 702～1201, 1301～1501, 1901～2001 2002～2101, 2201～25, 30～3001, 3301～34
	201～401, 501～702, 1201～1301, 1501～1901, 2001～2002 2101～2201, 3001～3301

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	25～26, 26～30		25, 30
	26		27
	29		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
25～26				26～27			
27～28				28～29			
26～30							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 4 **						
** 4 **						
8						
** 10 **						
** 10 **						
** 13 **						
** 13 **						
16						
** 17 **						
17						
21						
** 24 **						
28						
28						
** 33 **						
** 33 **						
37A						

S2 補 VI-2-5-6-1-3 R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	3~6	Ⅲ _A S	8.62	302
		Ⅳ _A S	8.62	302
		Ⅴ _A S	8.62	302
2	11~620, 623~80 80~87	Ⅲ _A S	8.62	302
		Ⅳ _A S	8.62	302
		Ⅴ _A S	8.62	302
3	620~623	Ⅲ _A S	8.62	302
		Ⅳ _A S	8.62	302
		Ⅴ _A S	8.62	302
4	91~103N	Ⅲ _A S	8.62	302
		Ⅳ _A S	8.62	302
		Ⅴ _A S	8.62	302

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3～6	114.3	11.1	STS42	S	186040
2	11～620, 623～80 80～87	114.3	11.1	STPT42	S	186040
3	620～623	114.3	11.1	STPT410	S	186040
4	91～103N	114.3	11.1	STPT42	S	201667

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点
	11～80, 80～87, 91～103N
	3～5
	5～6

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	103N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	6~7, 7~8		7~11
	6, 11		7
	8		10
	87, 91		88
	89		90

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
6~7				7~8			
8~9				9~10			
7~11				87~88			
88~89				89~8901			
8901~90				88~91			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1A						
9						
** 9 **						
** 12 **						
19						
24						
28						
31						
40						
45						
51						
57						
62						
6201						
66						
66						
76						
8901						
8901						
92						
92						
9501						
103N						

S2 補 VI-2-5-6-1-3 R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1N~4, 4~53 54~56, 58~60 64~65, 65~68	Ⅲ _A S	0.98	184
		Ⅳ _A S	0.98	184
		Ⅴ _A S	0.98	184
2	56~58	Ⅲ _A S	0.98	184
		Ⅳ _A S	0.98	184
		Ⅴ _A S	0.98	184

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~4, 4~53 54~56, 58~60 64~65, 65~68	267.4	9.3	STPT42	S	201667
2	56~58	267.4	9.3	STPT410	S	201667

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

質量	対応する評価点
	1N~2001
	2001~4, 4~8, 241Z~28, 34~37S, 66~68
	8~1301, 15~22, 28~34, 37S~39S, 41~43 47~53, 54~60
	1301~15, 39S~41
	22~241Z
	43~47, 64~66

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

質量	対応する評価点
	1N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	53～54		60～61, 61～62
	61～64		60, 64
	61		62
	63		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
53～54				60～61			
61～62				62～6201			
6201～63				61～64			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 10 **						
** 10 **						
14						
21						
21						
32						
45						
49						
5801						
** 59 **						
6201						
6201						
** 70N **						
** 70N **						
** 70N **						

S2 補 VI-2-5-6-1-3 R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS42	302	122	—	—	—
STPT42	302	—	182	404	—
STPT410	302	—	182	404	—
STPT42	184	—	209	404	—
STPT410	184	—	209	404	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき策定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
RCIC-PD-1	ガンマ線遮蔽壁				
RCIC-R-3	原子炉建物				
RCIC-R-4	原子炉建物				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

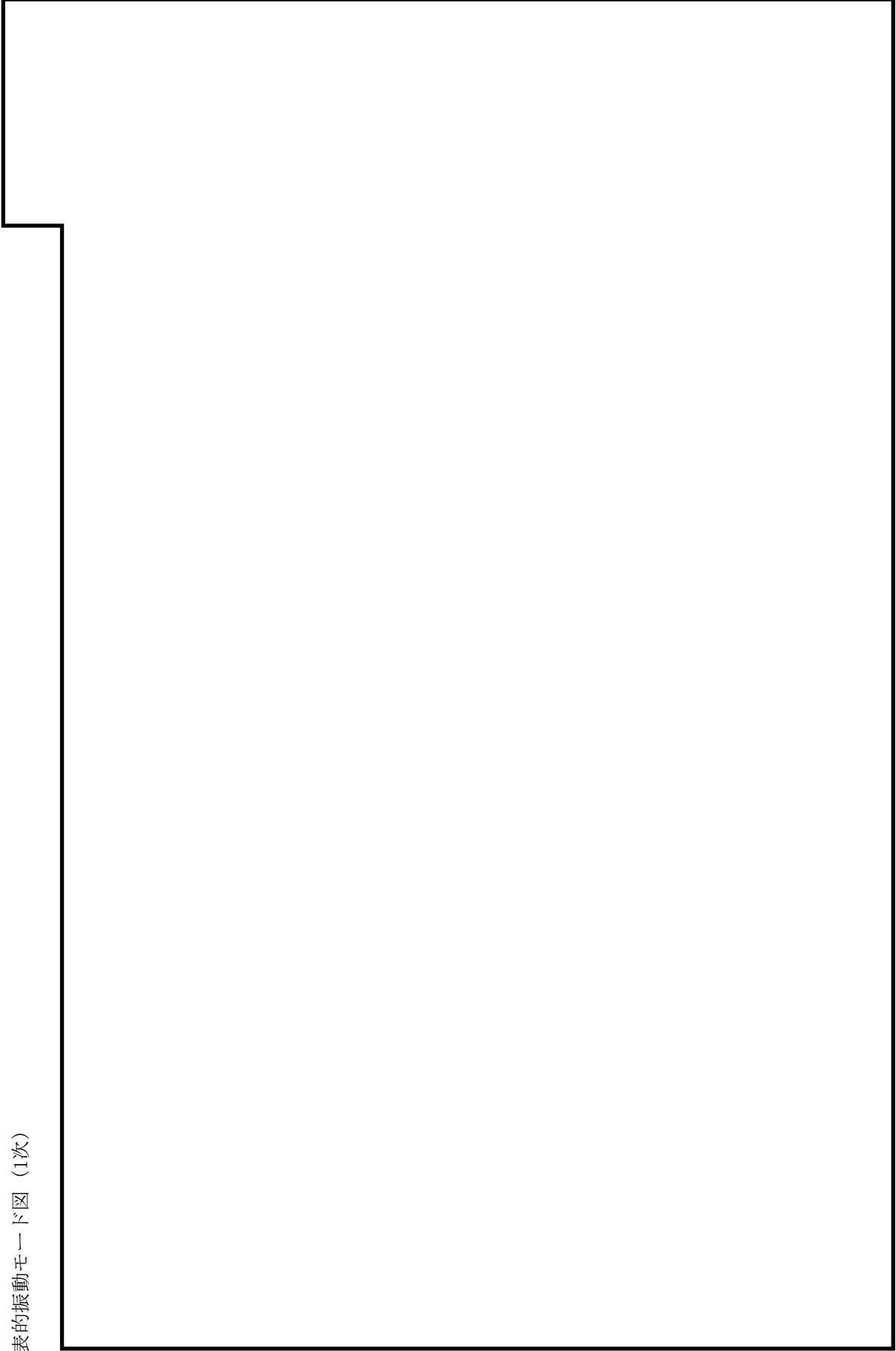
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

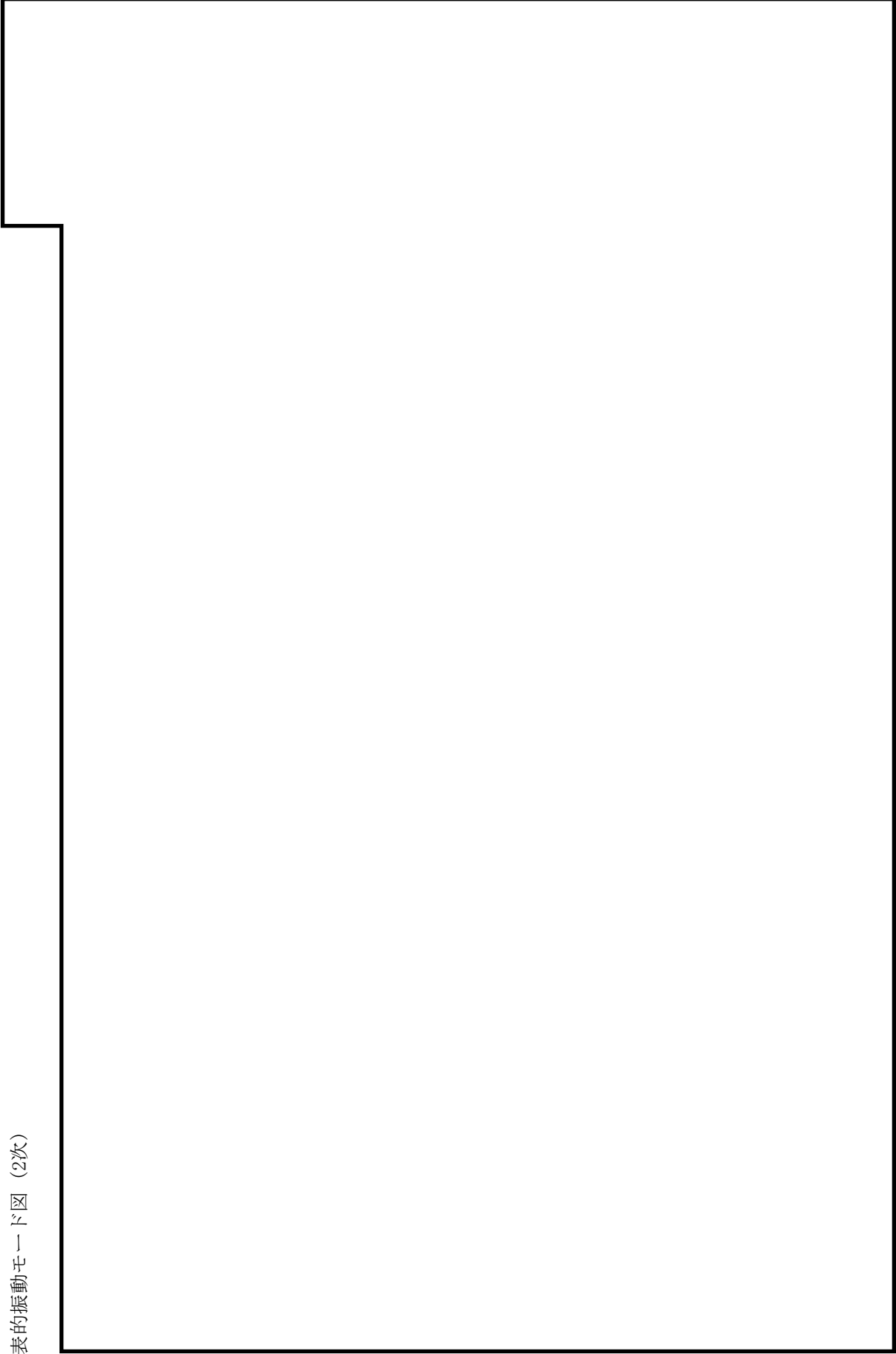
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

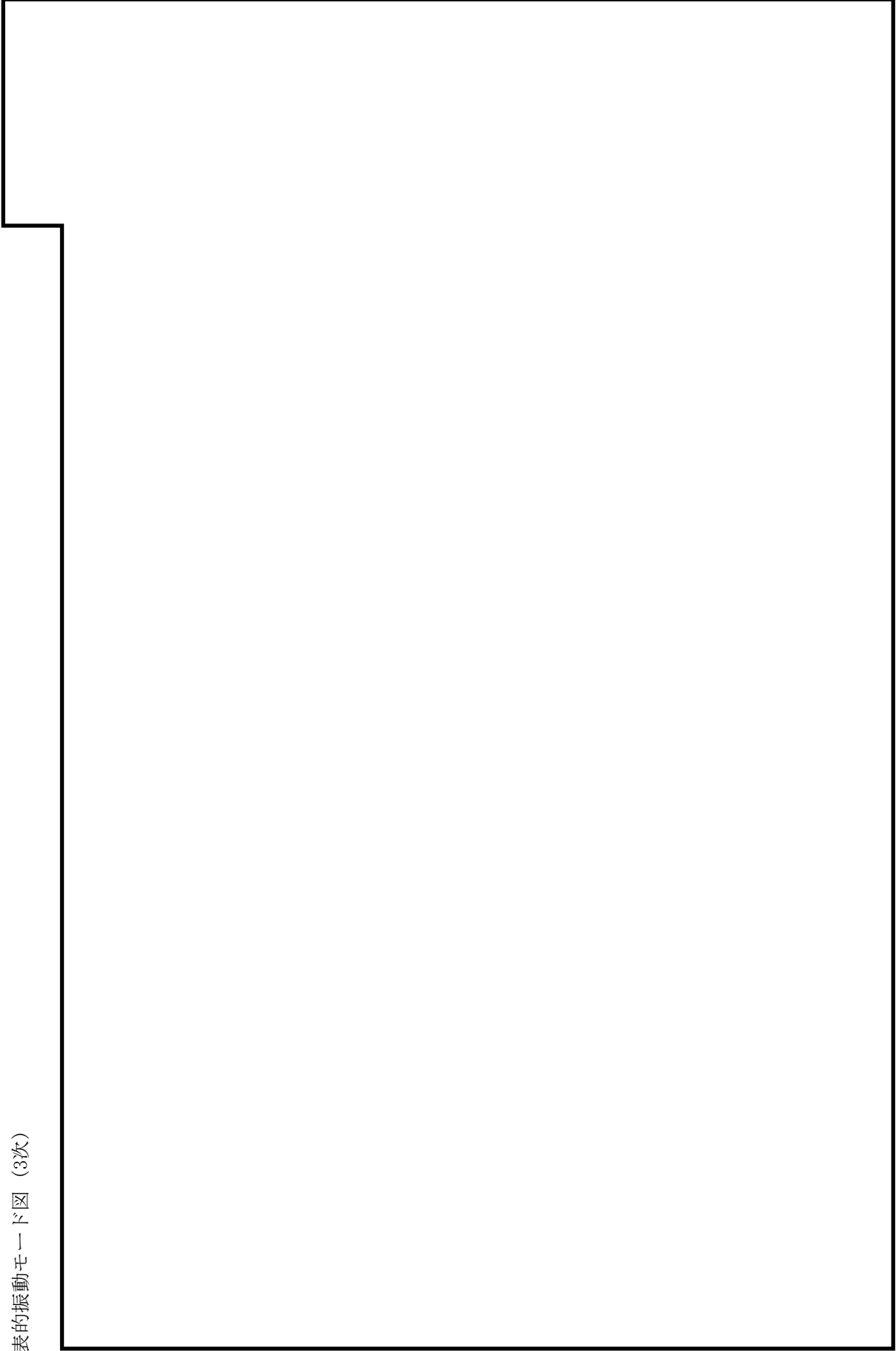
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S _d 及び静的震度			基準地震動 S _s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
9次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S_d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S_s)により得られる震度

*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S_d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S_s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

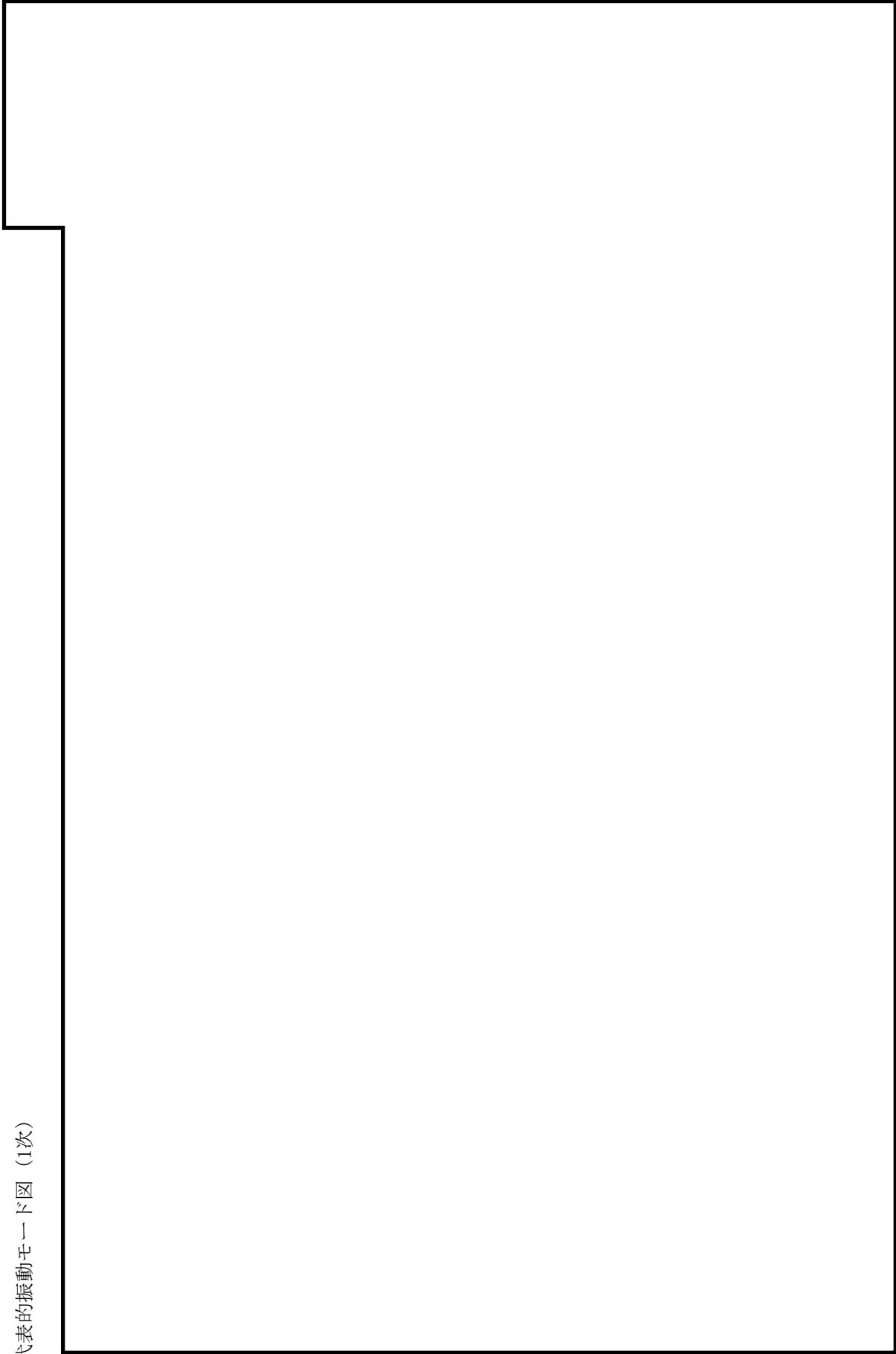
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
9次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

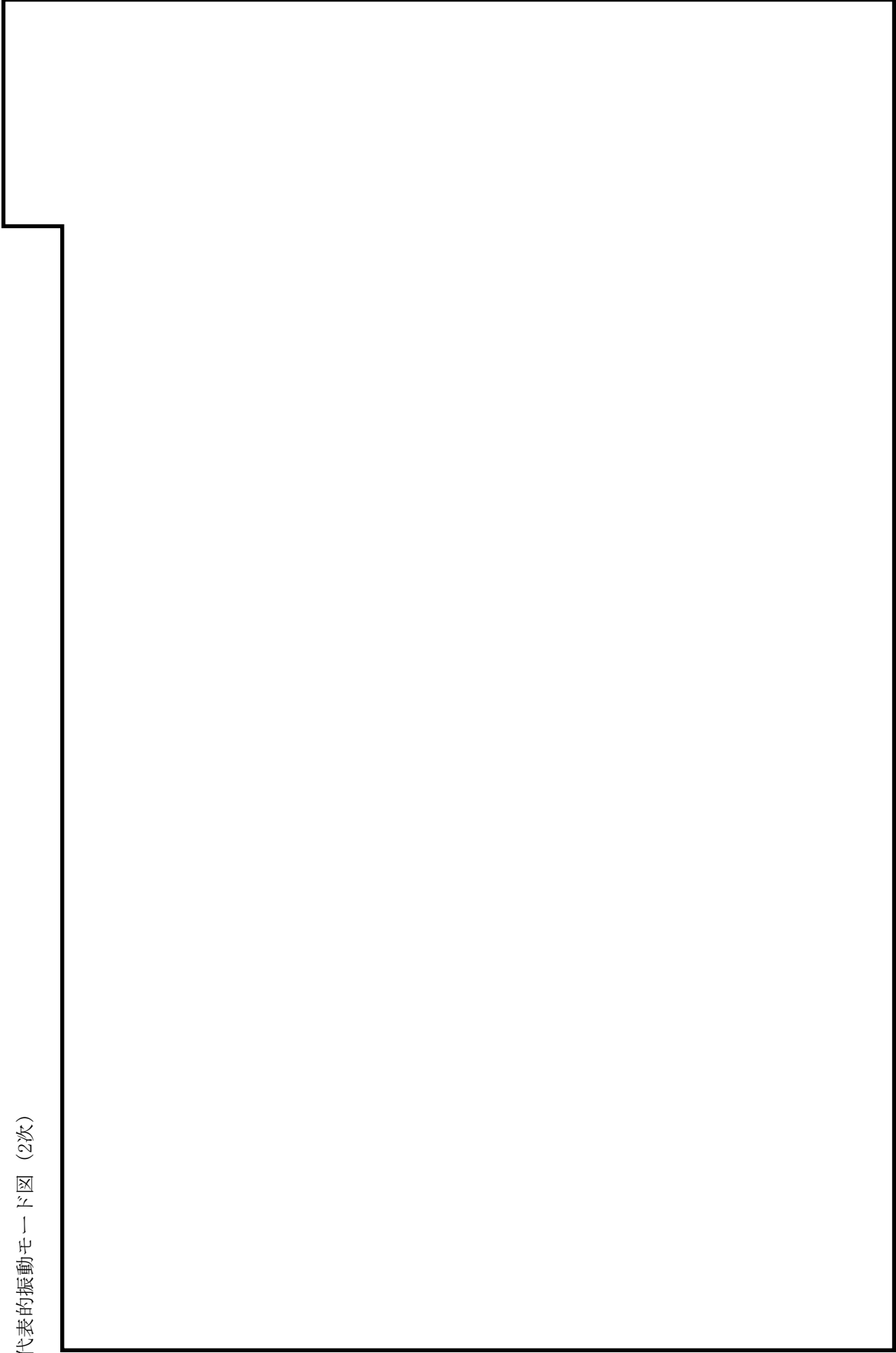
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

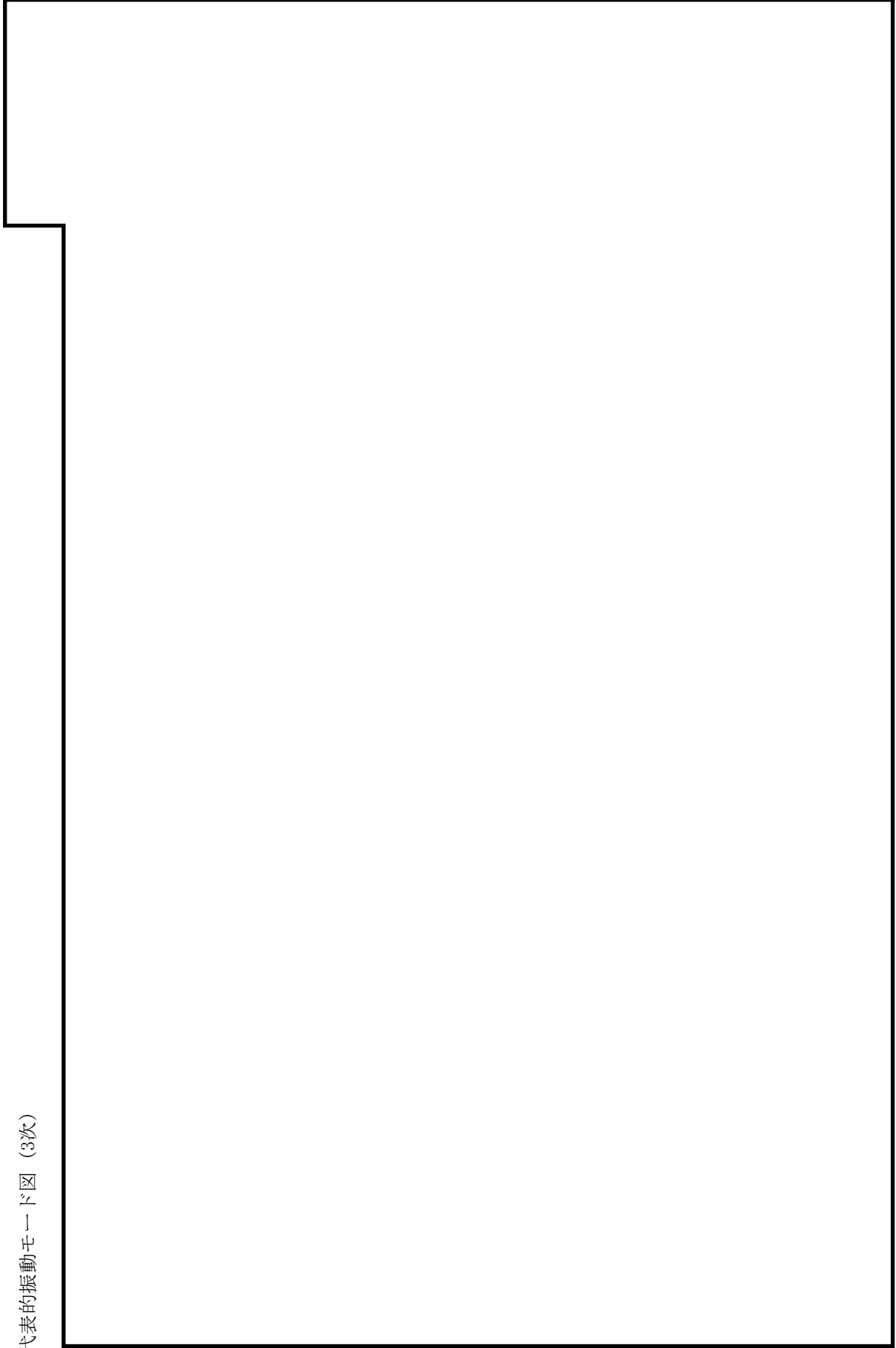
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有 周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCIC-R-4

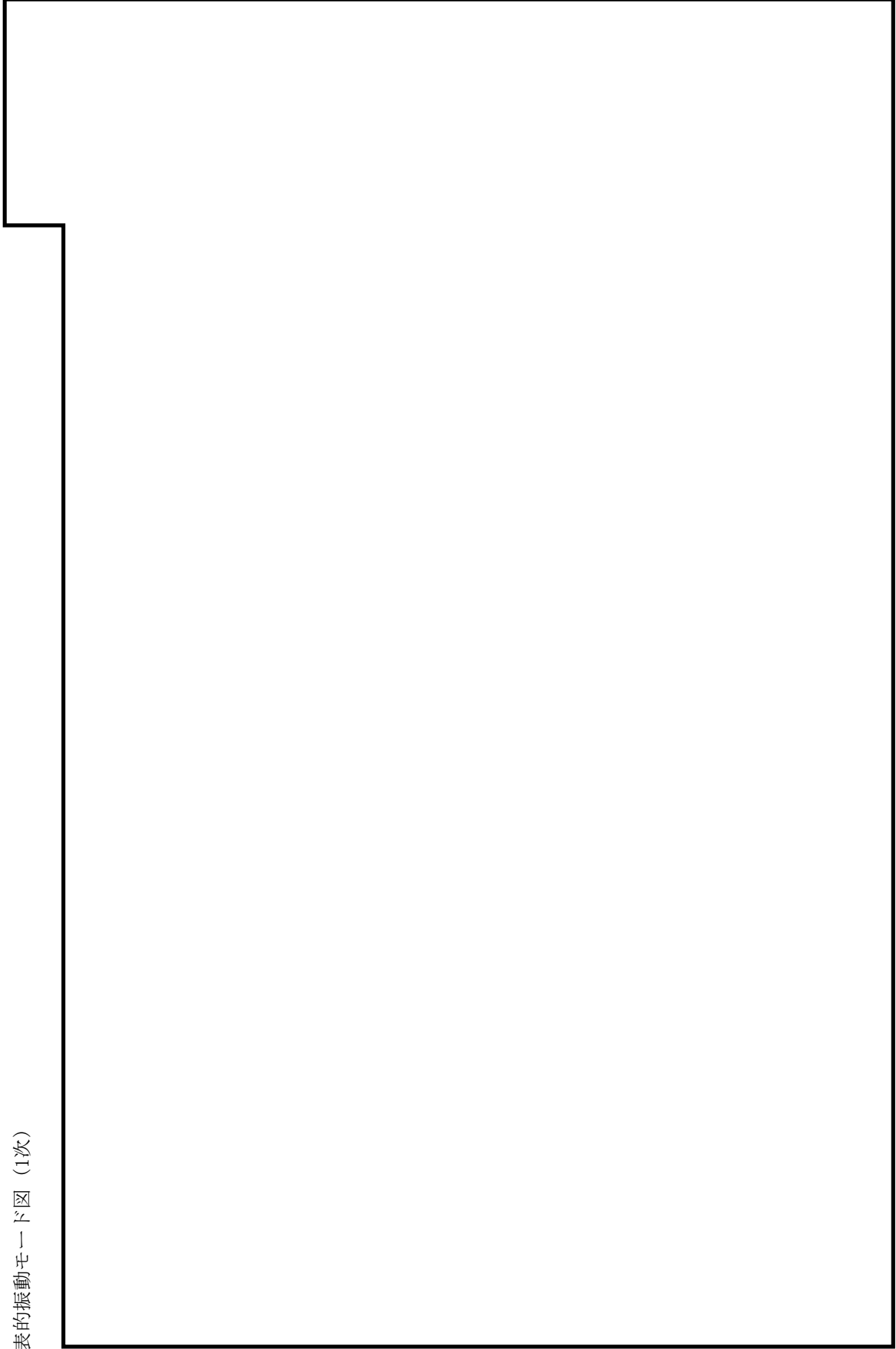
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

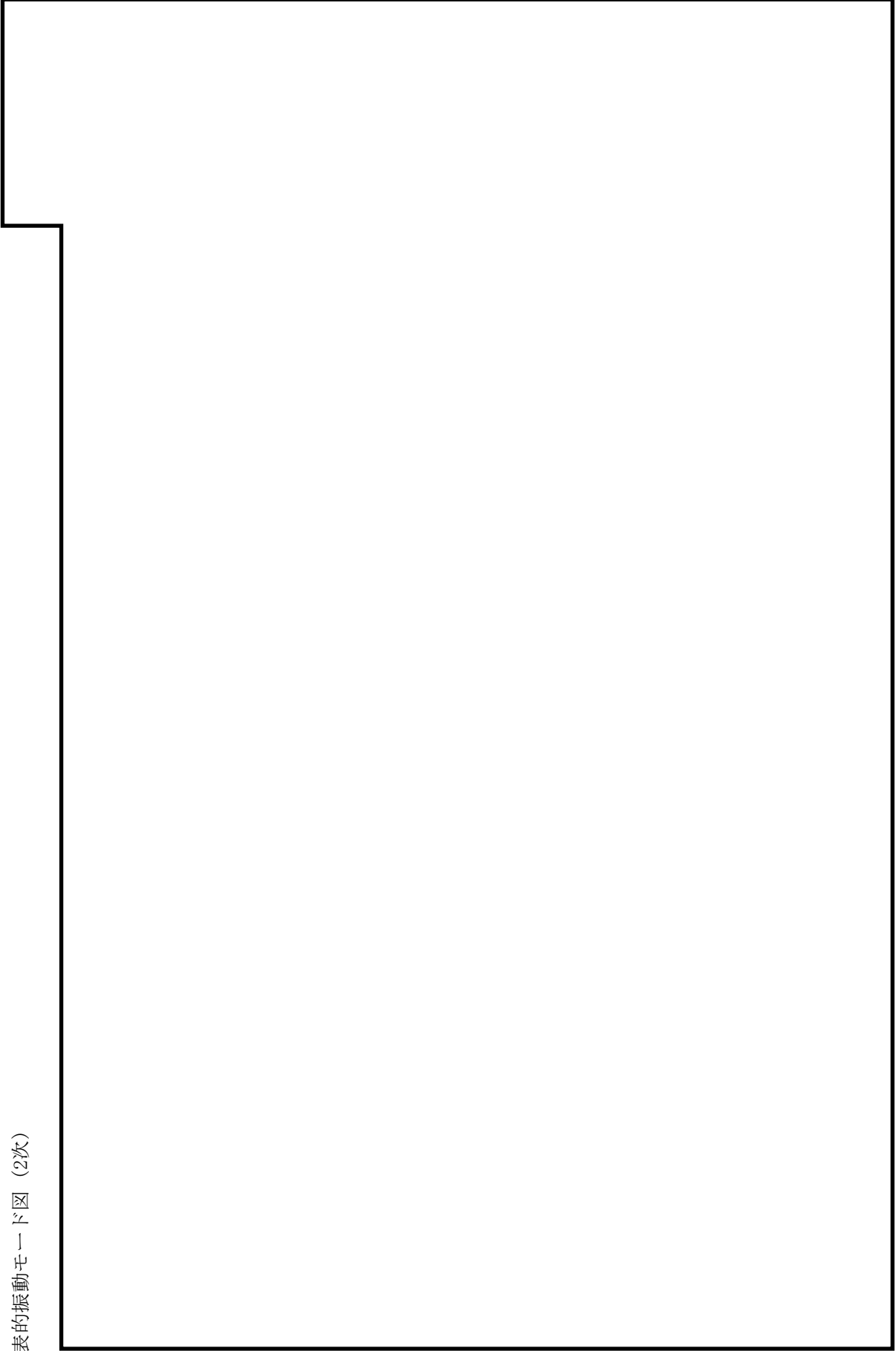
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

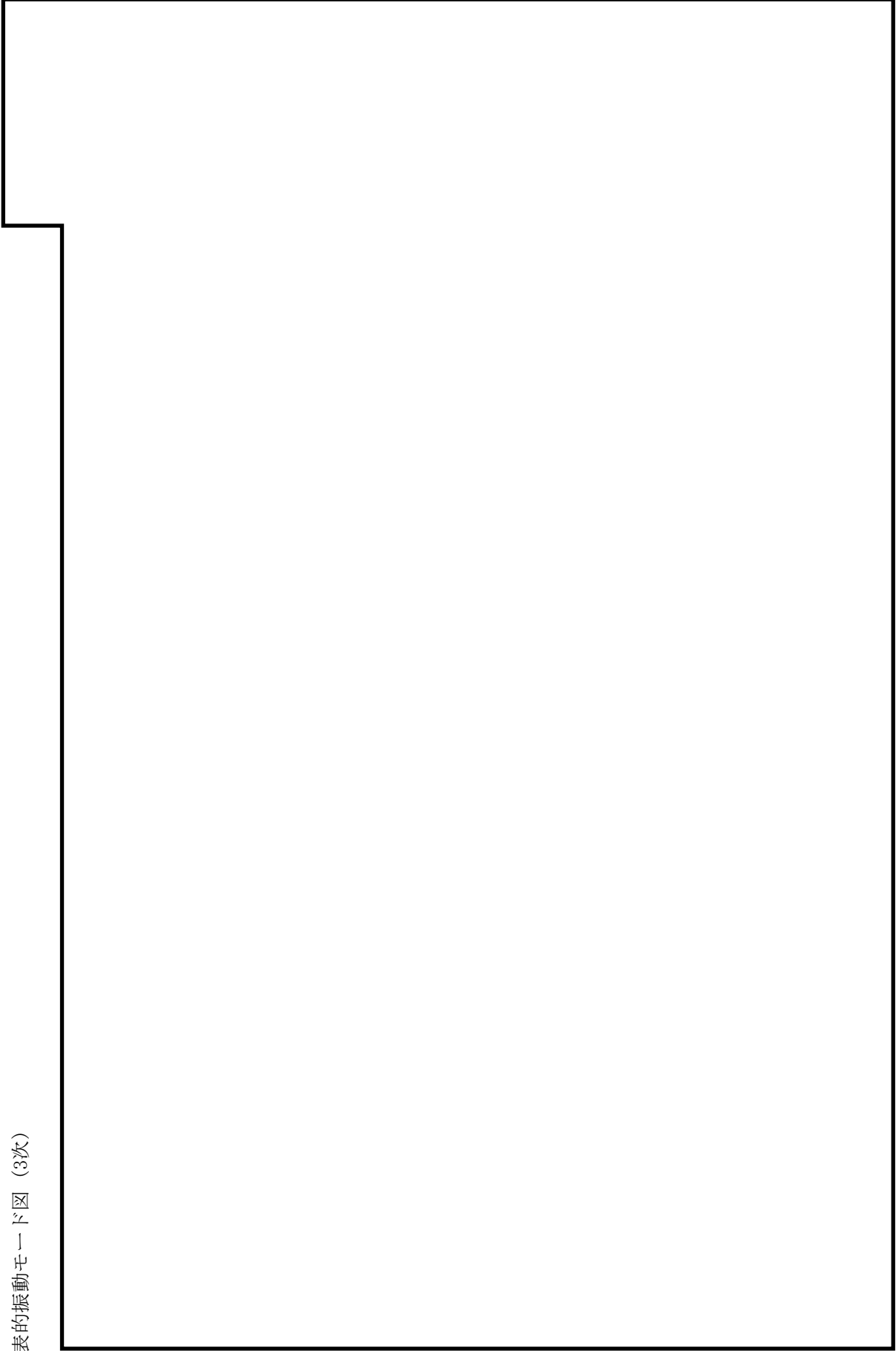
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	配管要素 名称	応力評価		疲労評価
					計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
ⅢAS	一次 応力	膜+曲げ S p r m (2.25・S m)	30	BUTT WELD	89	274	—
		ねじり S t (0.55・S m)	11	ELBOW	18	67	—
	ねじり+曲げ S t + S b (1.8・S m)	—	—	—	—	—	
	一次+二次応力 S n (3・S m)	31	ELBOW	264	366	—	
ⅣAS	一次 応力	疲労累積係数 U+U S d	31	ELBOW	—	—	0.0100
		膜+曲げ S p r m (3・S m)	12	ELBOW	138	366	—
	ねじり S t (0.73・S m)	31	ELBOW	37	89	—	
	ねじり+曲げ S t + S b (2.4・S m)	—	—	—	—	—	
	一次+二次応力 S n (3・S m)	31	ELBOW	506	366	0.0868	
	疲労累積係数 U+U S s	31	ELBOW	—	—	0.0868	

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	配管要素 名称	応力評価		疲労評価
					計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
IVAS	一次 応力	膜+曲げ S p r m (3・S m)	12	ELBOW	138	366	—
		ねじり S t (0.73・S m)	31	ELBOW	37	89	—
	ねじり+曲げ S t + S b (2.4・S m)	—	—	—	—	—	
	一次+二次応力 S n (3・S m)	31	ELBOW	506	366	0.0868	
VAS	一次 応力	疲労累積係数 U+U S s	31	ELBOW	—	—	0.0868
		膜+曲げ S p r m (3・S m)	12	ELBOW	138	366	—
	ねじり S t (0.73・S m)	31	ELBOW	37	89	—	
	ねじり+曲げ S t + S b (2.4・S m)	—	—	—	—	—	
	一次+二次応力 S n (3・S m)	31	ELBOW	506	366	0.0868	
	疲労累積係数 U+U S s	31	ELBOW	—	—	0.0868	

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価 疲労累積係数 U S d U S s
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
Ⅲ _A S	一次応力 S p r m (S y *)	RCIC-R-3	11	103	182	—
	一次+二次応力 S n (2 ・ S y)	RCIC-R-4	65	121	418	—
Ⅳ _A S	一次応力 S p r m (0.9 ・ S u)	RCIC-R-3	11	147	363	—
	一次+二次応力 S n (2 ・ S y)	RCIC-R-4	65	260	418	—

注記* : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については, S y と I.2・S のうち大きい方とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
IVAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)	RCIC-R-3	11	147	363	—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)	RCIC-R-4	65	260	418	—
VAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)	RCIC-R-3	11	147	363	—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)	RCIC-R-4	65	260	418	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算荷重 (kN)	許容荷重(kN) 一次評価*1 二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—
SN0-RCIC-280	オイルスナッパ	SN-6			73	90
RE-RCIC-237	ロッドレストレイント	RSA-10			103	180
SH-RCIC-236	スプリングハンガ	VSA1B-13			11	13
—	コンスタントハンガ	—			—	—
—	リジットハンガ	—			—	—

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F x	F y	F z	M x	M y	M z			
RE-RCIC-235	レストレイント	ラグ	SGV410	184	11	25	6	—	—	—	—	122	132
AN-RCIC-216	アンカ	ラグ	SGV480	302	41	23	39	18	19	19	組合せ	38	137

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能*1	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		動作機能確認済加速度*2 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果*2 (MPa)			
			水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力
MV221-20	電動ゲート弁	β (S s)	3.2	3.8	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

- α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの
- α (S d)：弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの
- β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの
- β (S d)：弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。なお，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下の場合「—」と記載する。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス1管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PD-1	30	89	274	3.07	○	31	264	366	1.38	○	31	0.0100	○
2	RCIC-R-3	6	78	274	3.51	—	6	66	366	5.54	—	6	0.0048	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス1 管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IVAS												
		一次応力評価				一次+二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS												
		一次応力評価				一次＋二次応力評価				疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PD-1	12	138	366	2.65	○	31	506	366	0.72	○	31	0.0868	○
2	RCIC-R-3	6	130	366	2.81	—	6	156	366	2.34	—	6	0.0058	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PS-2	7	76	209	2.75	—	7	96	418	4.35	—	—
2	RCIC-R-1	37	51	188	3.68	—	10	101	438	4.33	—	—
3	RCIC-R-2	13	98	231	2.35	—	13	90	462	5.13	—	—
4	RCIC-R-3	11	103	182	1.76	○	11	94	364	3.87	—	—
5	RCIC-R-4	26	39	209	5.35	—	65	121	418	3.45	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PS-2	7	122	363	2.97	—	7	189	418	2.21	—	—
2	RCIC-R-1	37	78	431	5.52	—	10	208	438	2.10	—	—
3	RCIC-R-2	13	137	366	2.67	—	13	187	462	2.47	—	—
4	RCIC-R-3	11	147	363	2.46	○	11	183	364	1.98	—	—
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	RCIC-PS-2	7	122	363	2.97	—	7	189	418	2.21	—	—
2	RCIC-R-1	37	78	431	5.52	—	10	208	438	2.10	—	—
3	RCIC-R-2	13	137	366	2.67	—	13	187	462	2.47	—	—
4	RCIC-R-3	11	147	363	2.46	○	11	183	364	1.98	—	—
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	RCIC-PS-2	7	122	363	2.97	—	7	189	418	2.21	—	—
2	RCIC-R-1	37	78	396	5.07	—	10	208	438	2.10	—	—
3	RCIC-R-2	13	137	364	2.65	—	13	187	440	2.35	—	—
4	RCIC-R-3	11	147	363	2.46	○	11	183	364	1.98	—	—
5	RCIC-R-4	26	64	363	5.67	—	65	260	418	1.60	—	○

VI-2-5-7 原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

VI-2-5-7-3 原子炉補機代替冷却系の耐震性についての計算書

VI-2-5-7-3-1 管の耐震性についての計算書
(原子炉補機代替冷却系)

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	7
3. 計算条件	11
3.1 計算方法	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力	20
3.5 設計用地震力	21
4. 解析結果及び評価	22
4.1 固有周期及び設計震度	22
4.2 評価結果	27
4.2.1 管の応力評価結果	27
4.2.2 支持構造物評価結果	28
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	29
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	30

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機代替冷却系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全6モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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





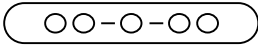


(3) 弁

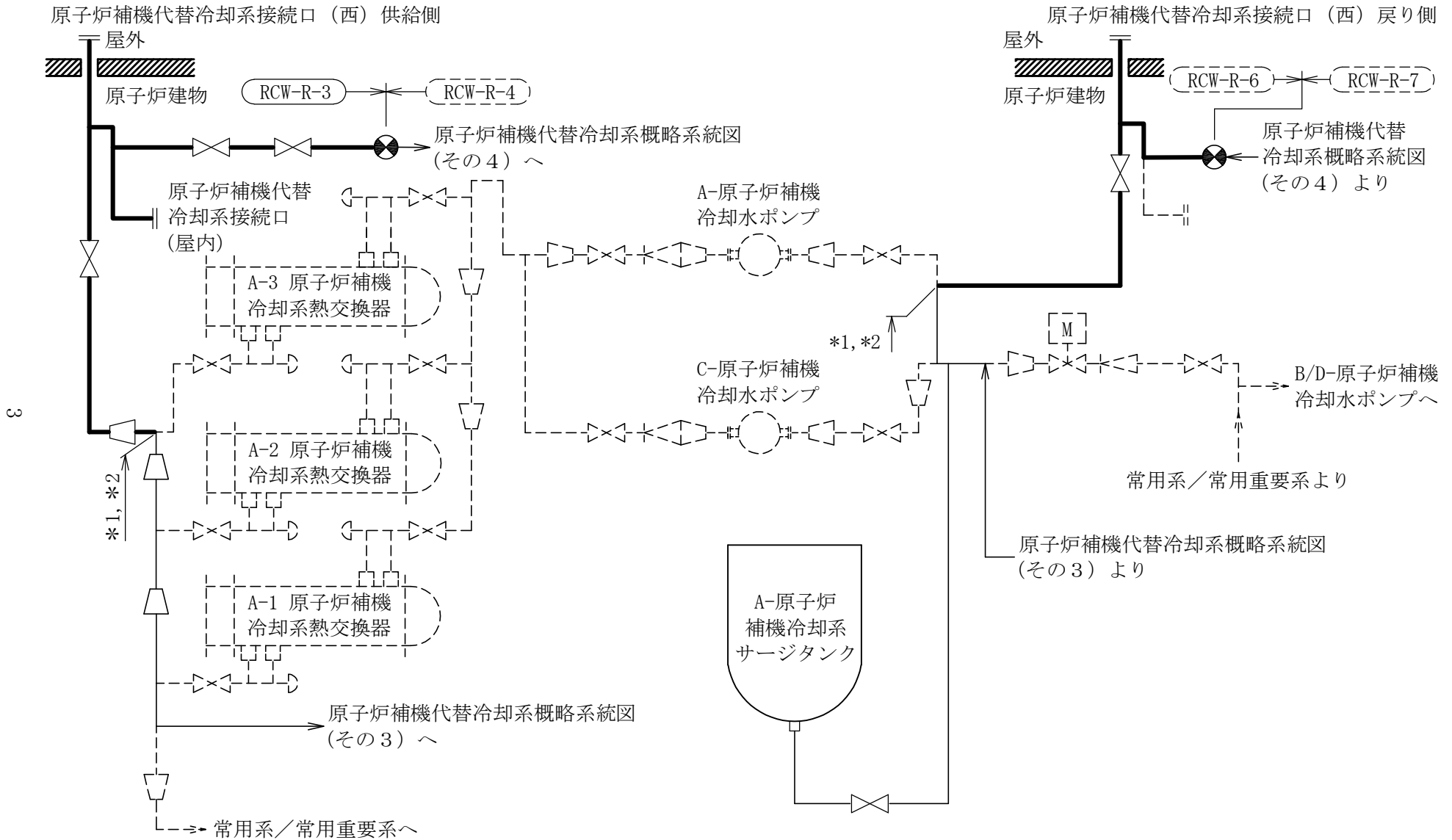
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

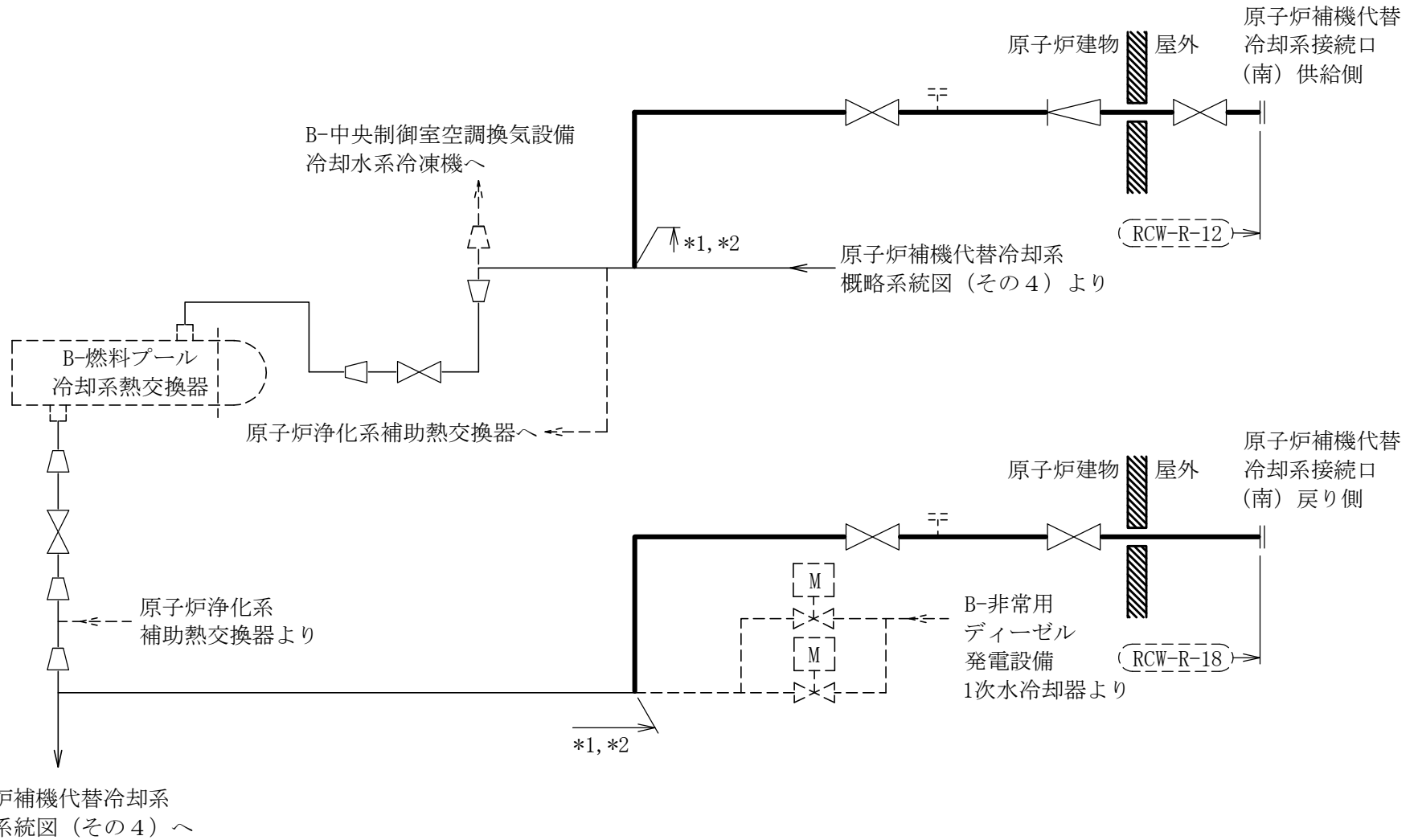
概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



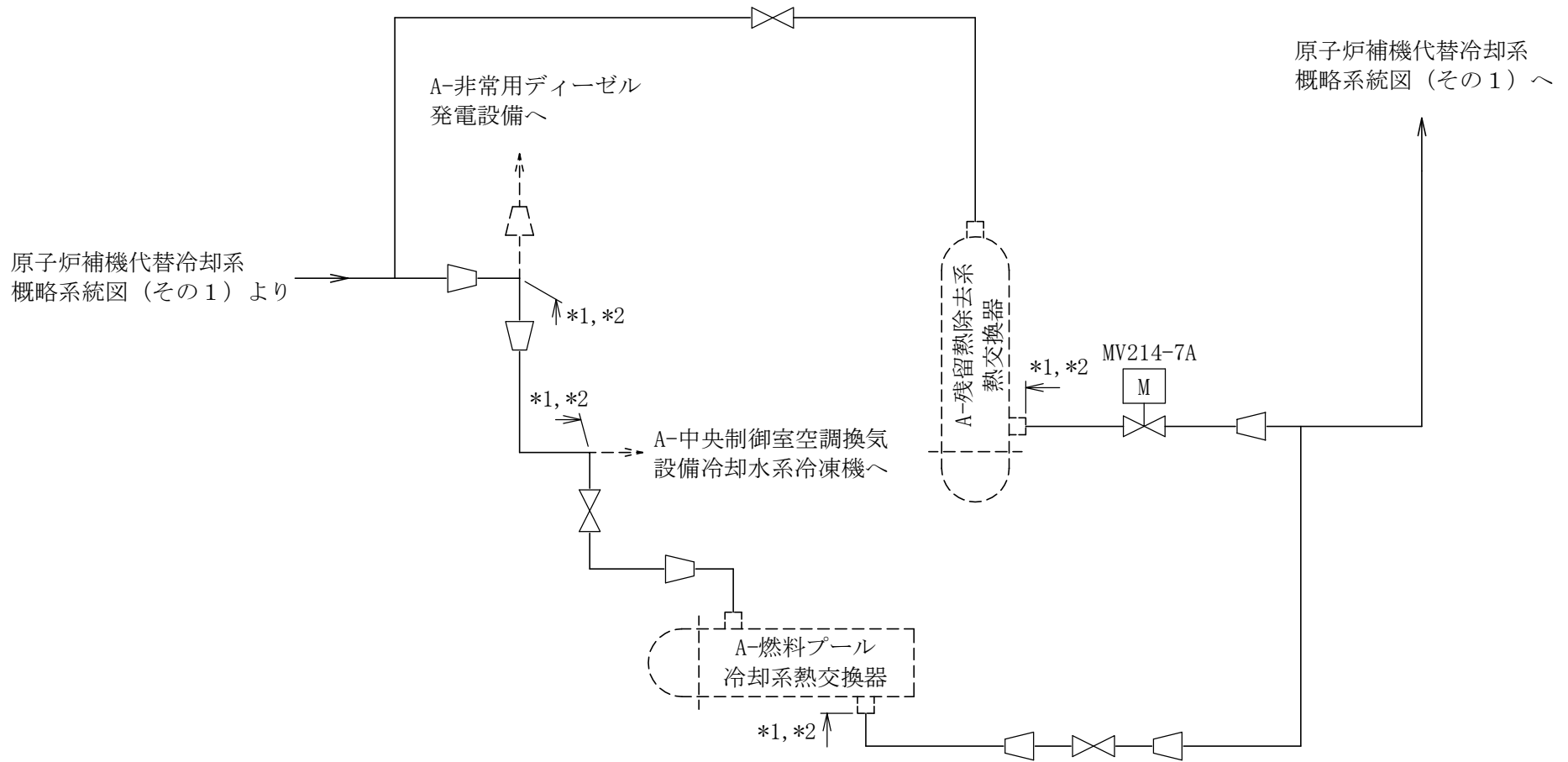
注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 注記*2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図（その1）



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
*2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

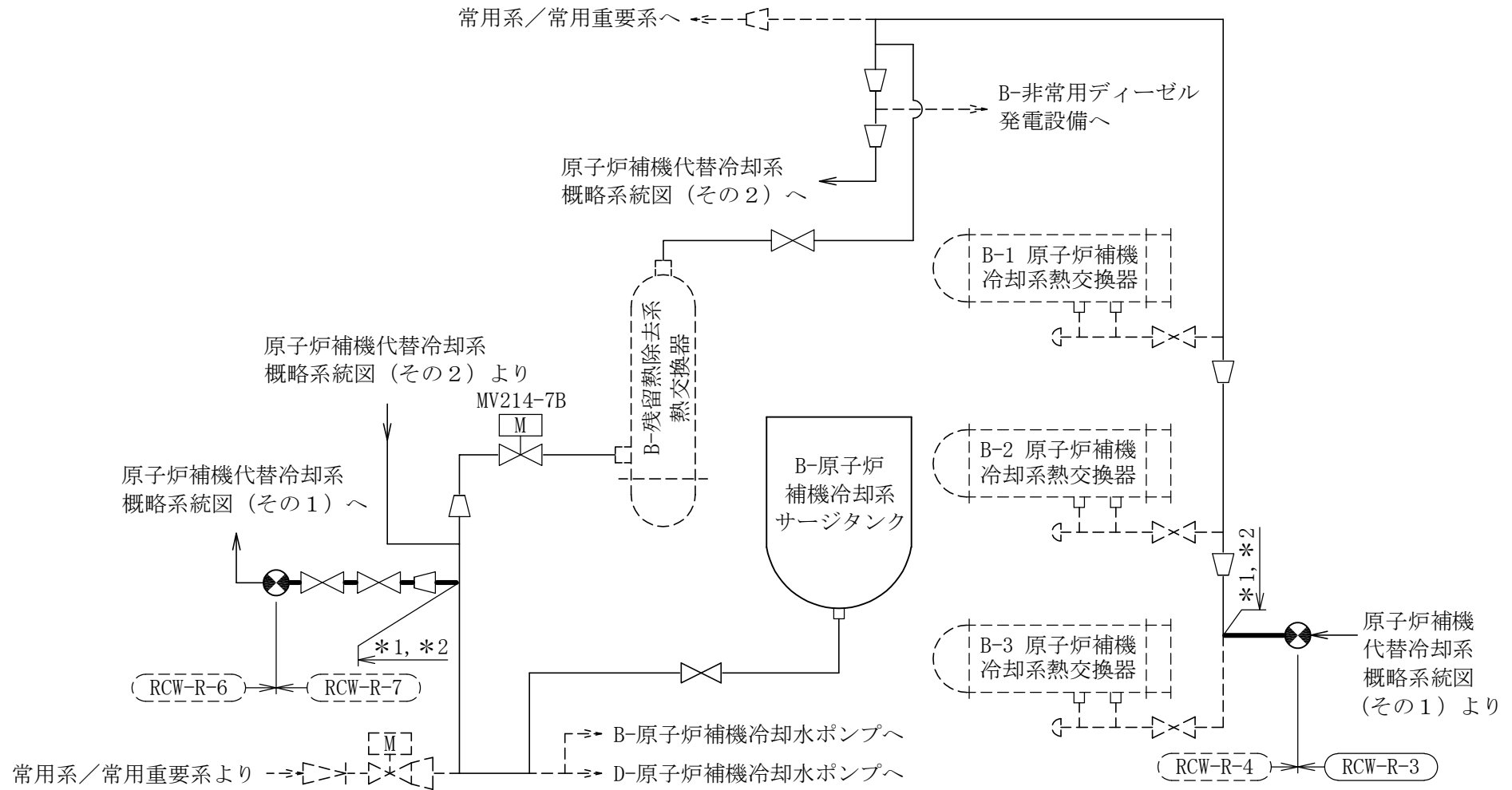
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その2)



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その3)

9



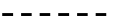


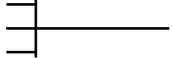
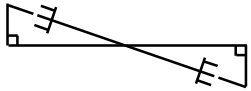

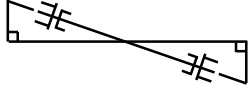

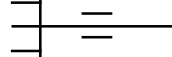
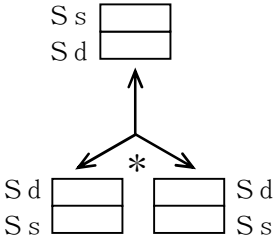


注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

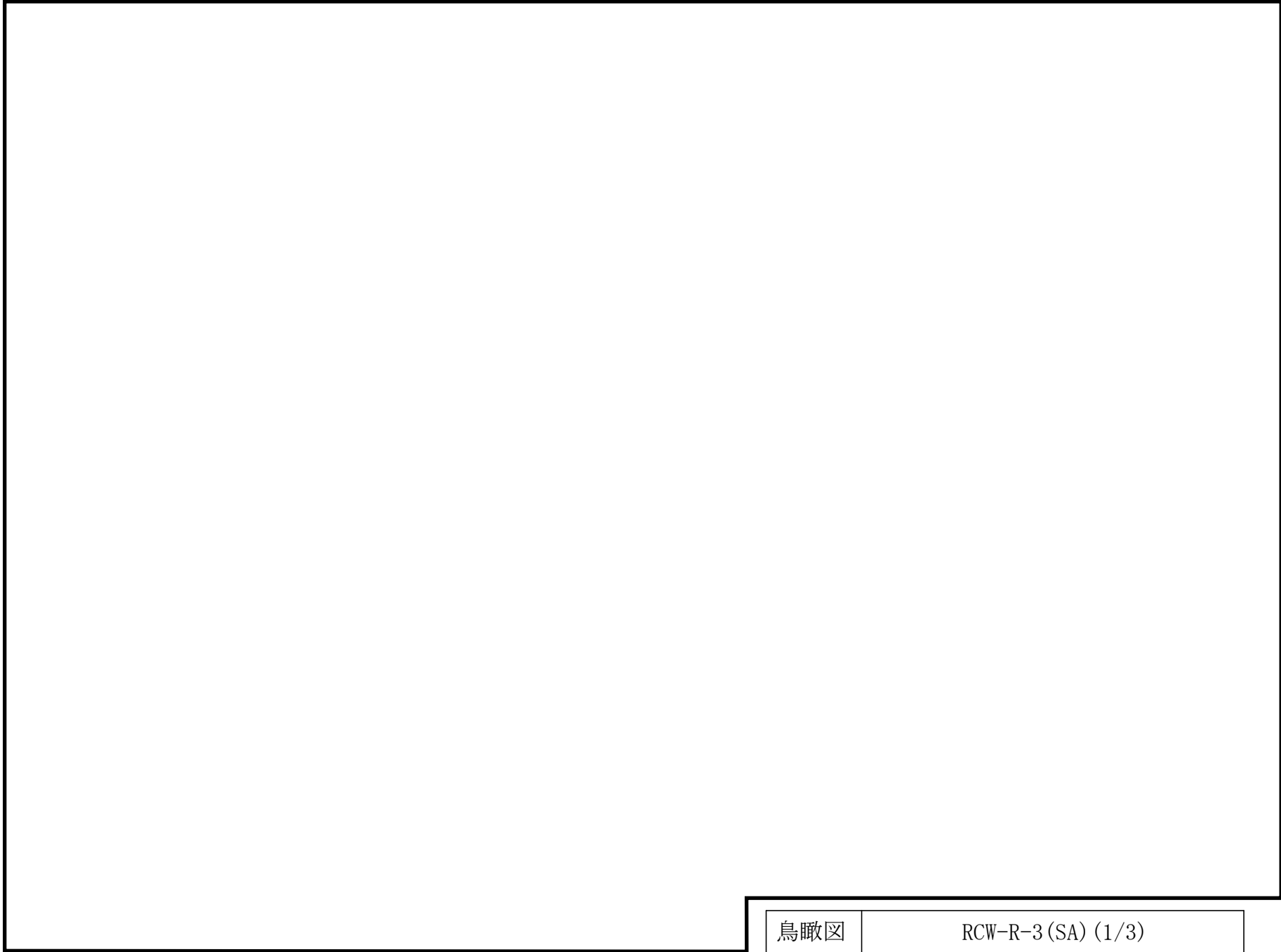
[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図（その4）

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)

∞



鳥瞰図

RCW-R-3 (SA) (1/3)



鳥瞰図

RCW-R-3 (SA) (2/3)

10



鳥瞰図

RCW-R-3 (SA) (3/3)

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機代替冷却系	S A	常設耐震／防止	重大事故等クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
							V _L + S _s ^{*6}	VA S

注記*1：S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し、許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

*6：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、重大事故等時の最大荷重とS_s地震力の組合せを考慮する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-3

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	17～401	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
2	402～406, 407～427S 416～515F, 5012～607 608～610, 611～619A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
3	427S～434F	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-3

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	17～401	406.4	12.7	STPT410	—	201667
2	402～406, 407～427S 416～515F, 5012～607 608～610, 611～619A	267.4	9.3	STPT410	—	201667
3	427S～434F	267.4	9.3	STPT410	—	201867

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点
	17～401
	402～406, 611～619A

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	434F, 515F
<input type="checkbox"/>	506F

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	406~407, 607~608	<input type="text"/>	610~611

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCW-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
406~407				607~608			
610~611							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
408						
411						
418						
431						
504						
513						
609						
619A						

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPT410	85	—	224	406	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき策定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
RCW-R-3	原子炉建物				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCW-R-3

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)より得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-R-3

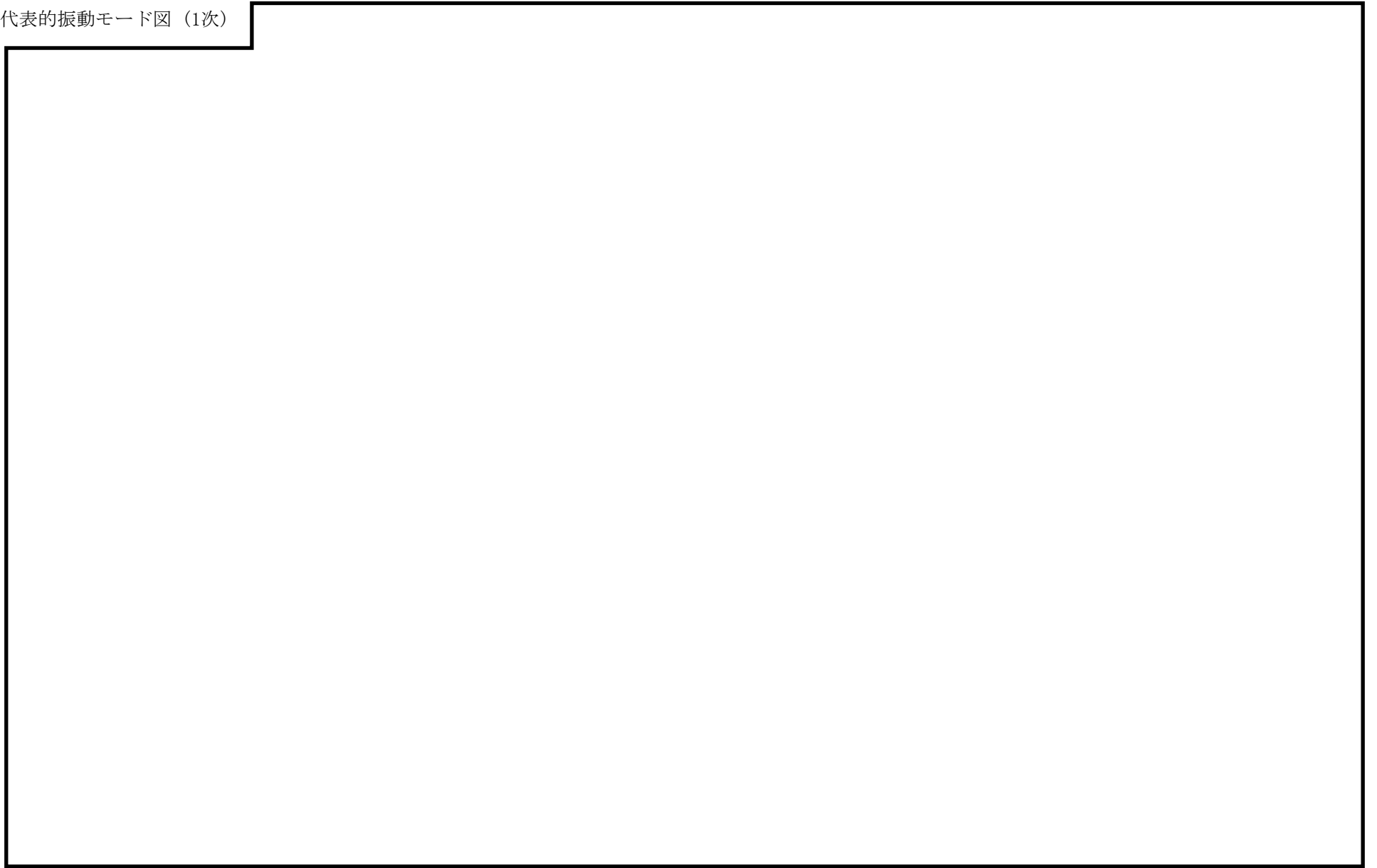
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

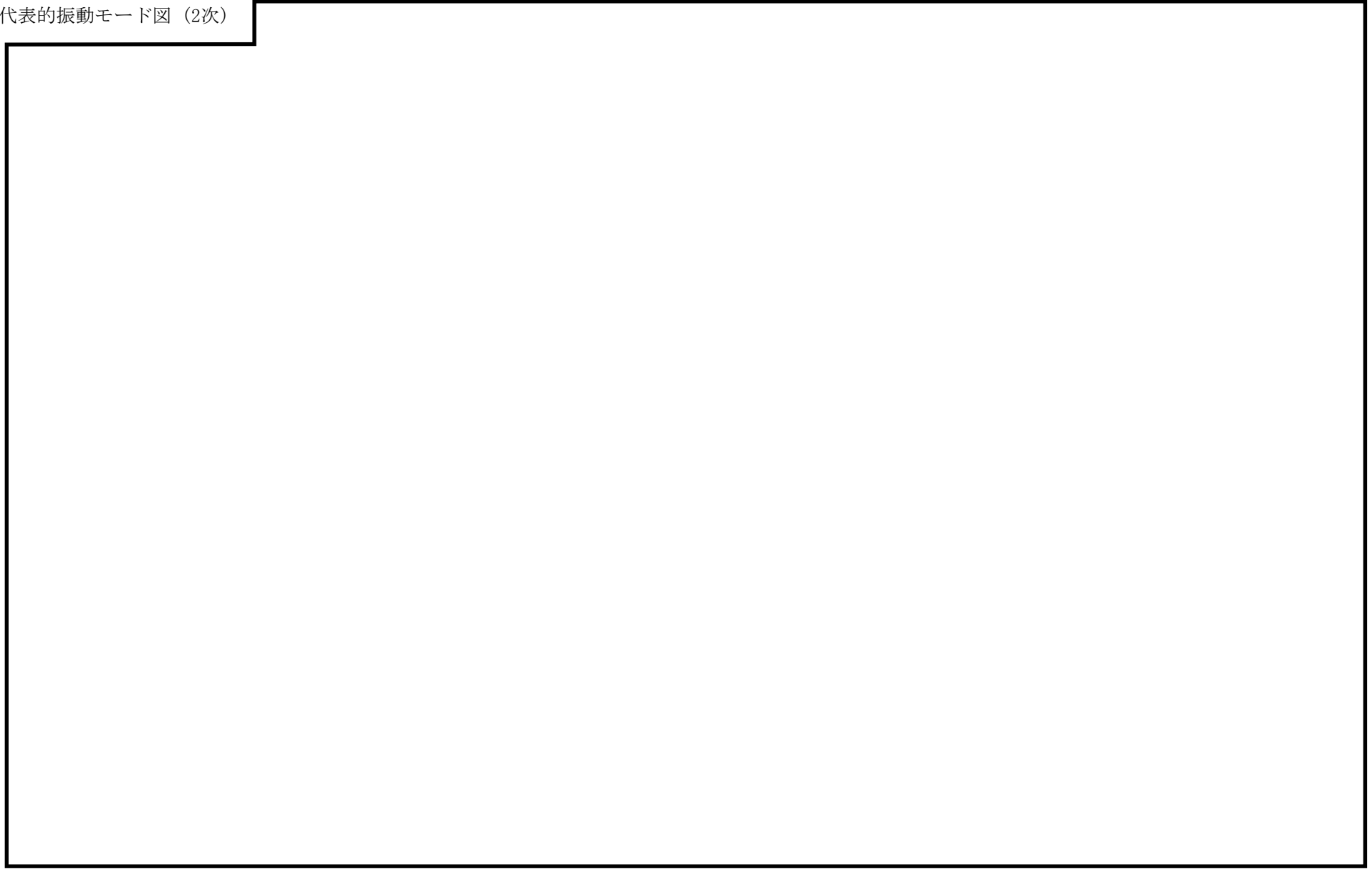
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



25

代表的振動モード図 (2次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RCW-R-3	419	133	365	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-3	419	218	448	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RCW-R-3	419	133	365	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-3	419	218	448	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重(kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナッパ	—		—	—	—	
RE-AHEF-7	ロッドレストレイント	RSA-6		35	108	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-AHEF-2	レストレイント	ラグ	SM400B	85	27	44	49	—	—	—	組合せ	41	239
AN-RCW-2521	アンカ	ラグ	SGV410	85	31	18	25	11	26	23	組合せ	58	142

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		動作機能確認済加速度 ^{*2} ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 ^{*2} (MPa)			
			水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

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

α (S d)：弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

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

β (S d)：弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。なお，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下の場合は「—」と記載する。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	RCW-R-3	419	133	365	2.74	○	419	218	448	2.05	—	○
2	RCW-R-4	211	83	365	4.39	—	211	134	448	3.34	—	—
3	RCW-R-6	424	68	365	5.36	—	427	102	448	4.39	—	—
4	RCW-R-7	197	75	365	4.86	—	189	114	448	3.92	—	—
5	RCW-R-12	131	83	365	4.39	—	135	138	448	3.24	—	—
6	RCW-R-18	142	77	365	4.74	—	142	125	448	3.58	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	RCW-R-3	419	133	365	2.74	○	419	218	448	2.05	—	○
2	RCW-R-4	211	83	365	4.39	—	211	134	448	3.34	—	—
3	RCW-R-6	424	68	365	5.36	—	427	102	448	4.39	—	—
4	RCW-R-7	197	75	365	4.86	—	189	114	448	3.92	—	—
5	RCW-R-12	131	83	365	4.39	—	135	138	448	3.24	—	—
6	RCW-R-18	142	77	365	4.74	—	142	125	448	3.58	—	—

VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性に関する説明書

VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、計測制御系統施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

計測制御系統施設の設備に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

計測制御系統施設の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載することとする。

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (1/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備					
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所			
計測制御系統施設	制御材	制御棒	S	無	VI-2-6-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-2-1		
	制御棒駆動水圧設置	制御棒駆動機構		S	—* ²	VI-2-6-3-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-1	
		制御棒駆動水圧系	水圧制御ユニット		S	無	VI-2-6-3-2-1-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-1
			主要弁		S	—* ²	VI-2-6-3-2-1-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-1
			主配管		S	有	VI-2-6-3-2-1-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-2
			格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)		—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (2/25)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測 制御 系統 施設	ほう 酸水 注入 設備	ほう 酸水 注入 系	ほう酸水注入ポンプ	S	無	VI-2-6-4-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-4-1-1
			ほう酸水貯蔵タンク	S	有	VI-2-6-4-1-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-4-1-2
			主配管	S	有	VI-2-6-4-1-3	常設耐震／防止	無	VI-2-6-4-1-3
			炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
			原子炉圧力容器 (原子炉本体に記載)	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-1-2
			差圧検出・ほう酸水注 入系配管 (ティーより N11 ノズルまでの外 管) (原子炉本体に記載)	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-2-5

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (3/25)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測 制御 系統 施設	ほう 酸水 注入 設備	ほう 酸水 注入 系	差圧検出・ほう酸水注 入系配管（原子炉圧力 容器内部） （原子炉本体に記載）	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-3-10
			原子炉格納容器配管貫 通部 （原子炉格納施設に記 載）	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (4/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	計測 装置	中性子源領域計装	S	無	VI-2-6-5-1	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-1
		中間領域計装	S	無	VI-2-6-5-1	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-1
		出力領域計装	S	有	VI-2-6-5-2	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-2
		残留熱除去ポンプ出口圧力	S	有	VI-2-6-5-3	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-3
		低圧炉心スプレイポンプ出口 圧力	S	—* ²	VI-2-6-5-4	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-4
		残留熱除去系熱交換器入口温 度	S	—* ²	VI-2-6-5-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-5-5
		残留熱除去系熱交換器出口温 度	S	有	VI-2-6-5-6	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和	有	VI-2-6-5-6
		残留熱除去ポンプ出口流量	S	—* ²	VI-2-6-5-7	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-7
		原子炉隔離時冷却ポンプ出口 流量	S	—* ²	VI-2-6-5-8	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-8
		高圧炉心スプレイポンプ出口 流量	S	—* ²	VI-2-6-5-9	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-9
		低圧炉心スプレイポンプ出口 流量	S	—* ²	VI-2-6-5-10	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-10

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (5/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系統施設	計測装置	高压原子炉代替注水流量	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-11
		代替注水流量（常設）	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-12
		低压原子炉代替注水流量	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-13
		低压原子炉代替注水流量（狭 帯域用）	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-14
		残留熱代替除去系原子炉注水 流量	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-15
		原子炉圧力	S	—* ²	VI-2-6-5-16	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-16
		原子炉圧力（S A）	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-17
		原子炉水位（広帯域）	S	—* ²	VI-2-6-5-18	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-18
		原子炉水位（燃料域）	S	—* ²	VI-2-6-5-19	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-19
		原子炉水位（狭帯域）	S	—* ²	VI-2-6-5-20	—	—	—
原子炉水位（S A）	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-21		

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (6/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	計測 装置	ドライウエル圧力	S	—* ²	VI-2-6-5-22	—	—	—
		サプレッションチェンバ圧力	S	—* ²	VI-2-6-5-23	—	—	—
		サプレッションプール水温度	S	—* ²	VI-2-6-5-24	—	—	—
		ドライウエル圧力 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-25
		サプレッションチェンバ圧力 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-26
		ドライウエル温度 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-27
		ペDESTAL温度 (S A)	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-28
		ペDESTAL水温度 (S A)	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-29
		サプレッションチェンバ温度 (S A)	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-30
		サプレッションプール水温度 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-31
		格納容器酸素濃度	S	—* ²	VI-2-6-5-32	常設/緩和	無	VI-2-6-5-32

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (7/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	格納容器酸素濃度 (S A)	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-33
		格納容器水素濃度	S	—* ²	VI-2-6-5-34	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-5-34
		格納容器水素濃度 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-35
		低圧原子炉代替注水槽水位	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-36
		格納容器代替スプレイ流量	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-37
		ペデスタル代替注水流量	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-38
		ペデスタル代替注水流量 (狭 帯域用)	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-39
		残留熱代替除去系格納容器ス プレイ流量	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-40
		サブレーションプール水位	S	—* ²	VI-2-6-5-41	—	—	—
		ドライウェル水位	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-42
		サブレーションプール水位 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-43

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (8/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系 統施設	計測 装置	ペDESTAL水位	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-44
		原子炉建物水素濃度	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-45
		ドライウェル圧力	S	—* ²	VI-2-6-5-46 VI-2-6-5-51 VI-2-6-5-52 VI-2-6-5-53	—	—	—
		地震加速度	S	—* ²	VI-2-6-5-48	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (9/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	原子炉圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-16	—	—	—
		原子炉水位低	S	—*2	VI-2-6-5-20	—	—	—
		ドライウェル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-46	—	—	—
		中性子束高	S	—*2	VI-2-6-5-2	—	—	—
			S	—*2	VI-2-6-5-1	—	—	—
		スクラム排水容器水位高	S	—*2	VI-2-6-5-47	—	—	—
		中性子束計装不作動	S	—*2	VI-2-6-5-2	—	—	—
			S	—*2	VI-2-6-5-1	—	—	—
		主蒸気管放射能高	S	—*2	VI-2-8-2-1	—	—	—
		主蒸気隔離弁閉	S	—*2	VI-2-5-3-1-2	—	—	—
地震加速度大	S	—*2	VI-2-6-5-48	—	—	—		

表 2-1 耐震評価条件一覧表(10/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所		
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	主蒸気隔離弁	原子炉水位低（レベル2）	S	—* ²	VI-2-6-5-18	—	—	—
			主蒸気管放射能高	S	—* ²	VI-2-8-2-1	—	—	—
			主蒸気管トンネル温度高	S	—* ²	VI-2-6-5-49	—	—	—
			主蒸気管流量大	S	有	VI-2-6-5-50	—	—	—
	その他の原子炉格納容器隔離弁	(1)	ドライウエル圧力高	S	—* ²	VI-2-6-5-46	—	—	—
			原子炉水位低（レベル3）	S	—* ²	VI-2-6-5-20	—	—	—
		(2)	原子炉水位低（レベル3）	S	—* ²	VI-2-6-5-20	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表(11/25)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	工学的 安全施設等 の起動信号	非常用 ガス処 理系	原子炉棟放射能高	S	—*2	VI-2-8-2-5	—	—	—	
			燃料取替階放射能高	S	—*2	VI-2-8-2-4	—	—	—	
			ドライウエル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-46	—	—	—	
			原子炉水位低（レベル 3）	S	—*2	VI-2-6-5-20	—	—	—	
	計測制御系統施設	工学的 安全施設等 の起動信号	高圧炉 心スプレ イ系	ドライウエル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-51	—	—	—
				原子炉水位低（レベル 1 H）	S	—*2	VI-2-6-5-18	—	—	—
		計測制御系統施設	低圧炉 心スプレ イ系	ドライウエル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-52	—	—	—
				原子炉水位低（レベル 1）	S	—*2	VI-2-6-5-18	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-18

表 2-1 耐震評価条件一覧表(12/25)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	残留熱除去系	低圧注水系	ドライウエル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-52 VI-2-6-5-53	—	—	—
				原子炉水位低（レベル1）	S	—*2	VI-2-6-5-18	—	—	—
		自動減圧系		原子炉水位低（レベル1）とドライウエル圧力高の同時信号	S	—*2	VI-2-6-5-52 VI-2-6-5-53	—	—	—
					S	—*2	VI-2-6-5-18	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-18
		（代替制御棒挿入機能） ATWS緩和設備		原子炉圧力高	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-5-54
				原子炉水位低（レベル2）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-18

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (13/25)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	(代替原子炉再循環ポンプ トリップ機能)	原子炉圧力高	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-5-54
			原子炉水位低 (レベル2)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-5-18
		(代替自動減圧ロジック 機能)	原子炉水位低 (レベル1)	S	—*2	VI-2-6-5-18	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-18

表 2-1 耐震評価条件一覧表(14/25)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	制御用空気設備	逃がし安全弁窒素ガス供給系	逃がし安全弁逃がし弁 機能用アキュムレータ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-1
			逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-1
			原子炉格納容器配管貫 通部 (原子炉格納施設に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-11
			主配管	C	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-6-1-1
				S	—*2	VI-2-6-6-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-6-6-1-1
			主配管 (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-2

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (15/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	原子炉圧力容器温度 (S A)	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-1
		スクラバ容器水位	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-2
		スクラバ容器圧力	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-3
		スクラバ容器温度	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-4
		残留熱除去系熱交換器冷却水 流量	S	—* ²	VI-2-6-7-1-5	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-5
		低圧原子炉代替注水ポンプ出 口圧力	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-6
		原子炉隔離時冷却ポンプ出口 圧力	S	—* ²	VI-2-6-7-1-7	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-7
		高圧炉心スプレイポンプ出口 圧力	S	—* ²	VI-2-6-7-1-8	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-8
		残留熱代替除去系ポンプ出口 圧力	—	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-9

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (16/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	静的触媒式水素処理装置入口 温度	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-10
		静的触媒式水素処理装置出口 温度	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-11
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（S A）及び格納容器酸素濃度 （SA））	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-12
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（B 系）及び格納容器酸素濃度 （B系）（B-原子炉格納容器 H2・O2分析計ラック）	S	—* ²	VI-2-6-7-1-13	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-1-13
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（B 系）及び格納容器酸素濃度 （B系）（B-原子炉格納容器 H2・O2クーララック）	S	—* ²	VI-2-6-7-1-14	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-1-14
		代替制御棒挿入機能用電磁弁	—	—* ²	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-7-1-15

表 2-1 耐震評価条件一覧表(17/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
換気設備	中央制御室差圧計	—	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-1-16
	待避室差圧計	—	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-1-17
計測制御系統施設 その他	安全設備制御盤	S	有	VI-2-6-7-2-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-1
	原子炉補機制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-2	常設耐震/防止 常設/緩和 常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-2
	原子炉補機制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-3	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-3
	原子炉制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-4	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-4
	所内電気盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-5
	安全設備補助制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-6	常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-6
	起動領域モニタ盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-7	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-7

表 2-1 耐震評価条件一覧表(18/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	出力領域モニタ盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-8	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-8
		プロセス放射線モニタ盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-9	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-9
		A-RHR・LPCS 継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-10	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-10
		B・C-RHR 継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-11	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-11
		HPCS 継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-12	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-12
		HPCS トリップ設定器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-13	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-13
		A-格納容器隔離継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-14	—	—	—
		B-格納容器隔離継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-15	—	—	—
		A-原子炉保護継電器盤	S	無	VI-2-6-7-2-16	—	—	—
		B-原子炉保護継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-17	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表(19/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	A1 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-18	—	—	—
		A2 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-19	—	—	—
		B1 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-20	—	—	—
		B2 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-21	—	—	—
		窒素ガス制御盤	S	有	VI-2-6-7-2-22	—	—	—
		燃料プール冷却制御盤	C	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-7-2-23
		A-原子炉プロセス計測盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-24	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-24
		B-原子炉プロセス計測盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-25	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-25
		共通盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-26	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-26
		A-自動減圧継電器盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-27	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-27

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (20/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	B-自動減圧継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-28	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-28
		A-SGT・FCS・MSLC 継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-29	常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-29
		B-SGT・FCS・MSLC 継電器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-30	常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-30
		A-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-31	—	—	—
		A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-32	—	—	—
		B-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-33	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-33
		B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-34	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-34
		AM 設備制御盤	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-35
		工学的安全施設トリップ設定器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-36	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-36

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (21/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	重大事故監視盤	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-37
		重大事故操作盤	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-38
		重大事故変換器盤	—	—* ²	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-39
		燃料プール熱電対式水位計制 御盤	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-40
		燃料プール水位計変換器盤	—	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-41
		原子炉建物水素濃度変換器盤	—	—* ²	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-42
		A-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-43	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-43
		B-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-44	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-44
		C-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-45	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-45

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (22/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	D-SRM/I RM前置増幅器盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-46	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-46
		再循環 MG 開閉器盤	C	—* ²	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-7-2-47
		中央制御室外原子炉停止制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-48	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-48
		中央制御室外原子炉停止制御盤	S	—* ²	VI-2-6-7-2-49	常設耐震/防止 常設/緩和 常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-49
		格納容器水素/酸素計測装置制御盤	—	—* ²	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-50
		衛星電話設備 (固定型) (中央制御室)	C	—* ²	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-1
		衛星電話設備収容盤 (中央制御室)	C	—* ²	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-2
		衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	C	—* ²	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-3

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (23/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-4
		緊急時対策所 衛星電話設備用ラック	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-5
		衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-6
		無線通信設備（固定型）（中央制御室）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-1
		無線通信設備収容盤（中央制御室）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-2
		無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-3
		無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-4
		緊急時対策所 無線通信設備用ラック	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-5
		無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	C	—* ²	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-6

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (24/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類* ¹	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	統合原子力防災NW盤	C	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-1
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (IP-電話機)	C	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-2
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (IP-FAX)	C	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-3
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (テレビ会議システム)	C	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-4
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備のうち 統合原子力防災NW用屋外 アンテナ	C	—* ²	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-5
		SPDS 伝送盤	C	—* ²	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-4-1

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (25/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	その他	1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-2
		2号SPDS伝送用インバータ盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-3
		1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-4
		発信用アンテナ（1・2号）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-5
		受信用アンテナ（1・2号）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-6
		SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-5-1

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB拡張）」は常設耐震重要重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外

VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-5 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器入口温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、残留熱除去交換器入口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

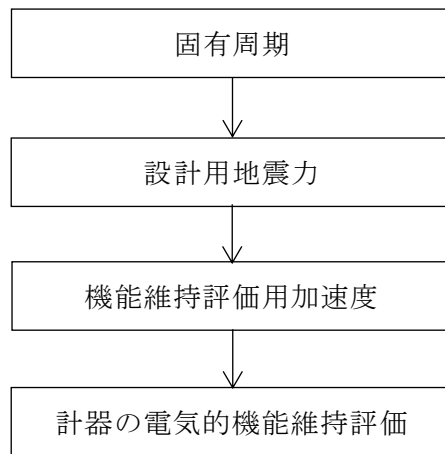


図 2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器入口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-4-1-4「管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又は残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度（検出器取付箇所の配管に生じる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	残留熱除去系管 (RHR-R-5) EL 19.55	水平	4.00
		鉛直	3.00
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	残留熱除去系管 (RHR-R-10) EL 19.1	水平	7.00
		鉛直	2.00

表 4-2 機能維持評価用加速度（基準地震動 S_s により定まる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*2
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s ）により定まる加速度

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平	
	鉛直	
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平	
	鉛直	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器入口温度（TE222-1A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	3.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	3.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【残留熱除去系熱交換器入口温度（TE222-1B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平方向	7.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平方向	7.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-6 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器出口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器出口温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、残留熱除去交換器出口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

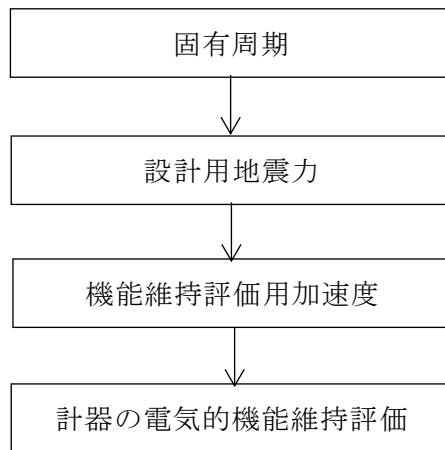


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器出口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-4-1-4「管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又は残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度（検出器取付箇所 of 配管に生じる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	残留熱除去系管 (RHR-R-5) EL 19.55	水平	4.00
		鉛直	2.00
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	残留熱除去系管 (RHR-R-10) EL 19.1	水平	2.00
		鉛直	8.00

表 4-2 機能維持評価用加速度（基準地震動 S_s により定まる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*2
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s ）により定まる加速度

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平	
	鉛直	
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平	
	鉛直	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器出口温度（TE222-2A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【残留熱除去系熱交換器出口温度（TE222-2B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平方向	2.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	8.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平方向	2.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	8.00	<input type="checkbox"/>

注記*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S_sにより定まる加速度又は残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-24 サプレッションプール水温度の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 構造強度評価	13
5.1 構造強度評価方法	13
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
5.3 設計用地震力	17
5.4 計算方法	20
5.5 計算条件	24
5.6 応力の評価	24
6. 機能維持評価	25
6.1 電氣的機能維持評価方法	25
7. 評価結果	27
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	27

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、サブレーションプール水温度が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

サブレーションプール水温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブレーションプール水温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管に圧縮継手により固定され、保護管は、サポート鋼材にて固定する。 サポート鋼材は、溶接により壁面に設置する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図				
基礎・支持構造	主体構造					
		対象機器	TE222-5A-1	TE222-5A-2	TE222-5A-3	TE222-5A-4
		縦				
		横				
		高さ				
		対象機器	TE222-5A-5	TE222-5A-6	TE222-5B-1	TE222-5B-2
		縦				
		横				
		高さ				
		対象機器	TE222-5B-3	TE222-5B-4	TE222-5B-5	TE222-5B-6
		縦				
		横				
		高さ				

(単位：mm)

2.2 評価方針

サプレッションプール水温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッションプール水温度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッションプール水温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッションプール水温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

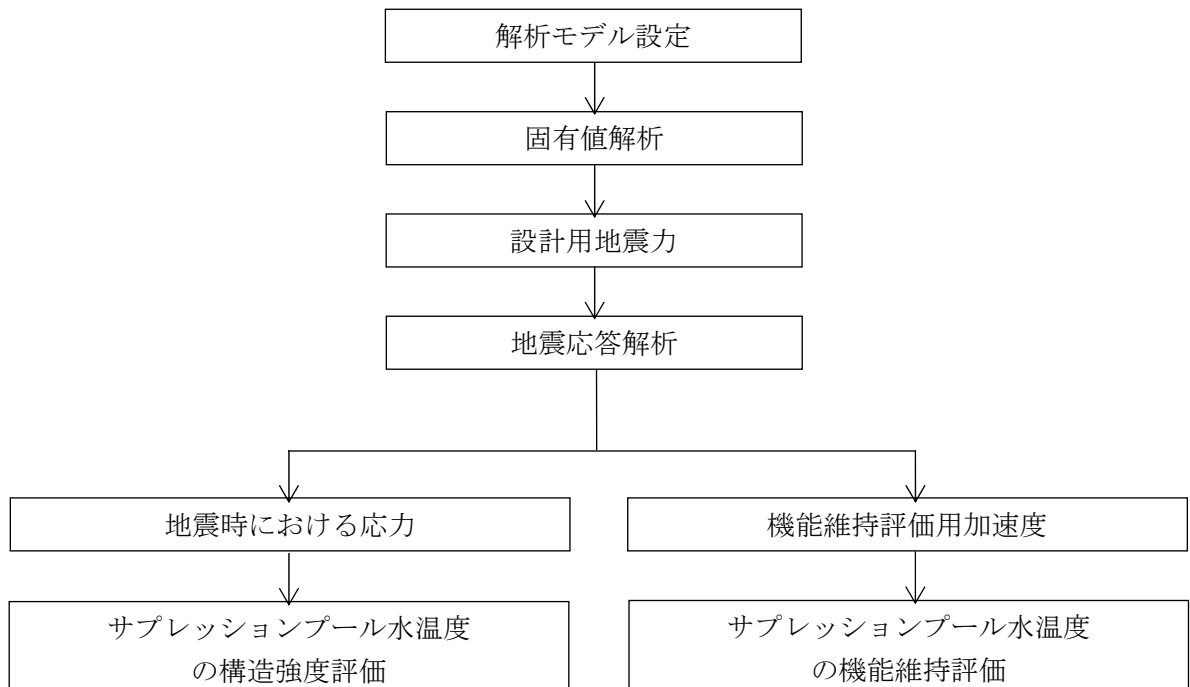


図2-1 サプレッションプール水温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wy}	溶接部の F_y に対する有効断面積	mm ²
A_{wz}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_{sm}	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_1, h_2	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	N・mm
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z_p	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_y	溶接全断面におけるY軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm ³
π	円周率	—
σ_t	溶接部に生じる引張応力 (圧縮応力)	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目 ^{*3}	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2, *3}
力	N	有効数字 5 桁目 ^{*3}	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2, *3}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*4}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字 4 桁以下となる場合は、計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

*4：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

サプレッションプール水温度の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。サプレッションプール水温度の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

サブプレッションプール水温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サブプレッションプール水温度は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

サブプレッションプール水温度の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) サブプレッションプール水温度の保護管の質量は、保護管自身の質量のほか、内包水及び水の付加質量*を考慮する。
- (2) サブプレッションプール水温度の検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (3) サブプレッションプール水温度の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (4) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「N S A F E」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

注記*：機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した質量

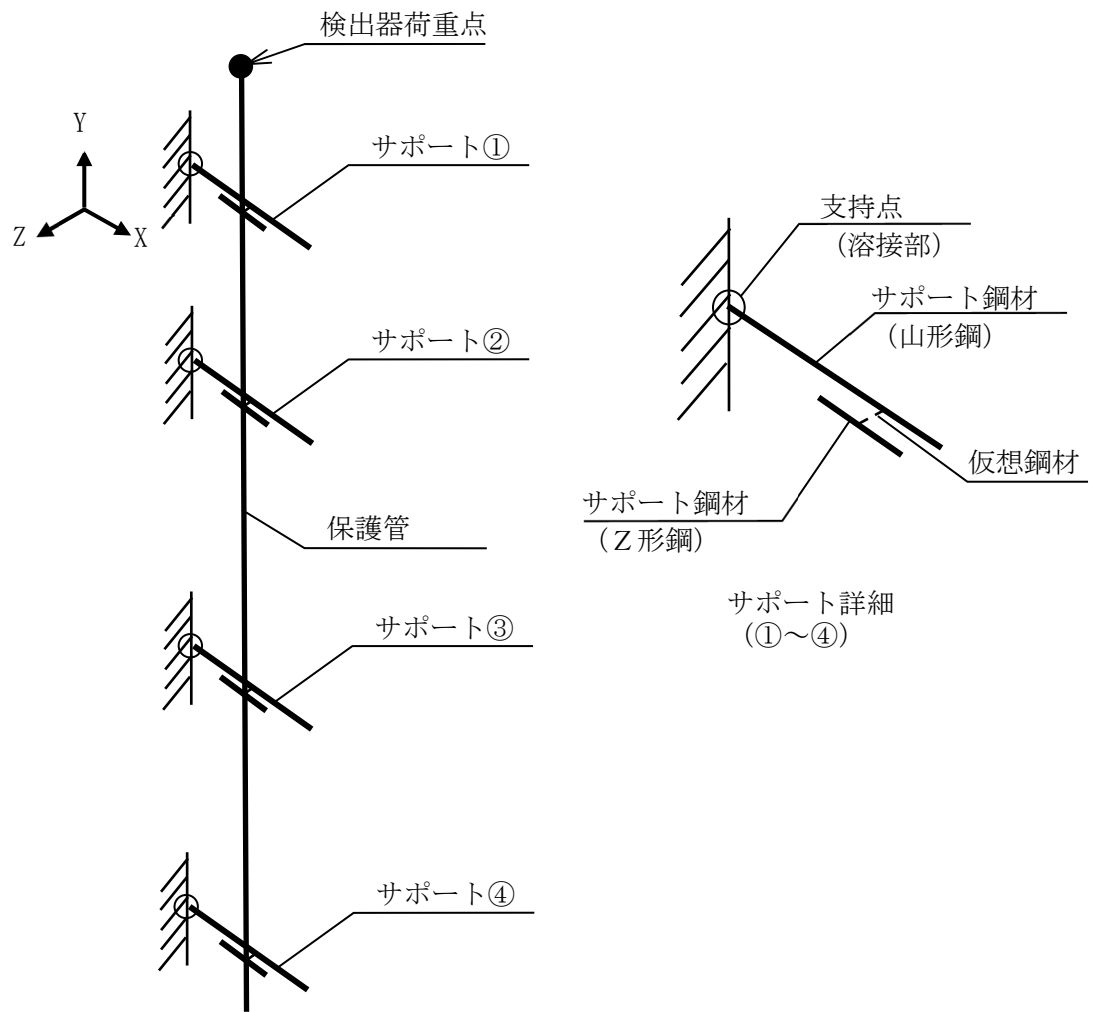


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

機器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Z方向	
TE222-5A-1	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-2	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-3	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-4	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-5	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-6	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-1	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-2	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-3	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-4	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-5	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-6	1次	水平		—	—	—

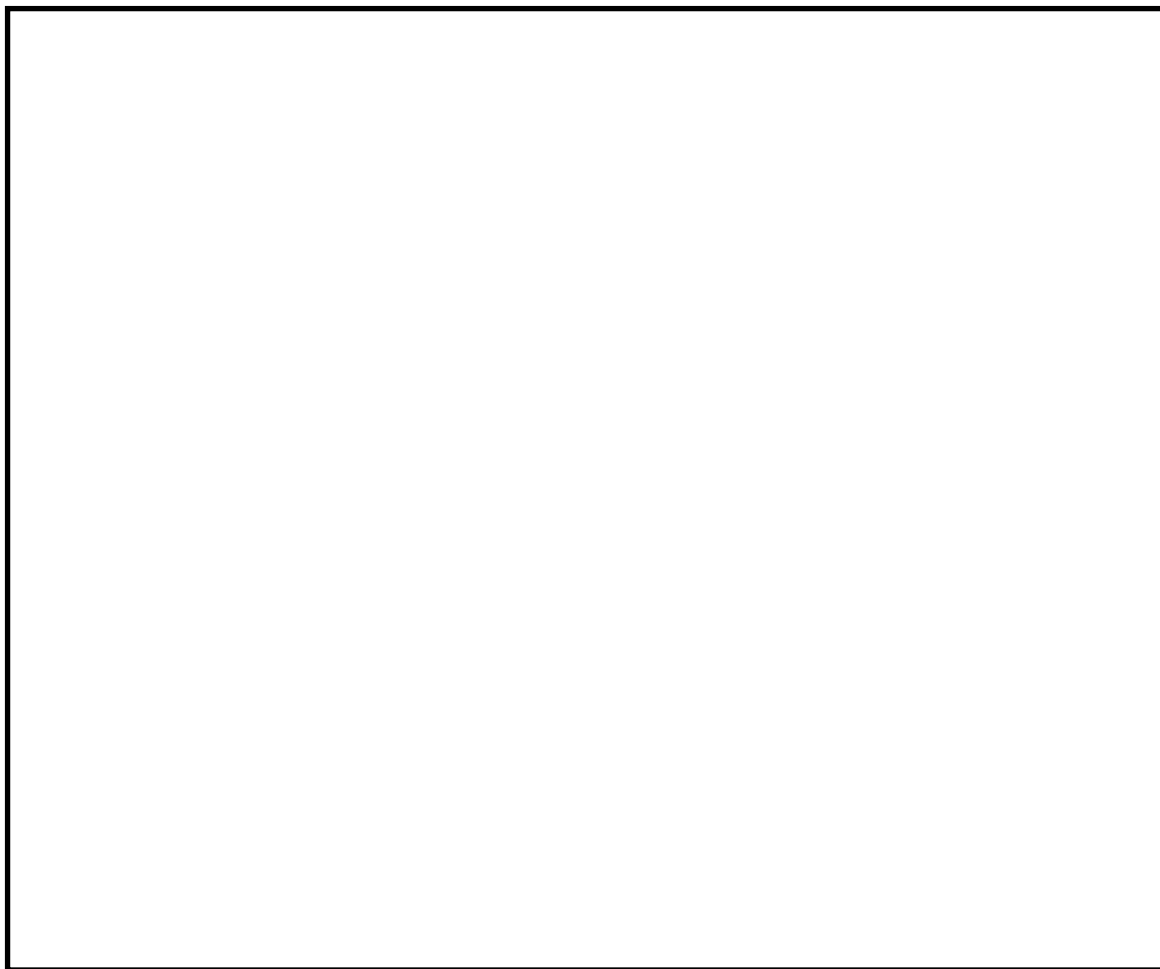


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(6)のほか，次の条件で計算する。

- (1) 地震力は，サプレッションプール水温度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水温度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

サプレッションプール水温度の許容応力は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水温度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションプール水温度	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	198	504	205
溶接部	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-1)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-2)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-3)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-4)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-5)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}

表 5-4 設計用地震力 (設計基準対象施設)

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-6)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-1)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-2)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-3)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-4)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-5)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-6)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	C _H = 3.18 ^{*2}	C _V = 2.35 ^{*2}	C _H = 6.15 ^{*3}	C _V = 4.58 ^{*3}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の応力

溶接部の応力は、三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

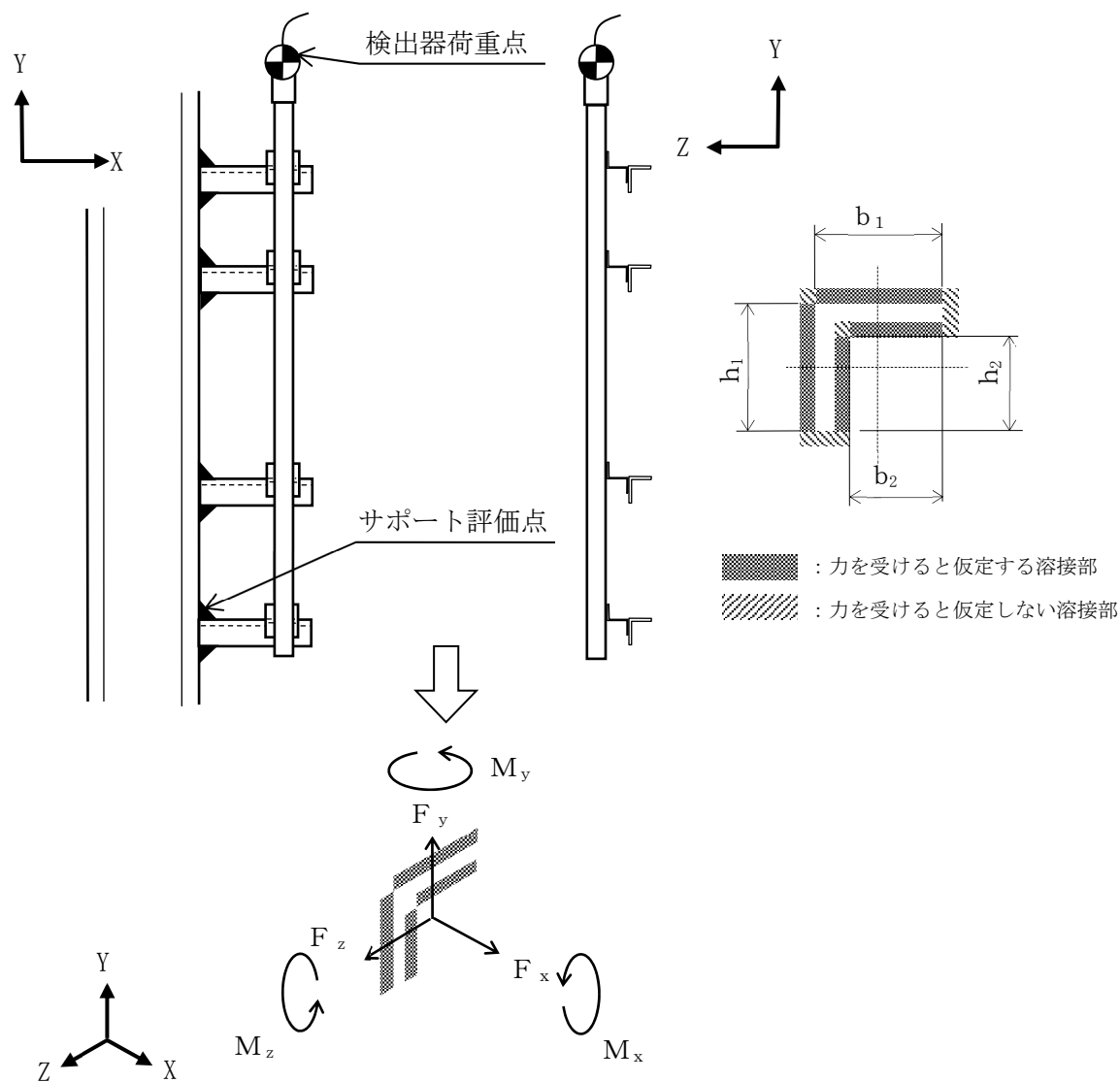


図 5-1 計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5-5 及び表 5-6 に示す。

表 5-5 サポート発生反力, モーメント (弾性設計用地震動 S d 又は静的震度)

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
TE222-5A-1						
TE222-5A-2						
TE222-5A-3						
TE222-5A-4						
TE222-5A-5						
TE222-5A-6						
TE222-5B-1						
TE222-5B-2						
TE222-5B-3						
TE222-5B-4						
TE222-5B-5						
TE222-5B-6						

S2 補 VI-2-6-5-24 R0

表 5-6 サポート発生反力, モーメント (基準地震動 S_s)

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
TE222-5A-1						
TE222-5A-2						
TE222-5A-3						
TE222-5A-4						
TE222-5A-5						
TE222-5A-6						
TE222-5B-1						
TE222-5B-2						
TE222-5B-3						
TE222-5B-4						
TE222-5B-5						
TE222-5B-6						

S2 補 VI-2-6-5-24 R0

(1) 引張応力 (圧縮応力)

溶接部に対する引張応力 (圧縮応力) は, 全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 (圧縮応力) (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

ここで, 引張力 (圧縮力) を受ける溶接部の有効断面積 A_w は, 次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ただし, h_1, h_2, b_1, b_2 は各溶接部における溶接長さを示し, 溶接部の有効のど厚 a は, 次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力 (τ)

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、 A_{wy} 、 A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図5-1でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力 (σ_w)

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_{sm} 以下であること。

ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

サブレーションプール水温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

サブレーションプール水温度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-1)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-2)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-3)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-4)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-5)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-6)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5B-1)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5B-2)	水平	
	鉛直	

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度	
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-3)	水平	□	□
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-4)	水平	□	□
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-5)	水平	□	□
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-6)	水平	□	□
	鉛直		

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

サブプレッションプール水温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

29

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

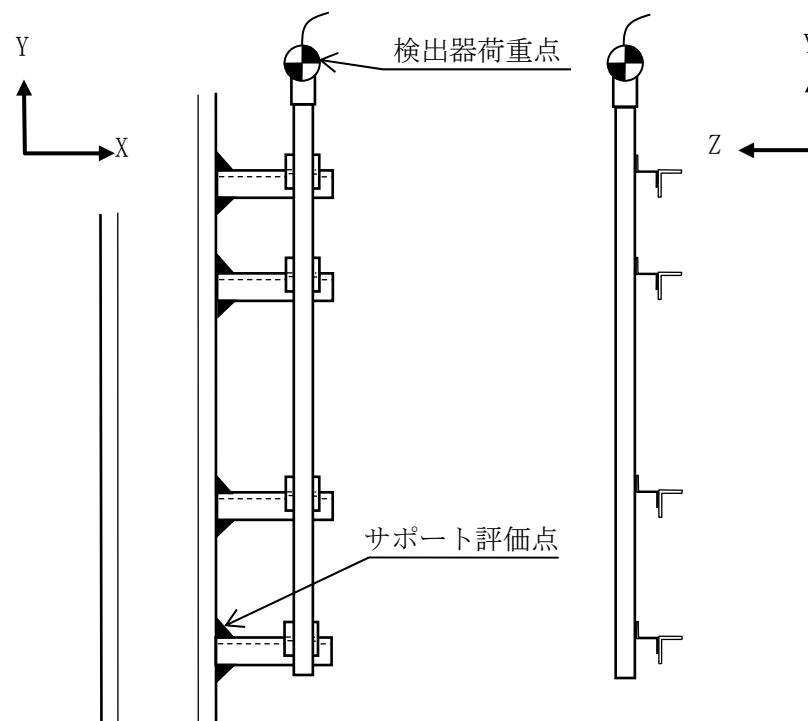
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-1)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-1)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

32

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

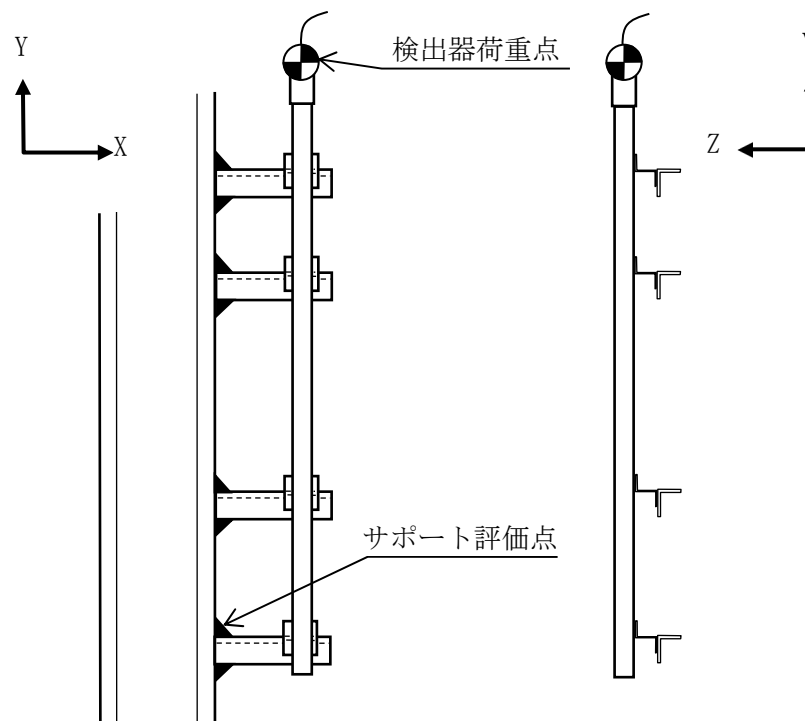
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-2)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-2)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

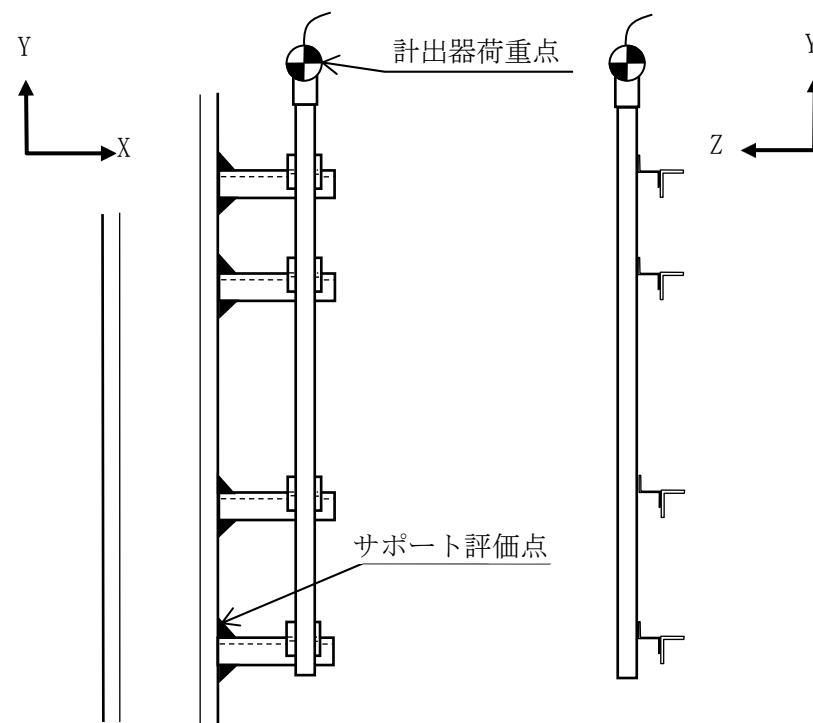
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-3)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-3)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

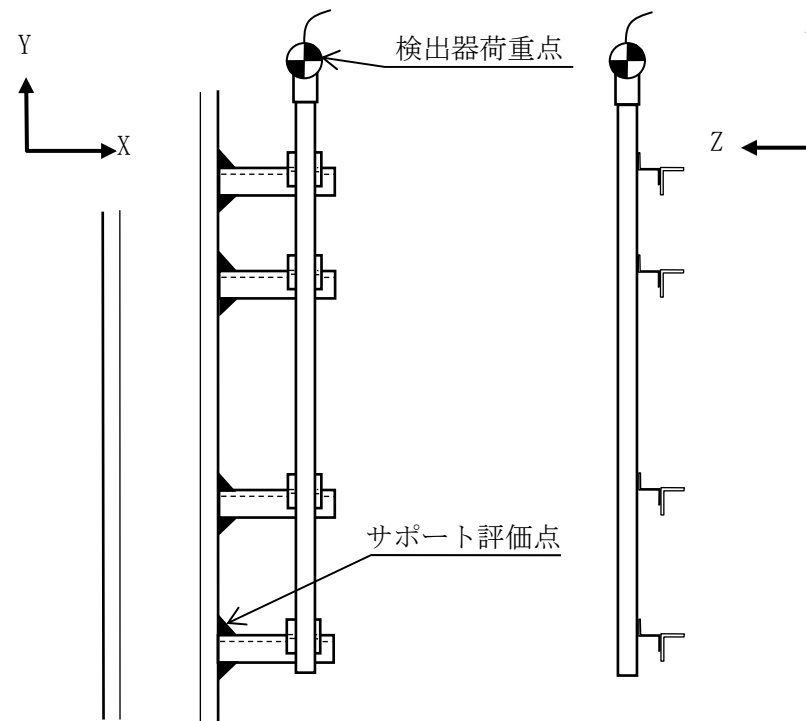
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-4)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-4)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

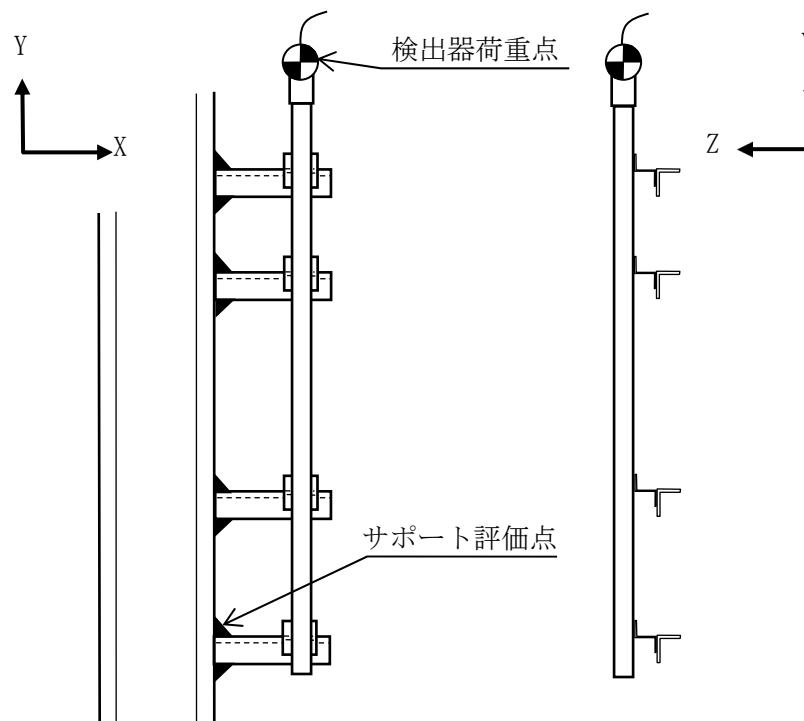
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-5)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-5)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

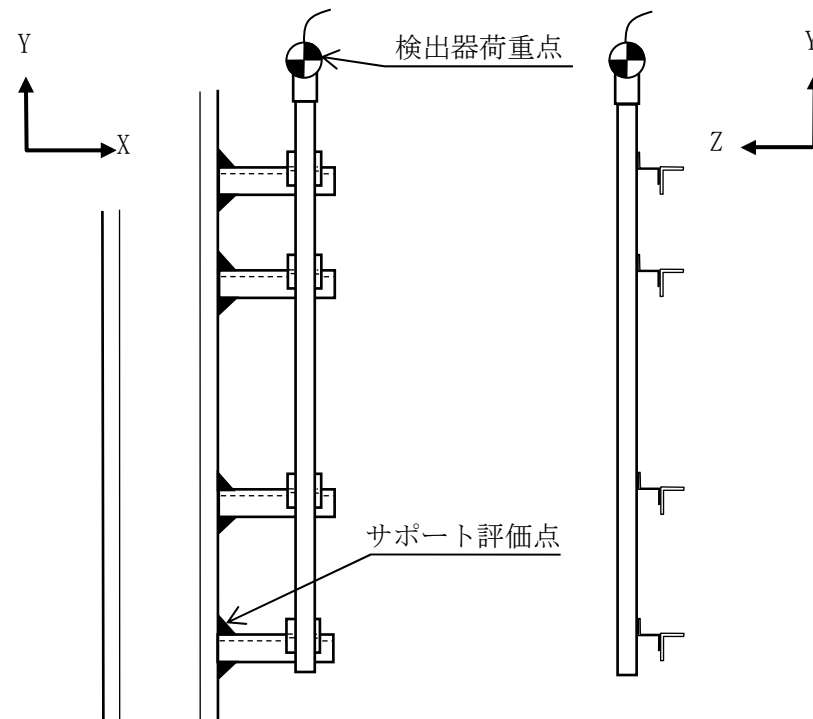
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-6)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-6)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

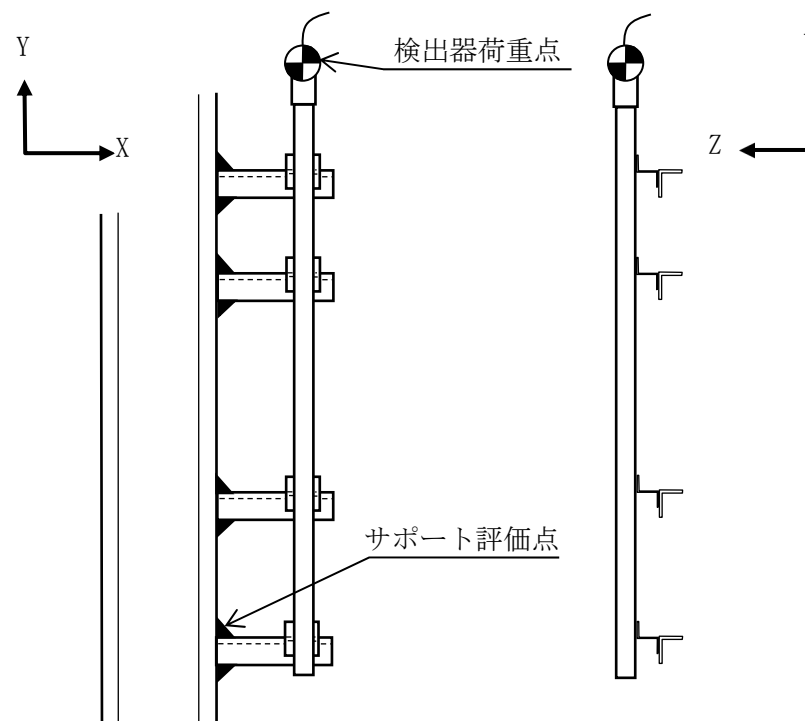
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-1)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-1)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

50

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

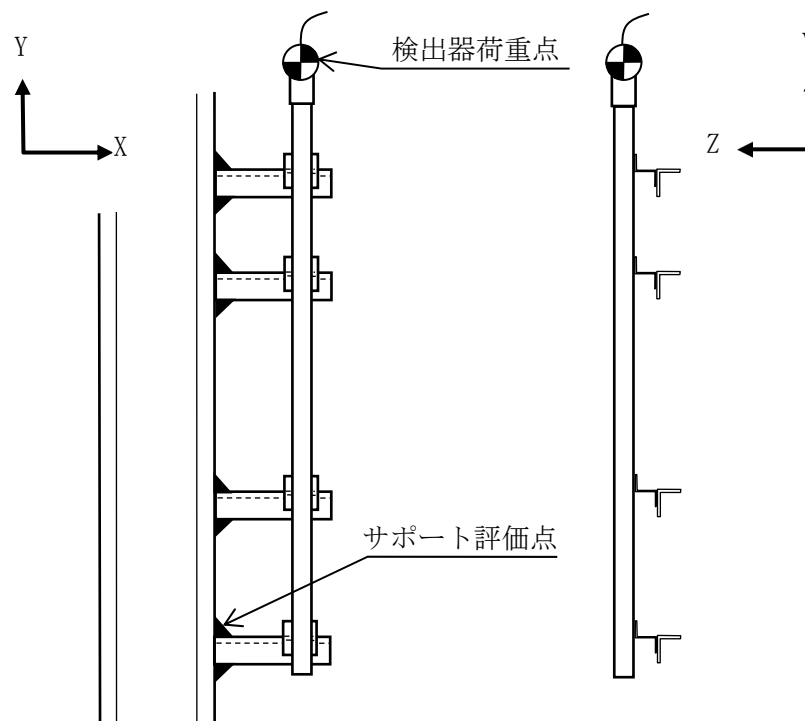
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-2)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-2)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

53

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

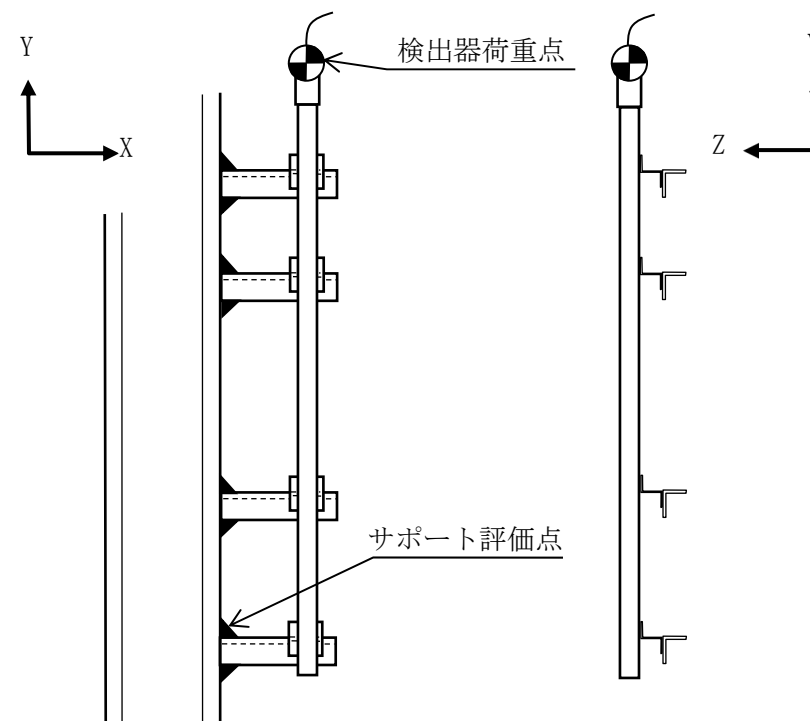
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-3)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-3)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

56

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

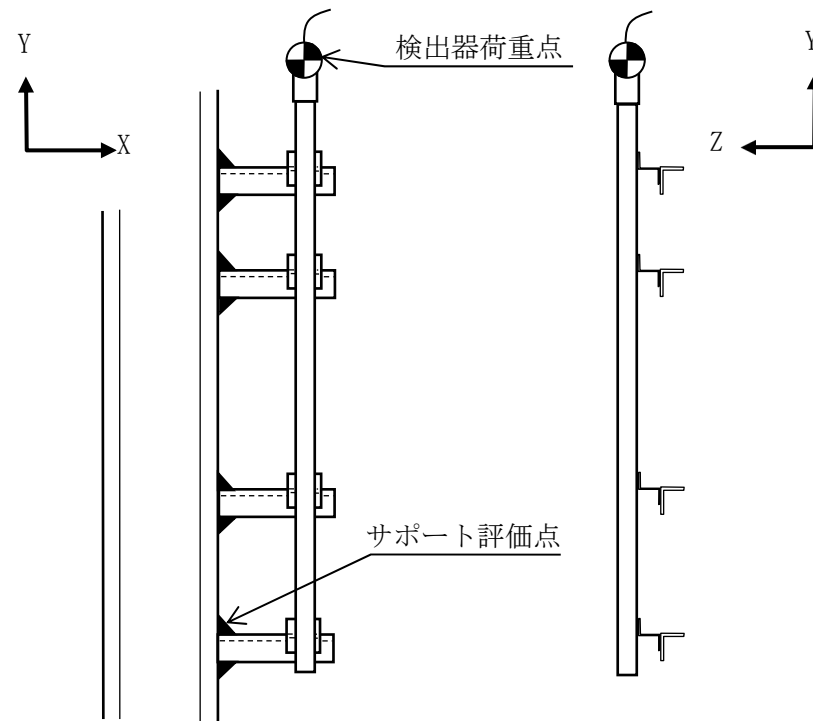
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-4)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-4)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

59

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

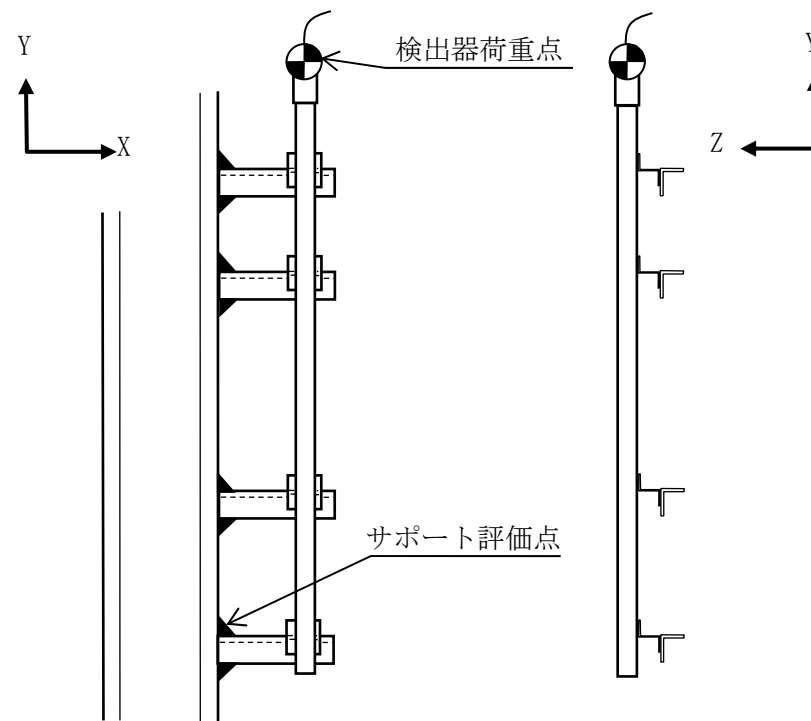
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-5)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-5)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6)	S	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	C _H =3.18*2	C _V =2.35*2	C _H =6.15*3	C _V =4.58*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 及び静的震度を上回る設計震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

62

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	$\sigma_t=0$	$f_{sm}=118$	$\sigma_t=1$	$f_{sm}=118$
		せん断	$\tau=1$	$f_{sm}=118$	$\tau=1$	$f_{sm}=118$
		曲げ	$\sigma_b=4$	$f_{sm}=118$	$\sigma_b=8$	$f_{sm}=118$
		組合せ	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

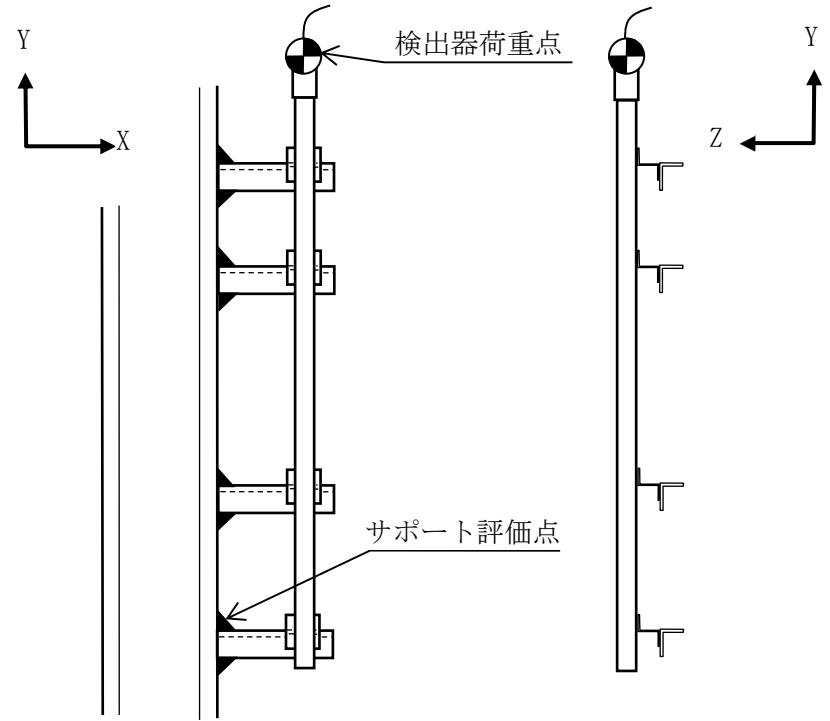
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-6)	水平方向	4.26	
	鉛直方向	3.18	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-6)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



VI-2-6-5-31 サプレッションプール水温度（S A）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	12
5. 構造強度評価	14
5.1 構造強度評価方法	14
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3 設計用地震力	18
5.4 計算方法	19
5.5 計算条件	22
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、サブプレッションプール水温度（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

サブプレッションプール水温度（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブプレッションプール水温度（SA）の構造計画を表2-1及び表2-2に示す。

表 2-1 構造計画

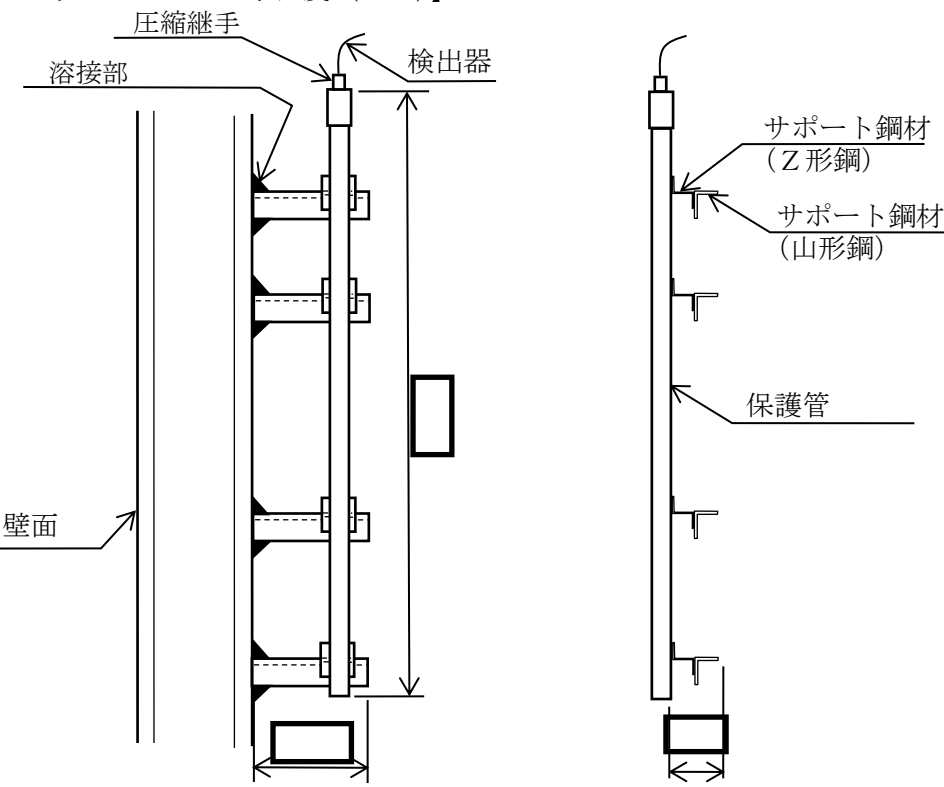
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管に圧縮継手により固定され、保護管は、サポート鋼材にて固定する。 サポート鋼材は、溶接により壁面に設置する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	<p>【サプレッションプール水温度 (S A)】</p>  <p>サプレッションプール水温度 (S A) (TE222-14A)</p> <p>(単位 : mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管に圧縮継手により固定され、保護管は、サポート鋼材にて固定する。 サポート鋼材は、溶接により壁面に設置する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	<p>【サプレッションプール水温度 (S A)】</p> <p>検出器</p> <p>溶接部</p> <p>サポート鋼材 (Z形鋼)</p> <p>サポート鋼材 (山形鋼)</p> <p>壁面</p> <p>圧縮継手</p> <p>保護管</p> <p>サプレッションプール水温度 (S A) (TE222-14B) (単位 : mm)</p>

2.2 評価方針

サブプレッションプール水温度（SA）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサブプレッションプール水温度（SA）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サブプレッションプール水温度（SA）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サブプレッションプール水温度（SA）の耐震評価フローを図2-1に示す。

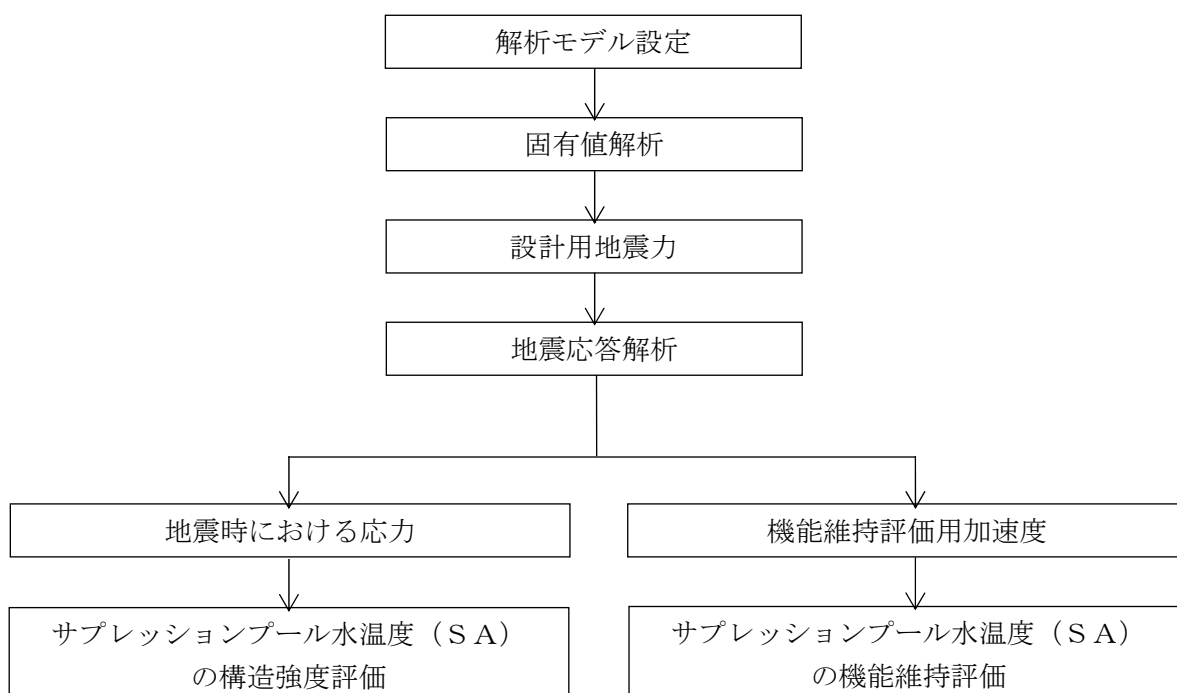


図2-1 サブプレッションプール水温度（SA）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wy}	溶接部の F_y に対する有効断面積	mm ²
A_{wz}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_{sm}	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_1, h_2	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	N・mm
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z_p	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_y	溶接全断面におけるY軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm ³
π	円周率	—
σ_t	溶接部に生じる引張応力 (圧縮応力)	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-3に示すとおりである。

表2-3 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目 ^{*3}	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2, *3}
力	N	有効数字5桁目 ^{*3}	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2, *3}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*4}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字4桁以下となる場合は、計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

*4：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

サプレッションプール水温度（S A）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。サプレッションプール水温度（S A）の耐震評価部位については、表 2-1 及び表 2-2 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

サプレッションプール水温度（S A）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッションプール水温度（S A）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

サプレッションプール水温度（S A）の解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【サプレッションプール水温度（S A）（TE222-14A）の耐震性についての計算結果】、【サプレッションプール水温度（S A）（TE222-14B）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) サプレッションプール水温度（S A）の保護管の質量は、保護管自身の質量のほか、内包水及び水の付加質量*を考慮する。
- (2) サプレッションプール水温度（S A）の検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (3) サプレッションプール水温度（S A）の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (4) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「N S A F E」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

注記*：機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した質量

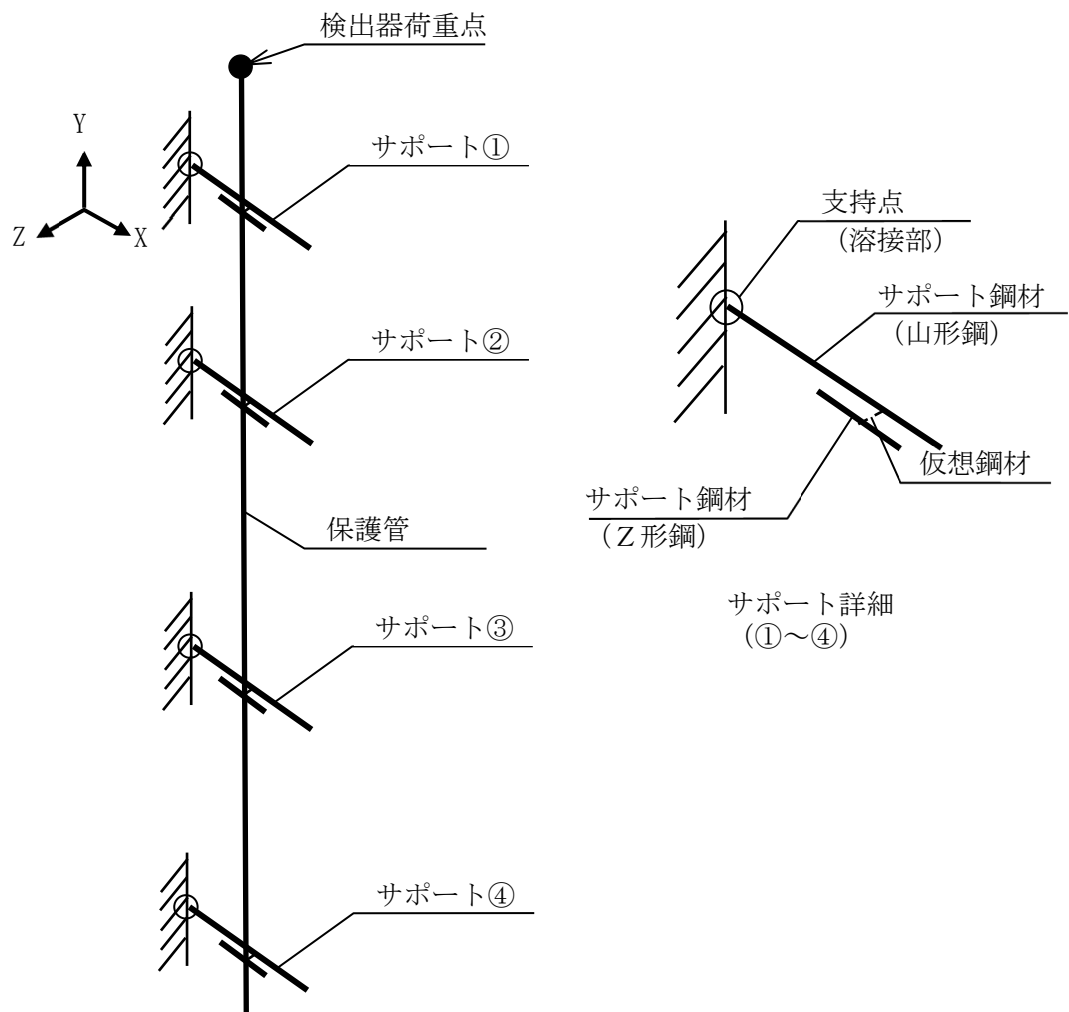


図 4-1 解析モデル (TE222-14A)

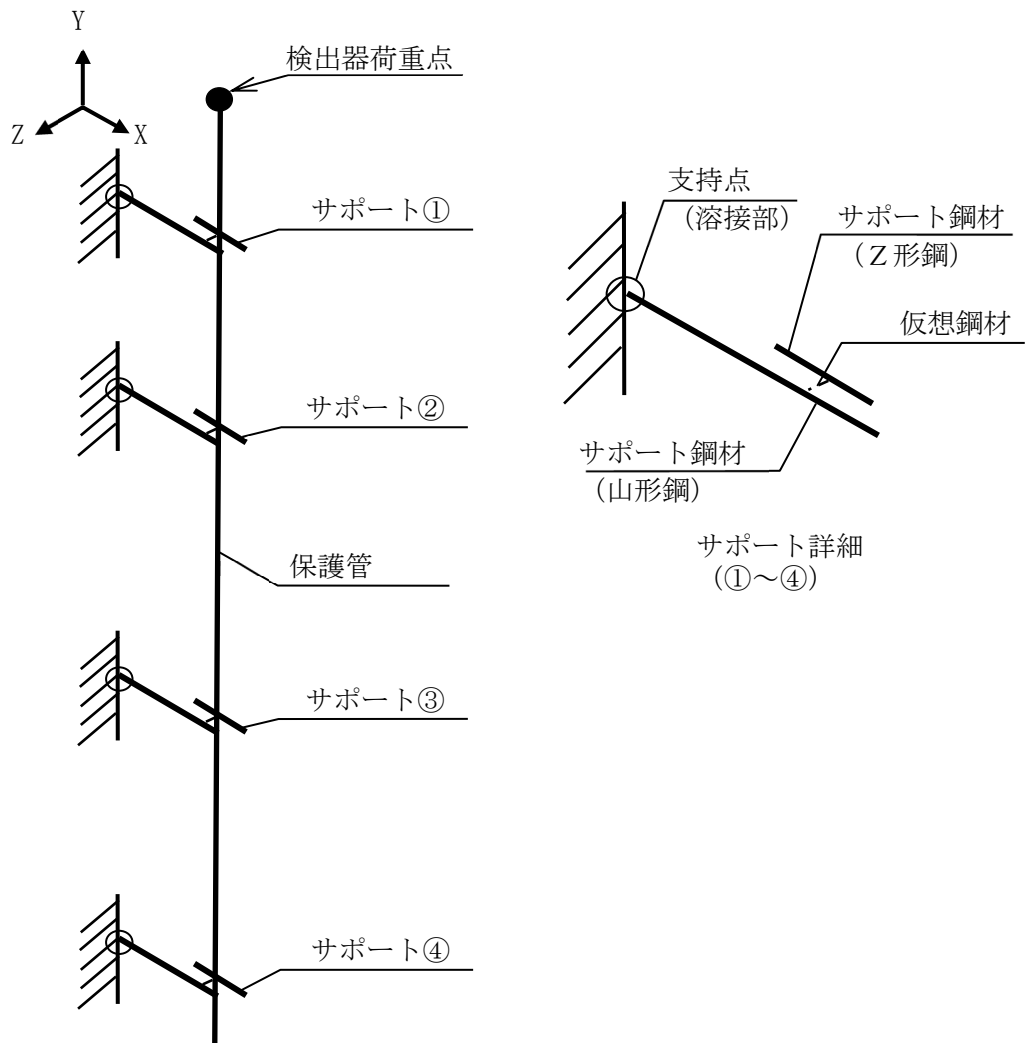


図 4-2 解析モデル (TE222-14B)

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-3 及び図 4-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

機器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Z方向	
TE222-14A	1次	水平	□	—	—	—
TE222-14B	1次	水平	□	—	—	—

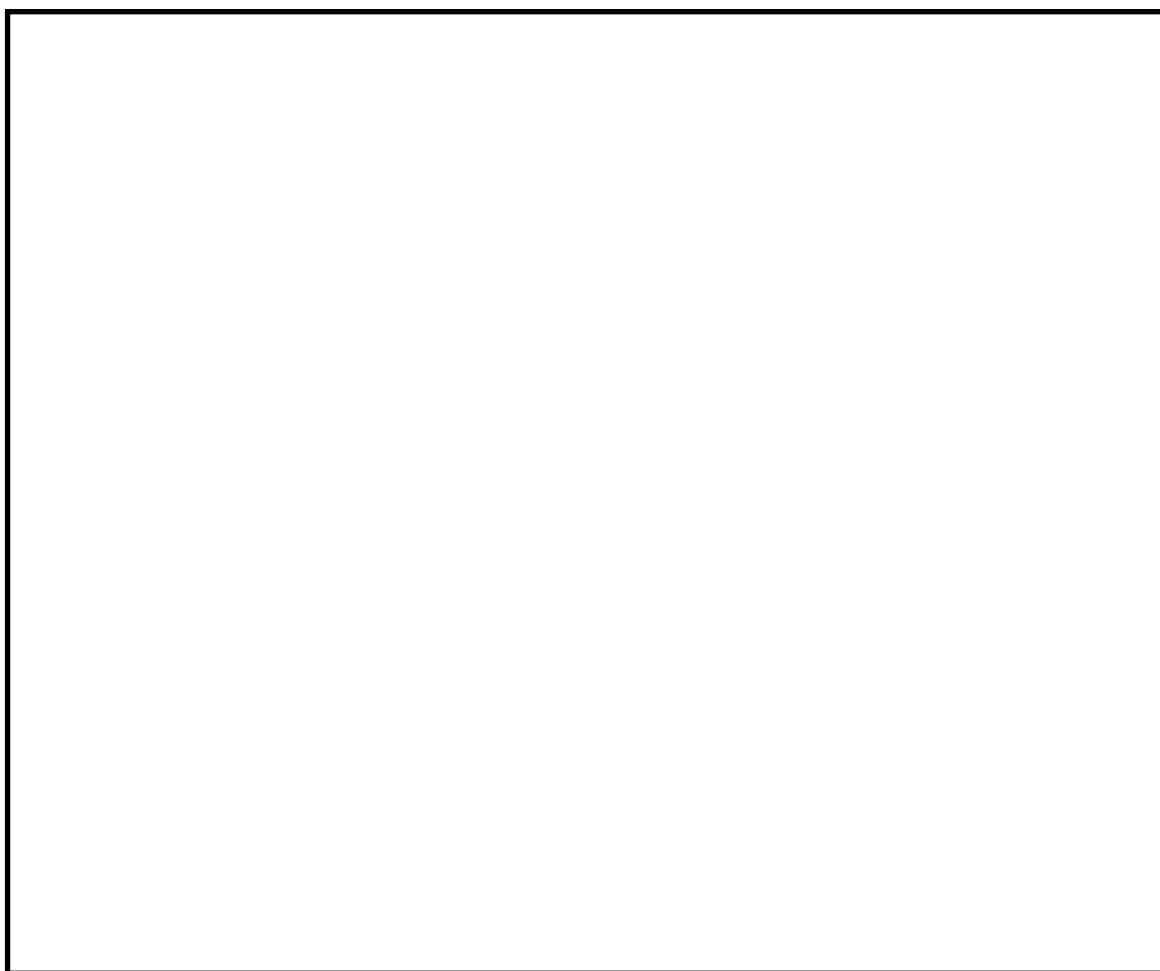


図 4-3 振動モード (TE222-14A) (1次モード 水平方向 □ s)

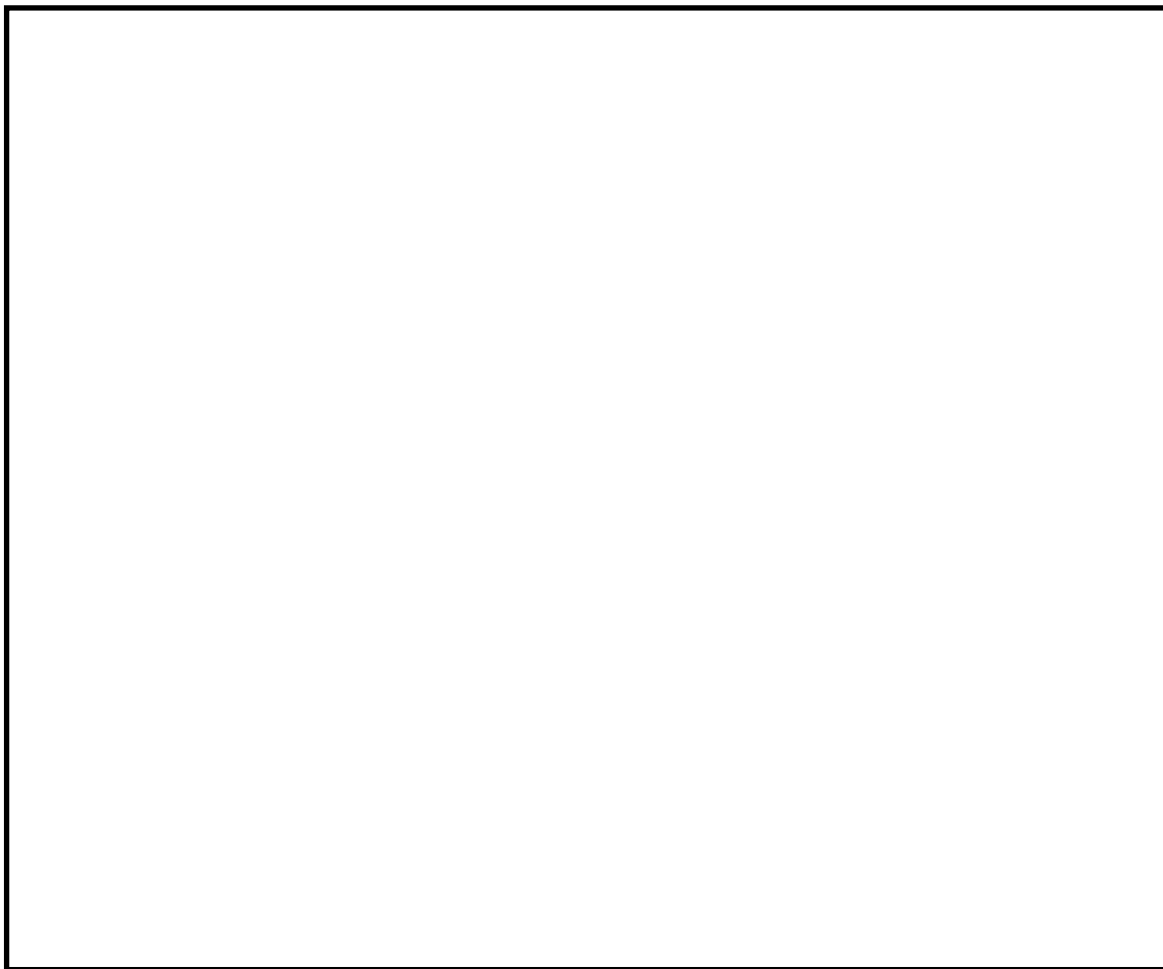



図 4-4 振動モード (TE222-14B) (1 次モード 水平方向  s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、サプレッションプール水温度（S A）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水温度（S A）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

サプレッションプール水温度（S A）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水温度（S A）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションプール水温度 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張	せん断	圧縮	曲げ
IVAS				
VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部	SUS304	周囲環境温度	175	149	412	205

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション プール水温度 (S A) (TE222-14A)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	—	—	C _H =6.15 ^{*2}	C _V =4.58 ^{*2}
サプレッション プール水温度 (S A) (TE222-14B)	サプレッショ ンチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3 ^{*1})		0.05 以下	—	—	C _H =6.15 ^{*2}	C _V =4.58 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

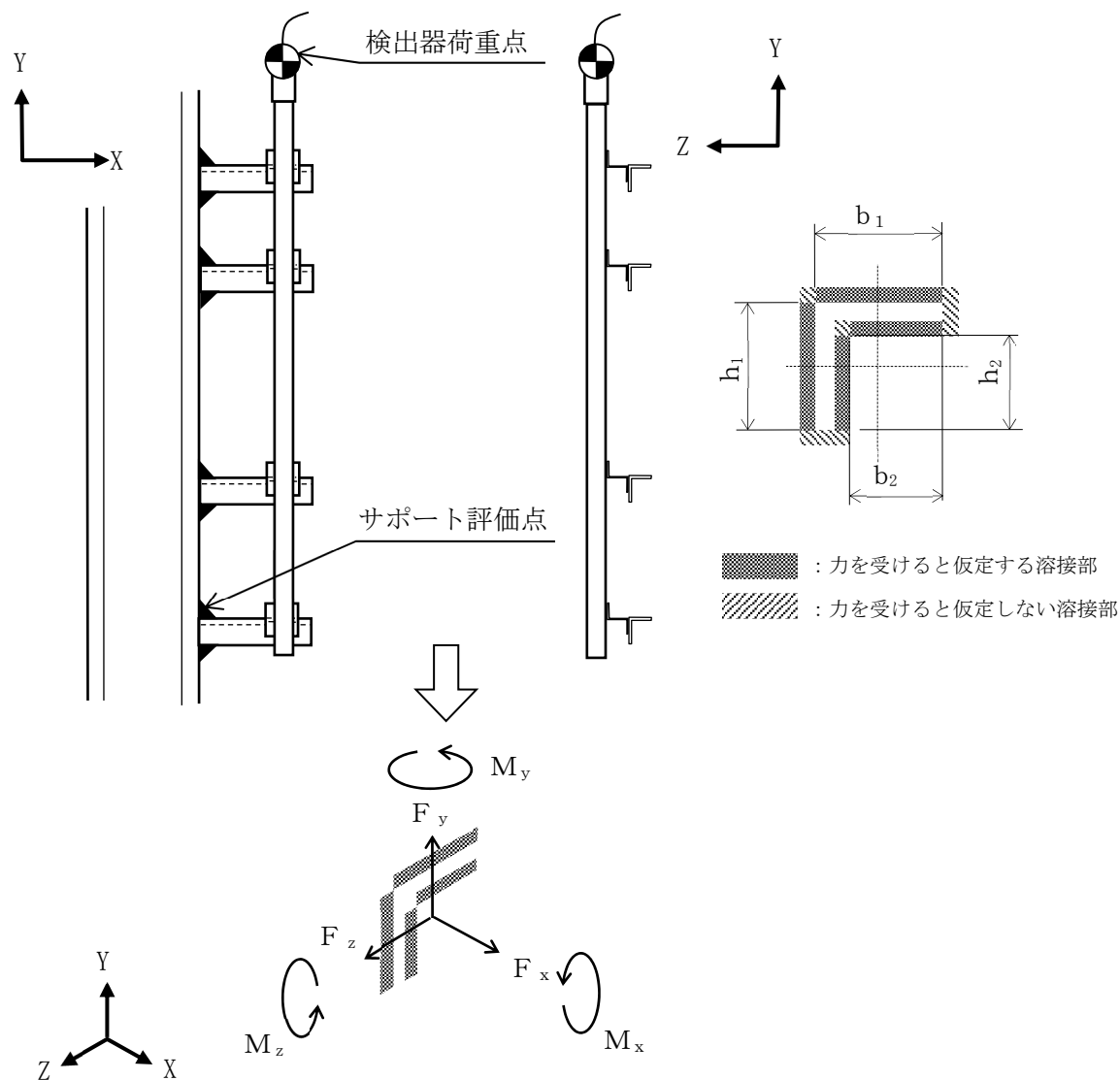


図 5-1 計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5-5 に示す。

表 5-5 サポート発生反力, モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
TE222-14A						
TE222-14B						

(1) 引張応力 (圧縮応力)

溶接部に対する引張応力 (圧縮応力) は, 全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 (圧縮応力) (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

ここで, 引張力 (圧縮力) を受ける溶接部の有効断面積 A_w は, 次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ただし, h_1, h_2, b_1, b_2 は各溶接部における溶接長さを示し, 溶接部の有効のど厚 a は, 次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は, 各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力 (τ)

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで, A_{wy}, A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積, Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy}, A_{wz} は, 次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図5-1でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

Z_y , Z_z は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

組合せ応力 (σ_w)

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブプレッションプール水温度（S A）（TE222-14A）の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度（S A）（TE222-14B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

サブプレッションプール水温度（S A）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき，基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

サブプレッションプール水温度（S A）の機能確認済加速度は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
サブプレッションプール水温度（S A） (TE222-14A)	水平	
	鉛直	
サブプレッションプール水温度（S A） (TE222-14B)	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サブプレッションプール水温度（S A）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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションプール水温度 (S A) (TE222-14A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッションプール水温度 (S A) (TE222-14A)	常設耐震/防止 常設/緩和	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	—	—	C _H =6.15*2	C _V =4.58*2	175

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														149	412	205	—	201

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

26

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_{sm} = 116$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_{sm} = 116$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{sm} = 116$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 116$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

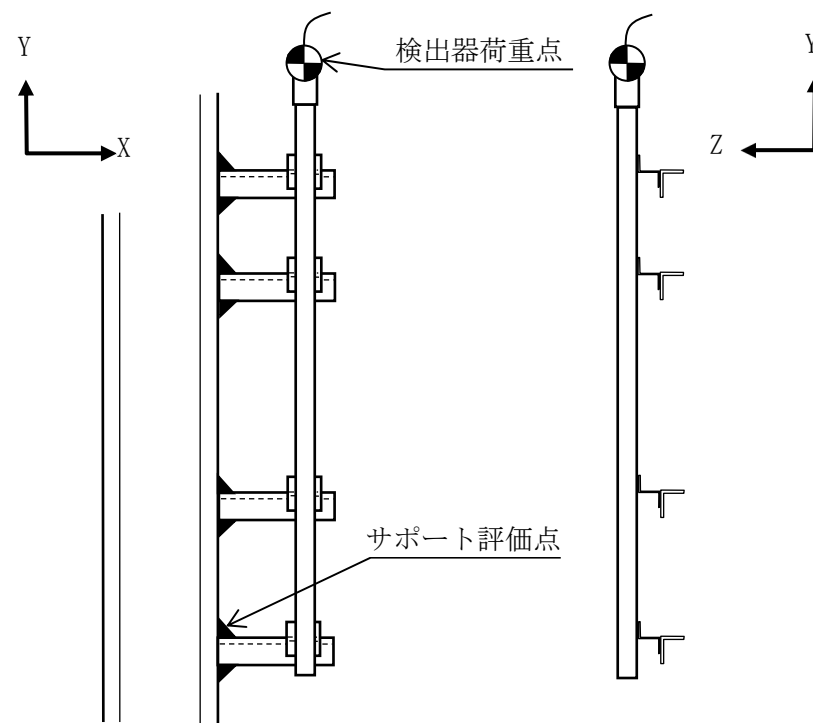
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (S A) (TE222-14A)	水平方向	4.26	<input type="text"/>
	鉛直方向	3.18	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-14A)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	175
縦弾性係数	E	MPa	184000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



【サブプレッションプール水温度（S A）（TE222-14B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度（S A） (TE222-14B)	常設耐震／防止 常設／緩和	サブプレッションチェンバ EL 4.81 (原子炉建物 EL 1.3*1)		0.05 以下	—	—	C _H =6.15*2	C _V =4.58*2	175

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														149	412	205	—	201

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

29

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	引張 (圧縮)	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_{sm} = 116$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_{sm} = 116$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{sm} = 116$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 116$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

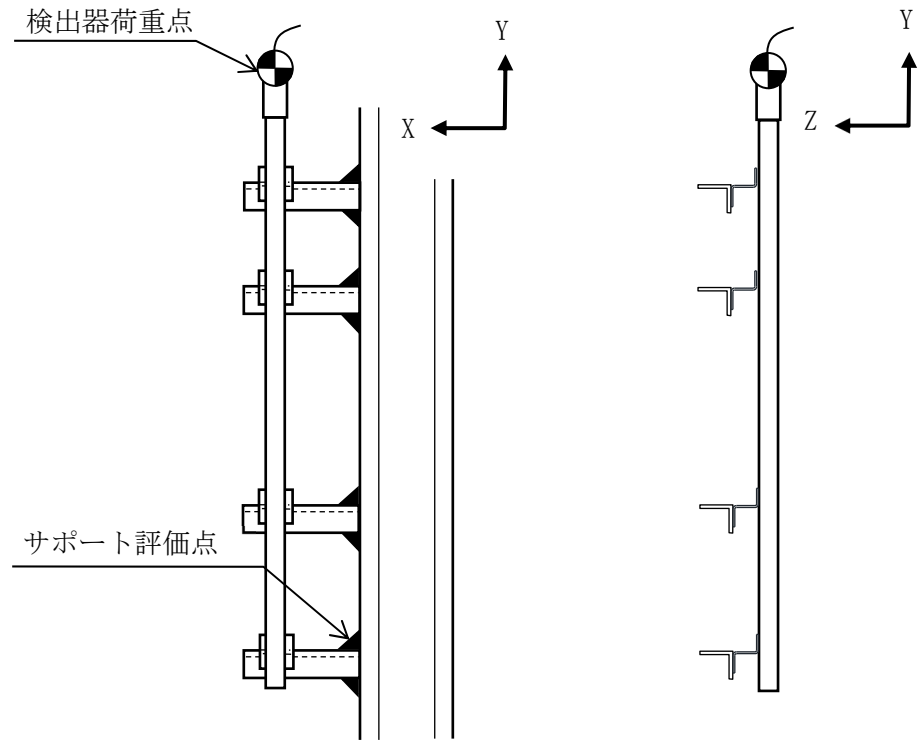
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (S A) (TE222-14B)	水平方向	4.26	<input type="text"/>
	鉛直方向	3.18	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値 (TE222-14B)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	175
縦弾性係数	E	MPa	184000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



VI-2-6-5-48 地震加速度の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	20

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、地震加速度が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

地震加速度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

地震加速度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																																																																																																							
基礎・支持構造	主体構造																																																																																																								
地震加速度は、床に埋め込まれた基礎ボルトにより固定される。	地震加速度検出器	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p> <p>(長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p> <p>(短辺方向)</p> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">機器 名称</th> <th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th><th>地震</th> </tr> <tr> <th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th><th>加速度</th> </tr> <tr> <th></th> <th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th><th>(VbS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th><th>293</th> </tr> <tr> <th></th> <th>-1A)</th><th>-1B)</th><th>-1C)</th><th>-1D)</th><th>-2A)</th><th>-2B)</th><th>-2C)</th><th>-2D)</th><th>-3A)</th><th>-3B)</th><th>-3C)</th><th>-3D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td><td>320</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td><td>340</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器 名称	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度		(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS		293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293		-1A)	-1B)	-1C)	-1D)	-2A)	-2B)	-2C)	-2D)	-3A)	-3B)	-3C)	-3D)	たて	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	横	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	高さ	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
機器 名称	地震	地震		地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震	地震																																																																																												
	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度																																																																																													
	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS	(VbS																																																																																													
	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293																																																																																													
	-1A)	-1B)	-1C)	-1D)	-2A)	-2B)	-2C)	-2D)	-3A)	-3B)	-3C)	-3D)																																																																																													
たて	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320																																																																																													
横	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550																																																																																													
高さ	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340																																																																																													

2.2 評価方針

地震加速度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す地震加速度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、地震加速度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

地震加速度の耐震評価フローを図2-1に示す。

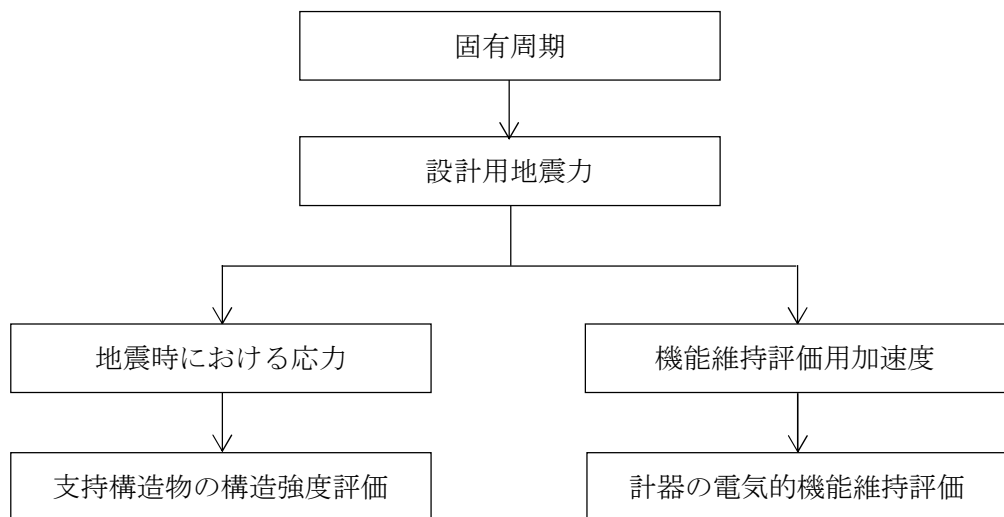


図2-1 地震加速度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

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

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

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

地震加速度の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

地震加速度の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

地震加速度の固有周期は、構造が同等な検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有周期を確認する。地震加速度の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

地震加速度 (VbS293-1A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-1B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-1C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-1D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-2A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-2B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-2C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-2D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-3A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-3B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-3C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (VbS293-3D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 地震加速度の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は地震加速度に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 地震加速度は基礎ボルトで床に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 地震加速度の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

地震加速度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

地震加速度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地震加速度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	地震加速度	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	地震加速度大	—	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
地震加速度 (VbS293-1A)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-1B)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-1C)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-1D)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-2A)	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$
地震加速度 (VbS293-2B)	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$
地震加速度 (VbS293-2C)	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$
地震加速度 (VbS293-2D)	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$
地震加速度 (VbS293-3A)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-3B)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-3C)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$
地震加速度 (VbS293-3D)	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

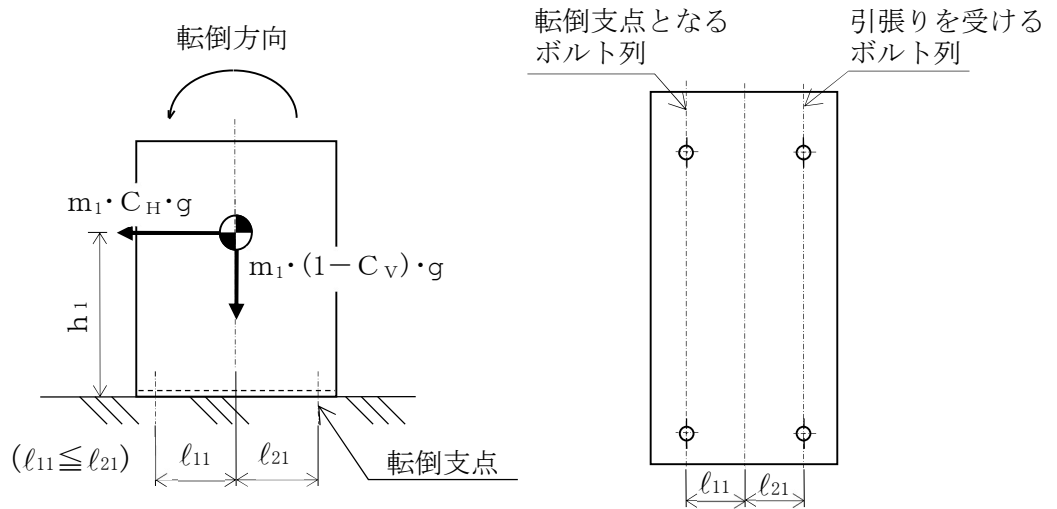


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒） $(1 - C_V) \geq 0$

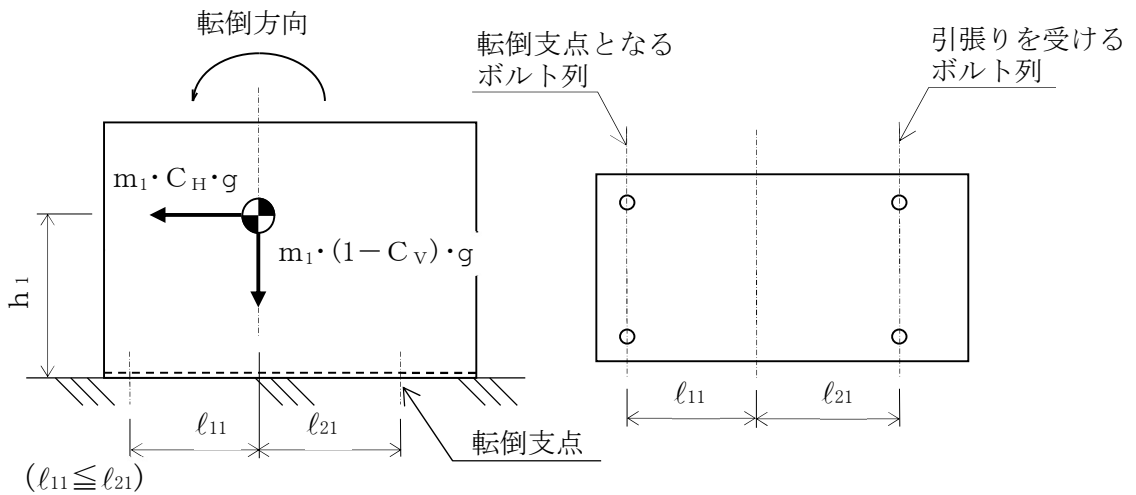


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒） $(1 - C_V) \geq 0$ の場合

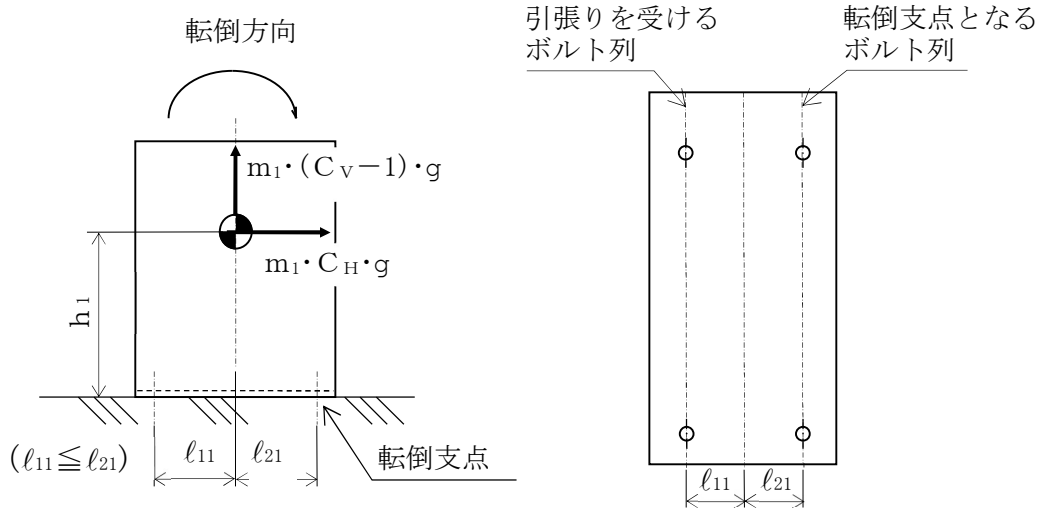


図5-3 計算モデル（短辺方向転倒） $(1 - C_v) < 0$ の場合

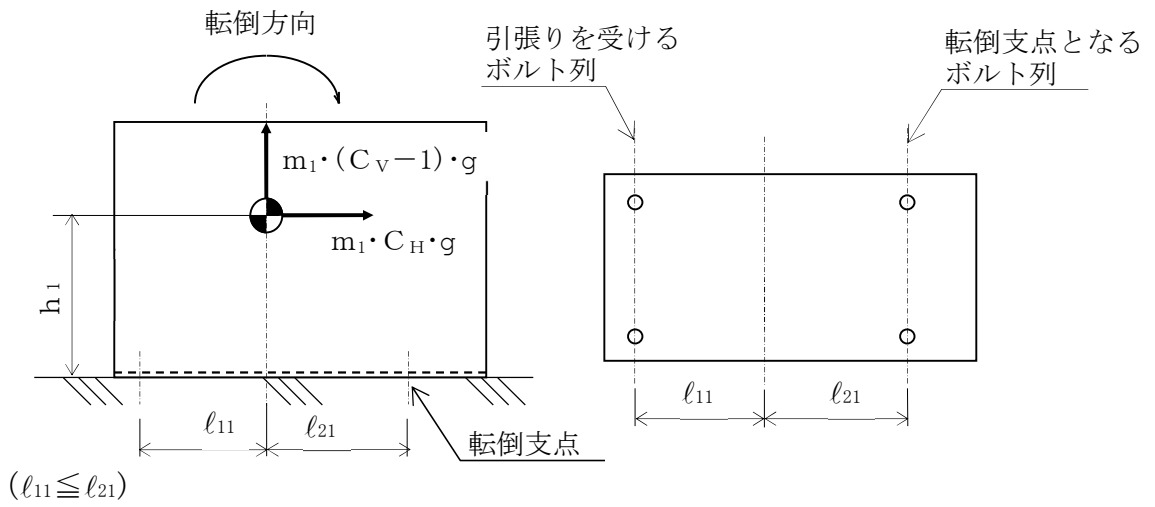


図5-4 計算モデル（長辺方向転倒） $(1 - C_v) < 0$ の場合

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1、図5-2、図5-3及び図5-4でそれぞれの基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1、図5-2の場合の引張力

$$F_{b1} = \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-3、図5-4の場合の引張力

$$F_{b1} = \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \dots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots (5.4.1.1.3)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots (5.4.1.1.4)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【地震加速度 (VbS293-1A) の耐震性についての計算結果】【地震加速度 (VbS293-1B) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-1C) の耐震性についての計算結果】【地震加速度 (VbS293-1D) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-2A) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-2B) の耐震性についての計算結果】【地震加速度 (VbS293-2C) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-2D) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-3A) の耐震性についての計算結果】【地震加速度 (VbS293-3B) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-3C) の耐震性についての計算結果】
【地震加速度 (VbS293-3D) の耐震性についての計算結果】 の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

地震加速度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

地震加速度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-1A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-1B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-1C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-1D)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-2A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-2B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-2C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-2D)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-3A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-3B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-3C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (VbS293-3D)	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

地震加速度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【地震加速度 (VbS293-1A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-1A)	S	原子炉建物 EL 1.3* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.71* ²	C _V =0.48* ²	C _H =1.41* ³	C _V =1.05* ³	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

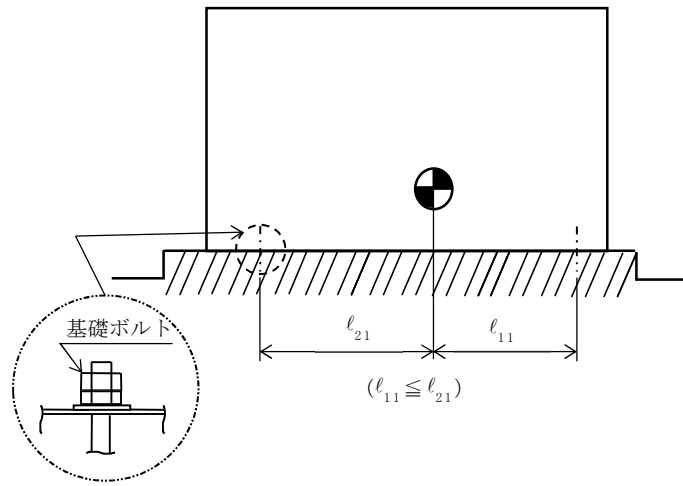
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

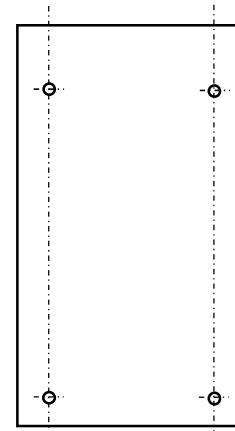
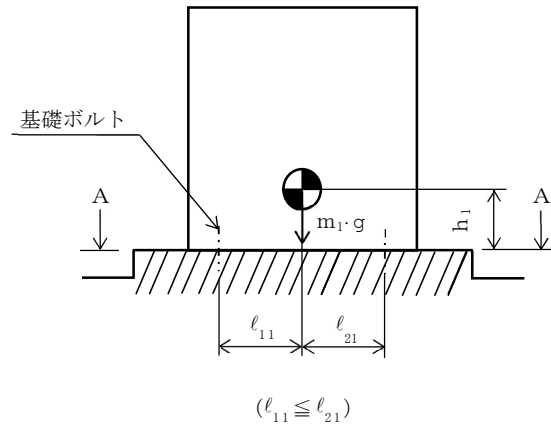
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-1A)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-1B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-1B)	S	原子炉建物 EL 1.3*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

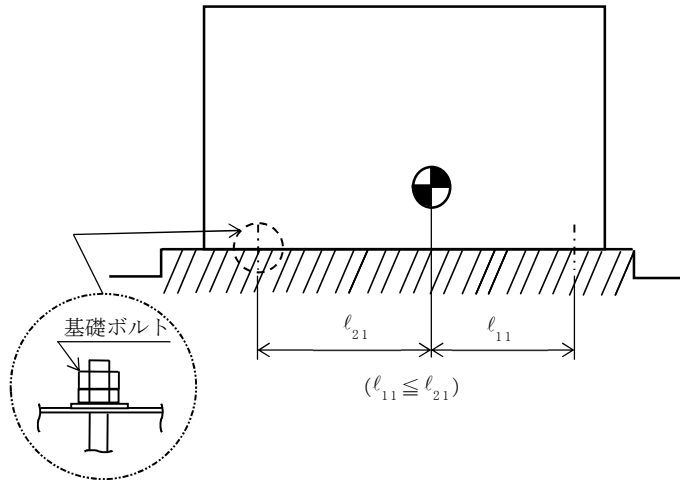
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

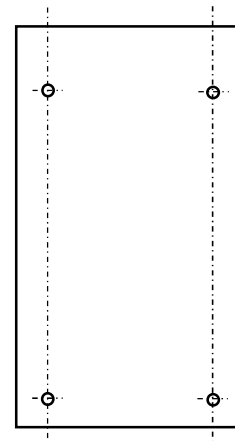
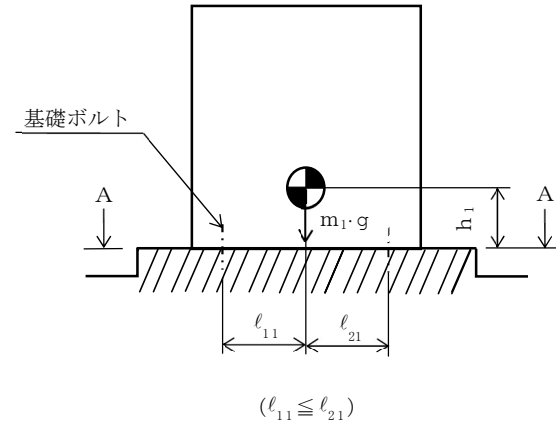
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-1B)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A矢视图

【地震加速度 (VbS293-1C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-1C)	S	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.71 ^{*2}	C _V =0.48 ^{*2}	C _H =1.41 ^{*3}	C _V =1.05 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S_d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

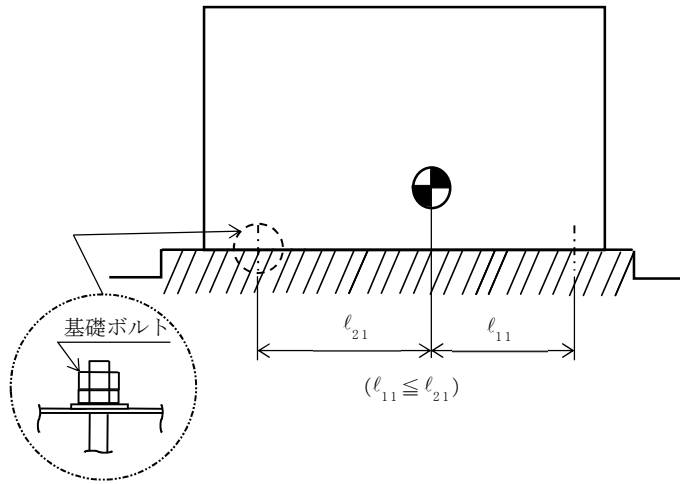
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

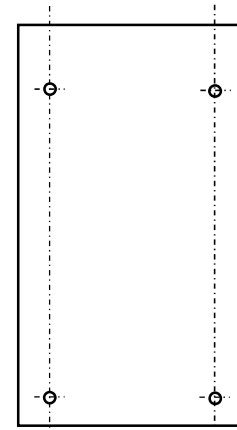
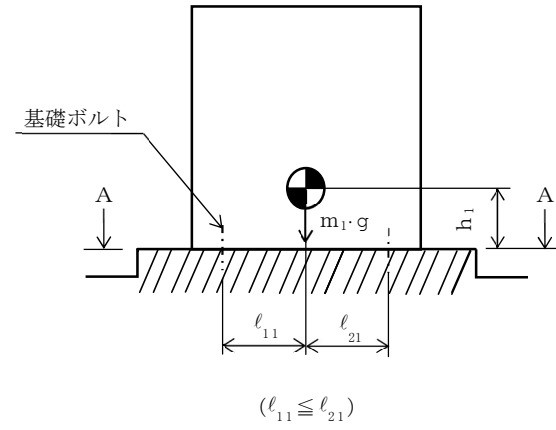
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-1C)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-1D) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-1D)	S	原子炉建物 EL 1.3 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.71 ^{*2}	C _V =0.48 ^{*2}	C _H =1.41 ^{*3}	C _V =1.05 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S_d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

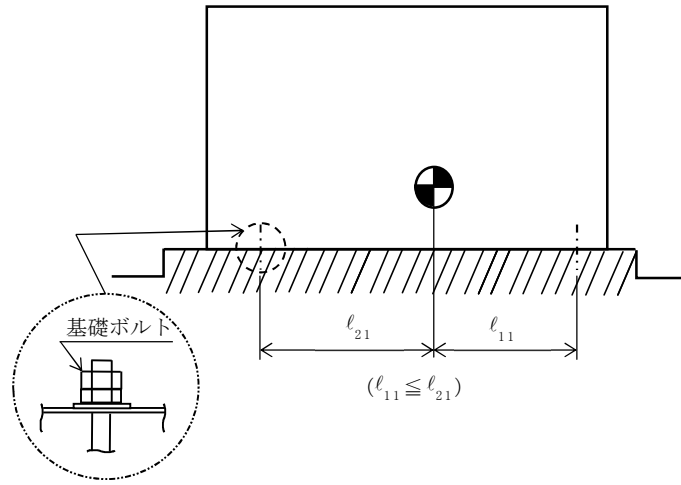
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

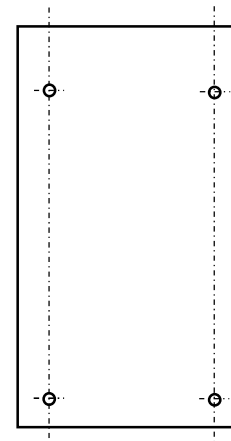
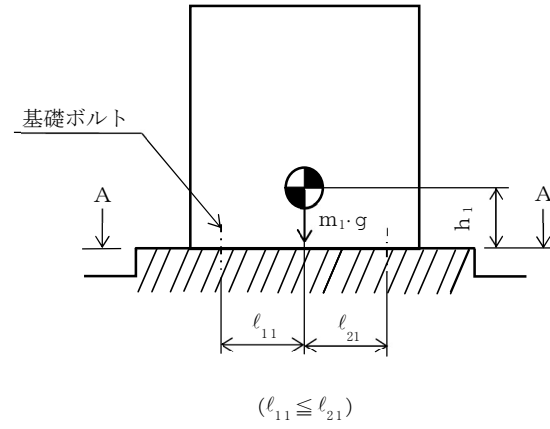
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-1D)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-2A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-2A)	S	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト ($i=1$)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

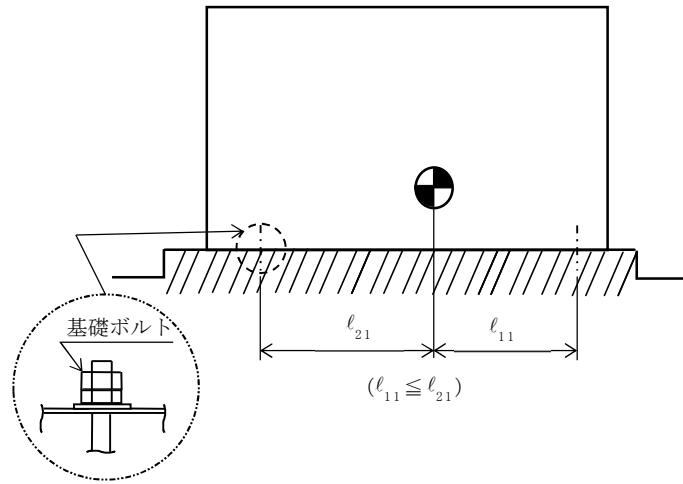
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

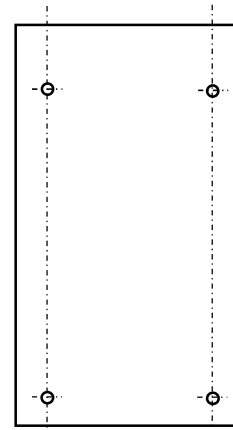
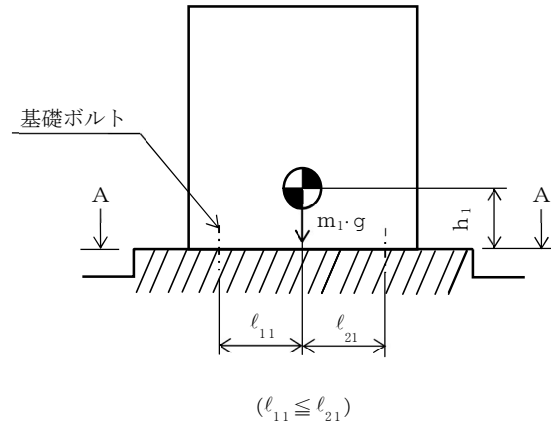
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-2A)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	1.49	□

注記*：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-2B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-2B)	S	原子炉建物 EL 34.8*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

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

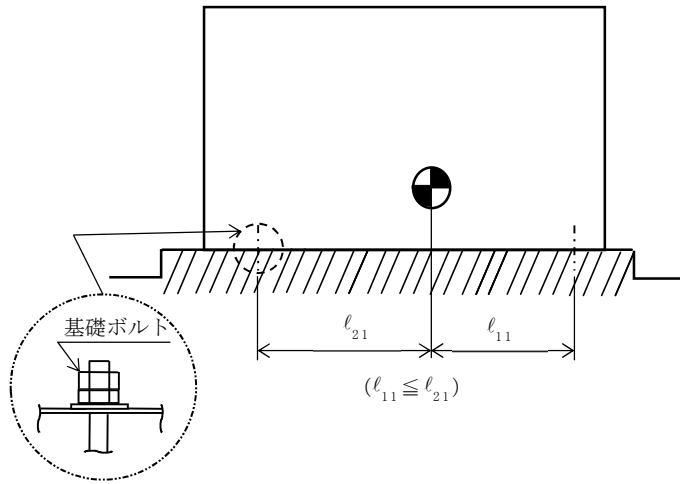
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

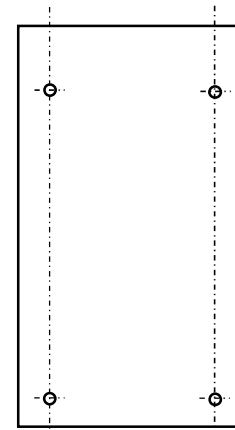
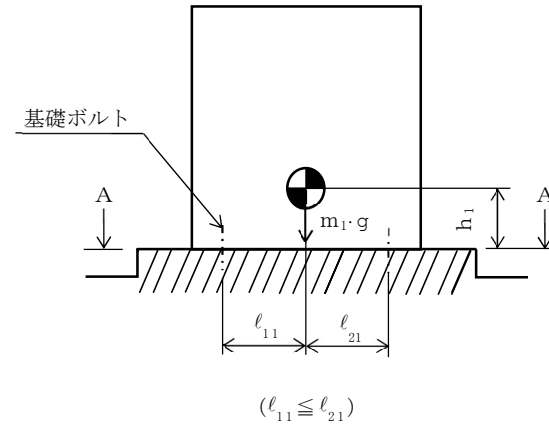
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-2B)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	1.49	□

注記*：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-2C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-2C)	S	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.56 ^{*2}	C _V =1.31 ^{*2}	C _H =2.07 ^{*3}	C _V =2.39 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S_d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

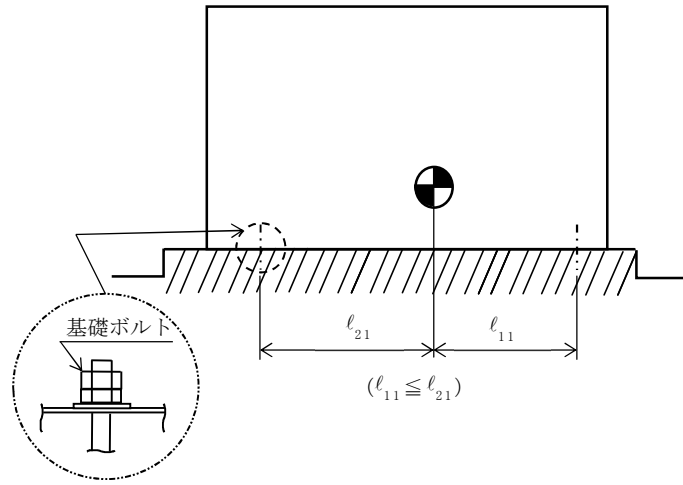
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

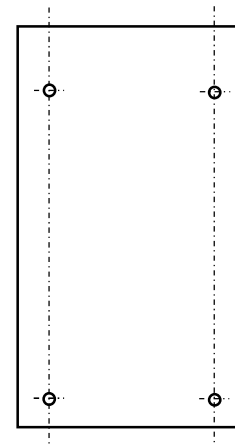
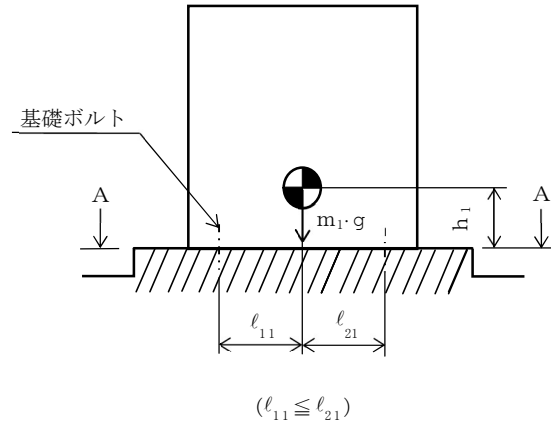
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-2C)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	1.49	□

注記*：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-2D) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-2D)	S	原子炉建物 EL 34.8*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.31^{*2}$	$C_H=2.07^{*3}$	$C_V=2.39^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト ($i=1$)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

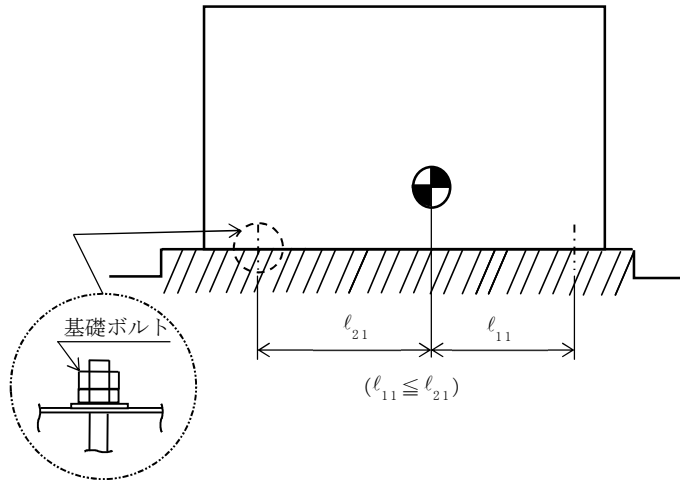
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

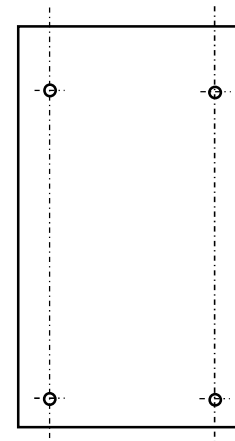
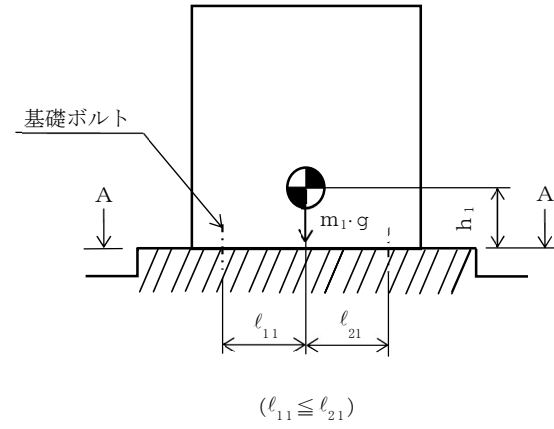
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-2D)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	1.49	□

注記*：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A矢视图

【地震加速度 (VbS293-3A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-3A)	S	原子炉建物 EL 1.3*1	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.71*2	C _V =0.48*2	C _H =1.41*3	C _V =1.05*3	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

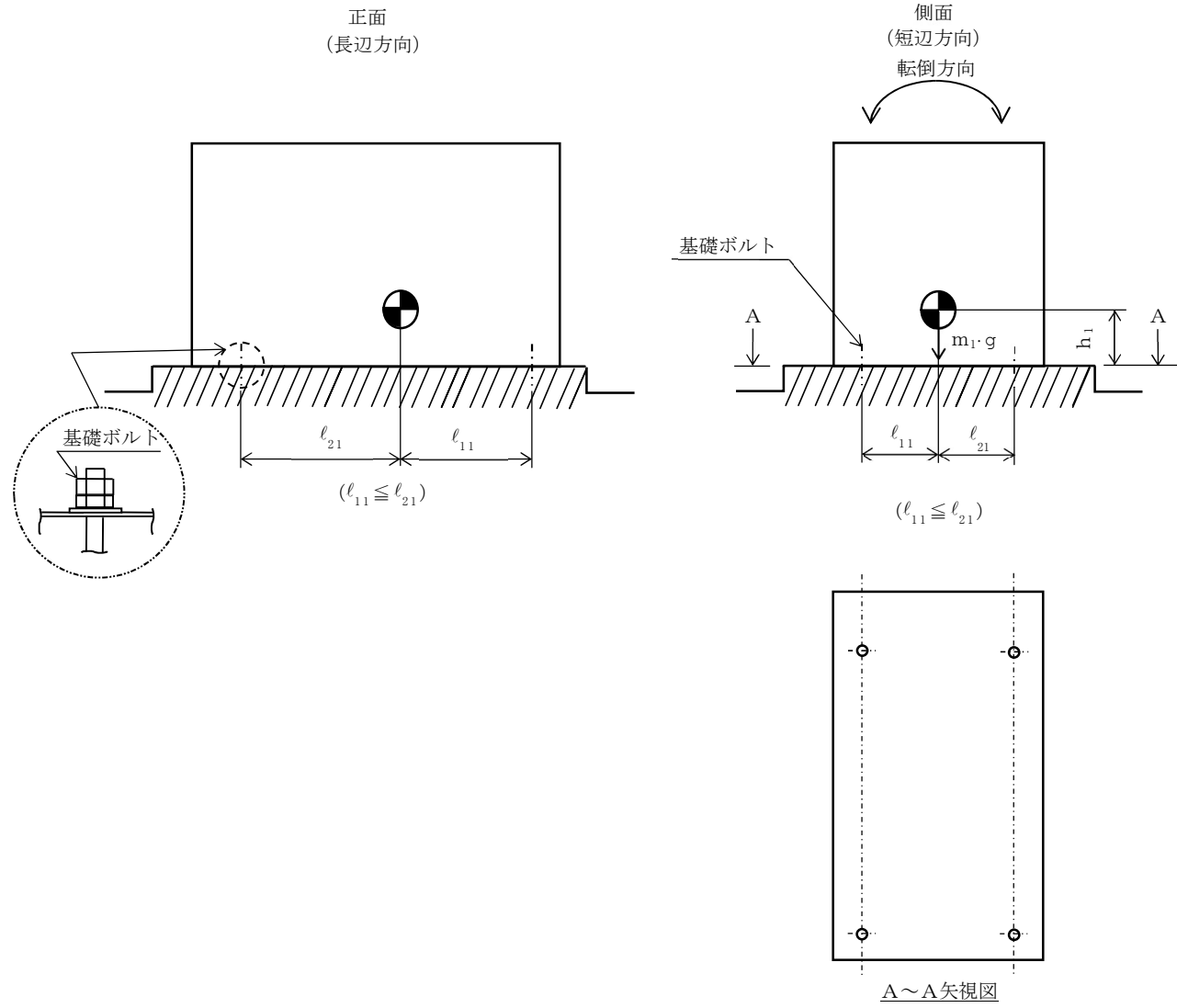
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-3A)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (VbS293-3B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-3B)	S	原子炉建物 EL 1.3*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト ($i=1$)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

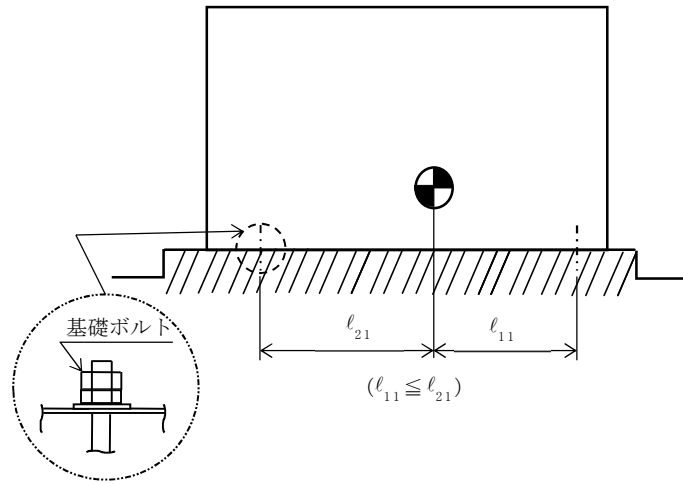
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

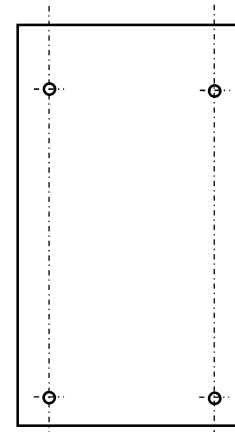
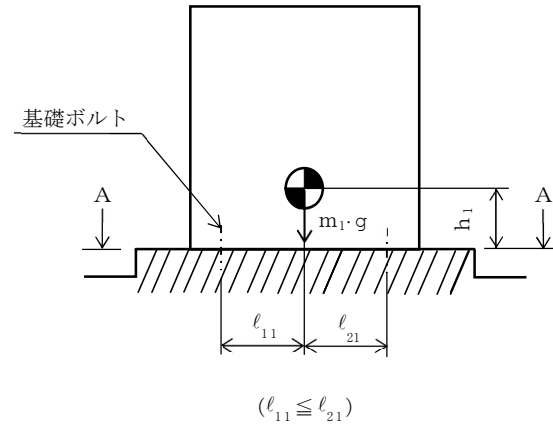
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-3B)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-3C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-3C)	S	原子炉建物 EL 1.3* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.71* ²	C _V =0.48* ²	C _H =1.41* ³	C _V =1.05* ³	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

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

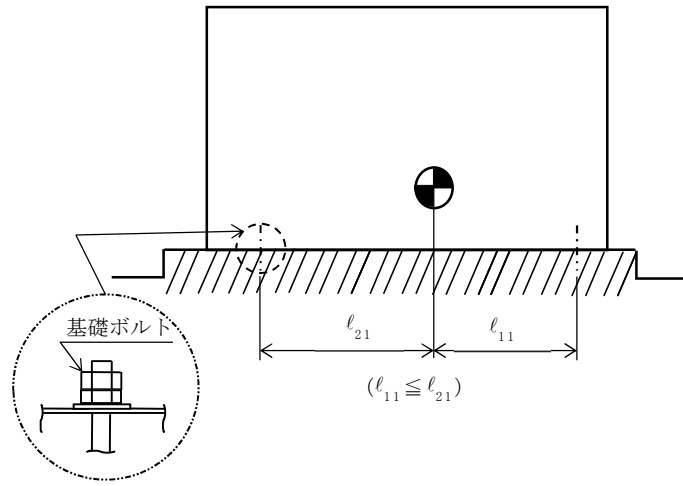
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

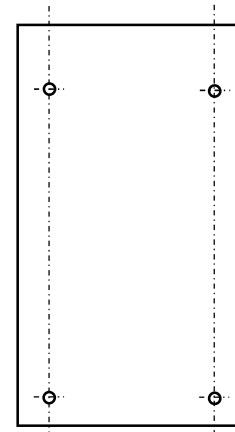
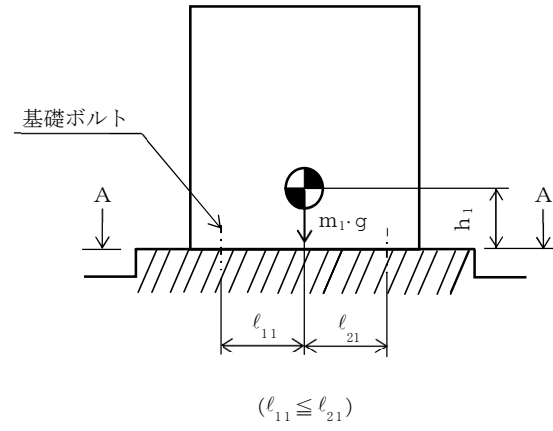
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-3C)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

【地震加速度 (VbS293-3D) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (VbS293-3D)	S	原子炉建物 EL 1.3*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.71^{*2}$	$C_V=0.48^{*2}$	$C_H=1.41^{*3}$	$C_V=1.05^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計地震動 S d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		85	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	110	110	2	211	253	短辺方向	短辺方向
	190	230	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=0$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$

すべて許容応力以下である。

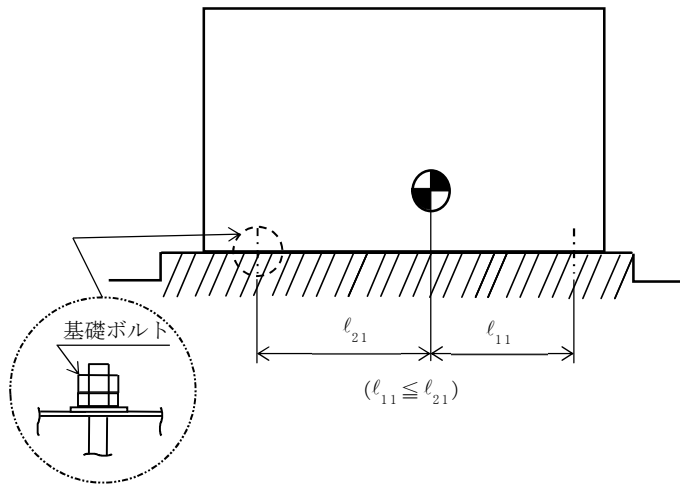
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

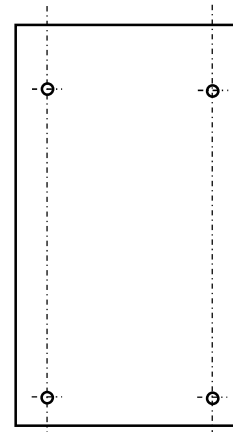
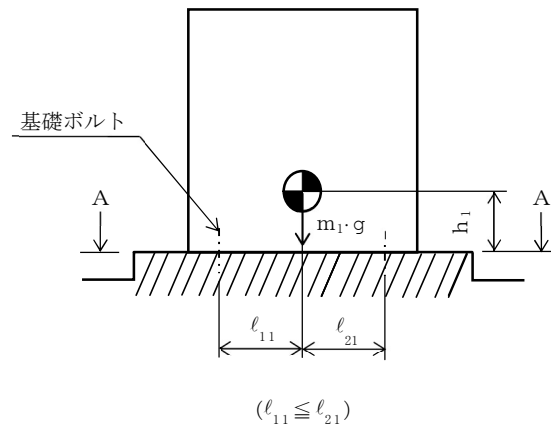
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (VbS293-3D)	水平方向	1.17	□
	鉛直方向	0.87	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A 矢视图

VI-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-6-1 逃がし安全弁窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書
(逃がし安全弁窒素ガス供給系)

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	8
3. 計算条件	41
3.1 計算方法	41
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	42
3.3 設計条件	44
3.4 材料及び許容応力	57
3.5 設計用地震力	58
4. 解析結果及び評価	59
4.1 固有周期及び設計震度	59
4.2 評価結果	71
4.2.1 管の応力評価結果	71
4.2.2 支持構造物評価結果	73
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	74
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	75

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、逃がし安全弁窒素ガス供給系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全7モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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





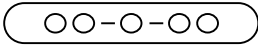


(3) 弁

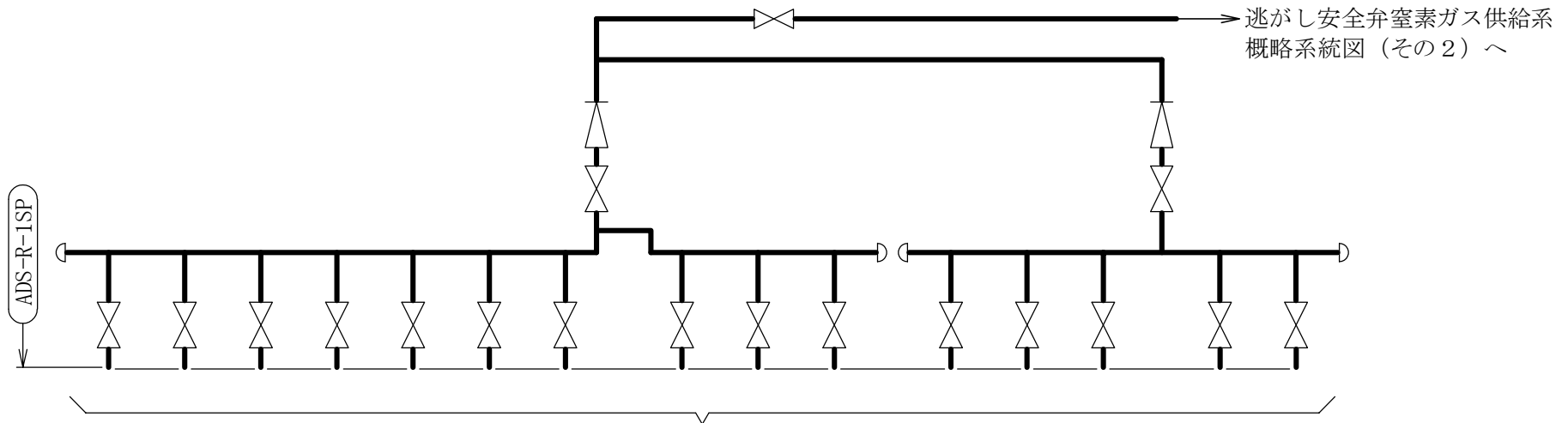
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

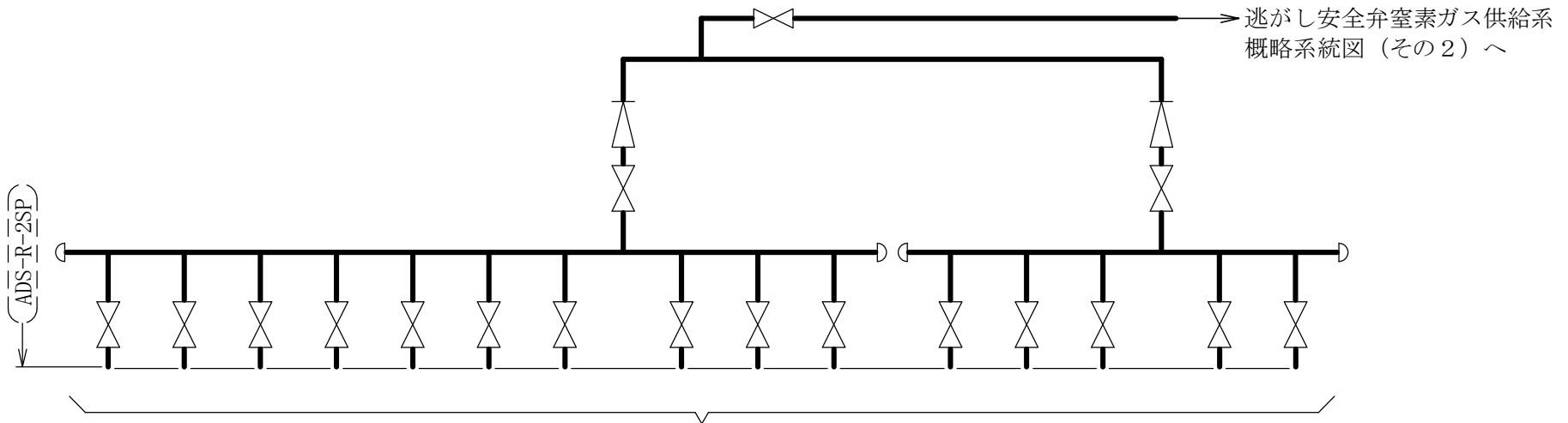
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管

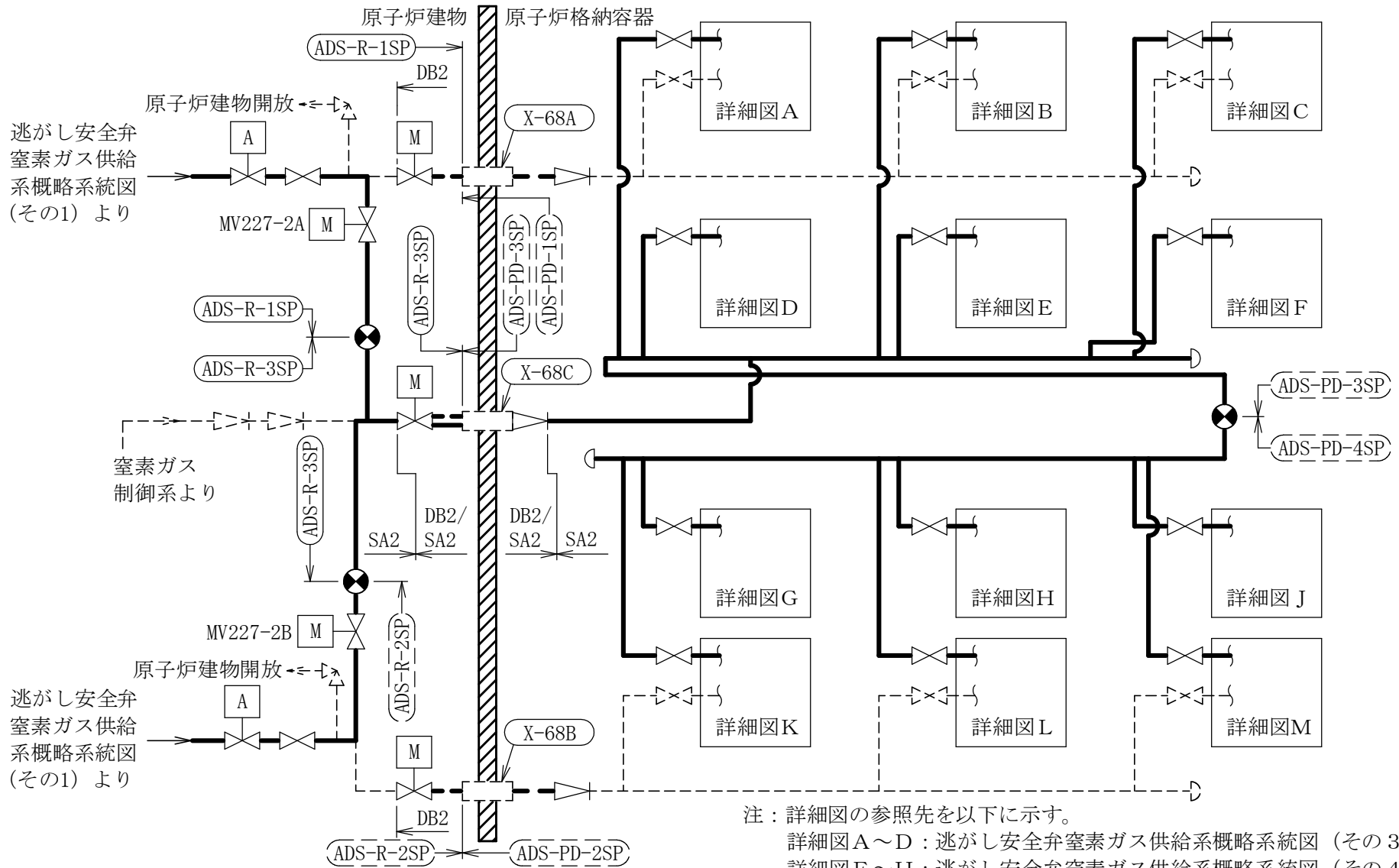


A-窒素ガスポンベ連結管接続口
A-逃がし安全弁窒素ガス供給装置



B-窒素ガスポンベ連結管接続口
B-逃がし安全弁窒素ガス供給装置

[注] 太線範囲の管クラス : SA2
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その1)



4

[注] 太線範囲の管クラス : SA2
太破線範囲の管クラス : DB2

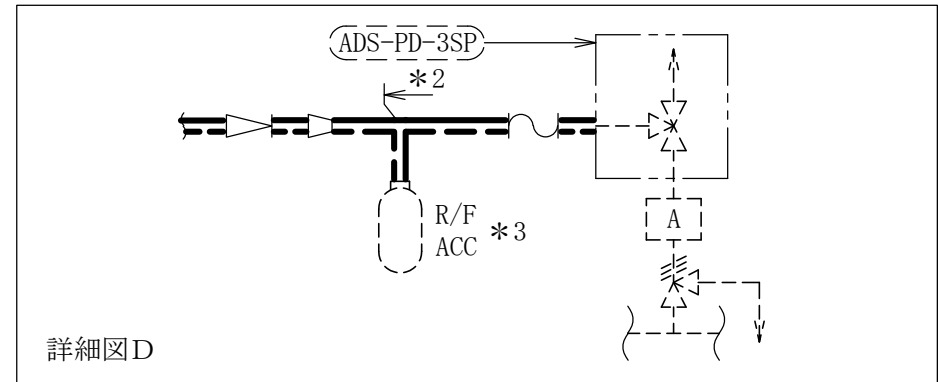
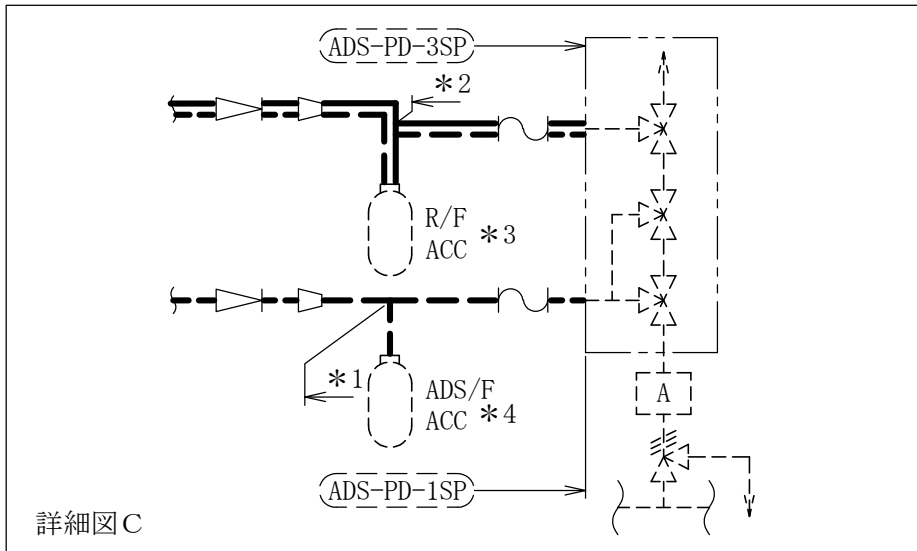
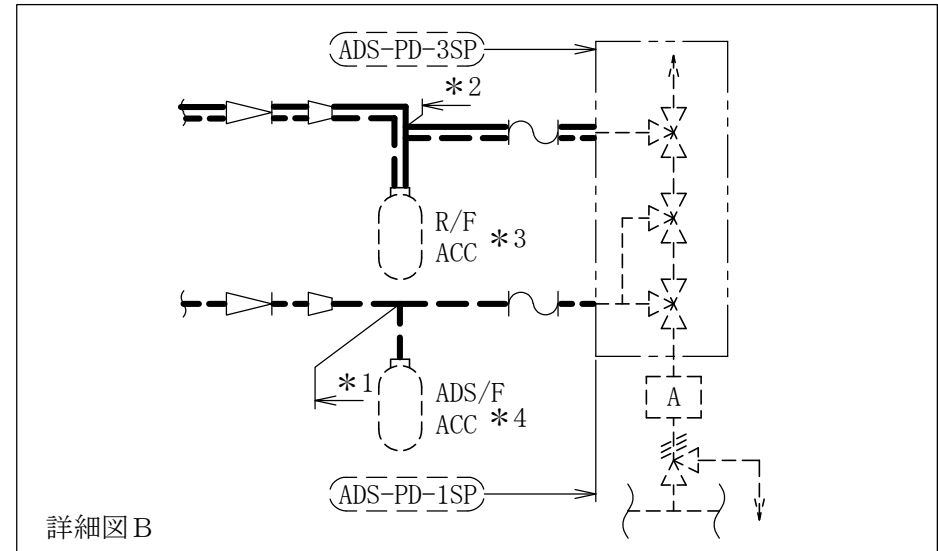
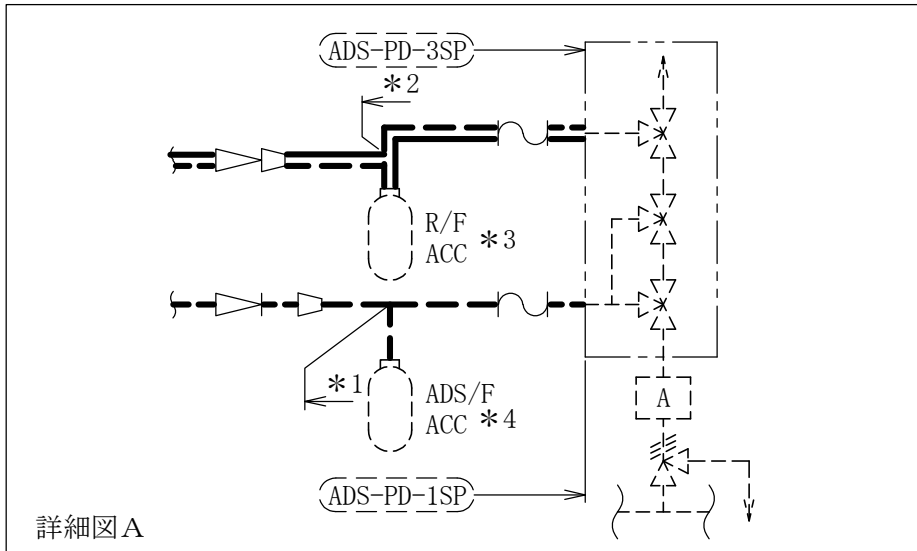
注 : 詳細図の参照先を以下に示す。

詳細図 A ~ D : 逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その 3)

詳細図 E ~ H : 逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その 4)

詳細図 J ~ M : 逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その 5)

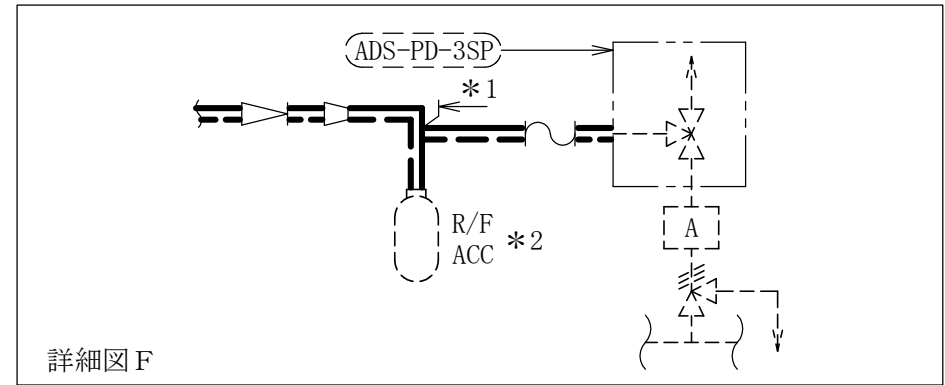
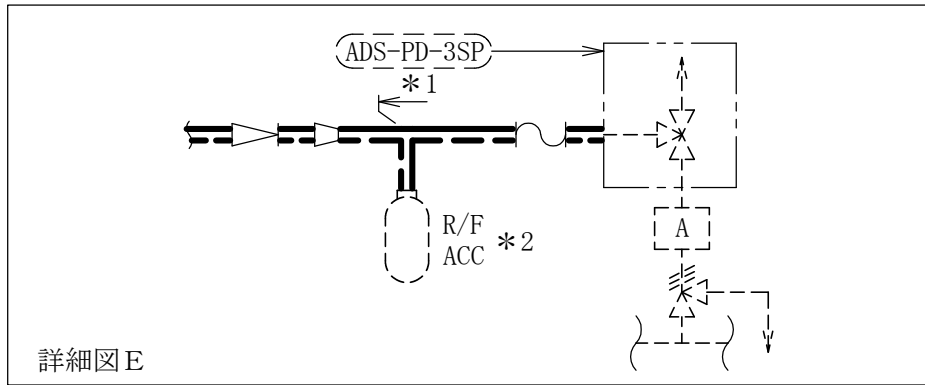
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その 2)



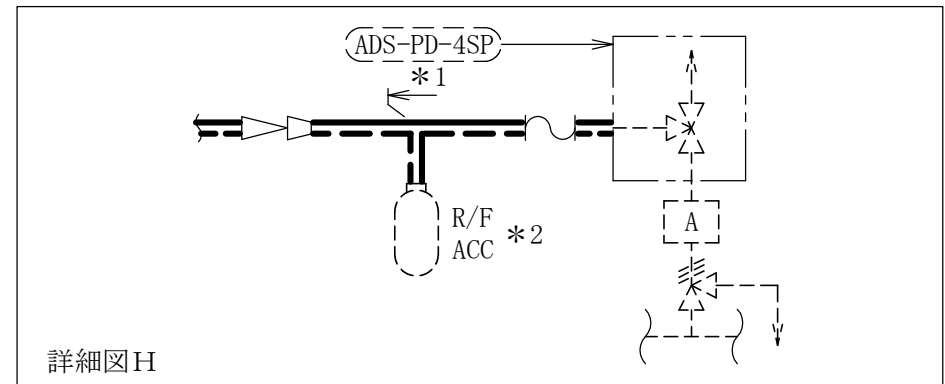
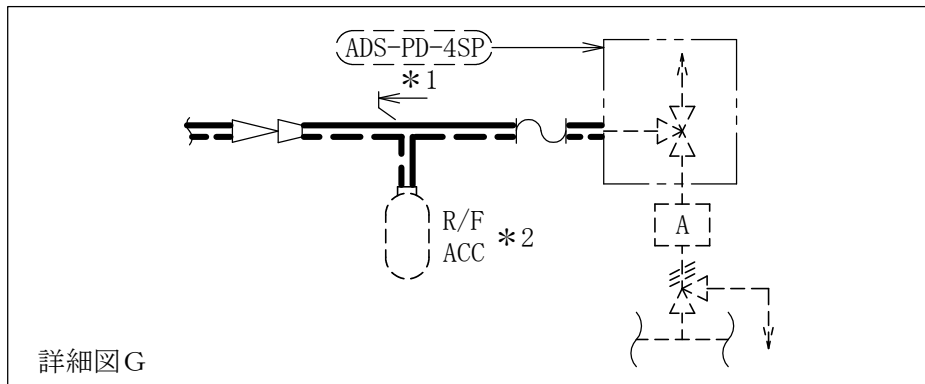
- 注記*1：主蒸気系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：主蒸気系との兼用範囲である。
 *3：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *4：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
 太線範囲の管クラス：SA2

逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その3）



9

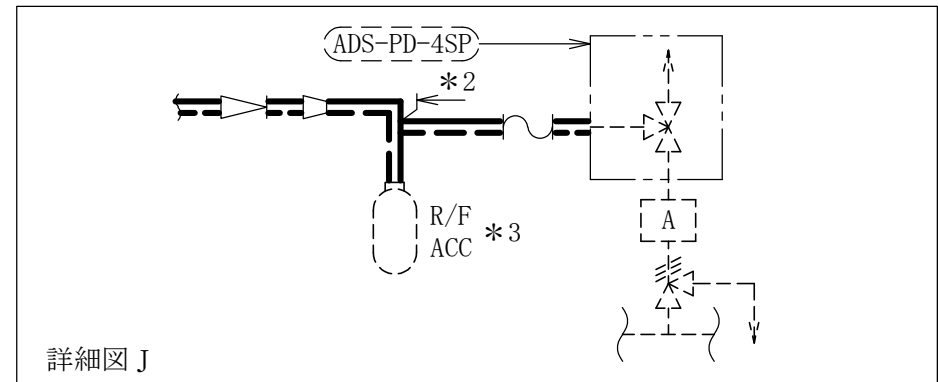
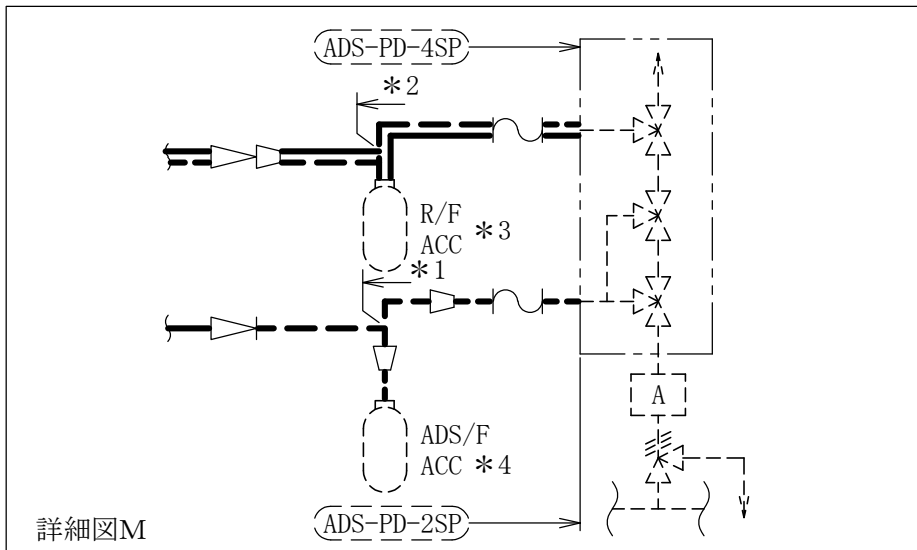
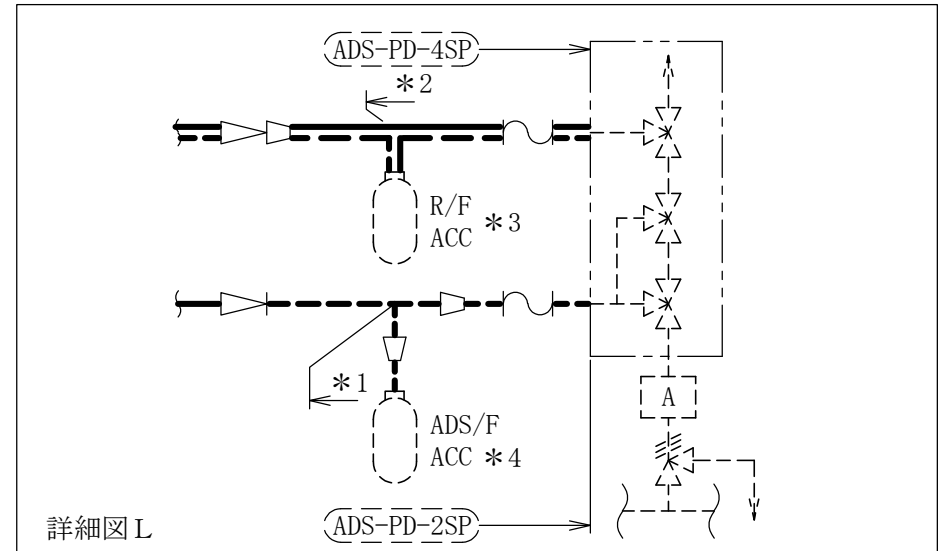
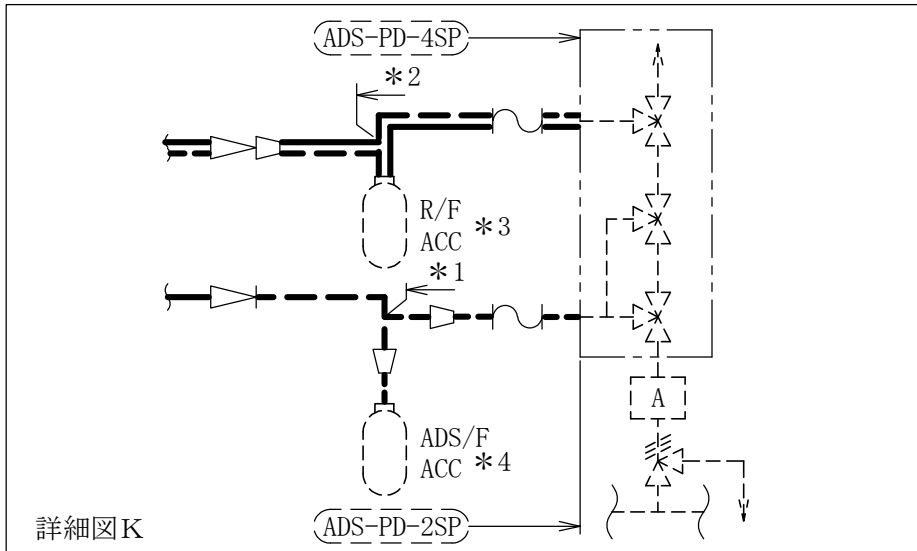


注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。

*2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。

[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
太線範囲の管クラス：SA2

逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その4）





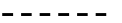


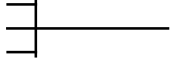
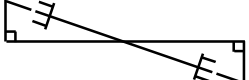

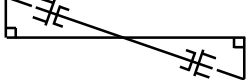

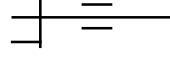
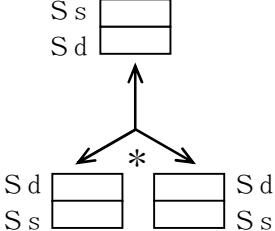
- 注記*1：主蒸気系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：主蒸気系との兼用範囲である。
 *3：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *4：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

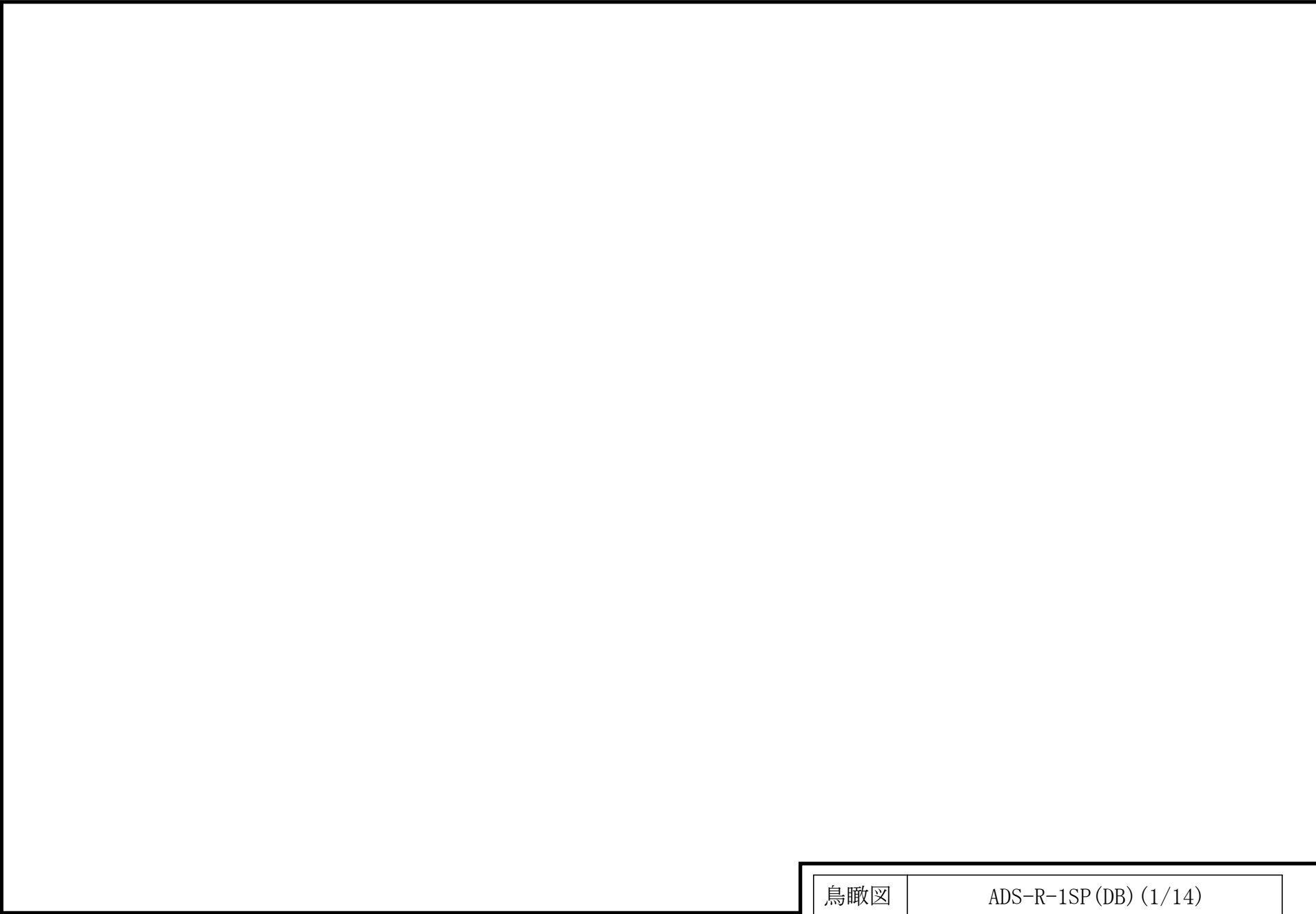
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3
 太線範囲の管クラス：SA2

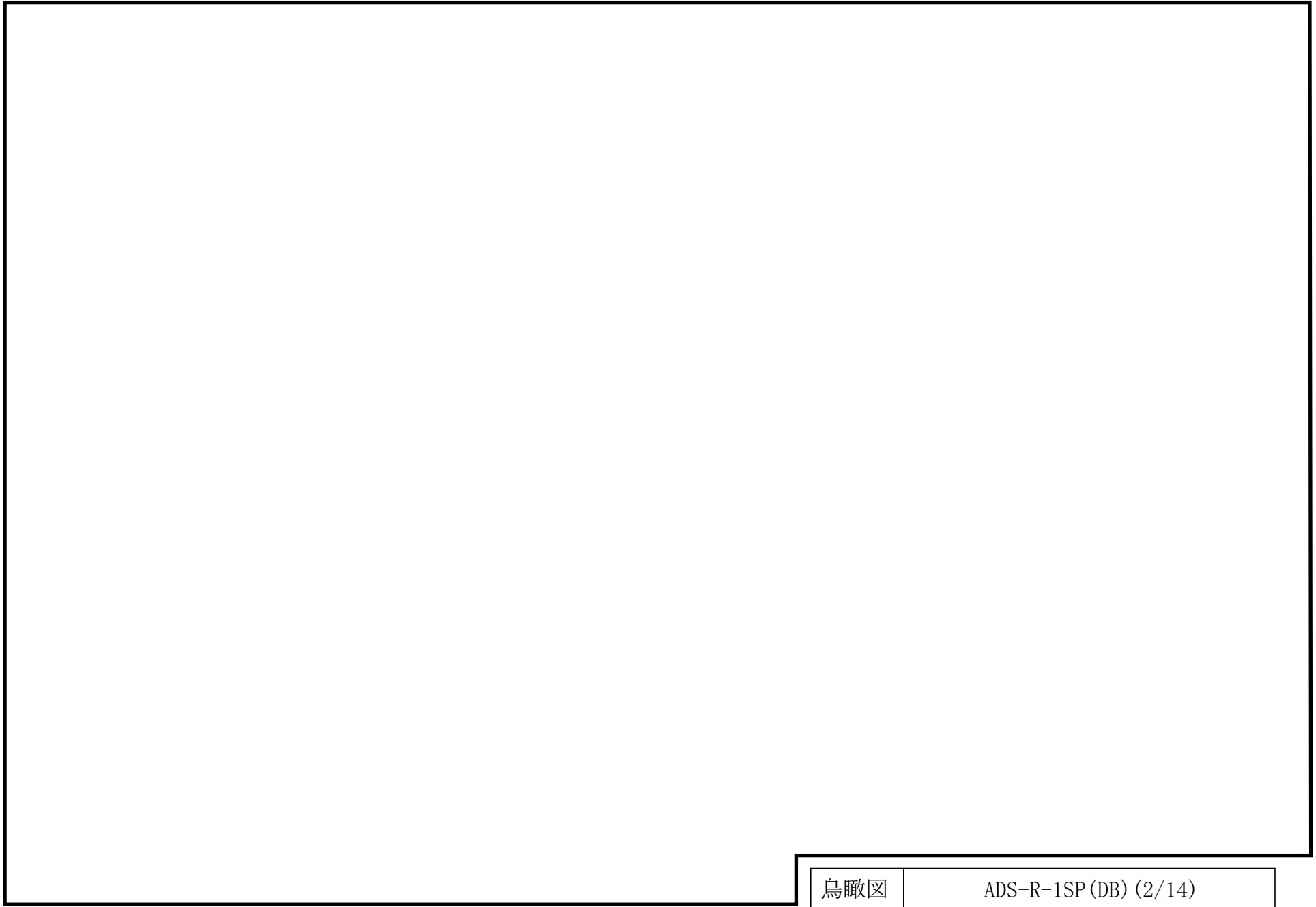
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その5）

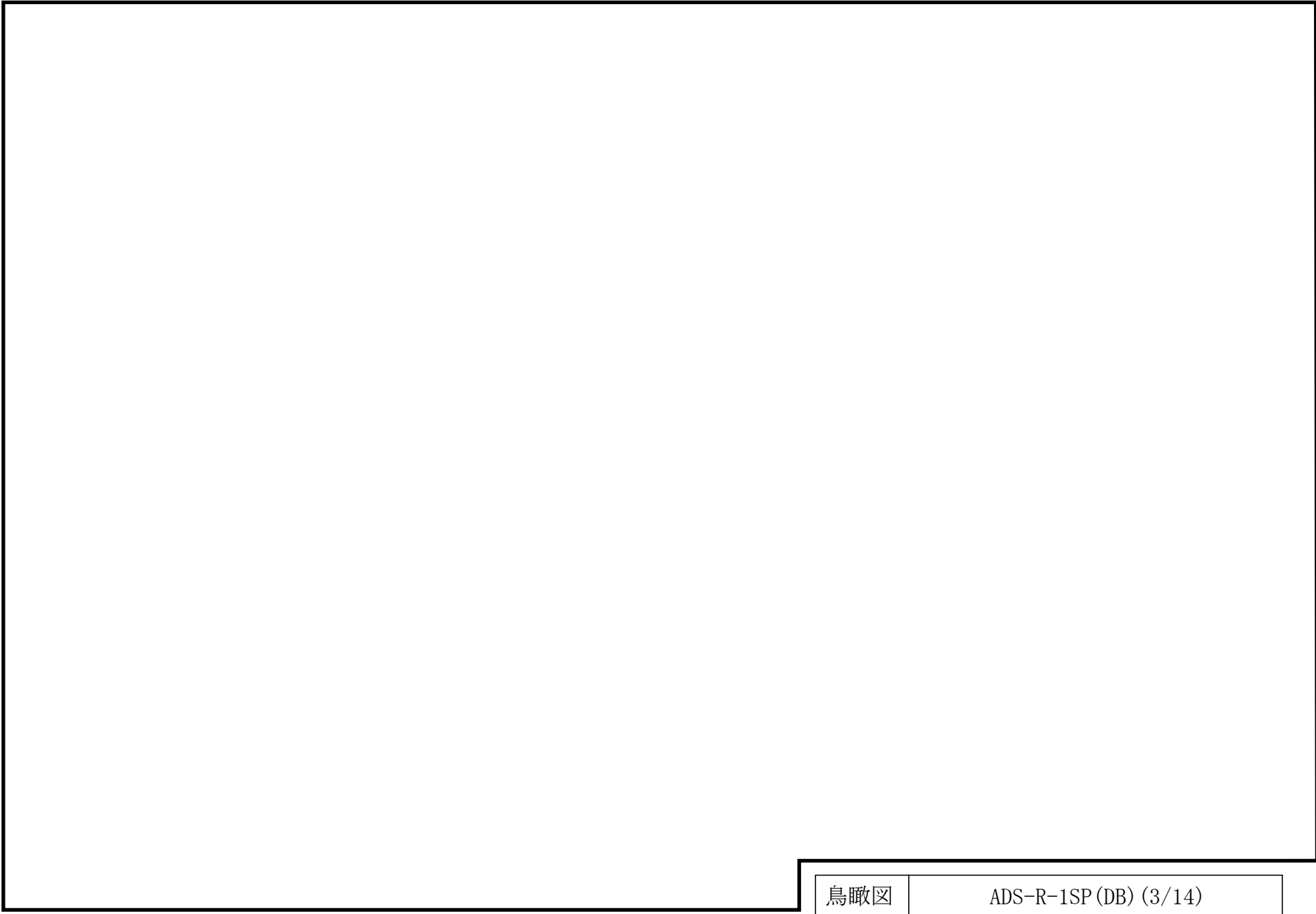
2.2 鳥瞰図

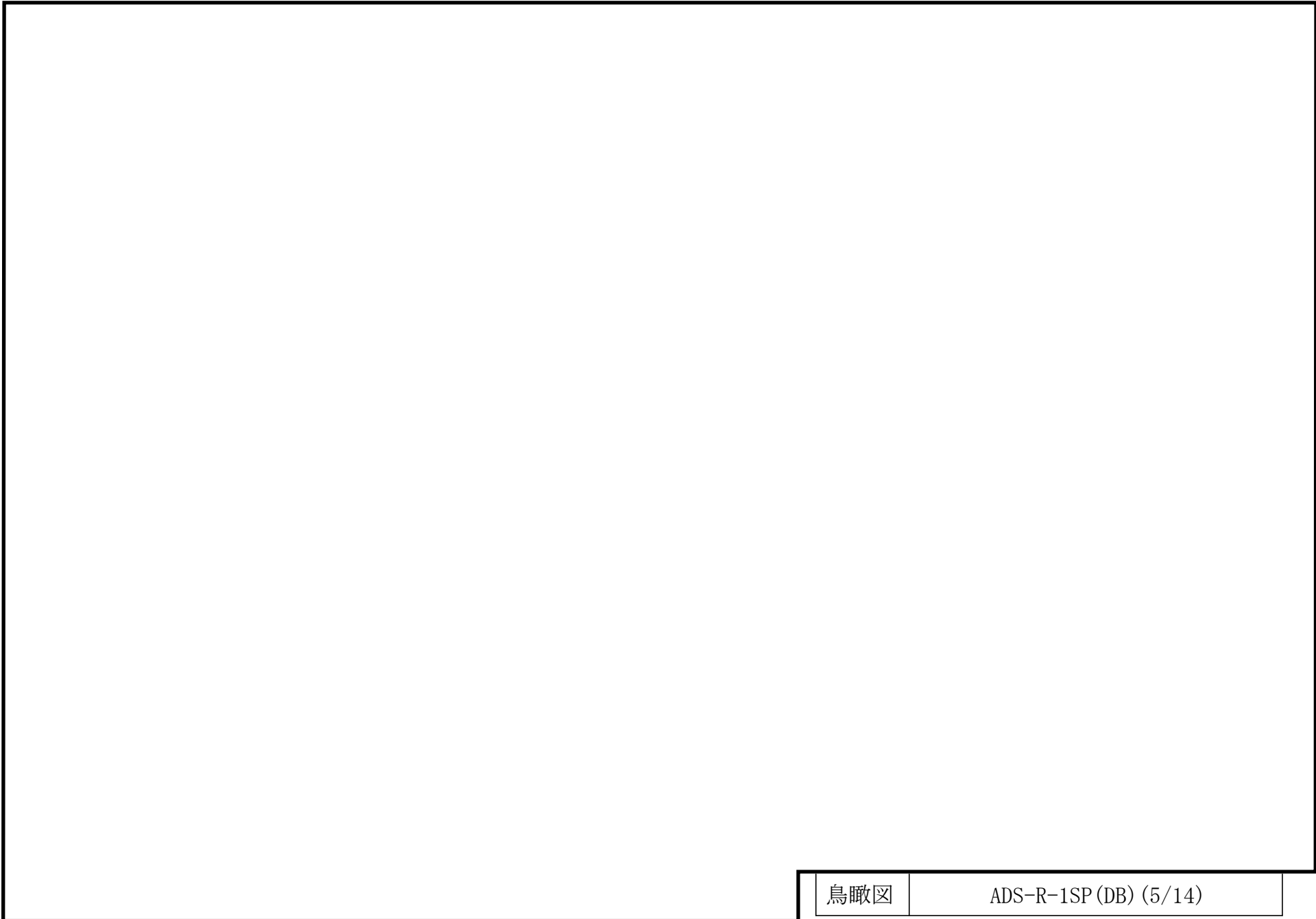
鳥瞰図記号凡例

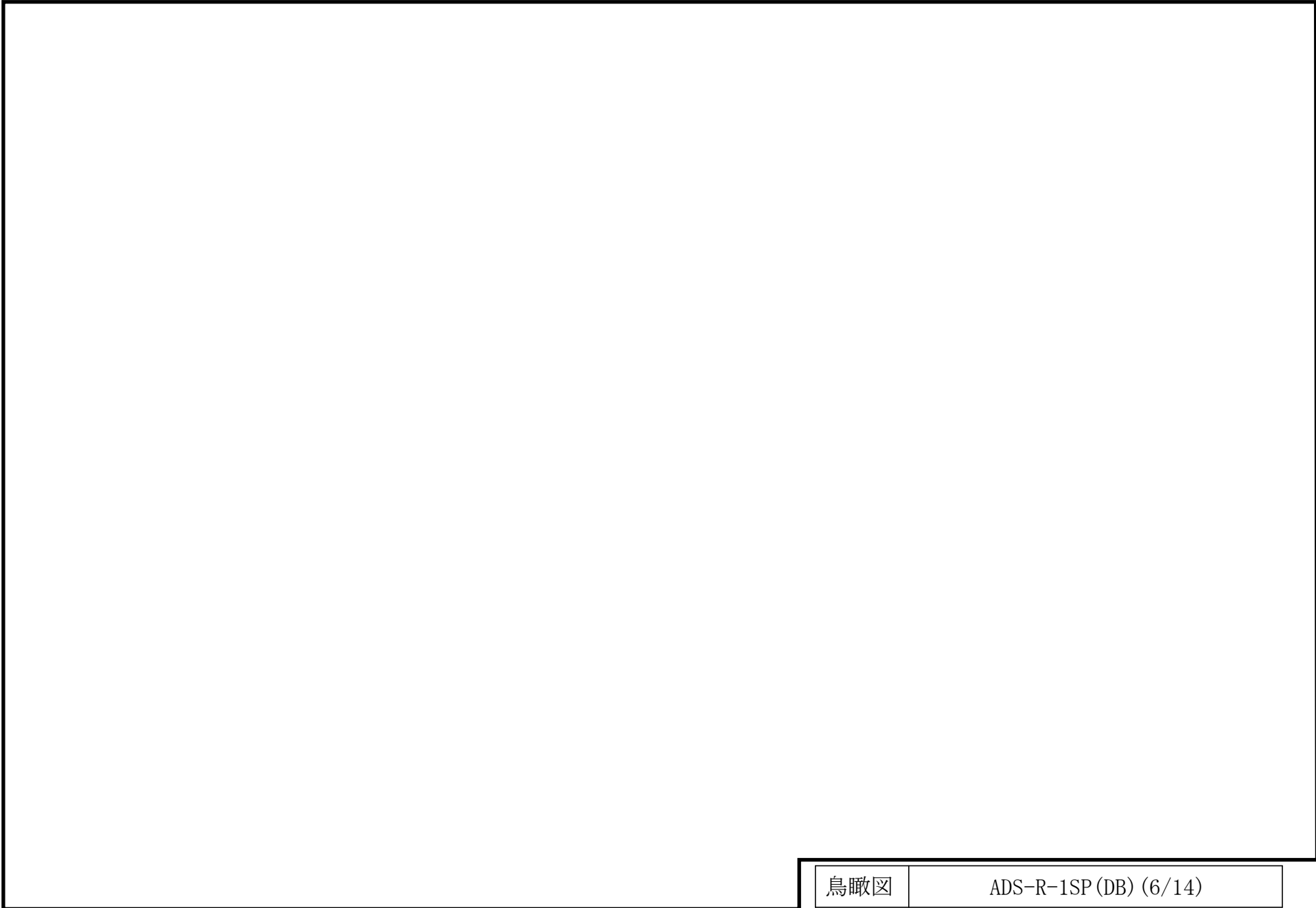
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)
	注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

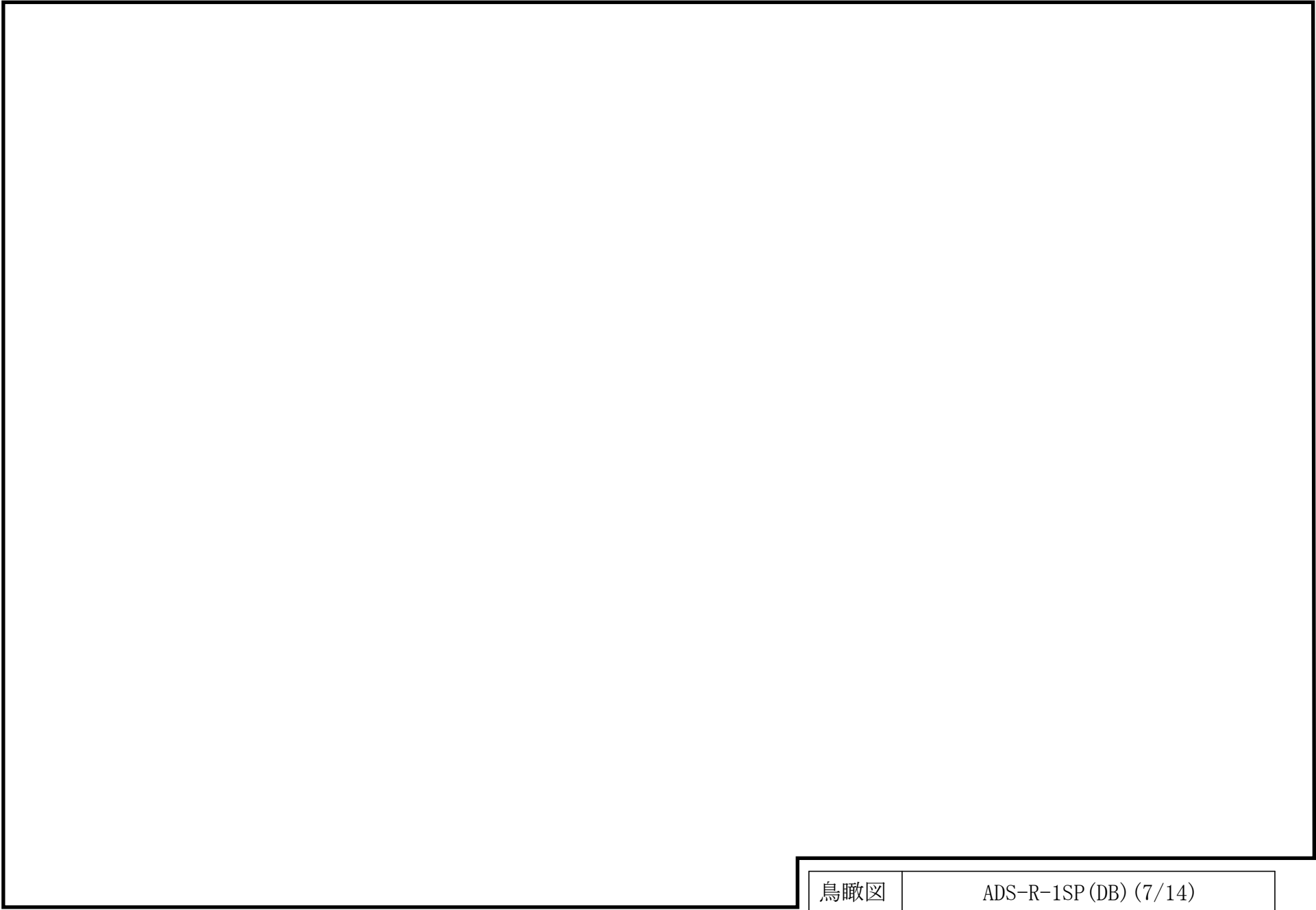




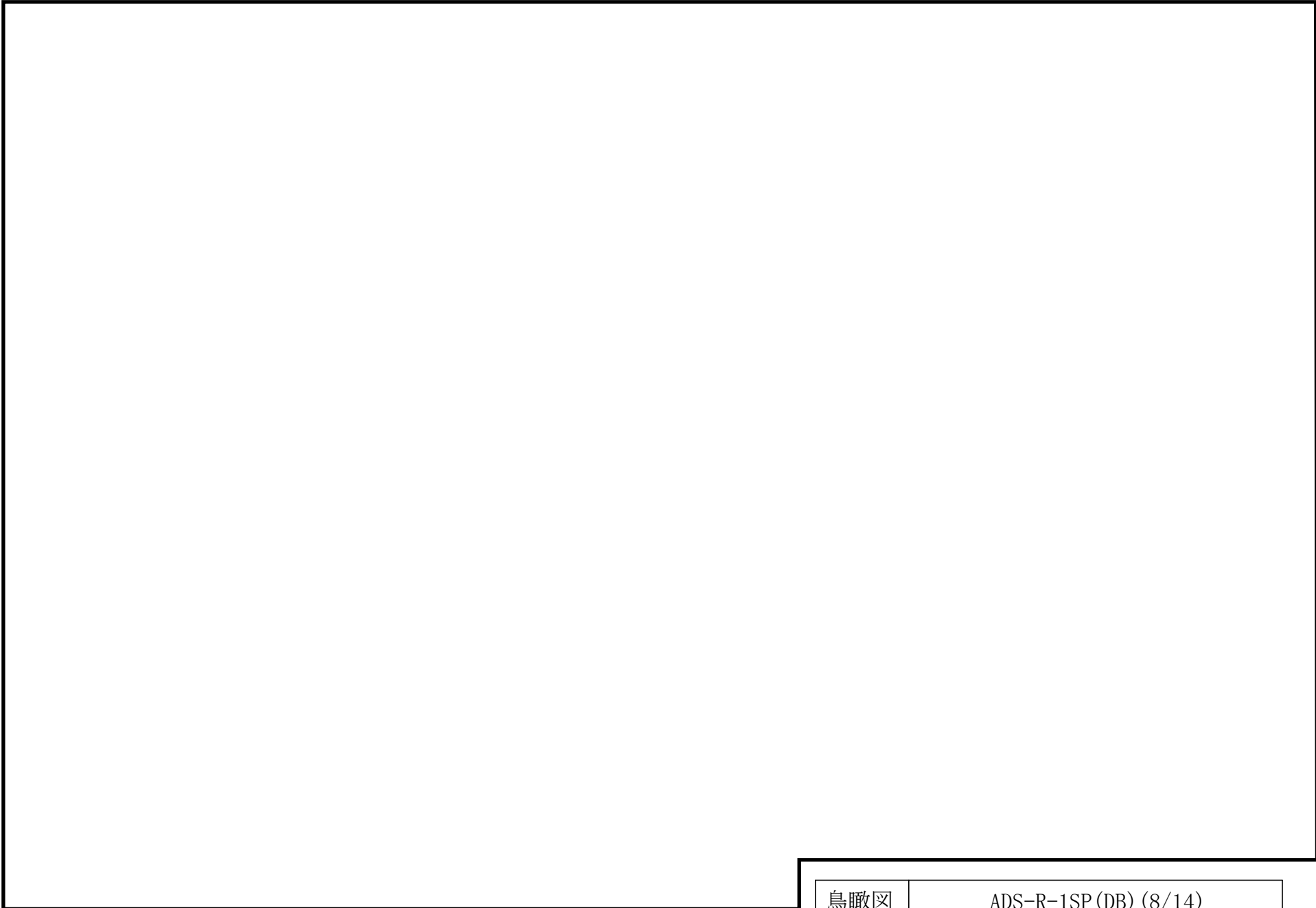


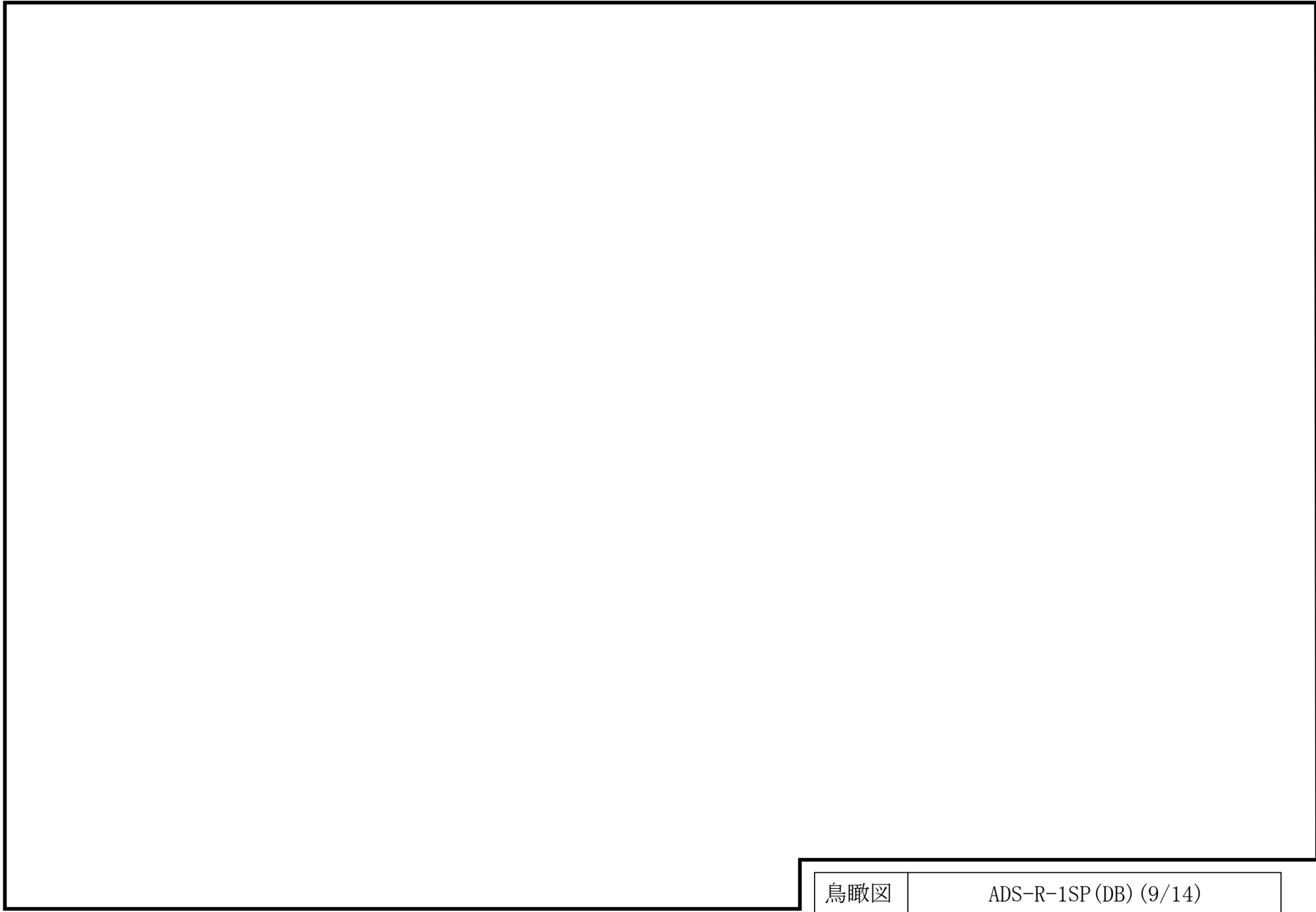


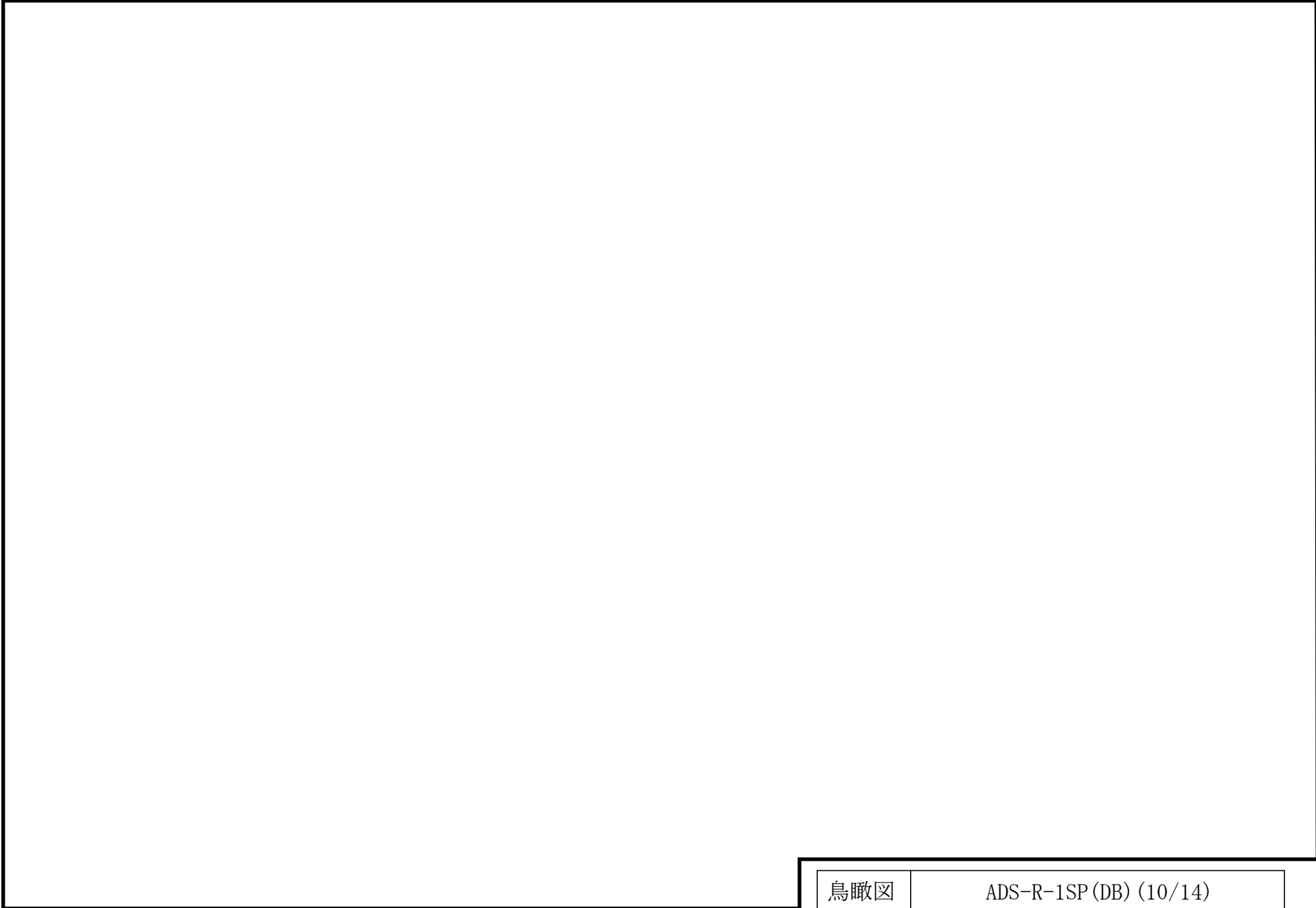


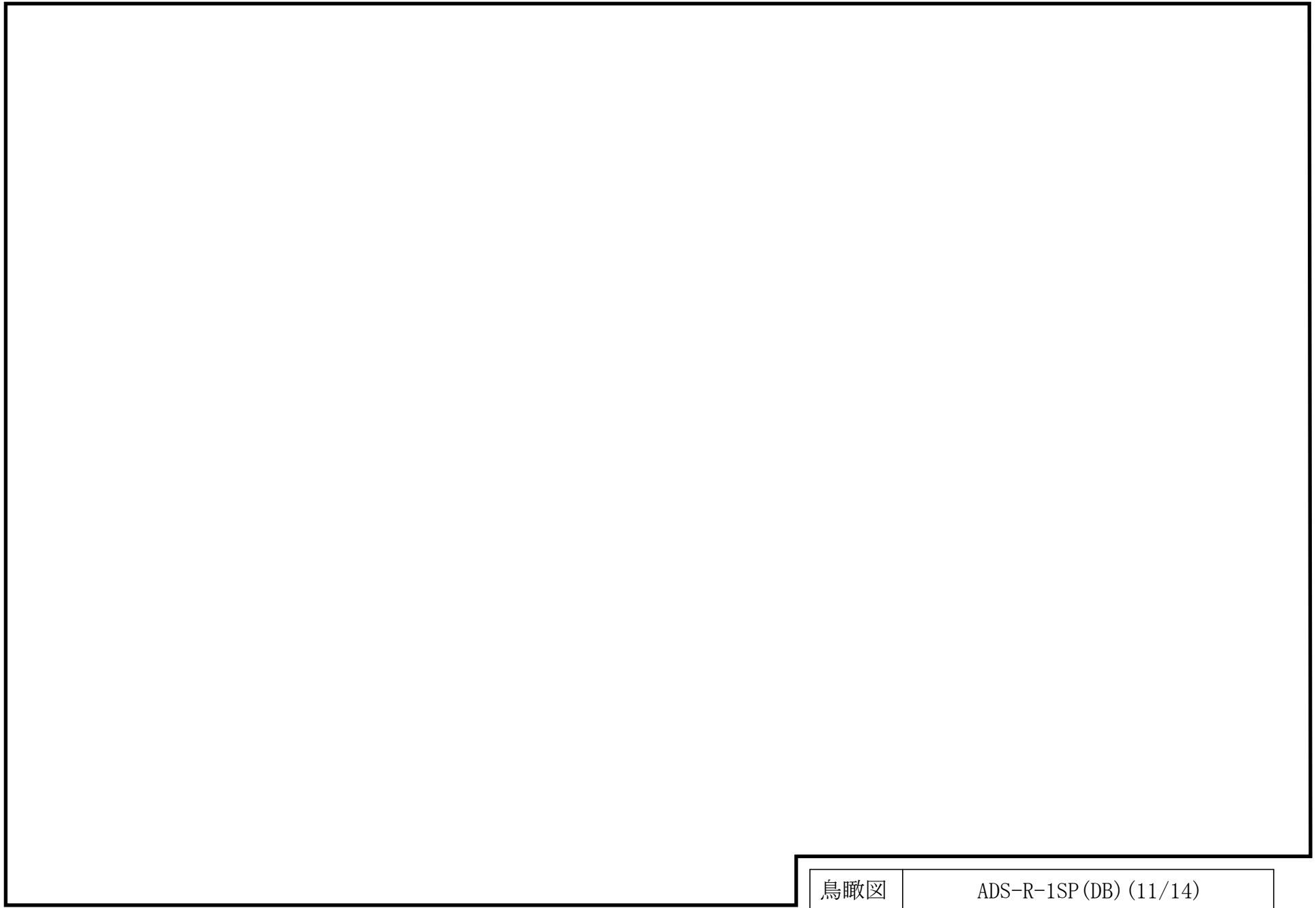


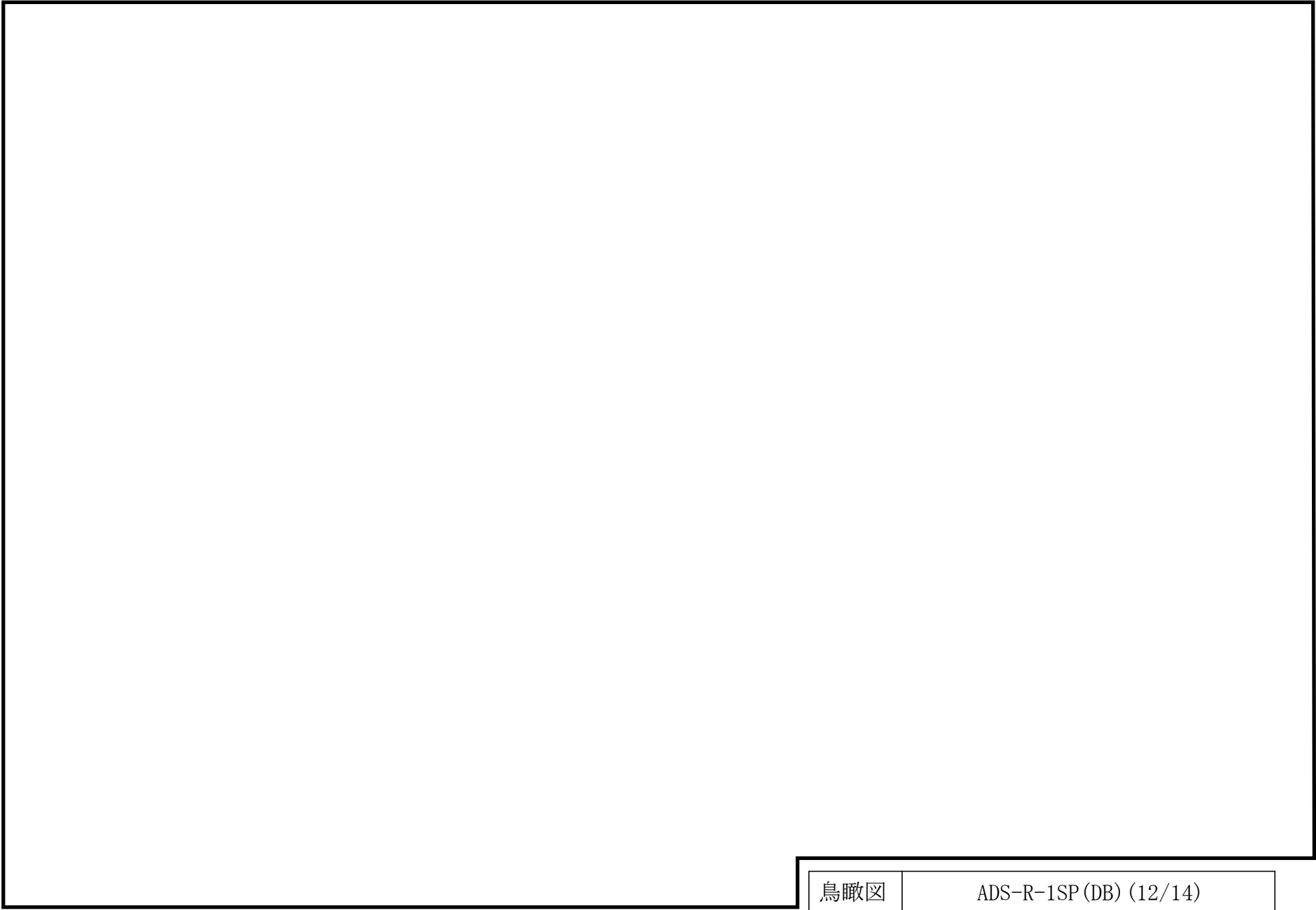
鳥瞰図	ADS-R-1SP(DB) (7/14)
-----	----------------------



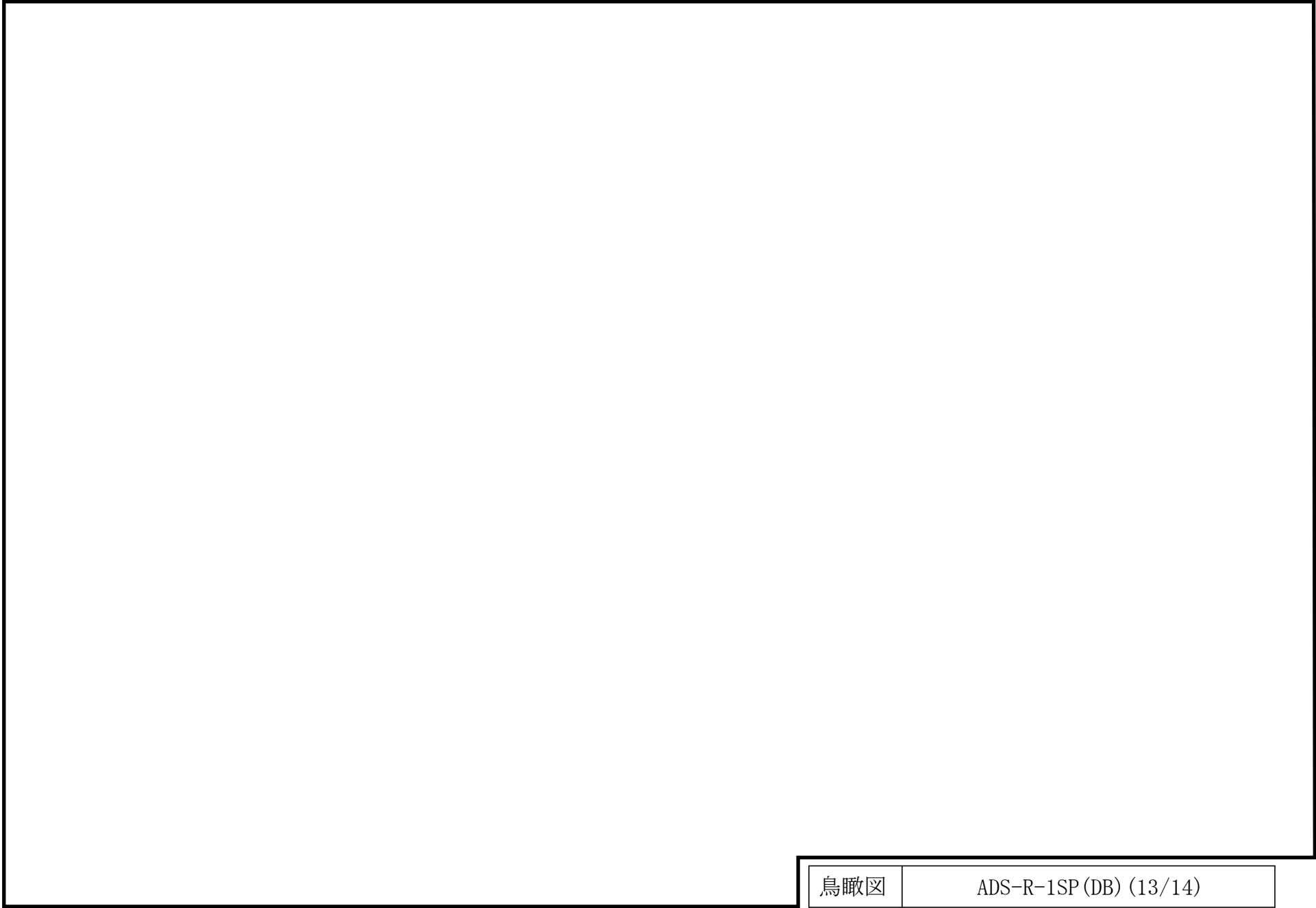


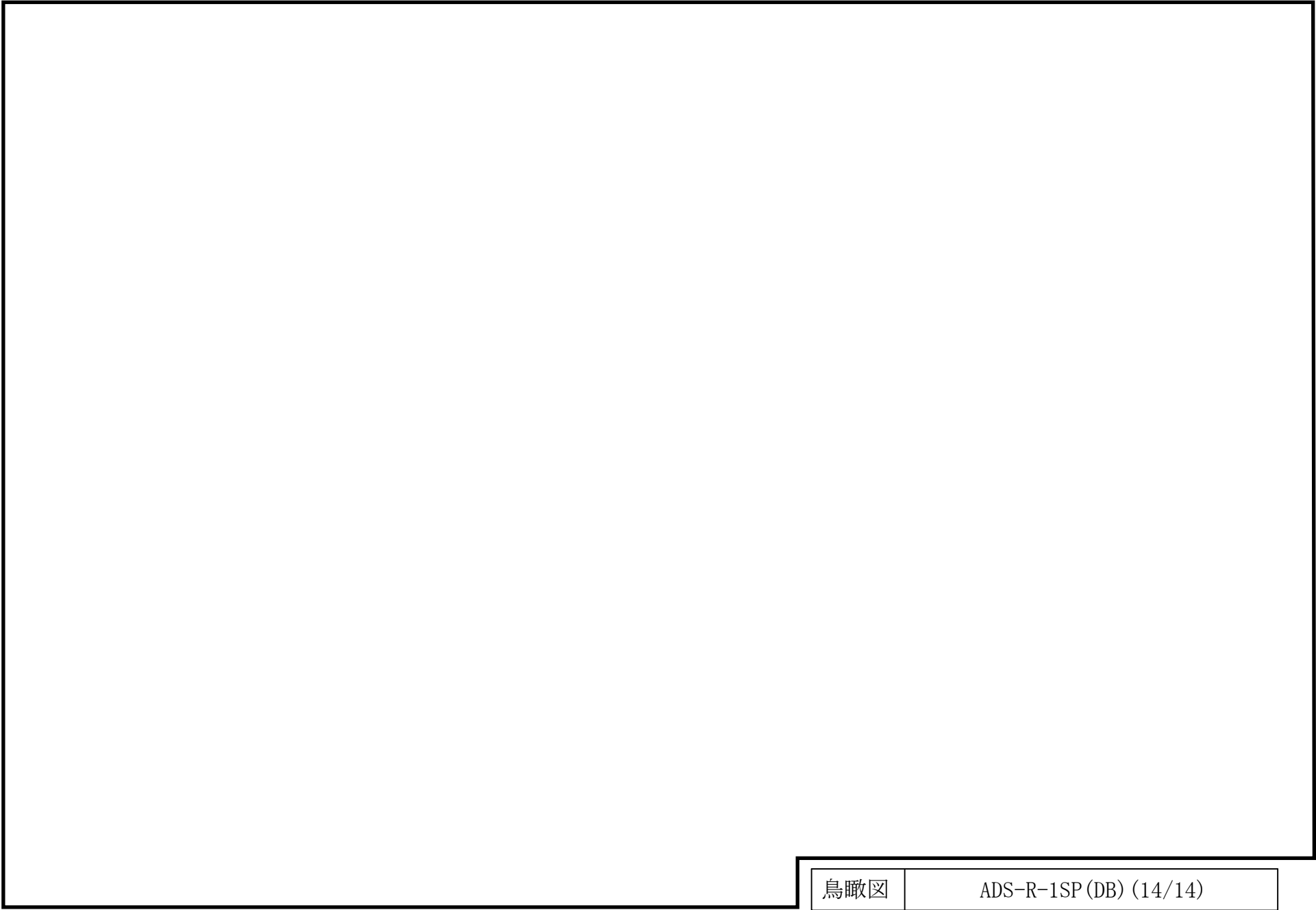


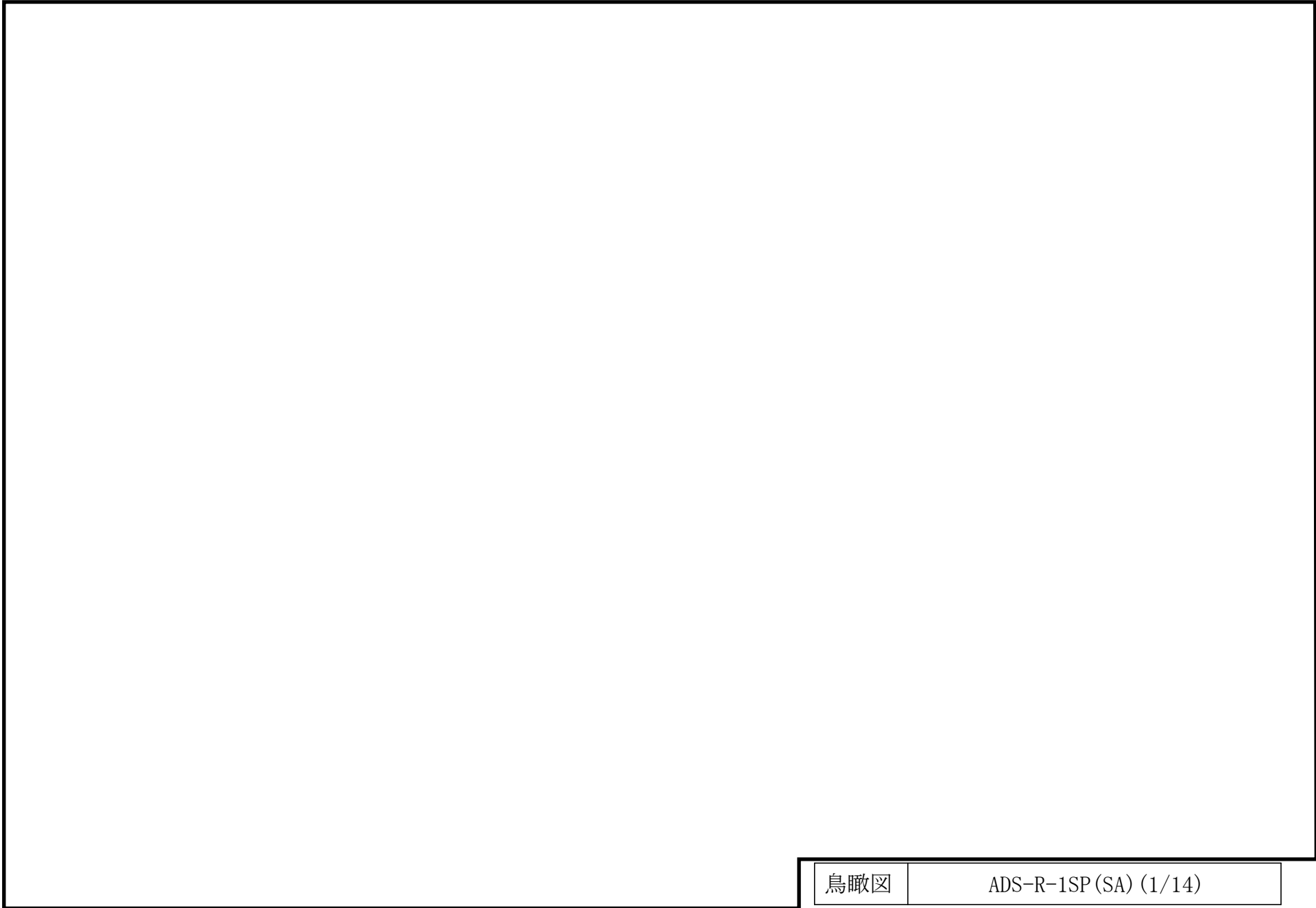


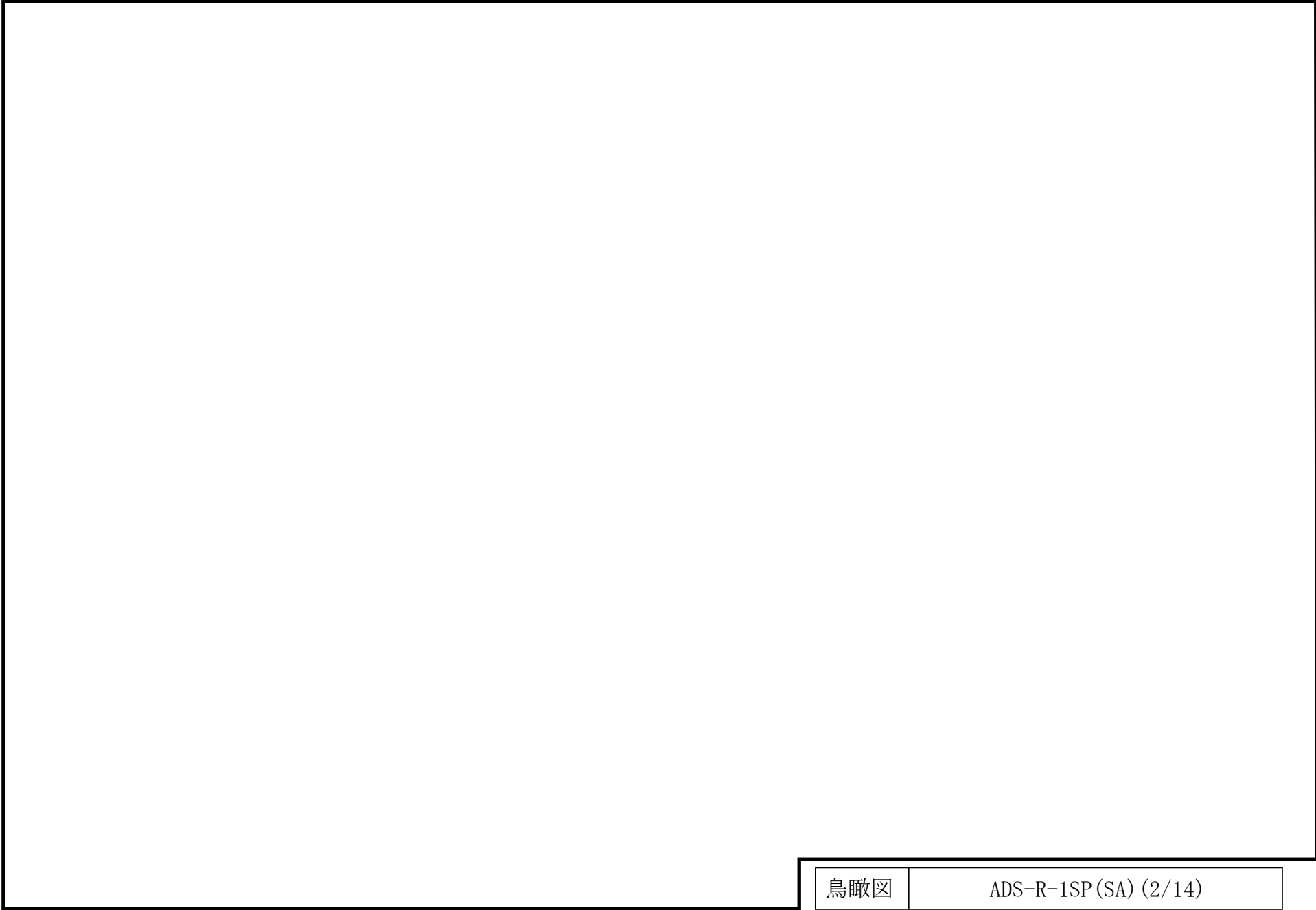


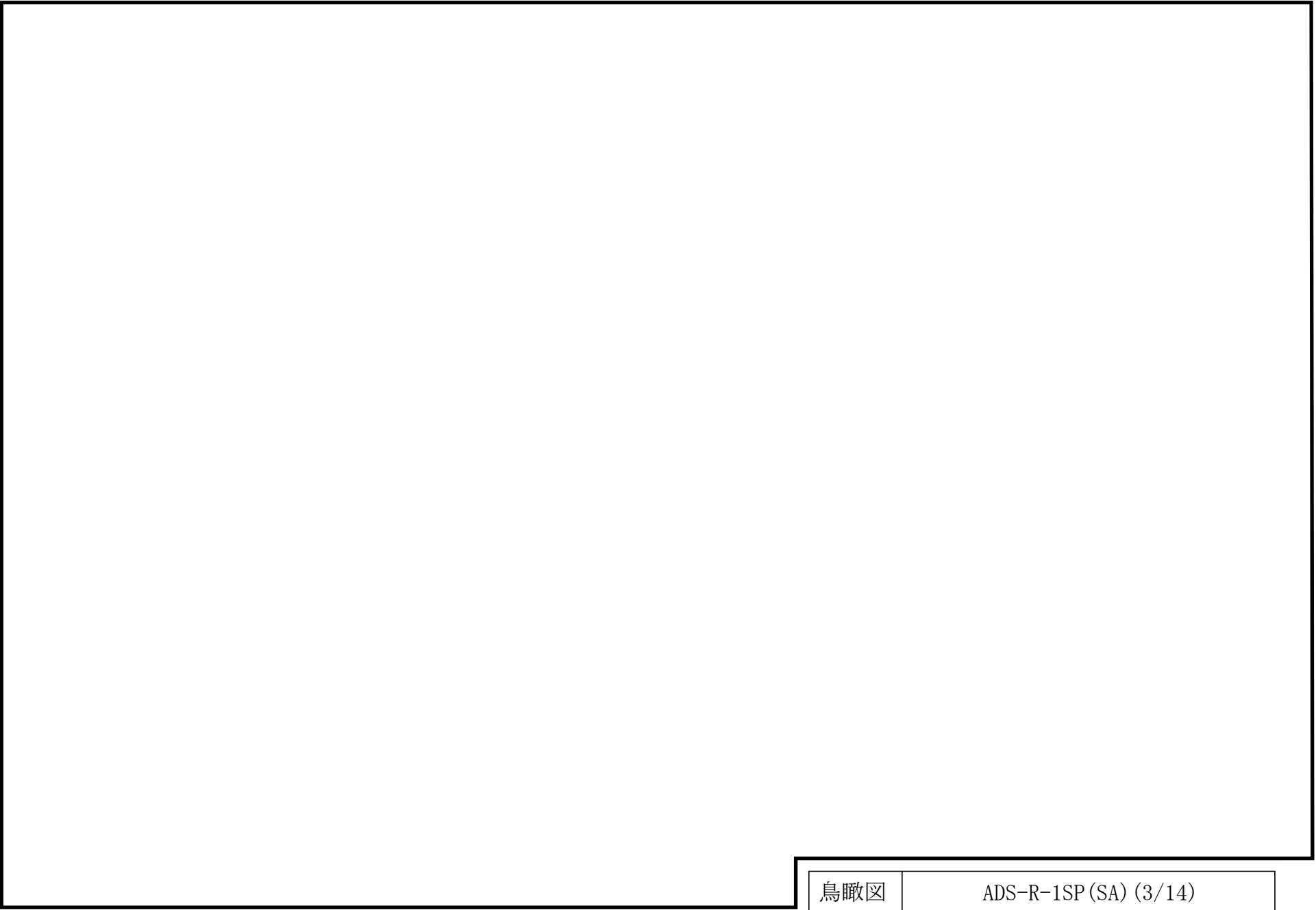
鳥瞰図	ADS-R-1SP (DB) (12/14)
-----	------------------------



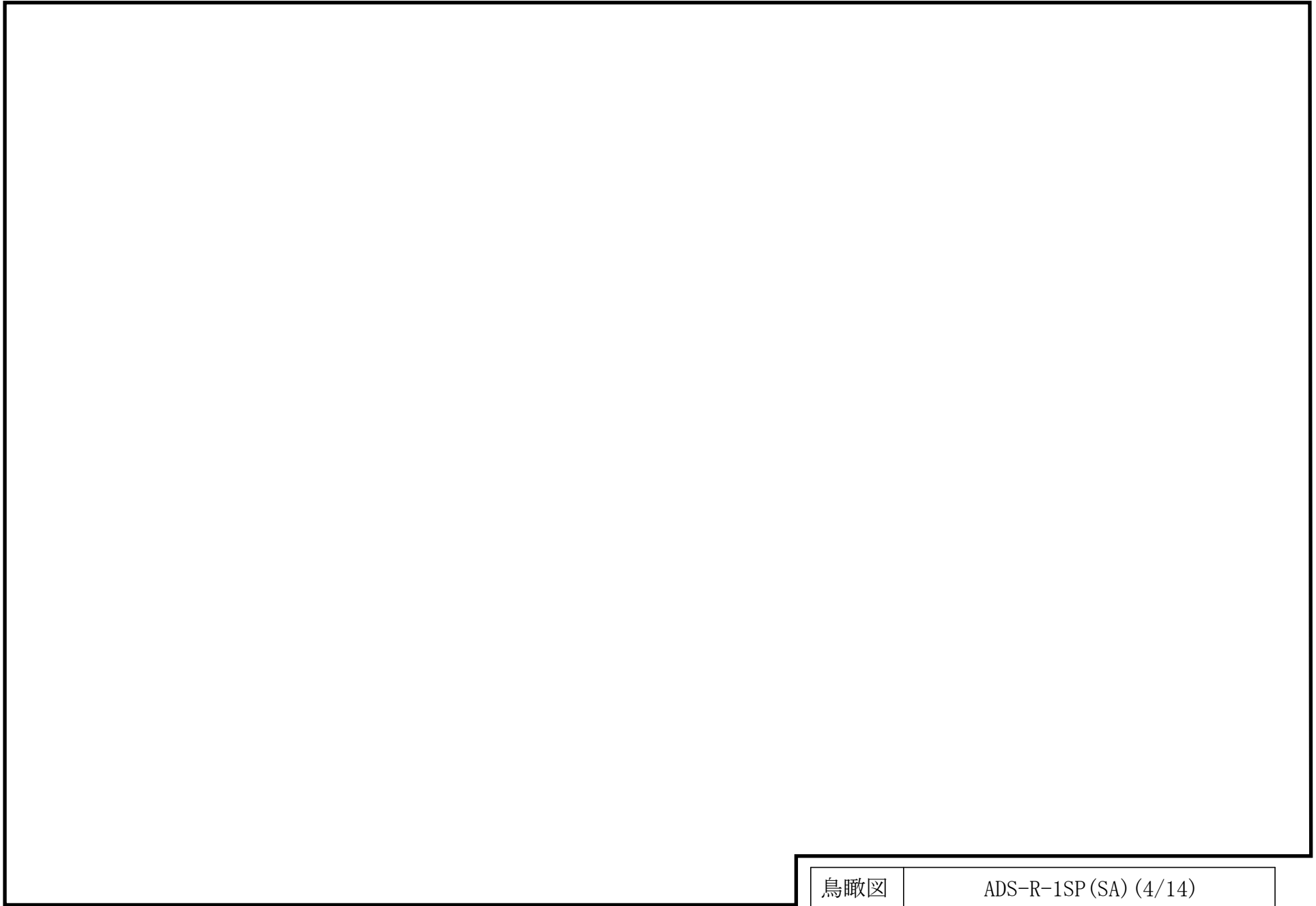


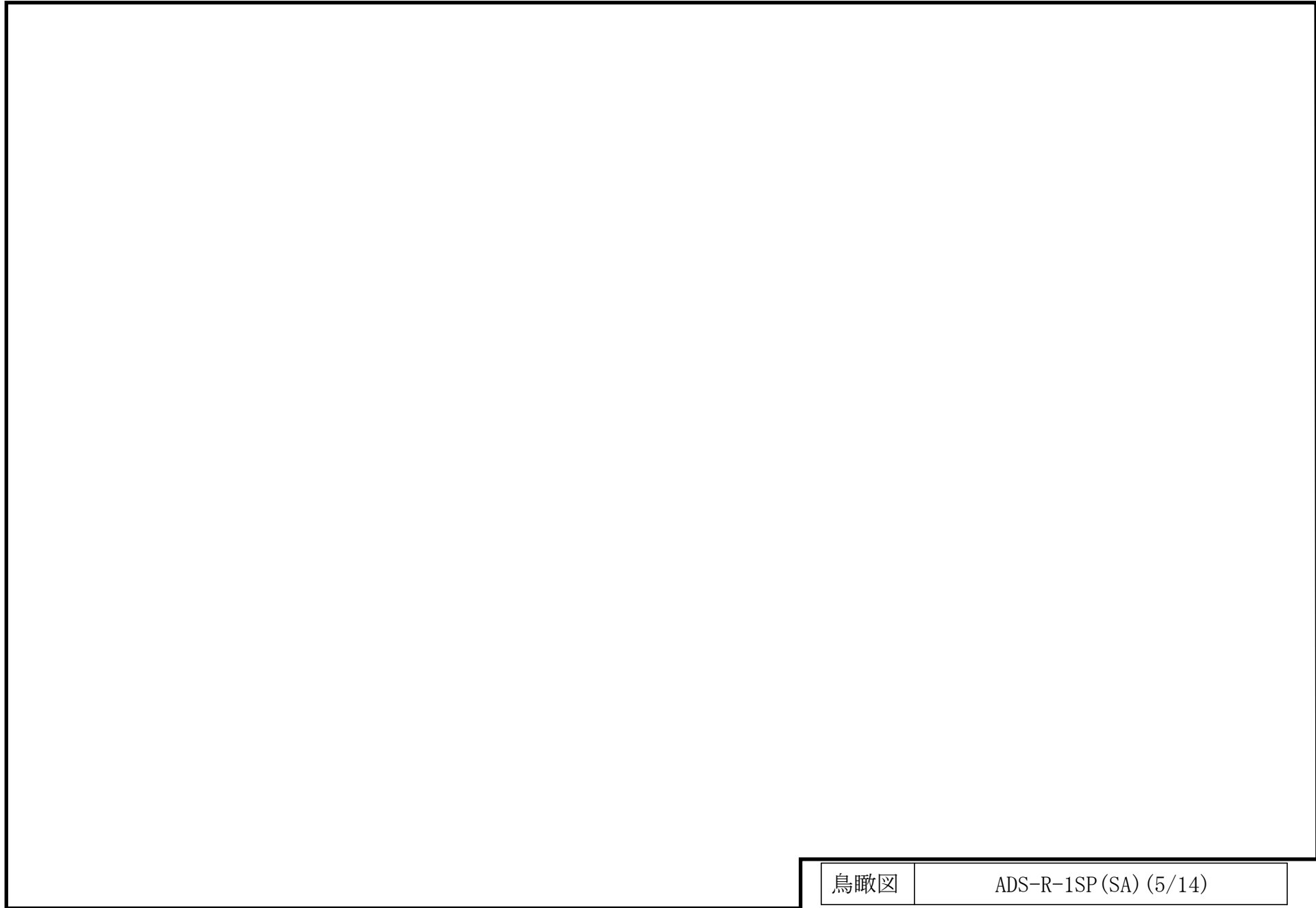




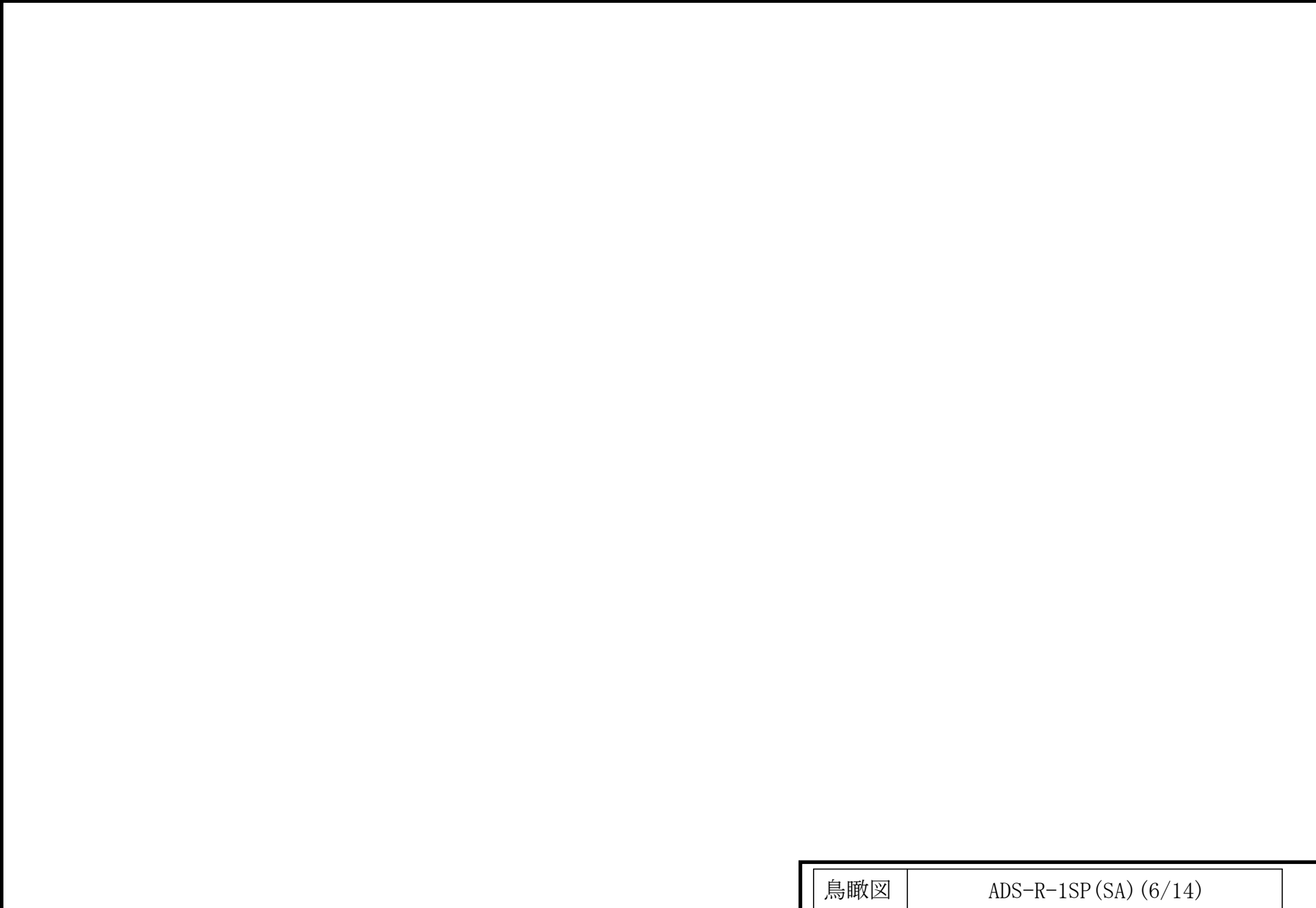


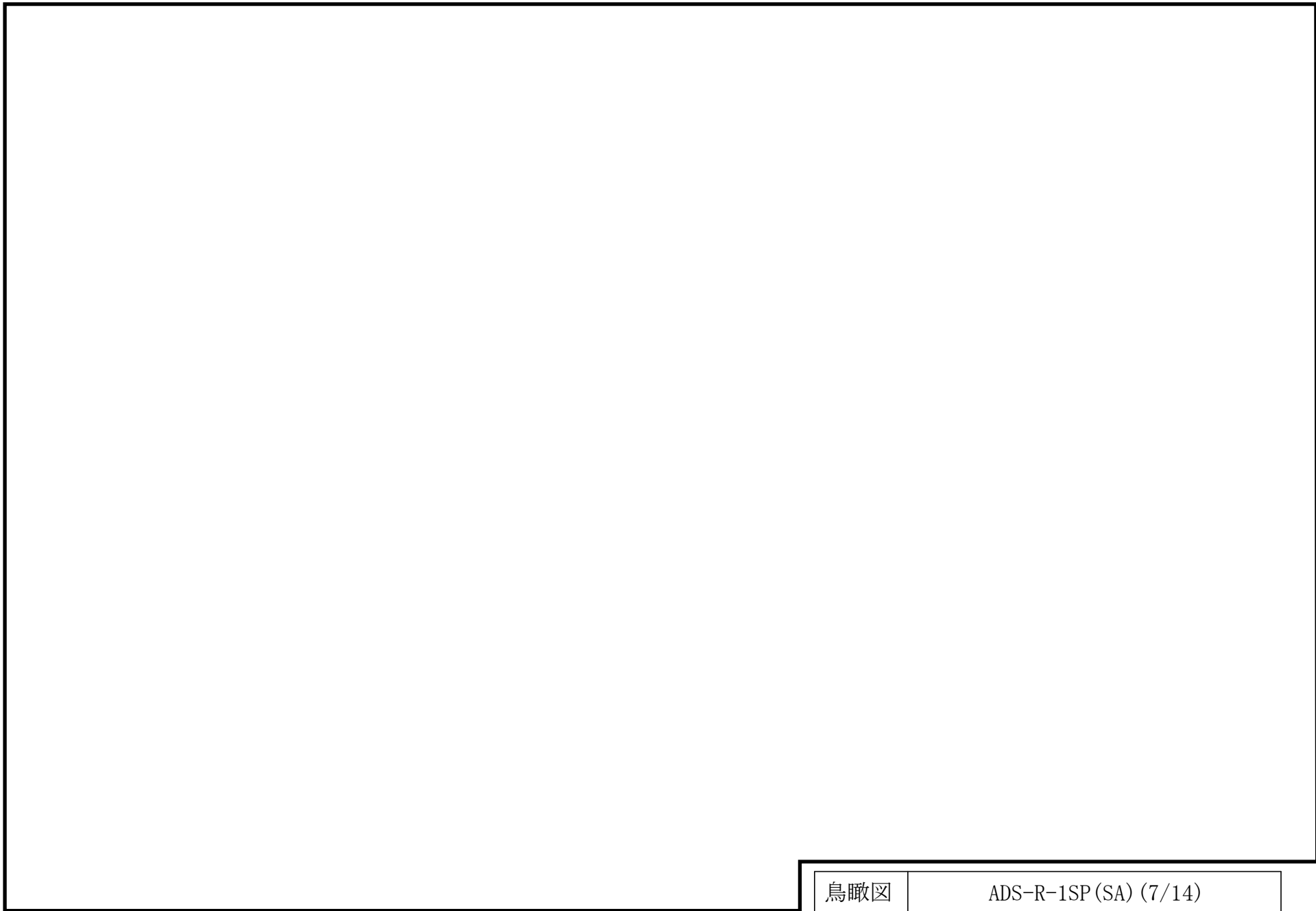
鳥瞰図	ADS-R-1SP(SA) (3/14)
-----	----------------------





鳥瞰図	ADS-R-1SP(SA) (5/14)
-----	----------------------

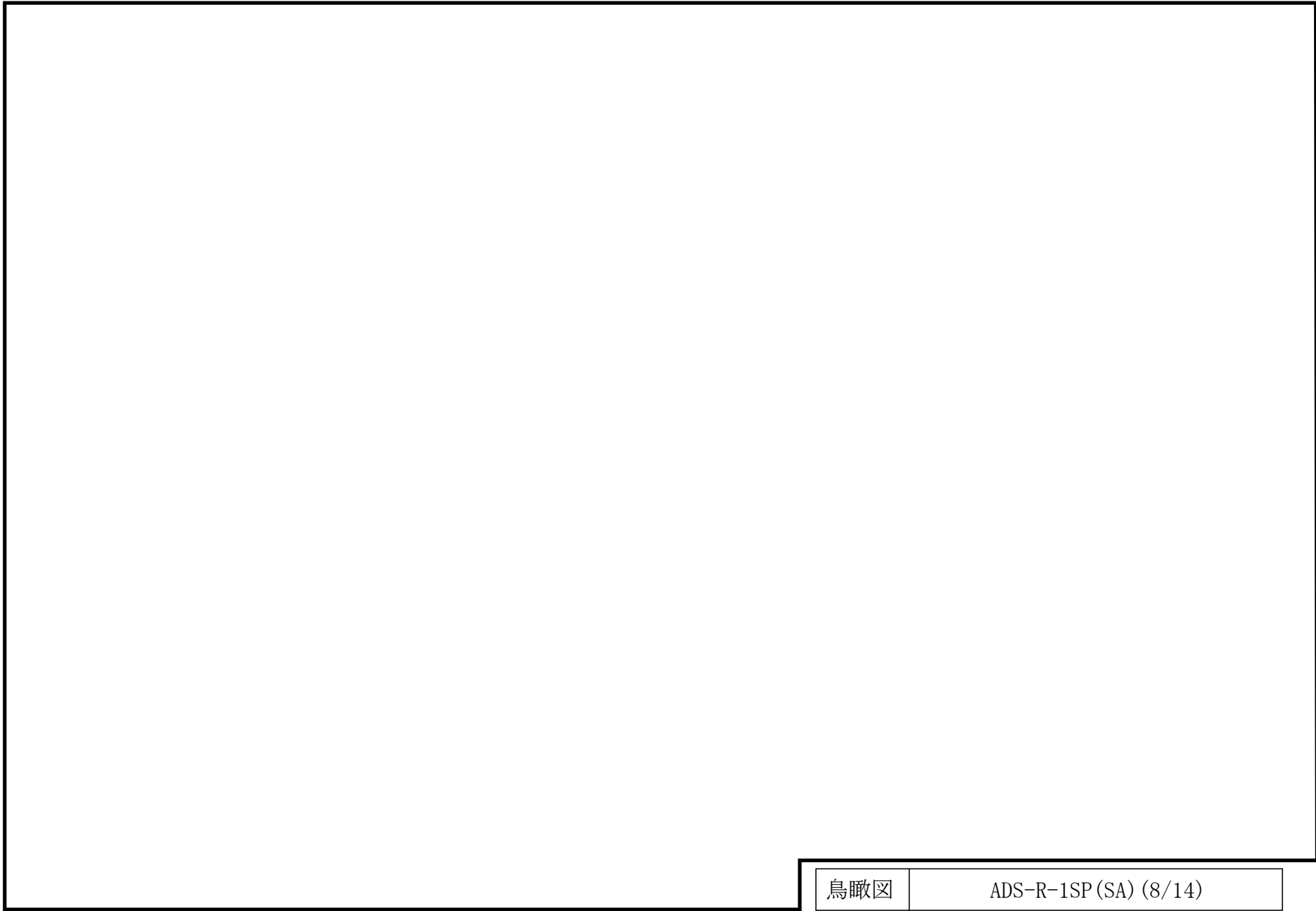




鳥瞰図

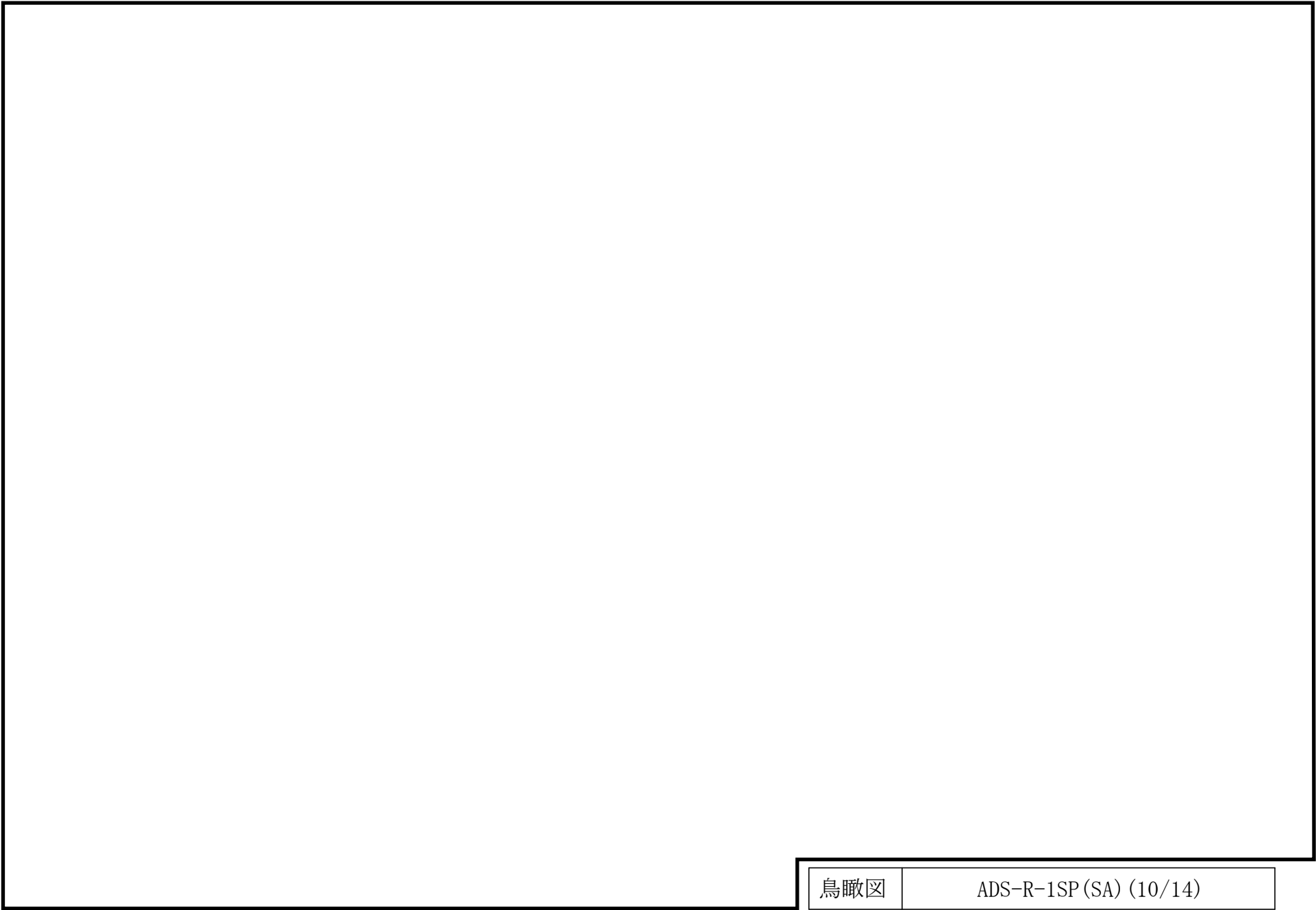
ADS-R-1SP(SA) (7/14)

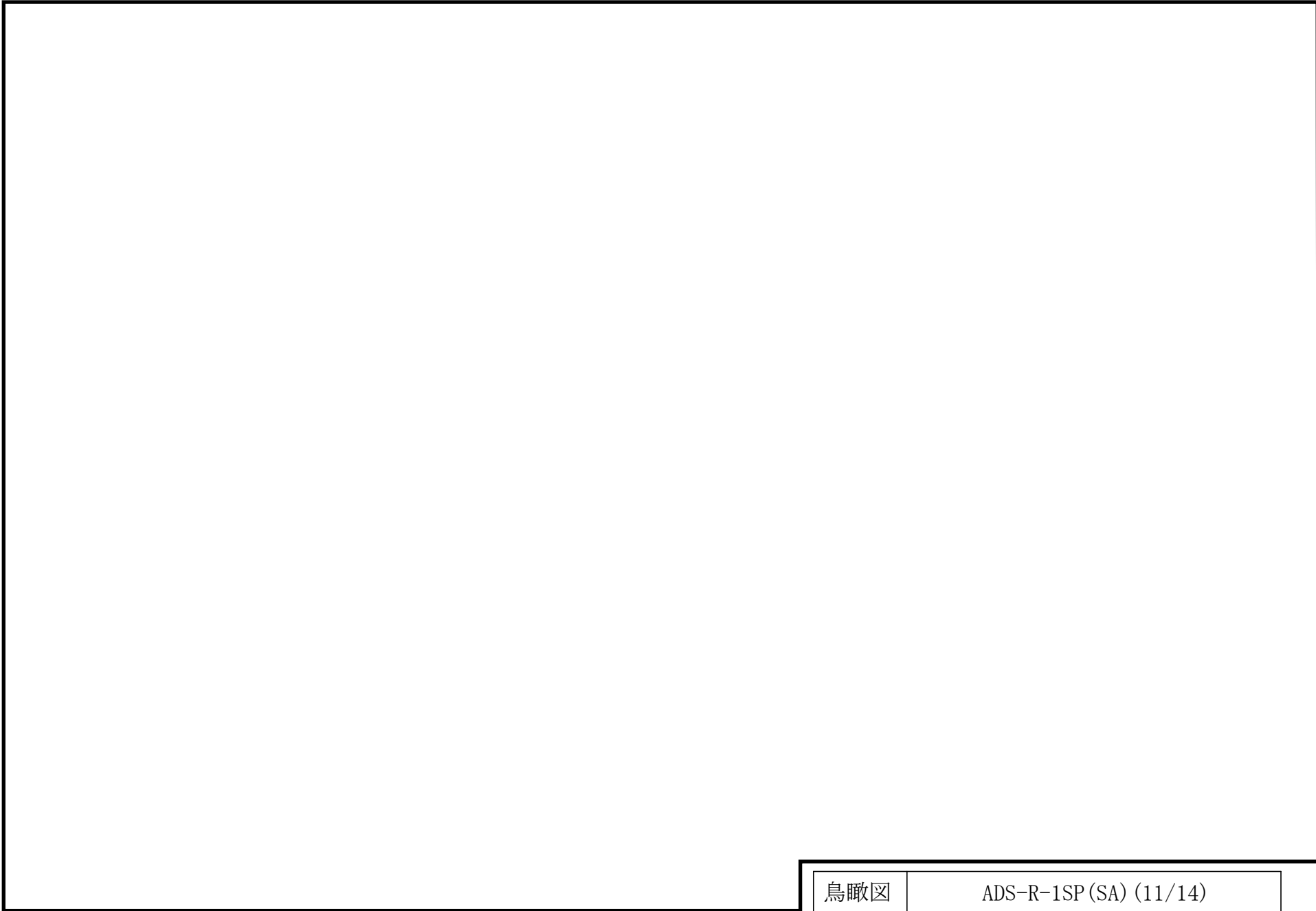
30

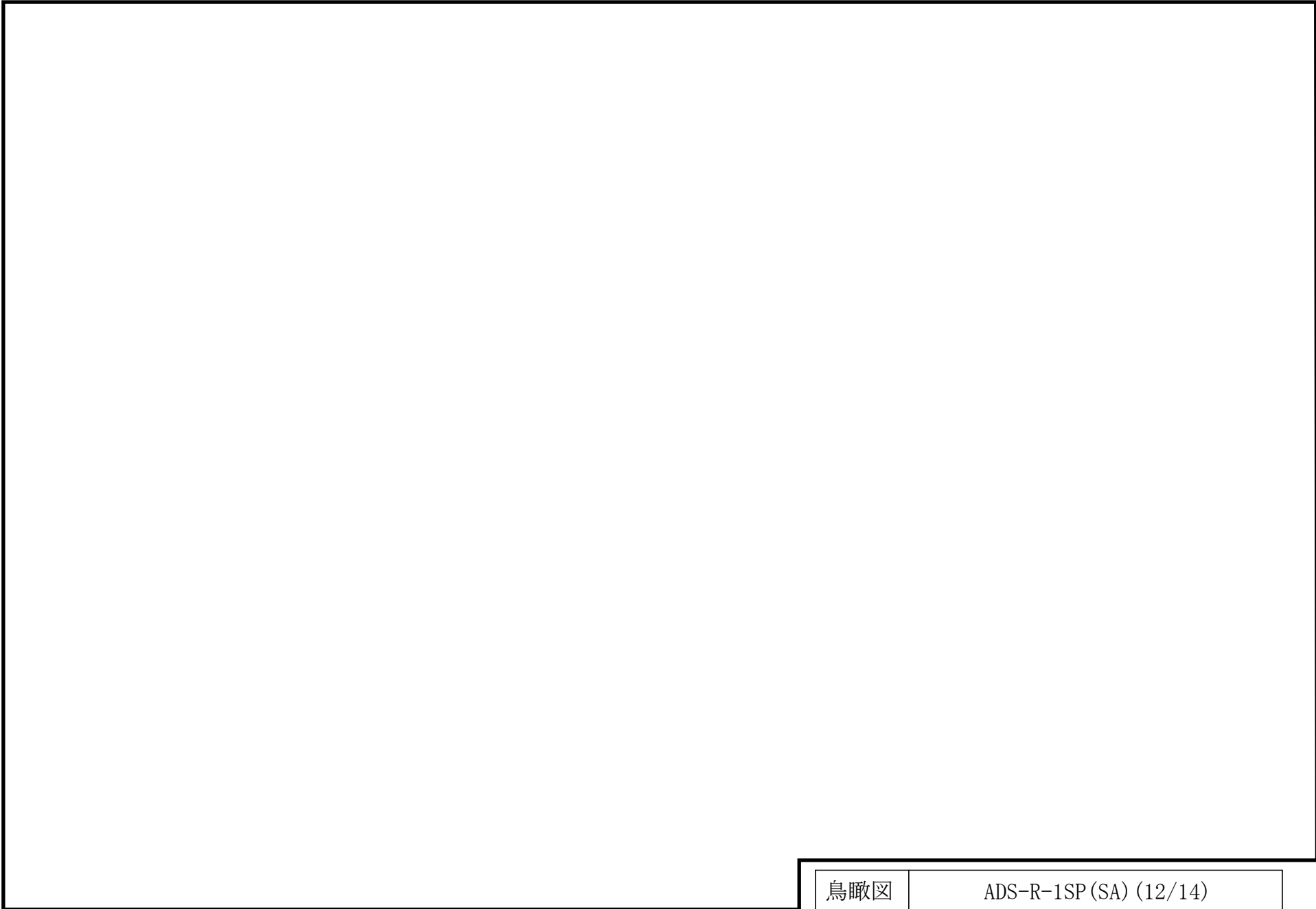


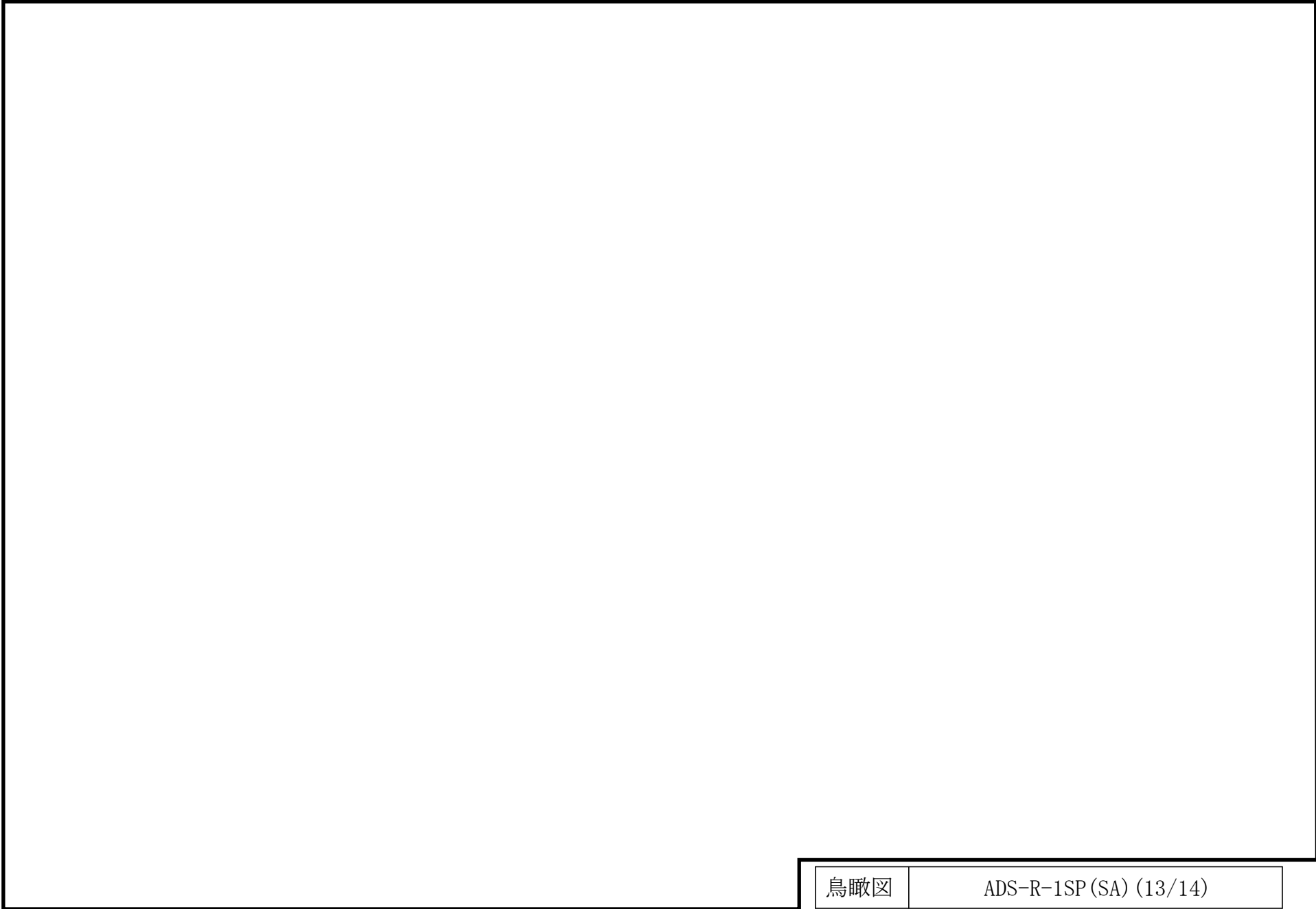
鳥瞰図

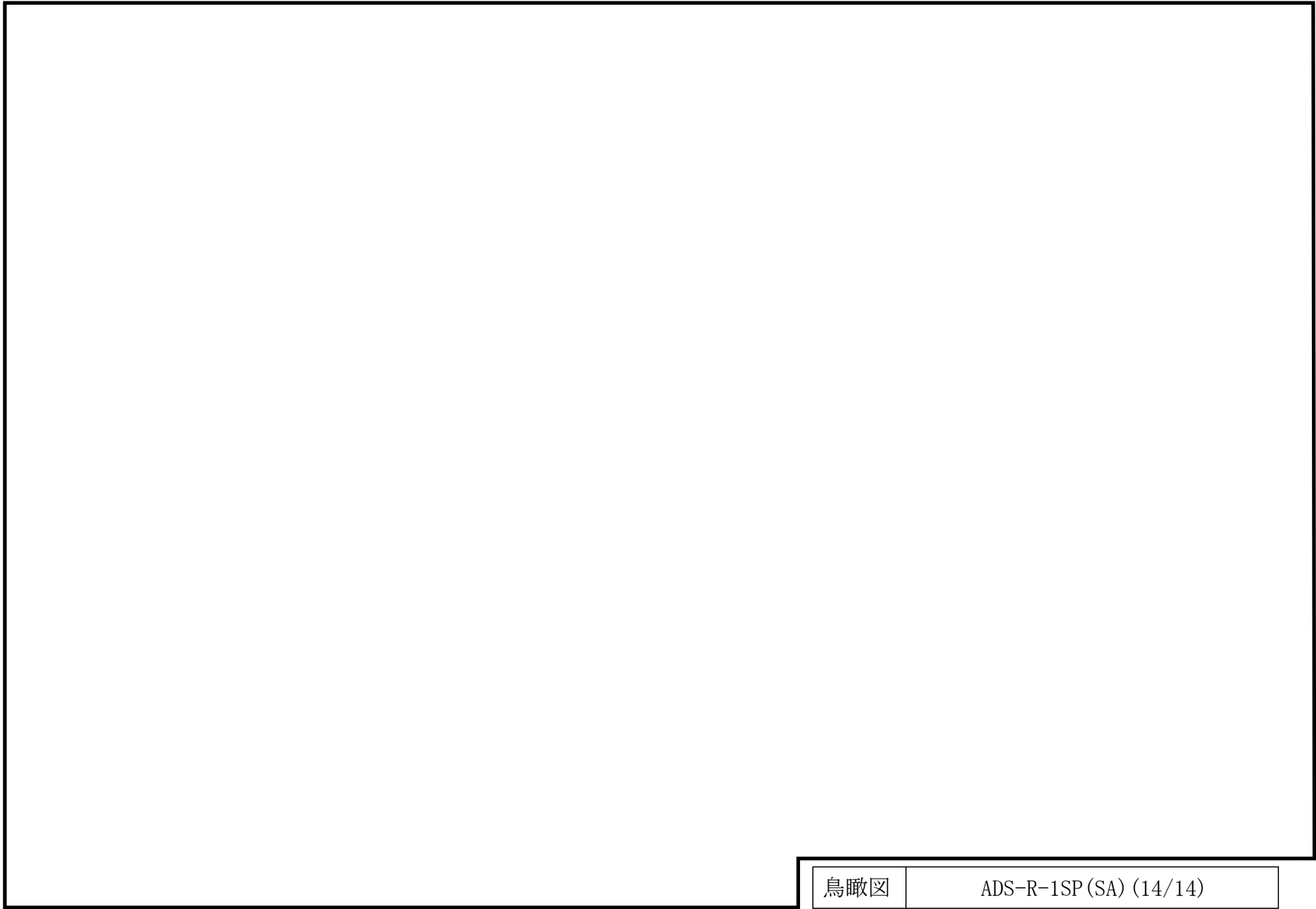
ADS-R-1SP(SA) (8/14)

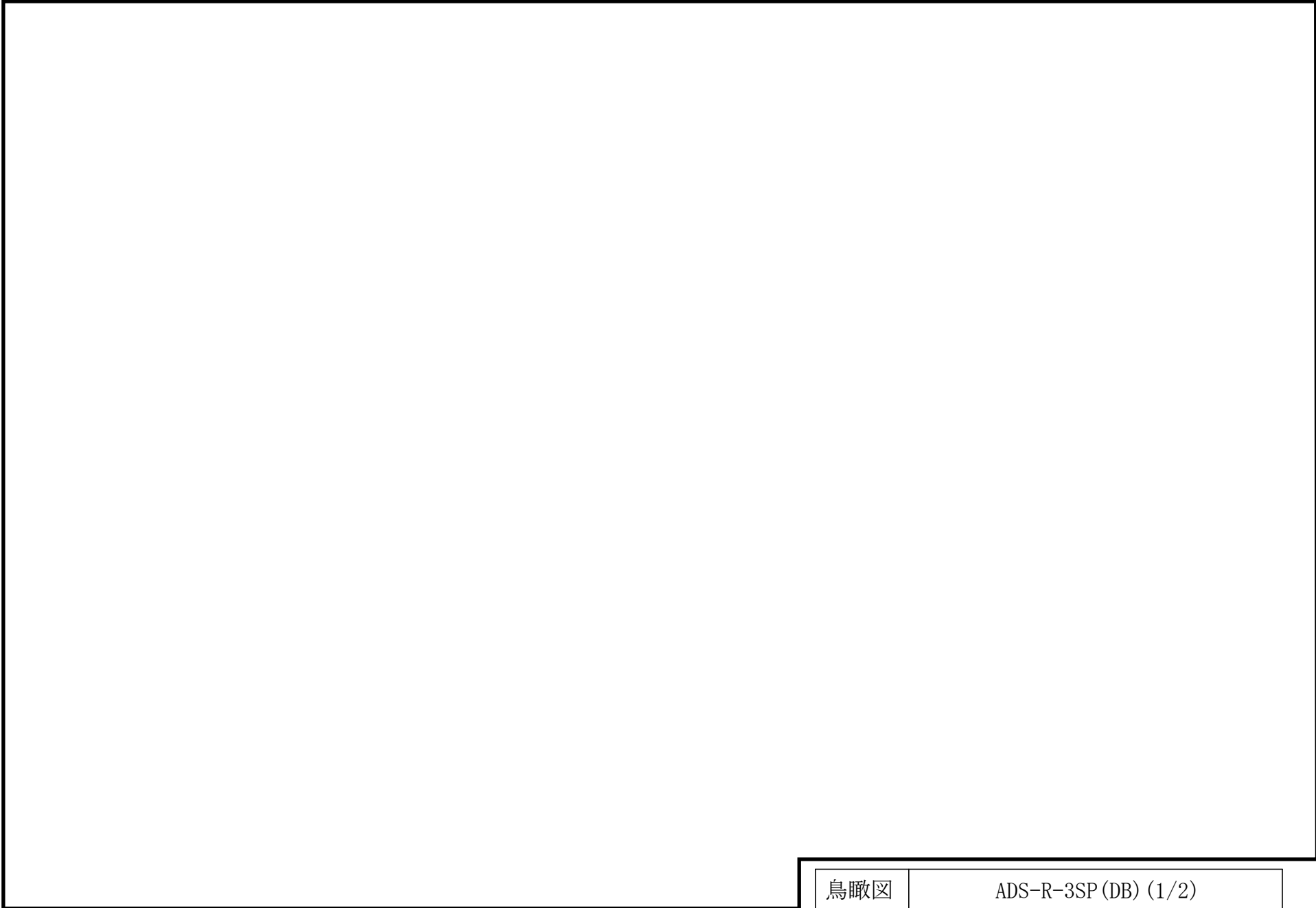






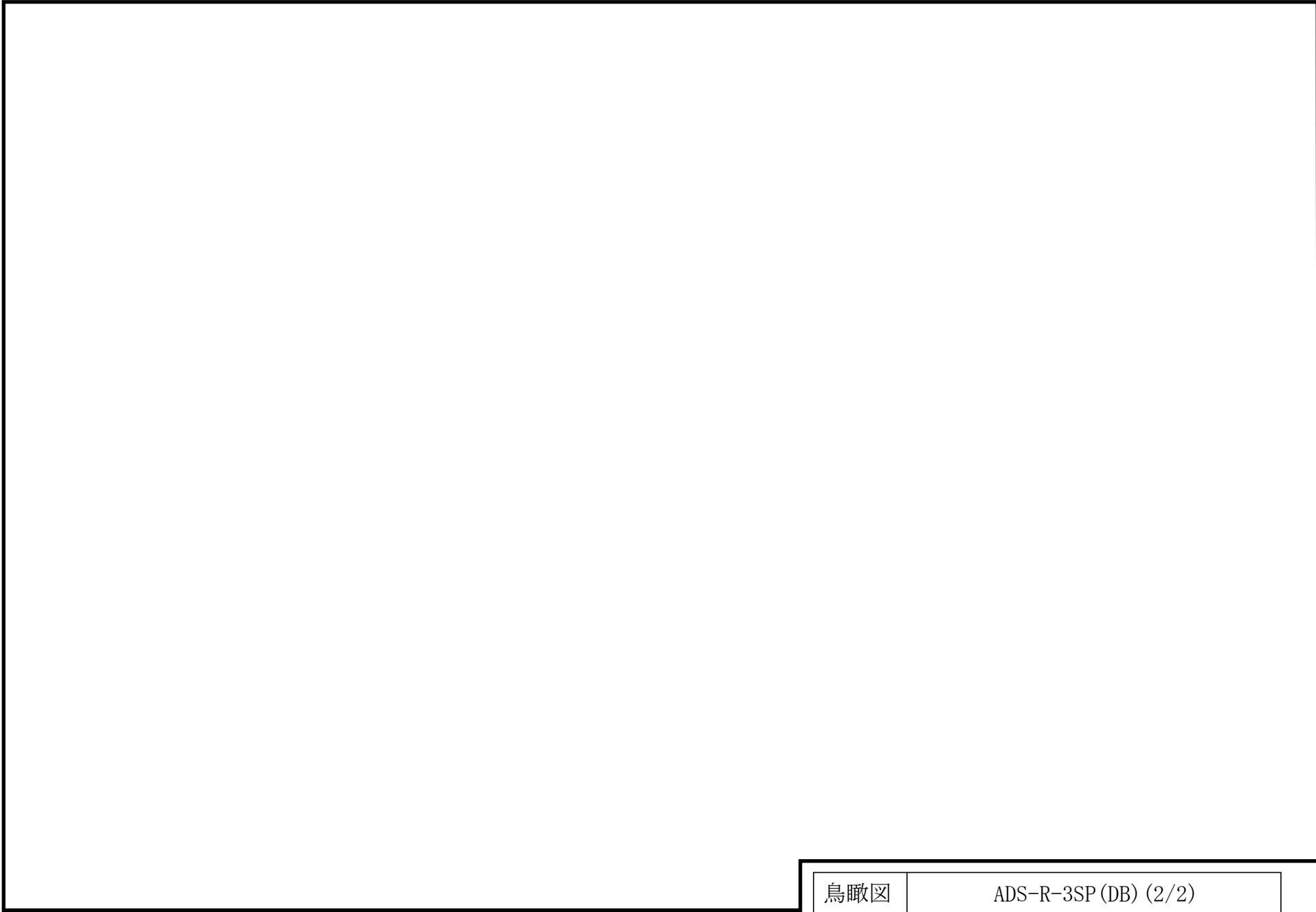






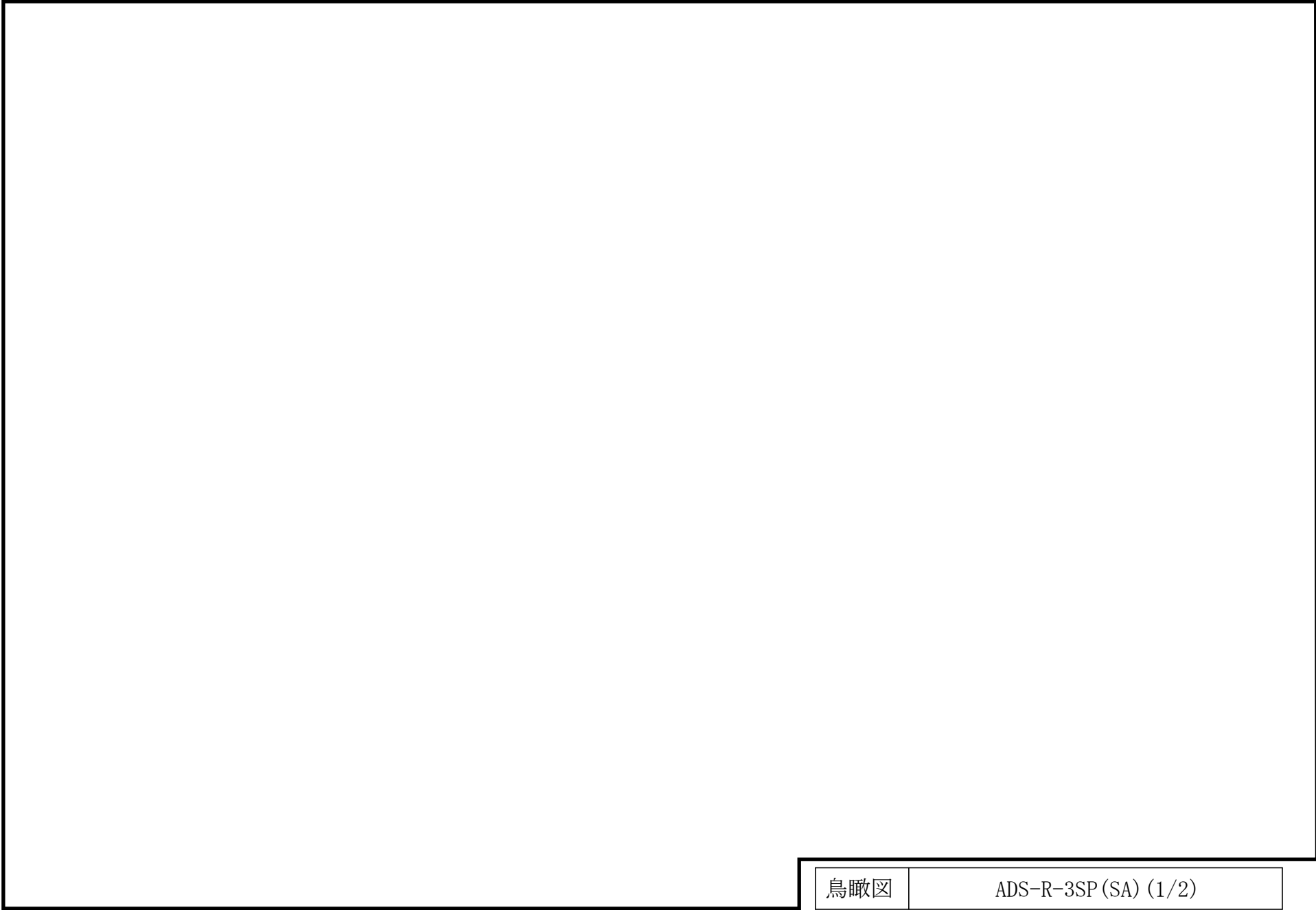
鳥瞰図

ADS-R-3SP (DB) (1/2)

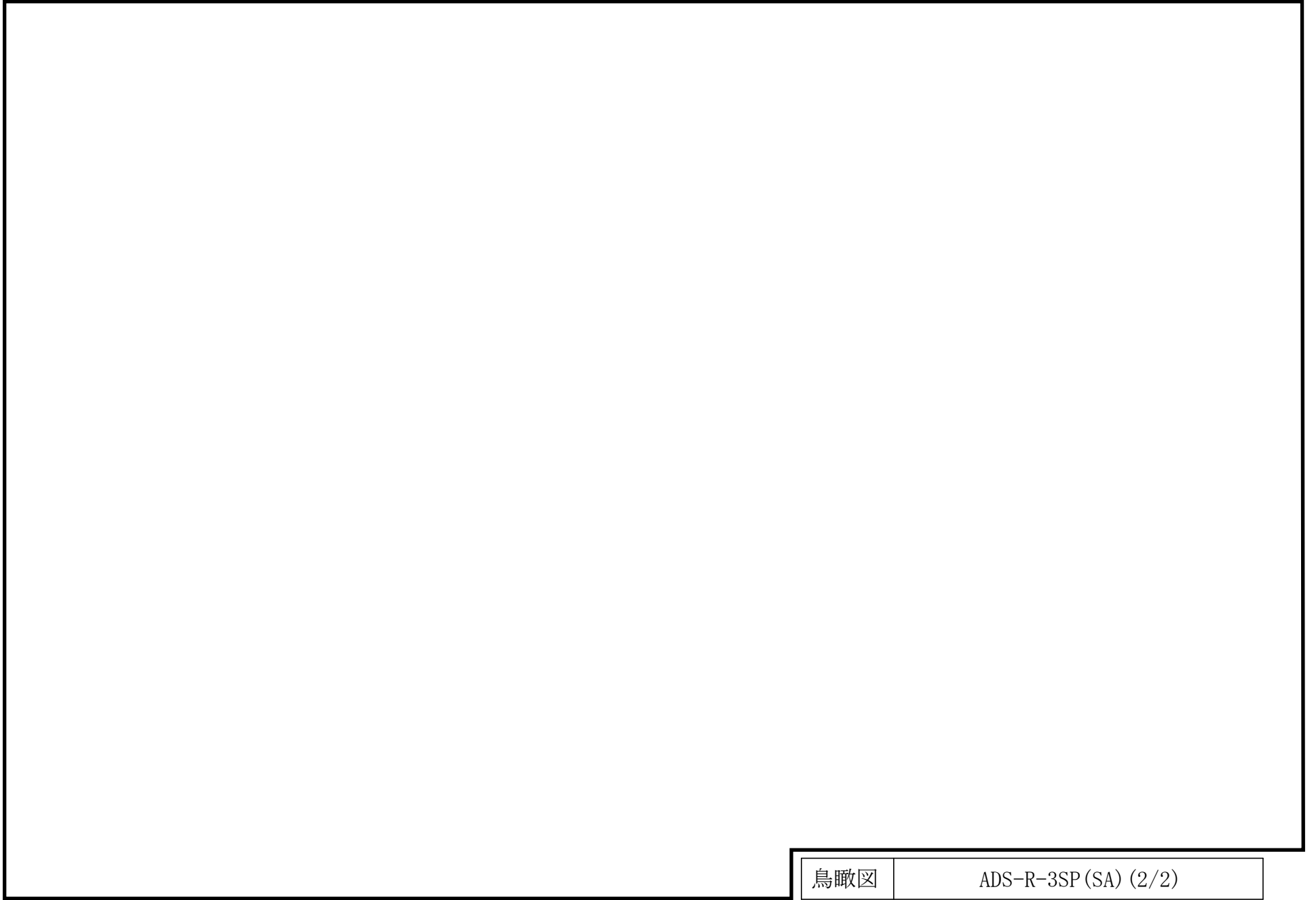


鳥瞰図

ADS-R-3SP (DB) (2/2)



鳥瞰図	ADS-R-3SP(SA) (1/2)
-----	---------------------



3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
計測制御系統 施設	制御用空気設備	逃がし安全弁 窒素ガス供給系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	I _L + S _d	III _A S
							II _L + S _d	
							I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
			SA	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
							V _L (L) + S _d ^{*6, *7, *8}	V _A S
							V _L (LL) + S _s ^{*6, *9}	
V _L + S _s ^{*10}								

荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	DB	—	クラス3管	S	I _L + S _d	III _A S
							II _L + S _d	
							I _L + S _s	IV _A S
			II _L + S _s					
			SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
V _L + S _s ^{*10}	V _A S							

注記*1 : DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

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

*3 : 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

*4 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5 : 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し, 許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

*6 : 原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する。

*7 : 原子炉格納容器バウンダリは, 事象の進展によっては, 重大事故等時の最大荷重の発生タイミングが遅くなる可能性があることから, 保守的に重大事故等時の最大荷重とS_d地震力の組合せを考慮する。

*8 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用しない場合)における荷重条件を適用する。

*9 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用する場合)における荷重条件を適用する。

*10 : 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから, 重大事故等時の最大荷重とS_s地震力の組合せを考慮する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1～57W, 58W～60W 61W～69W, 70W～77W 82W～92W, 32～399 64～458W, 459W～461W 462W～493, 467～515	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	14.7	66
		Ⅴ _A S	14.7	66
2	97W～286, 286～736W 741W～769A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.77	66
		Ⅴ _A S	1.77	66
3	322W～335W	Ⅲ _A S	1.77	171
		Ⅳ _A S	1.77	171
		Ⅴ _A S	—	—
4	2～338W, 6～341W 9～344W, 12～347W 15～350W, 18～353W 21～356W, 391～403W 394～408W, 398～413W 488～517W, 492～520W 507～525W, 510～530W 514～535W	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	14.7	66
		Ⅴ _A S	14.7	66
5	339W～3391, 342W～3421 345W～3451, 348W～3481 351W～3511, 354W～3541 357W～3571, 404W～4041 409W～4091, 414W～4141 518W～5181, 521W～5211 526W～5261, 531W～5311 536W～5361	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	14.7	66
		Ⅴ _A S	14.7	66

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～57W, 58W～60W 61W～69W, 70W～77W 82W～92W, 32～399 64～458W, 459W～461W 462W～493, 467～515	60.5	5.5	SUS304TP	—	193667
2	97W～286, 286～736W 741W～769A	60.5	3.9	SUS304TP	—	193667
3	322W～335W	60.5	3.9	SUS304TP	S	191800
4	2～338W, 6～341W 9～344W, 12～347W 15～350W, 18～353W 21～356W, 391～403W 394～408W, 398～413W 488～517W, 492～520W 507～525W, 510～530W 514～535W	34.0	4.5	SUS304TP	—	193667
5	339W～3391, 342W～3421 345W～3451, 348W～3481 351W～3511, 354W～3541 357W～3571, 404W～4041 409W～4091, 414W～4141 518W～5181, 521W～5211 526W～5261, 531W～5311 536W～5361	19.6	4.0	SUS304	—	193667

弁部の質量

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	57W～58W, 69W～70W		461W～462W
	60W～61W, 458W～459W		77W, 82W
	78		79
	80		92W, 97W
	93		95
	317W, 322W, 736W, 741W		318, 737
	319, 738		321, 740
	338W～339W, 341W～342W		344W～345W, 347W～348W
	350W～351W, 353W～354W		356W～357W, 403W～404W
	408W～409W, 413W～414W		517W～518W, 520W～521W
	525W～526W, 530W～531W		535W～536W

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
57W~58W				60W~61W			
69W~70W				77W~78			
78~79				79~80			
80~81				78~82W			
92W~93				93~94			
94~95				93~97W			
317W~318				318~319			
319~320				320~321			
318~322W				338W~339W			
341W~342W				344W~345W			
347W~348W				350W~351W			
353W~354W				356W~357W			
403W~404W				408W~409W			
413W~414W				458W~459W			
461W~462W				517W~518W			
520W~521W				525W~526W			
530W~531W				535W~536W			
736W~737				737~738			
738~739				739~740			
737~741W							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
4						
1300						
23						
26						
** 26 **						
2602						
** 2602 **						
30						
38						
42						
48						
59						
62						
68						
76						
78						
81						
83						
86						
88						
91						
94						
98						
101						
112						
118						
128						
131						
142						

S2 補 VI-2-6-6-1-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
155						
** 155 **						
163						
168						
180						
183						
191						
198						
214						
225						
237						
248						
259						
262						
271						
275						
320						
323						
336N						
359						
364						
369						
371						
3740						
379						
385						
396						
4000						
4100						
422						

S2 補 VI-2-6-6-1-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
428						
435						
438						
447						
451						
4550						
460						
463						
472						
4770						
480						
490						
495						
5010						
503						
512						
5220						
5320						
712						
720						
730						
735						
** 735 **						
737						
** 739 **						
** 739 **						
742						

S2 補 VI-2-6-6-1-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 742 **						
749						
** 749 **						
761						
766						
769A						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	47W~61W	Ⅲ _A S	1.77	171
		Ⅳ _A S	1.77	171
		Ⅴ _A S	1.77	200
2	16~46W, 19~334A 16~439A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.77	66
		Ⅴ _A S	1.77	66

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	47W～61W	60.5	3.9	SUS304TP	S	191800
2	16～46W, 19～334A 16～439A	60.5	3.9	SUS304TP	—	193667

弁部の質量

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	46W, 47W		4601
	4602		4604

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
46W~4601				4601~4602			
4602~4603				4603~4604			
4601~47W							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
21						
37						
** 37 **						
4603						
48						
62N						
313						
325						
** 325 **						
334A						
412						
422						
** 422 **						
432						
439A						

S2 補 VI-2-6-6-1-1 R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
SUS304TP	66	—	188	479	—
SUS304TP	171	—	150	413	113
SUS304TP	200	—	144	402	—
SUS304	66	—	188	479	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき策定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
ADS-R-1SP	原子炉建物				
ADS-R-3SP	原子炉建物				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有 周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
29次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 ADS-R-1SP

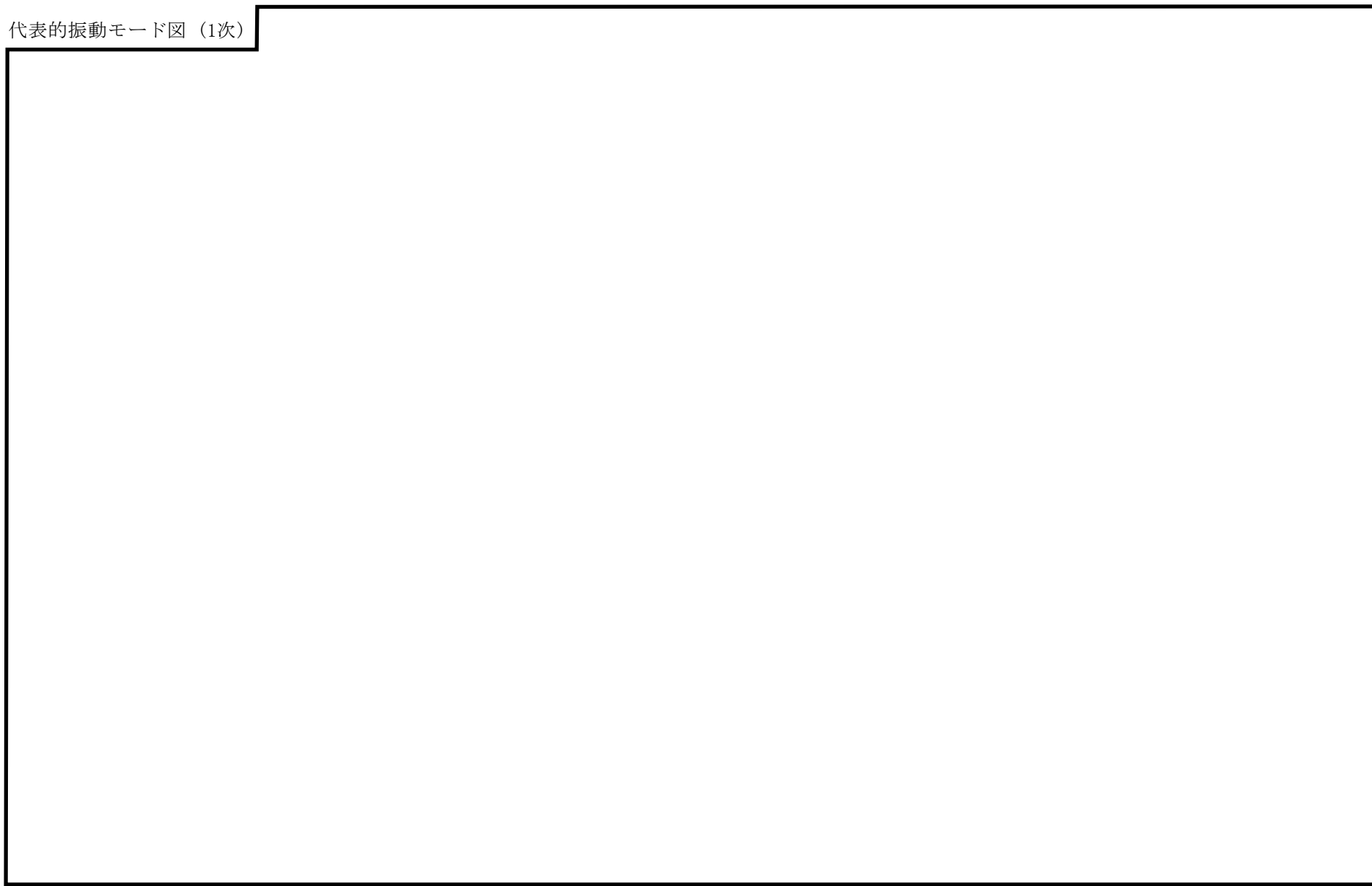
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
29次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

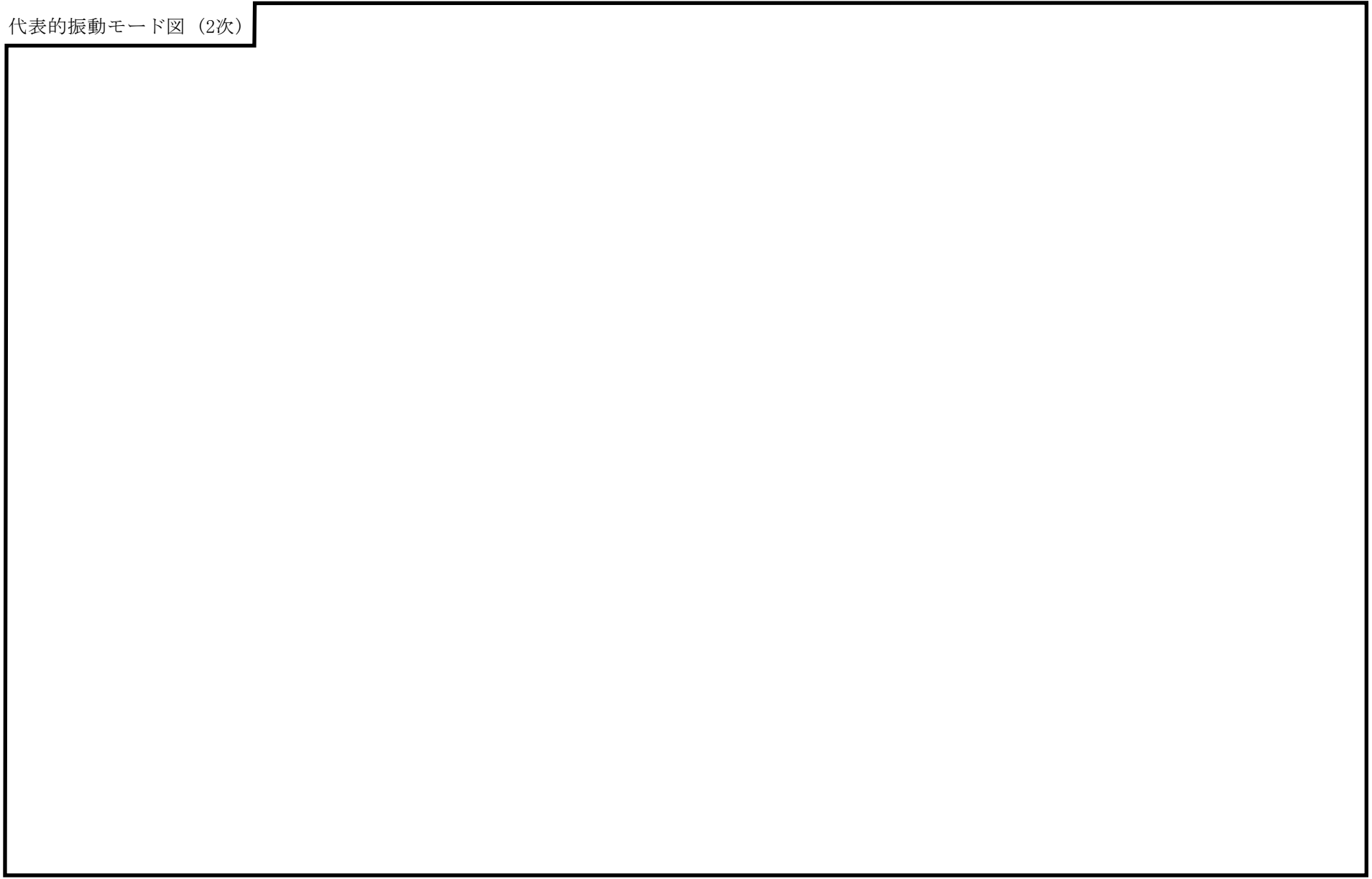
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

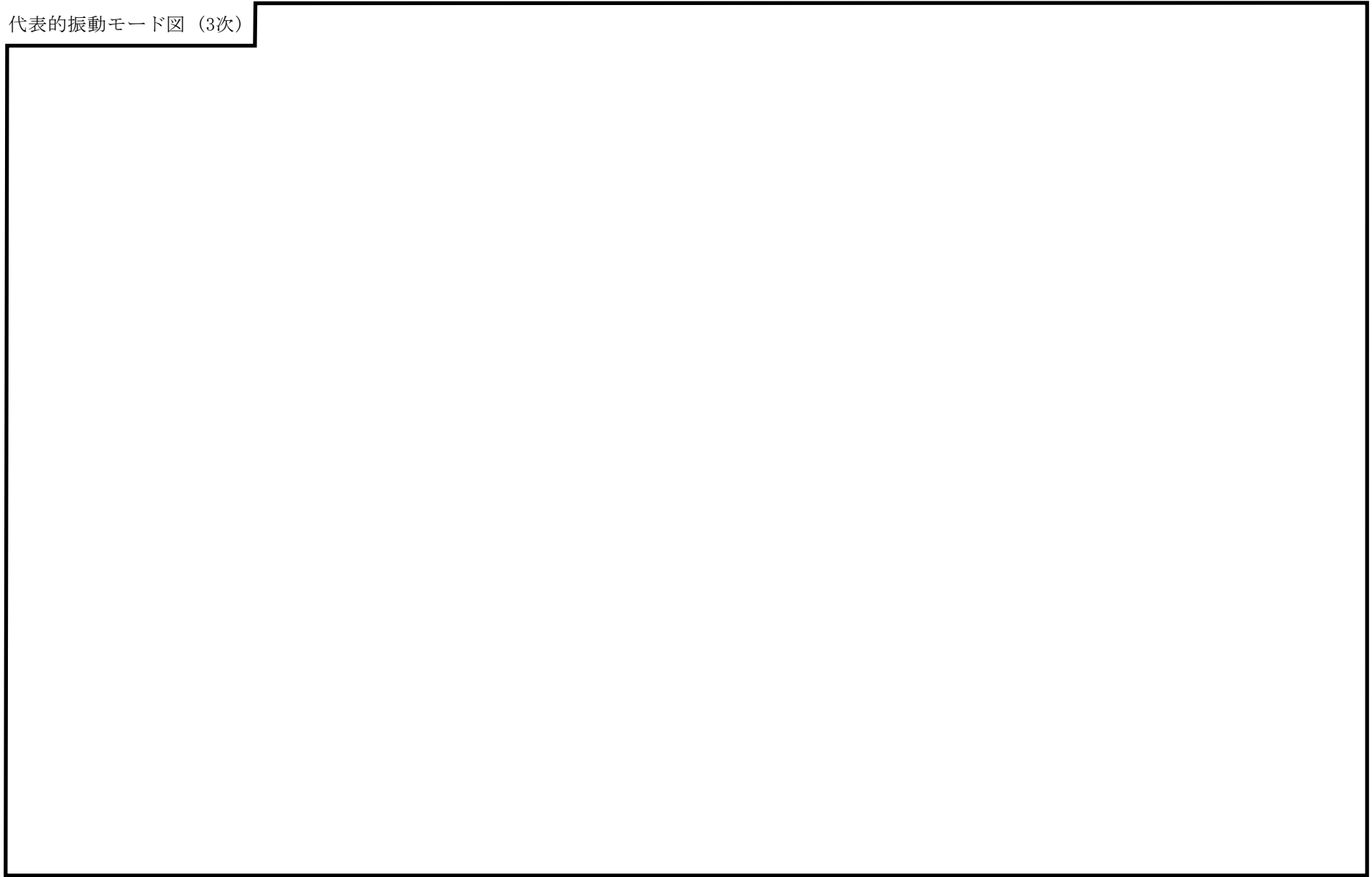
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 ADS-R-3SP

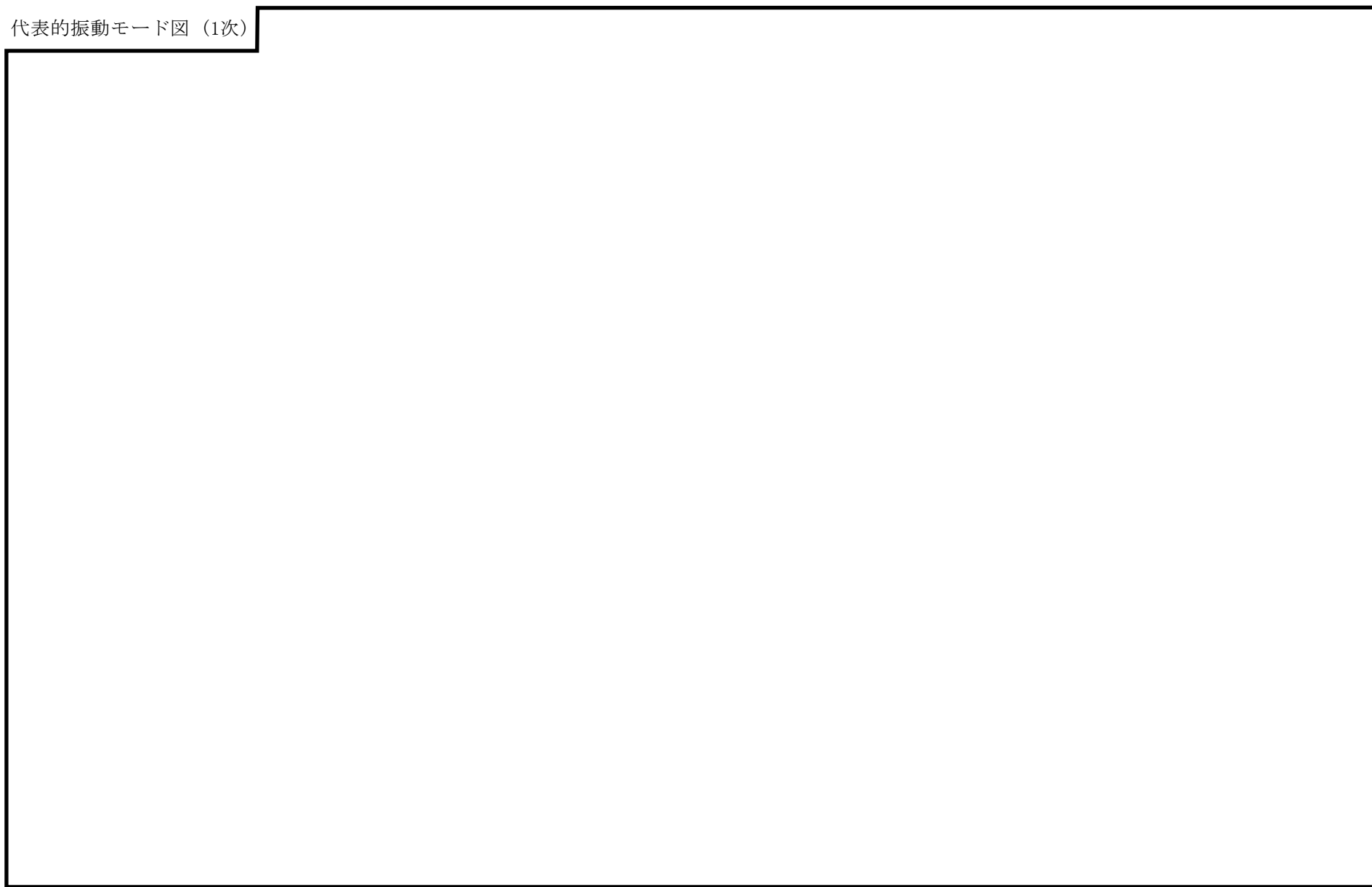
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

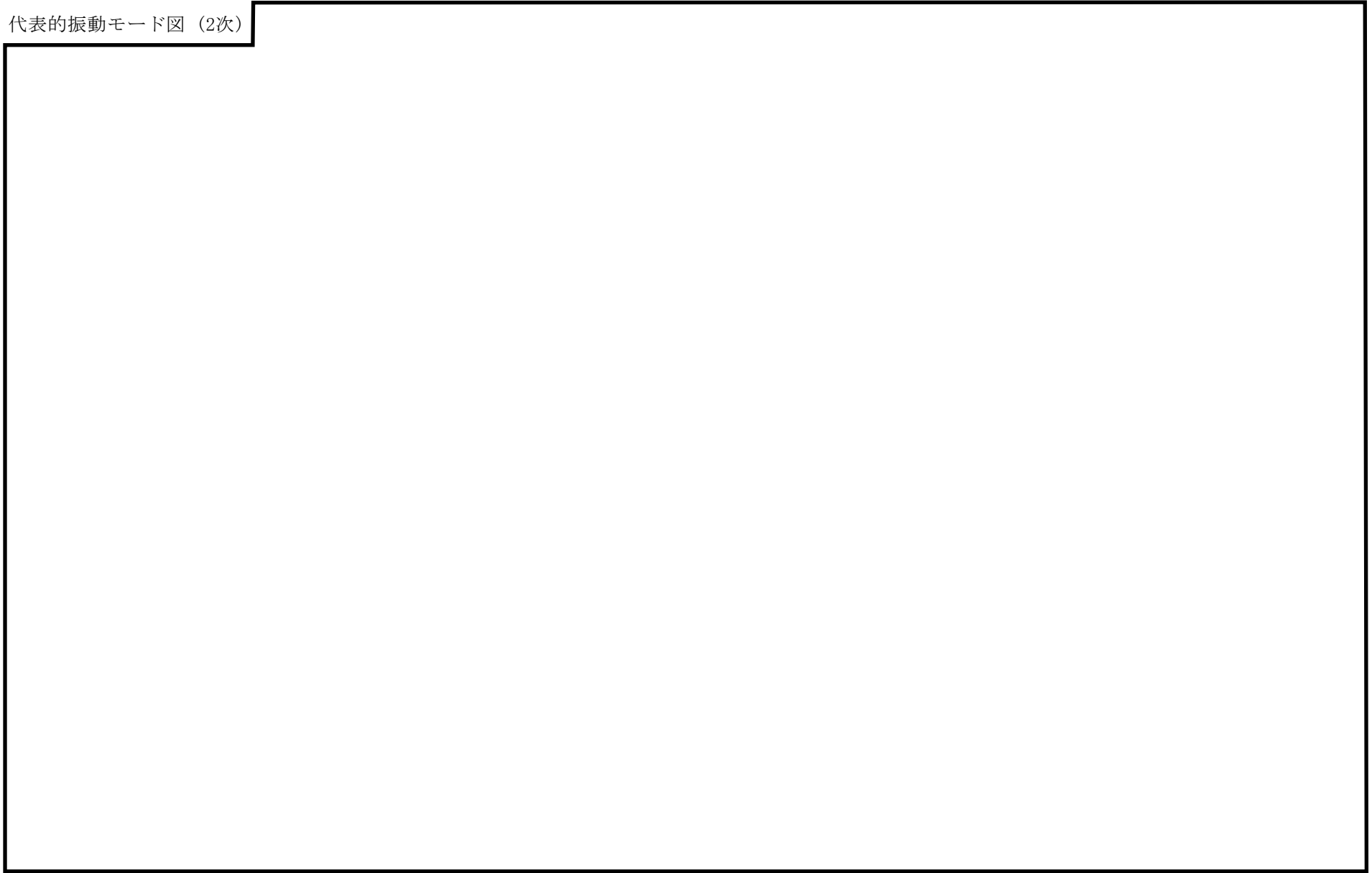
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



70

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
III _A S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	ADS-R-3SP	60	54	150	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	ADS-R-3SP	61W	192	300	—
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	ADS-R-3SP	60	97	371	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	ADS-R-3SP	61W	361	300	0.1397

注記* : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 S_y と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	ADS-R-1SP	510	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	ADS-R-3SP	61W	361	300	0.1397
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	ADS-R-1SP	510	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	ADS-R-3SP	61W	361	288	0.1725

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重(kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-ADS-1055	レストレイント	Uプレート	SUS304	66	3	15	0	—	—	—	組合せ	85	205
AN-ADS-57102	アンカ	ラグ	SUS304	200	4	2	3	1	1	1	組合せ	74	112

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		動作機能確認済加速度 ^{*2} ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 ^{*2} (MPa)			
			水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力
MV227-2A	電動グローブ弁	β (S s)	2.3	1.8	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—
MV227-2B	電動グローブ弁	β (S s)	2.3	1.8	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

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

α (S d)：弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

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

β (S d)：弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。なお，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下の場合は「—」と記載する。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	ADS-PD-1SP	167N	50	150	3.00	—	7W	108	300	2.77	—	—
2	ADS-PD-2SP	372	38	150	3.94	—	10W	155	300	1.93	—	—
3	ADS-PD-3SP	637W	51	150	2.94	—	634W	110	250	2.27	—	—
4	ADS-PD-4SP	528W	41	150	3.65	—	528W	58	300	5.17	—	—
5	ADS-R-1SP	325	34	150	4.41	—	335W	184	300	1.63	—	—
6	ADS-R-2SP	118	40	150	3.75	—	129W	172	300	1.74	—	—
7	ADS-R-3SP	60	54	150	2.77	○	61W	192	300	1.56	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	ADS-PD-1SP	374N	84	371	4.41	—	7W	194	300	1.54	—	—
2	ADS-PD-2SP	372	60	371	6.18	—	10W	278	300	1.07	—	—
3	ADS-PD-3SP	637W	92	371	4.03	—	634W	208	250	1.20	—	—
4	ADS-PD-4SP	528W	65	371	5.70	—	528W	106	300	2.83	—	—
5	ADS-R-1SP	325	42	371	8.83	—	335W	279	300	1.07	—	—
6	ADS-R-2SP	118	51	371	7.27	—	129W	260	300	1.15	—	—
7	ADS-R-3SP	60	97	371	3.82	○	61W	361	300	0.83	0.1397	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	ADS-PD-3SP	68W	113	371	3.28	—	68W	222	300	1.35	—	—
2	ADS-PD-4SP	12A	82	371	4.52	—	53W	130	300	2.30	—	—
3	ADS-R-1SP	510	190	431	2.26	○	510	347	376	1.08	—	—
4	ADS-R-2SP	466W	178	431	2.42	—	133	250	376	1.50	—	—
5	ADS-R-3SP	432	143	431	3.01	—	61W	361	300	0.83	0.1397	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	ADS-PD-3SP	68W	116	361	3.11	—	68W	222	288	1.29	—	—
2	ADS-PD-4SP	12A	84	361	4.29	—	53W	130	288	2.21	—	—
3	ADS-R-1SP	510	190	431	2.26	○	510	347	376	1.08	—	—
4	ADS-R-2SP	466W	178	431	2.42	—	133	250	376	1.50	—	—
5	ADS-R-3SP	432	143	431	3.01	—	61W	361	288	0.79	0.1725	○

VI-2-6-7 その他の計測制御系統施設の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-1 その他の計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-1-16 中央制御室差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、中央制御室差圧計が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

中央制御室差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室差圧計は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>弾性差圧検出器</p>	<p>【中央制御室差圧計】</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

中央制御室差圧計の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該計器に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

中央制御室差圧計 (dPX264-5)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

中央制御室差圧計の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

中央制御室差圧計の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室差圧計の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室差圧計（dPX264-5）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	換気設備	中央制御室差圧計	常設/その他	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	241	394	—
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)					

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

中央制御室差圧計の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
中央制御室差圧計 (dPX264-5)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室差圧計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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室差圧計（dPX264-5）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
中央制御室差圧計 (dPX264-5)	常設/その他	制御室建物 EL 16.9 (EL 22.05*1)	□	□	—	—	C _H =3.65*2	C _V =1.77*2	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	310	12 (M12)	113.1	4	241 (径≤16mm)	394 (径≤16mm)

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	697	160	800	2	2	—	275	—	正面方向
	697	160	800	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

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

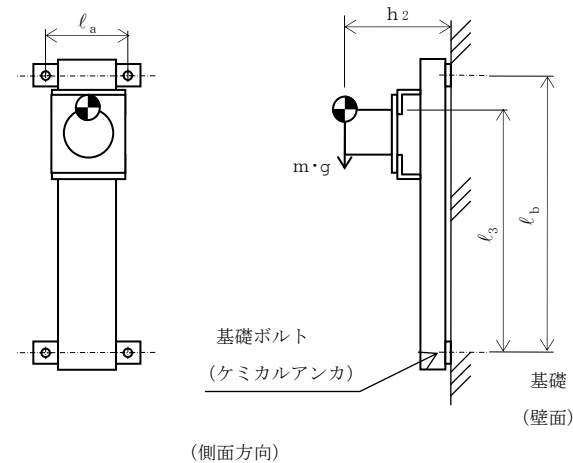
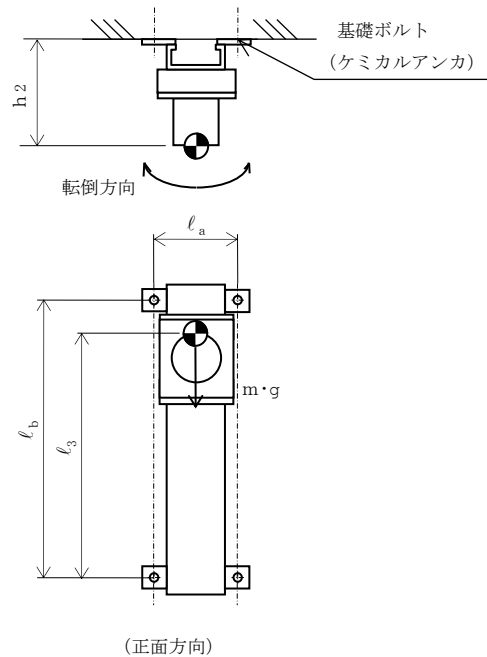
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
中央制御室差圧計 (dPX264-5)	水平方向	2.03	
	鉛直方向	1.00	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-1-17 待避室差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、待避室差圧計が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

待避室差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、待避室差圧計は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

待避室差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>弾性差圧検出器</p>	<p>【待避室差圧計】</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

待避室差圧計の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

待避室差圧計 (dPX2F7-1)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

待避室差圧計の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

待避室差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

待避室差圧計の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

待避室差圧計の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【待避室差圧計（dPX2F7-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	換気設備	待避室差圧計	常設/その他	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

待避室差圧計の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
待避室差圧計 (dPX2F7-1)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

待避室差圧計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。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【待避室差圧計（dPX2F7-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
待避室差圧計 (dPX2F7-1)	常設/その他	制御室建物 EL 16.9 (EL 22.05*1)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.65*2	C _V =1.77*2	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	315	12 (M12)	113.1	4	241 (径≤16mm)	394 (径≤16mm)

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	867	160	1040	2	2	—	275	—	正面方向
	867	160	1040	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)



部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

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

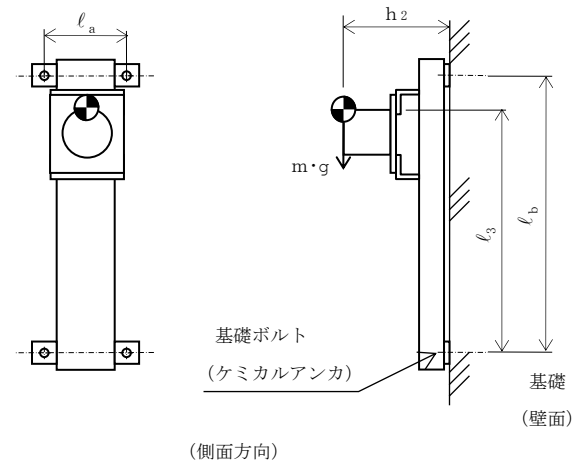
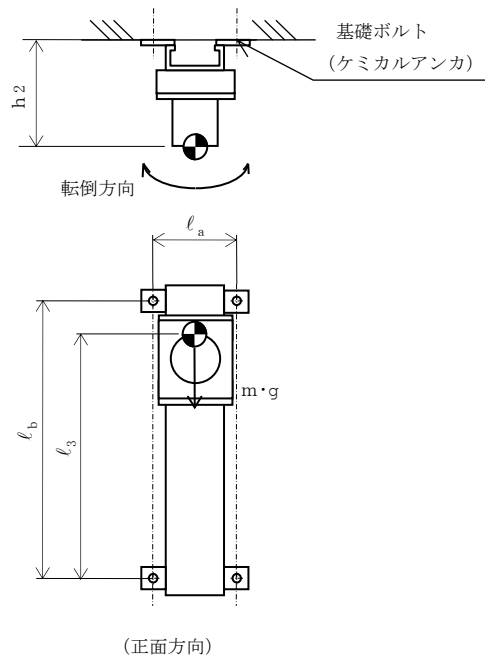
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
待避室差圧計 (dPX2F7-1)	水平方向	2.03	
	鉛直方向	1.00	

注記*：設計用震度 I (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2 計測装置の盤の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-2-1 安全設備制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、安全設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

安全設備制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、安全設備制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

安全設備制御盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>安全設備制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【安全設備制御盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

安全設備制御盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

安全設備制御盤 (2-903)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

安全設備制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

安全設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

安全設備制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

安全設備制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【安全設備制御盤 (2-903) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

安全設備制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

安全設備制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
安全設備制御盤 (2-903)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

安全設備制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

安全設備制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【安全設備制御盤 (2-903) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
安全設備制御盤 (2-903)	S	制御室建物 EL 16.9*1			$C_H=1.71^{*2}$	$C_V=0.77^{*2}$	$C_H=3.41^{*3}$	$C_V=1.58^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度

*3：設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	36	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	64	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	940	12	211	253	長辺方向	長辺方向
	1620	1725	3				
取付ボルト (i=2)	380	850	16	211	253	長辺方向	長辺方向
	1530	1880	5				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=35$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=99$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
安全設備制御盤 (2-903)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
安全設備制御盤 (2-903)	常設/防止 (DB拡張)	制御室建物 EL 16.9*1			—	—	C _H =3.41*2	C _V =1.58*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	36	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	64	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	940	12	—	253	—	長辺方向
	1620	1725	3				
取付ボルト (i=2)	380	850	16	—	253	—	長辺方向
	1530	1880	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=99$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

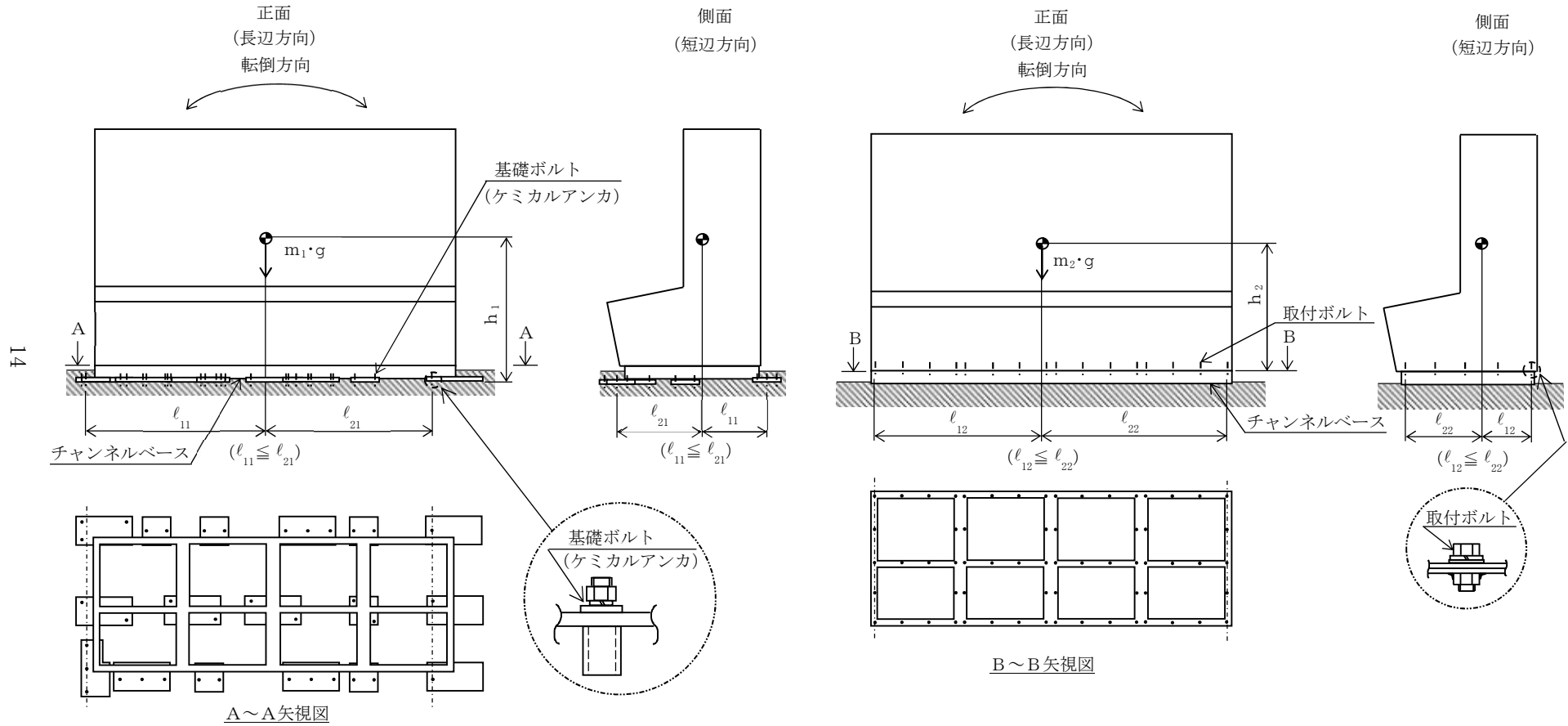
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
安全設備制御盤 (2-903)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-2 原子炉補機制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉補機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉補機制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉補機制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉補機制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【原子炉補機制御盤】</p> <p>正面 2820</p> <p>側面 1505</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>溶接</p> <p>床</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>(長辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>後打金物</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉補機制御盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

原子炉補機制御盤 (2-904-1)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

原子炉補機制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉補機制御盤（2-904-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	原子炉補機制御盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉補機制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉補機制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-1)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機制御盤（2-904-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉補機制御盤 (2-904-1)	S	制御室建物 EL 16.9*1			$C_H=1.71^{*2}$	$C_V=0.77^{*2}$	$C_H=3.41^{*3}$	$C_V=1.58^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	19	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	48	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	940	6	211	253	長辺方向	長辺方向
	1065	1355	2				
取付ボルト (i=2)	380	850	12	211	253	短辺方向	長辺方向
	1220	1510	5				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=57$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=145$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-1)	水平方向	2.84	□
	鉛直方向	1.32	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉補機制御盤 (2-904-1)	常設耐震/防止 常設/緩和 常設/防止 (DB拡張)	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1437	16 (M16)	201.1	19	211 (40mm<径≦100mm)	394 (40mm<径≦100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1300	16 (M16)	201.1	48	211 (40mm<径≦100mm)	394 (40mm<径≦100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	485	940	6	—	253	—	長辺方向
	1065	1355	2				
取付ボルト (i=2)	380	850	12	—	253	—	長辺方向
	1220	1510	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=145$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

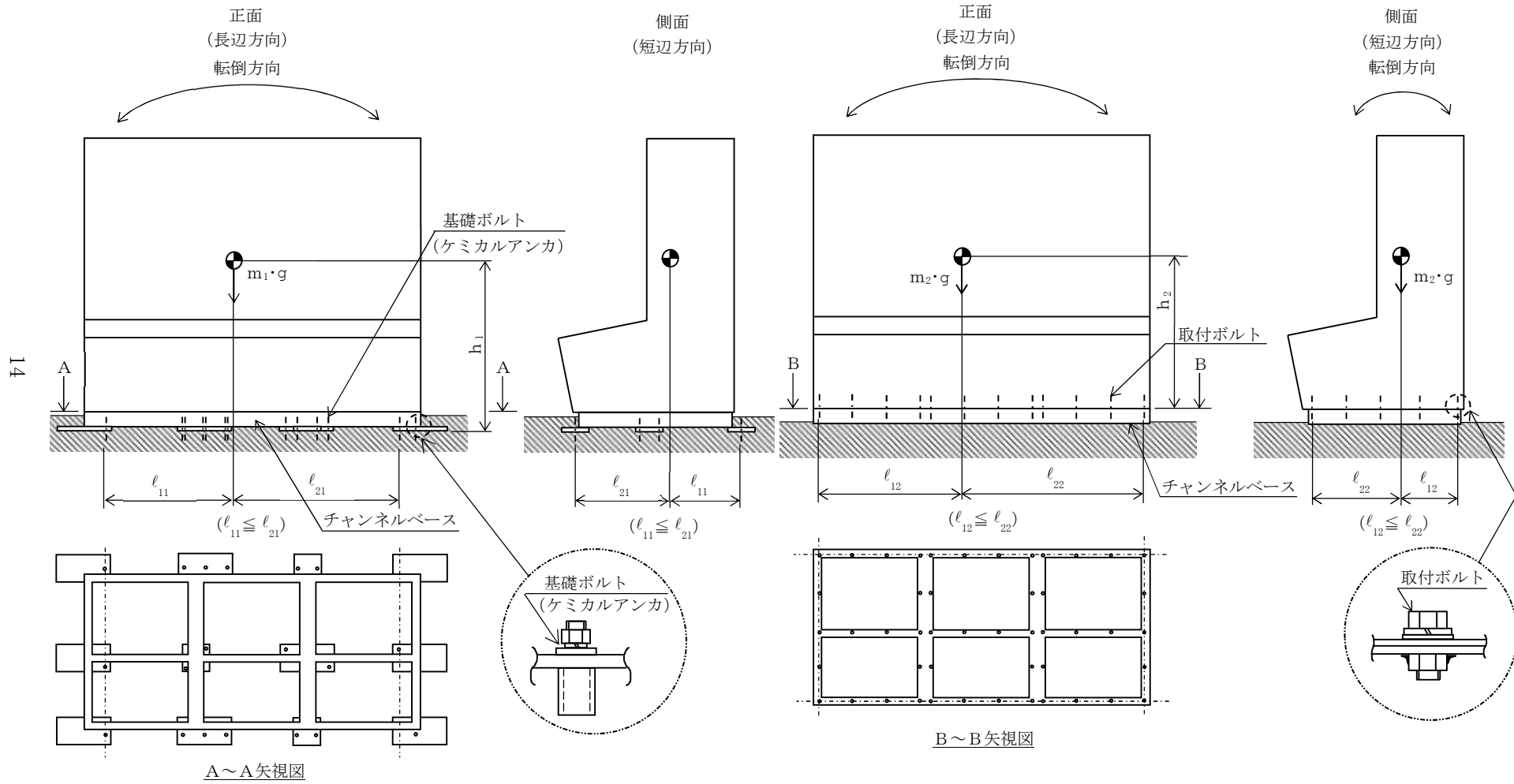
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-1)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-3 原子炉補機制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉補機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉補機制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉補機制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉補機制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【原子炉補機制御盤】</p> <p>平面</p> <p>正面 2824</p> <p>側面 1505</p> <p>2300</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>後打金物</p> <p>溶接</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉補機制御盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

原子炉補機制御盤 (2-904-2)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

原子炉補機制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉補機制御盤（2-904-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	原子炉補機制御盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉補機制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉補機制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該機器と類似の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-2)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機制御盤（2-904-2）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉補機制御盤 (2-904-2)	S	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.22^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=2.36^{*3}$	$C_V=1.06^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	17	211 (40 mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40 mm < 径 ≤ 100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	45	211 (40 mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40 mm < 径 ≤ 100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	940	3	211	253	短辺方向	短辺方向
	825	1496	2				
取付ボルト (i=2)	380	850	10	211	253	長辺方向	長辺方向
	980	1725	1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=37$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=83$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=102$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-2)	水平方向	2.84	□
	鉛直方向	1.32	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備



2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉補機制御盤 (2-904-2)	常設耐震/防止	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.36*2	C _V =1.06*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (基準地震動 S s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	17	211 (40 mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40 mm < 径 ≤ 100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	45	211 (40 mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40 mm < 径 ≤ 100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	940	3	—	253	—	短辺方向
	825	1496	2				
取付ボルト (i=2)	380	850	10	—	253	—	長辺方向
	980	1725	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=83$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=102$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

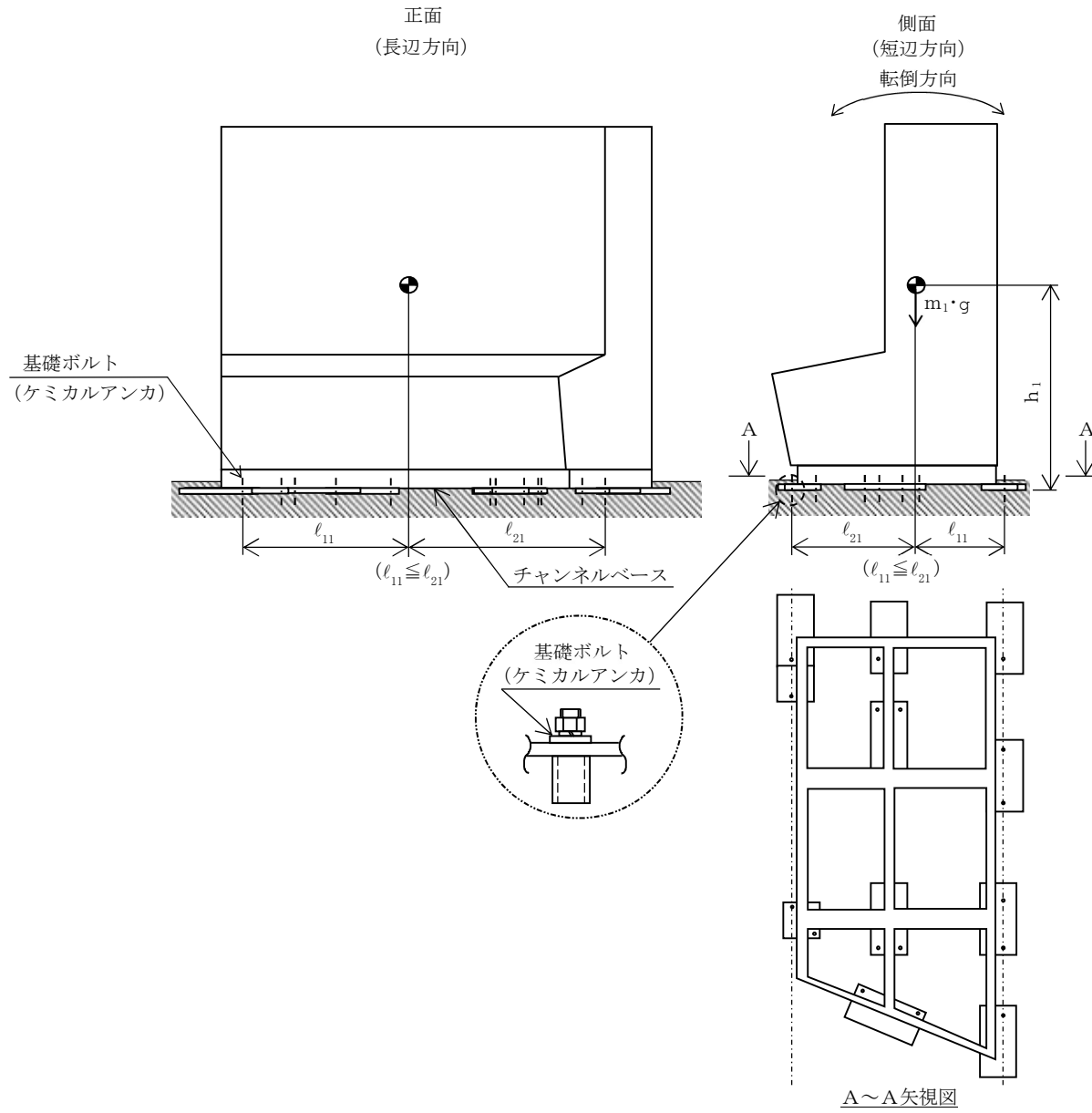
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

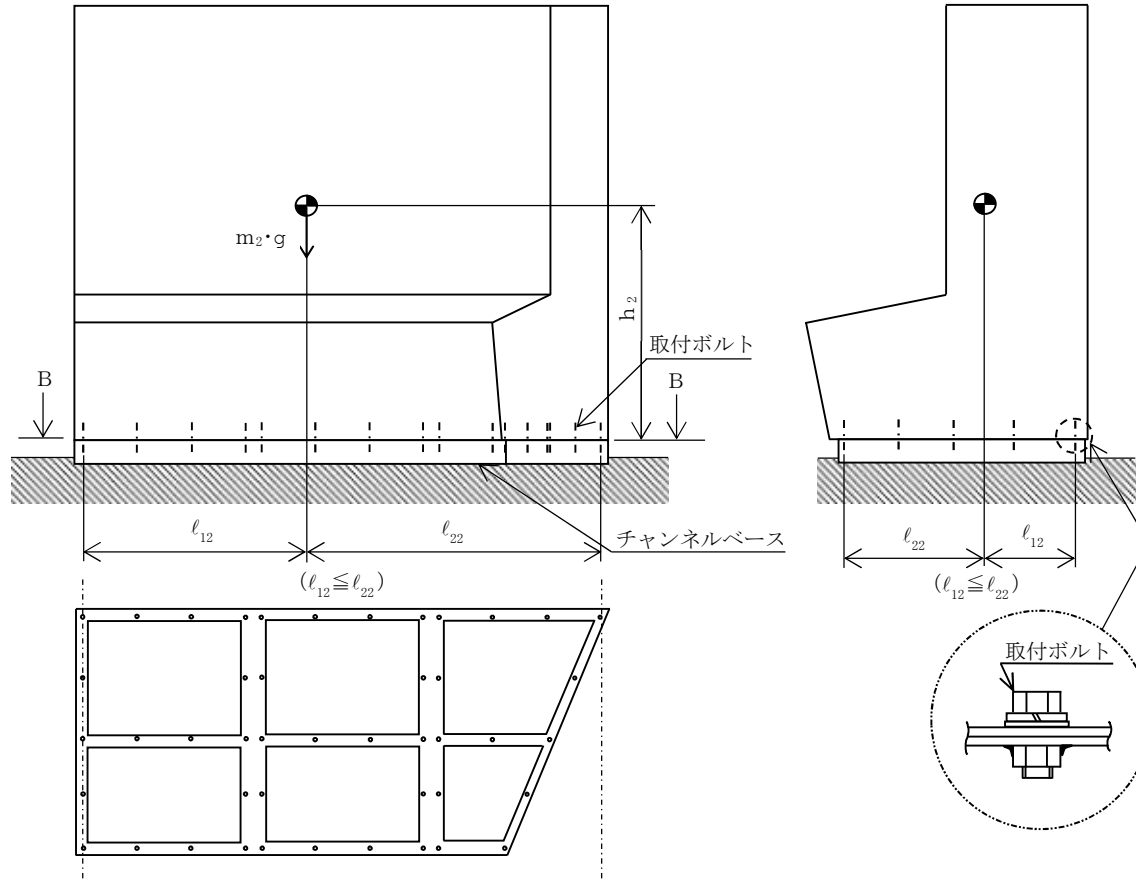
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機制御盤 (2-904-2)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



正面
(長辺方向)
転倒方向

側面
(短辺方向)



B~B 矢視図

VI-2-6-7-2-4 原子炉制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【原子炉制御盤】</p> <p>平面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>4268</p> <p>2300</p> <p>1480</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>後打金物</p> <p>溶接</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉制御盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉制御盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉制御盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

原子炉制御盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

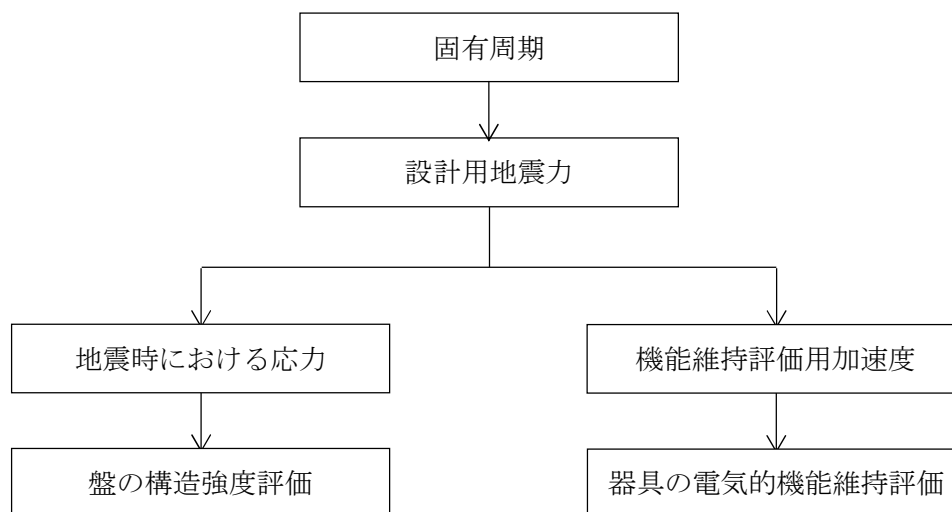


図2-1 原子炉制御盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

原子炉制御盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

原子炉制御盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

原子炉制御盤の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。原子炉制御盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

原子炉制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉制御盤 (2-905)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	□	□	$C_H=1.22^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=2.36^{*3}$	$C_V=1.06^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉制御盤 (2-905)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	□	□	—	—	$C_H=2.36^{*2}$	$C_V=1.06^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

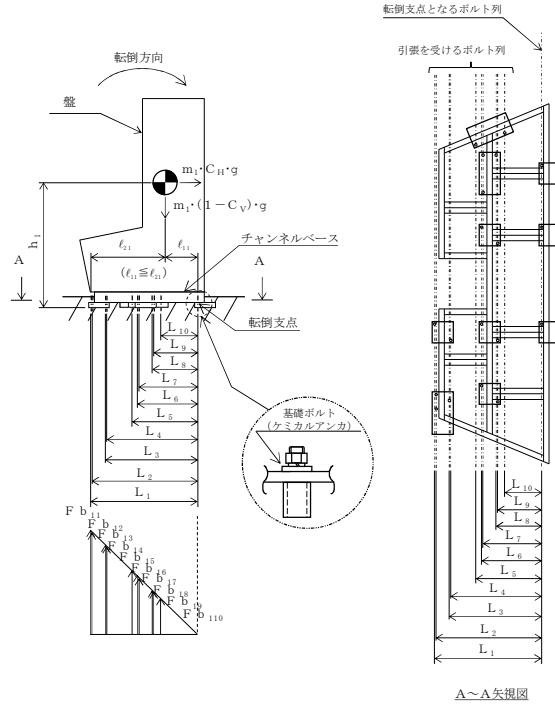


図5-1(1) 計算モデル

(ベンチ形 短辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

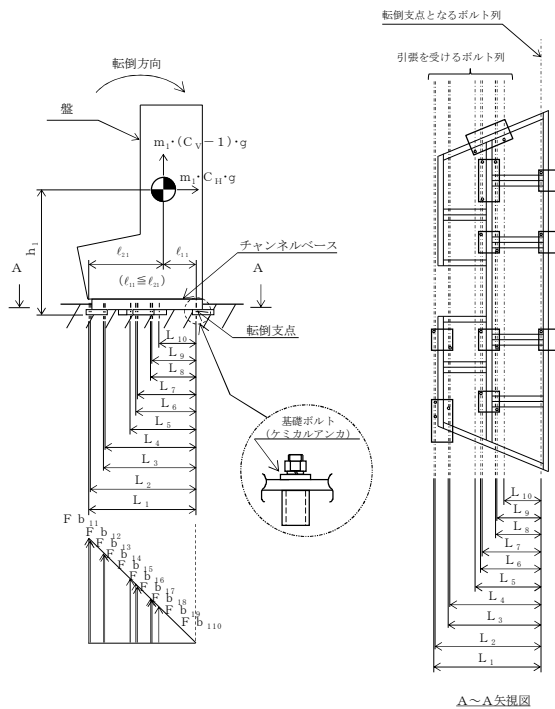


図5-1(2) 計算モデル

(ベンチ形 短辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

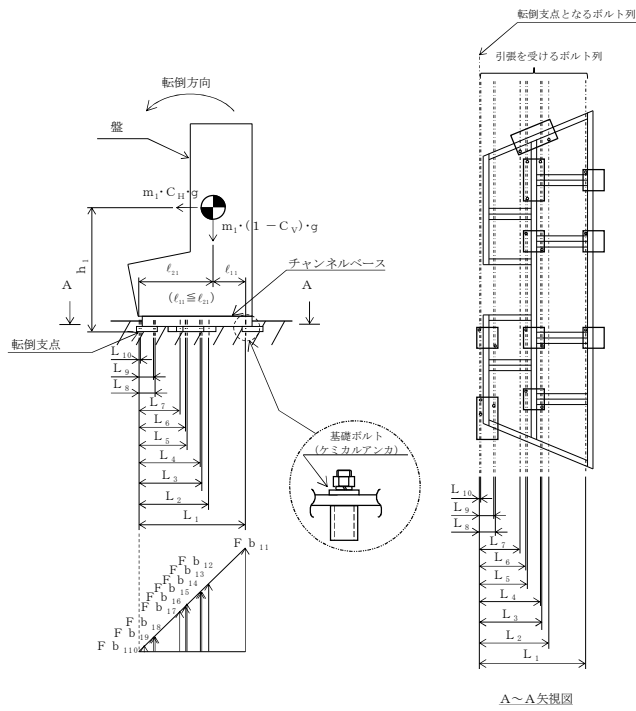


図5-1(3) 計算モデル
(ベンチ形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

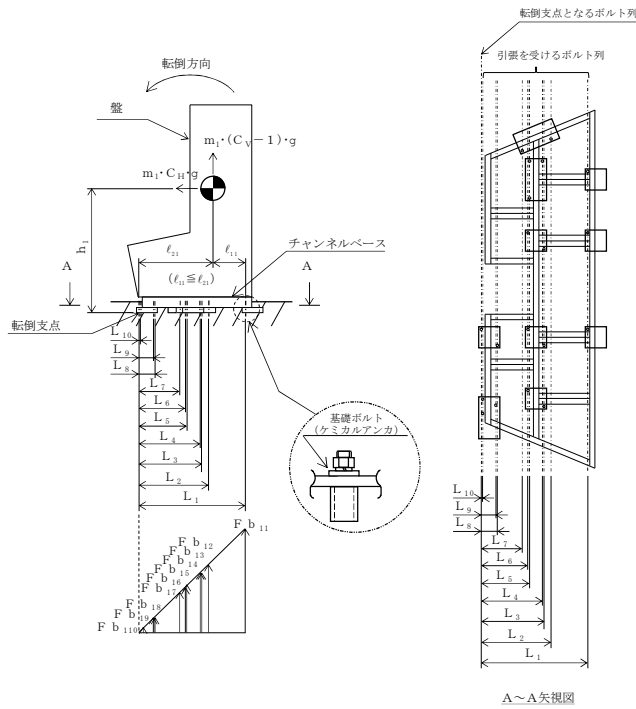


図5-1(4) 計算モデル
(ベンチ形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

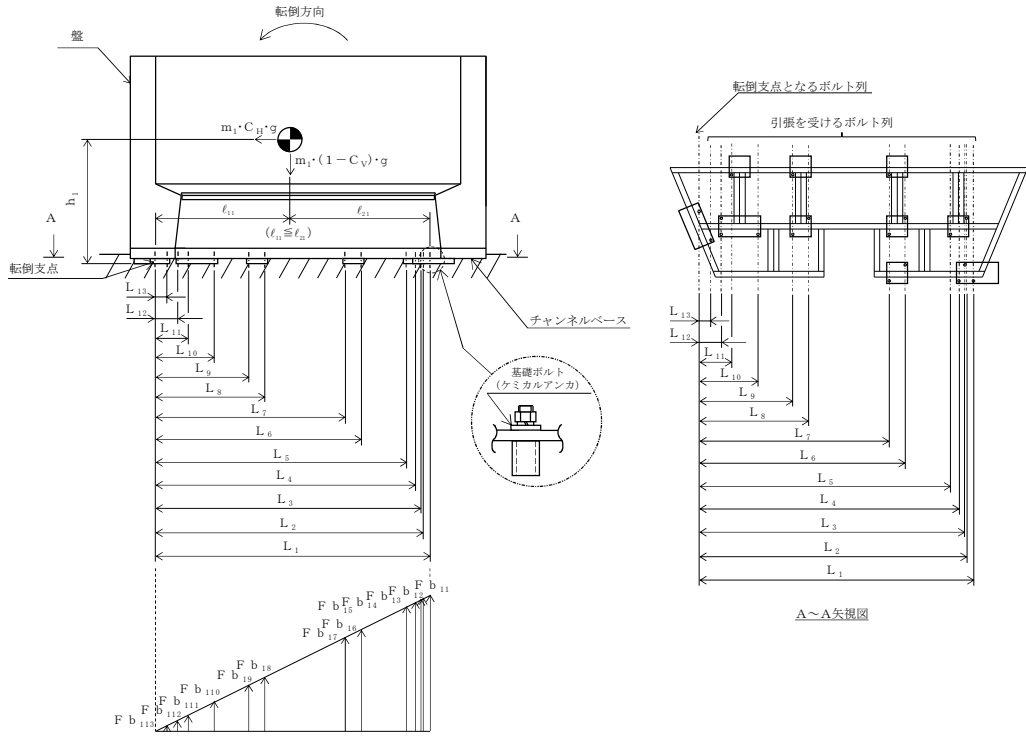


図5-1(5) 計算モデル
 (ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

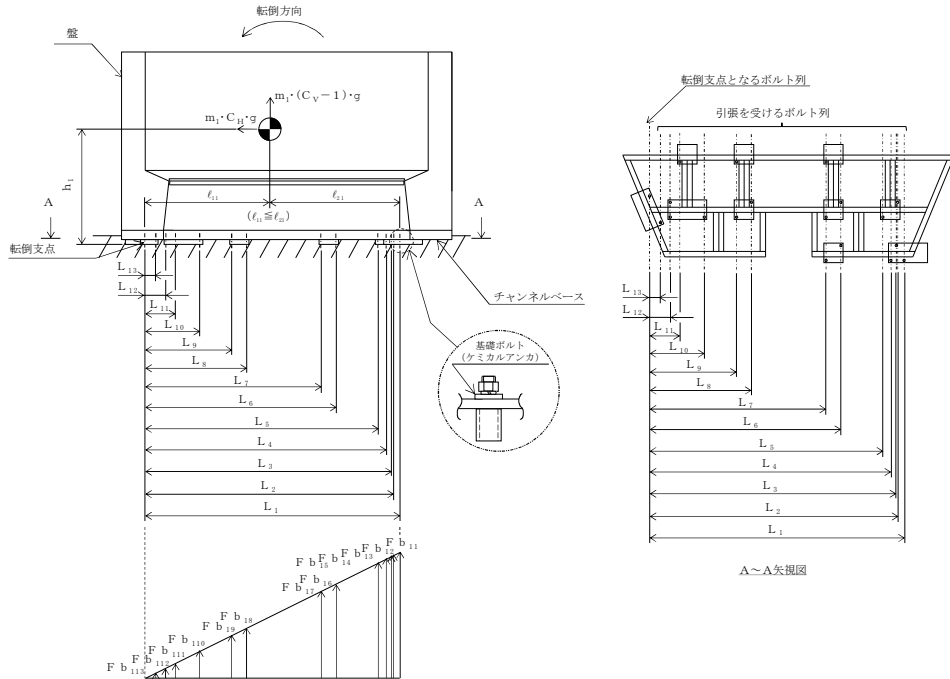


図5-1(6) 計算モデル
 (ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

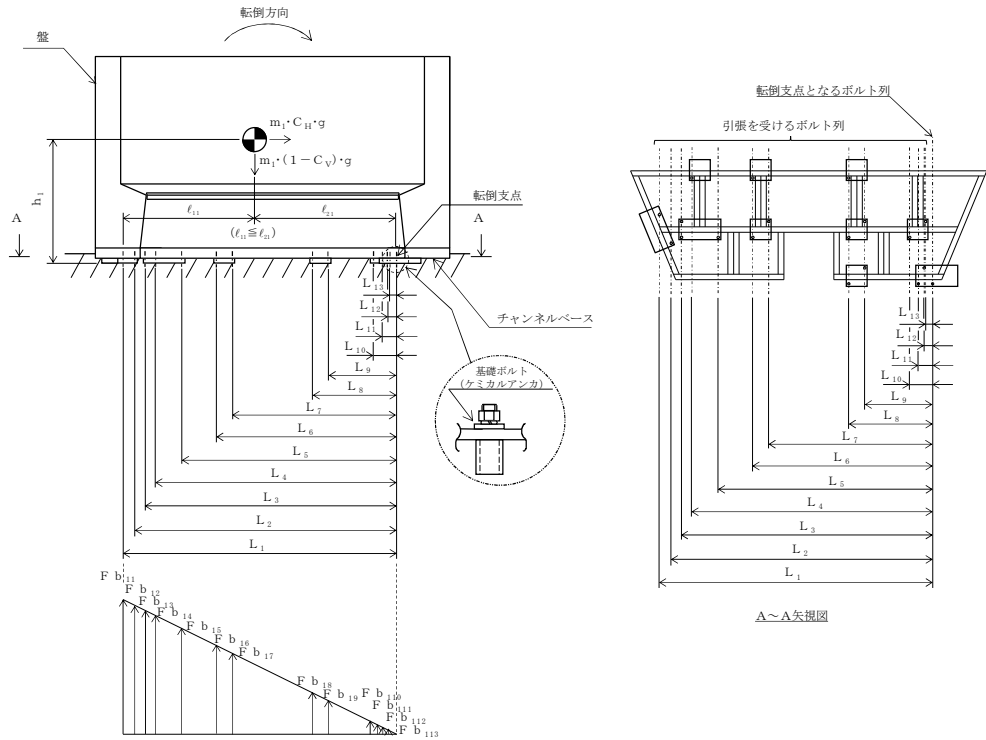


図5-1(7) 計算モデル
 (ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

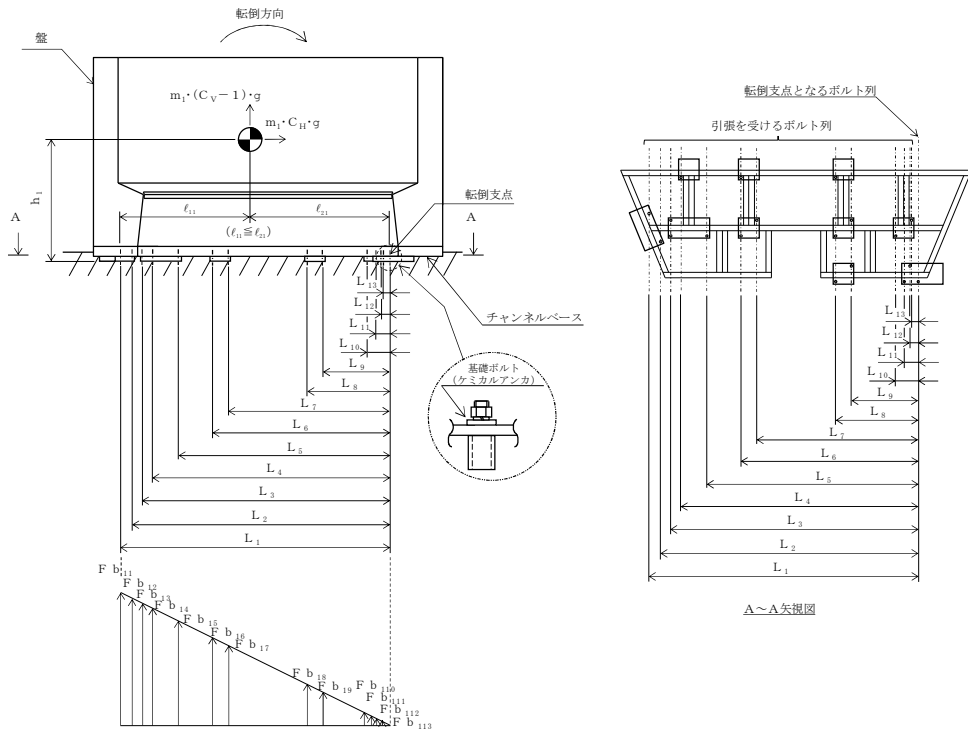


図5-1(8) 計算モデル
 (ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(5)、図5-1(6)、図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(5)、図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(7)、図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

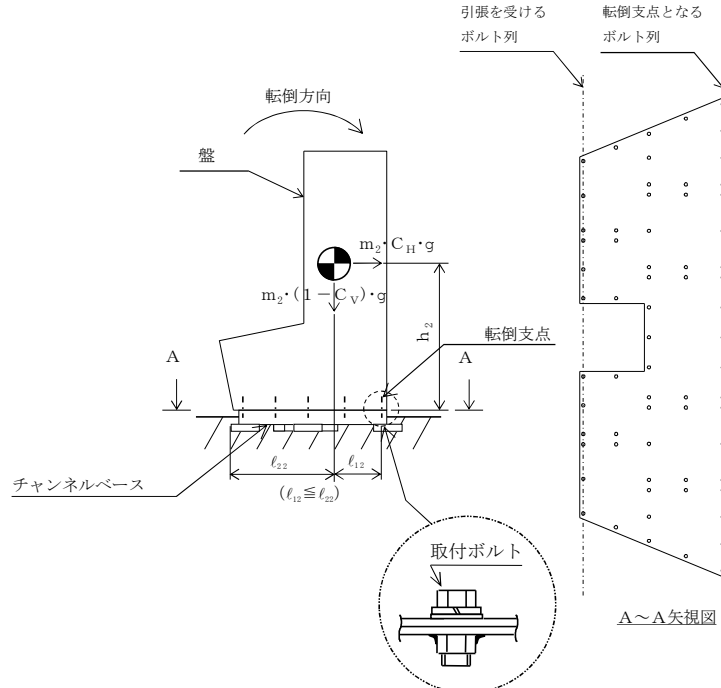


図5-2(1) 計算モデル
(ベンチ形 短辺方向転倒 l_{12} 側転倒支点の場合)

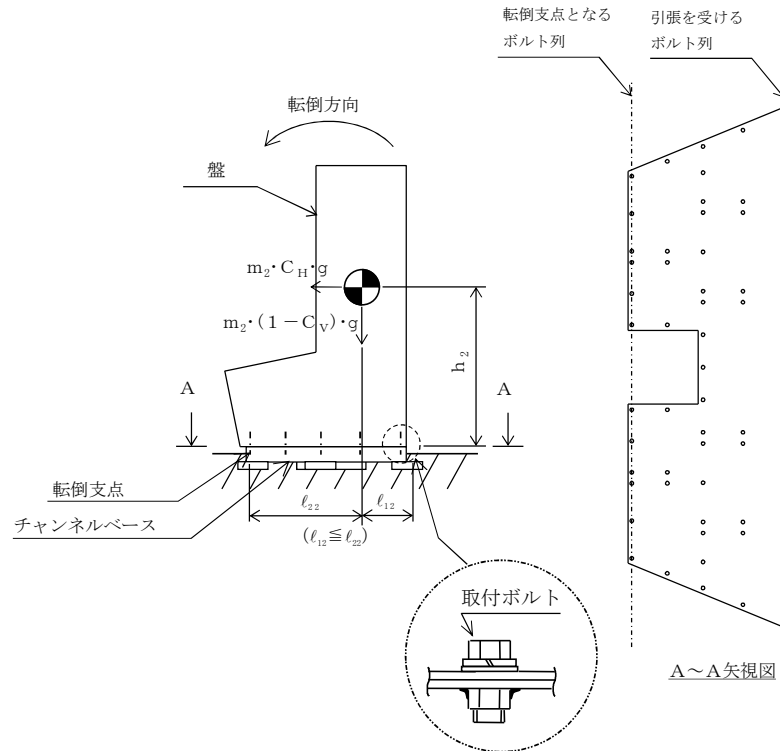


図5-2(2) 計算モデル
(ベンチ形 短辺方向転倒 l_{22} 側転倒支点の場合)

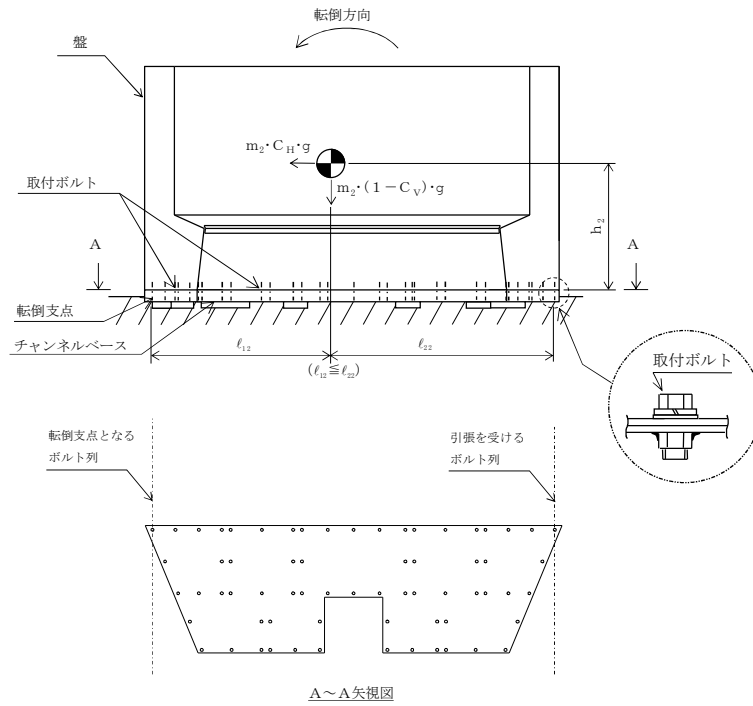


図5-2(3) 計算モデル
(ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

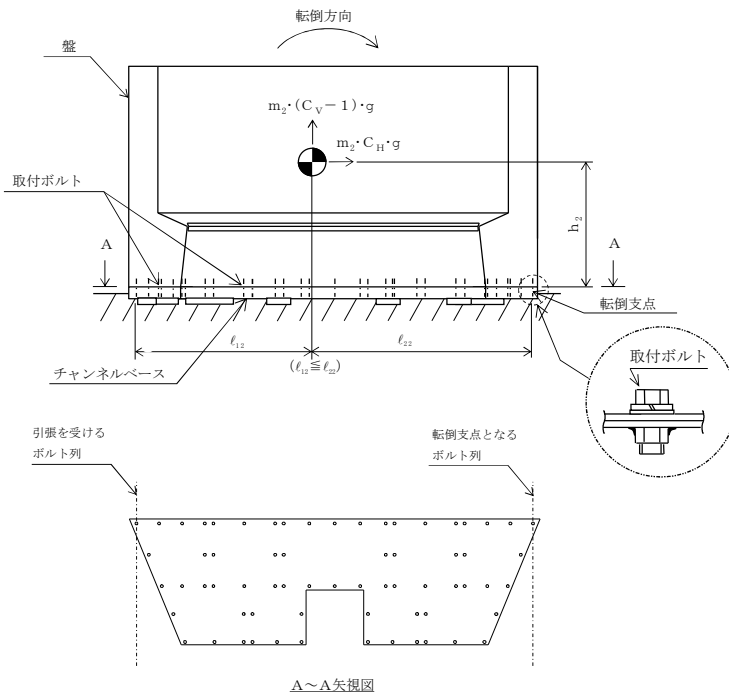


図5-2(4) 計算モデル
(ベンチ形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)、図5-2(2)、図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉制御盤（2-905）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉制御盤（2-905）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉制御盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

原子炉制御盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該機器と類似の器具単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉制御盤 (2-905)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉制御盤（2-905）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉制御盤 (2-905)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹			C _H =1.22* ²	C _V =0.54* ²	C _H =2.36* ³	C _V =1.06* ³	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	19	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	66	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

S2 補 VI-2-6-7-2-4 R0

部材	L _j (mm)	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	330	955	下表に示す	211	253	短辺方向 (ℓ ₁₁ 側転倒支点)	短辺方向 (ℓ ₂₁ 側転倒支点)
	下表に示す	1592	1704	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向, ℓ ₁₁ 側転倒支点)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
	1285	1265	1115	1095	759	705	685	535	515	436
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}	n _{f9}	n _{f10}
	1	2	1	1	1	3	2	1	3	1

基礎ボルト (短辺方向, ℓ ₂₁ 側転倒支点)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
	1285	849	770	750	600	580	526	190	170	20
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}	n _{f9}	n _{f10}
	3	1	3	1	2	3	1	1	1	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃
	3296	3162	2989	2884	2589	2154	1964	1004	814	274	170	100	84
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}	n _{f9}	n _{f10}	n _{f11}	n _{f12}	n _{f13}
	1	1	2	1	1	2	1	3	2	1	1	1	1

S2 補 VI-2-6-7-2-4 R0

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト ($i=2$)	380	850	12	211	253	長辺方向	長辺方向
	1840	2280	1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=82$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=133$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉制御盤 (2-905)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉制御盤 (2-905)	常設耐震/防止 常設/緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =2.36* ²	C _V =1.06* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1437	16 (M16)	201.1	19	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1300	16 (M16)	201.1	66	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	330	955	下表に示す	—	253	—	短辺方向
	下表に示す	1592	1704	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
	1285	849	770	750	600	580	526	190	170	20
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}	n _{f9}	n _{f10}
	3	1	3	1	2	3	1	1	1	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃
	3296	3162	2989	2884	2589	2154	1964	1004	814	274	170	100	84
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}	n _{f9}	n _{f10}	n _{f11}	n _{f12}	n _{f13}
	1	1	2	1	1	2	1	3	2	1	1	1	1

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	380	850	12	—	253	—	長辺方向
	1840	2280	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=82$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=133$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

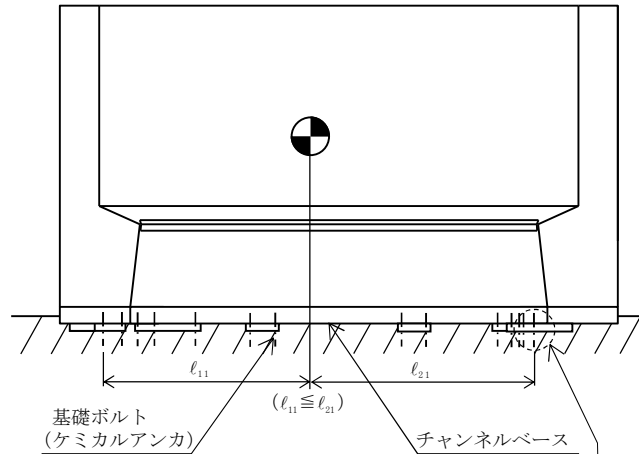
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

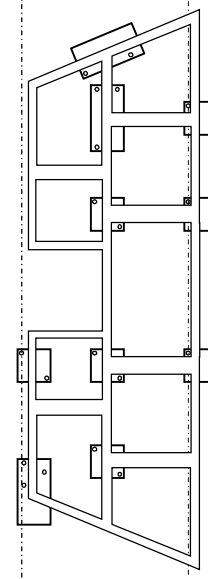
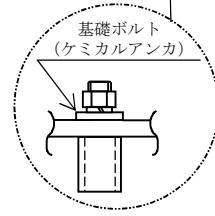
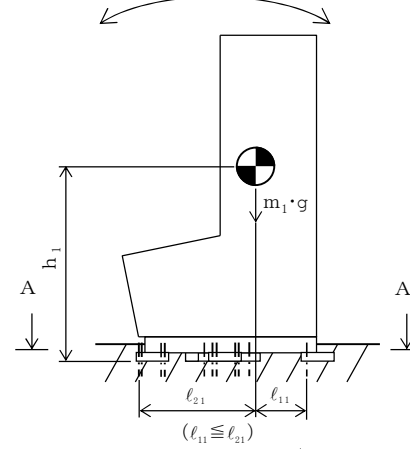
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉制御盤 (2-905)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

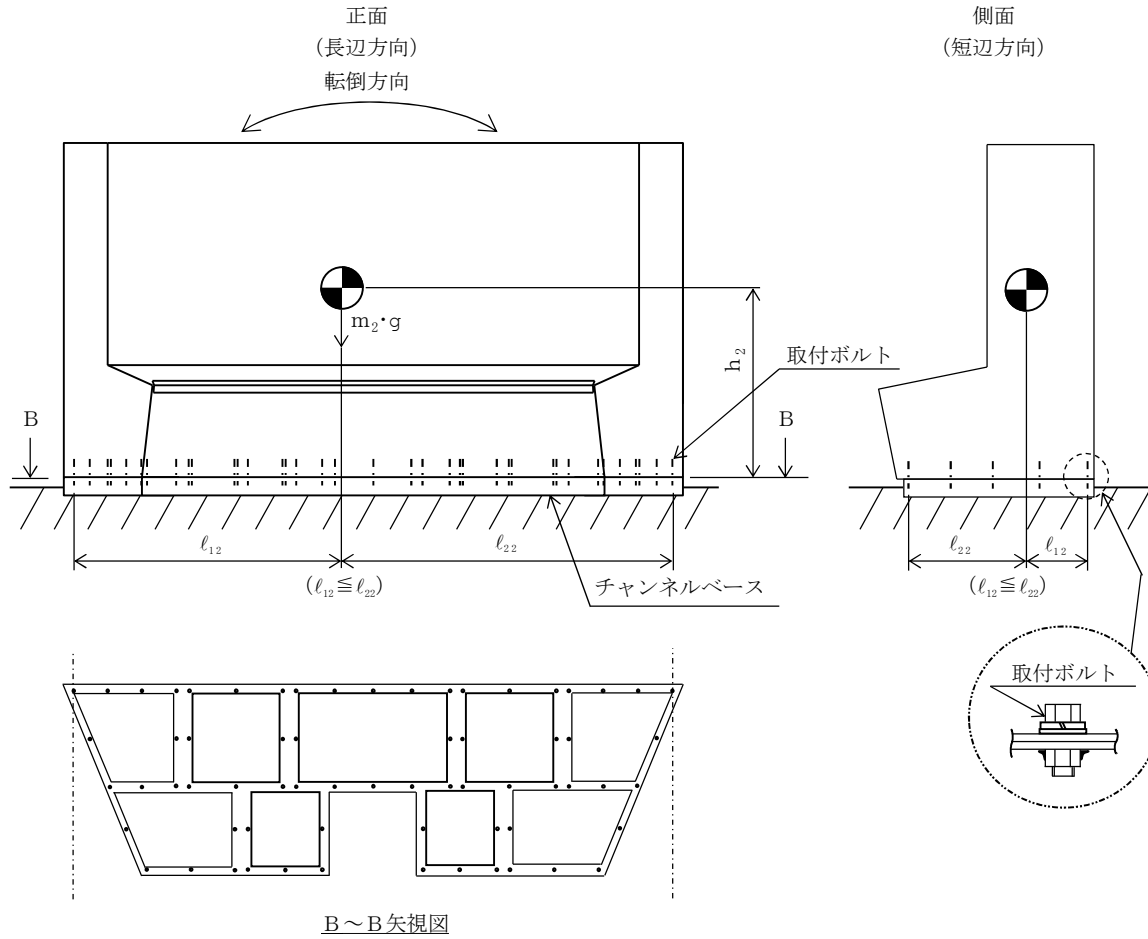
正面
(長辺方向)



側面
(短辺方向)
転倒方向



A~A矢视图



VI-2-6-7-2-5 所内電気盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、所内電気盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

所内電気盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、所内電気盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

所内電気盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>所内電気盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【所内電気盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

所内電気盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

所内電気盤 (2-908)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

所内電気盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

所内電気盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

所内電気盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

所内電気盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【所内電気盤 (2-908) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

所内電気盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

所内電気盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該機器と類似の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
所内電気盤 (2-908)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

所内電気盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

所内電気盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【所内電気盤（2-908）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
所内電気盤 (2-908)	S	制御室建物 EL 16.9*1			$C_H=1.71^{*2}$	$C_V=0.77^{*2}$	$C_H=3.41^{*3}$	$C_V=1.58^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	23	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	45	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	945	3	211	253	短辺方向	短辺方向
	1005	1070	4				
取付ボルト (i=2)	380	850	11	211	253	長辺方向	長辺方向
	930	1160	5				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=61$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=141$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
所内電気盤 (2-908)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
所内電気盤 (2-908)	常設/防止 (DB拡張)	制御室建物 EL 16.9*1			—	—	C _H =3.41*2	C _V =1.58*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	23	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	45	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	485	945	3	—	253	—	短辺方向
	1005	1070	4				
取付ボルト (i=2)	380	850	11	—	253	—	長辺方向
	930	1160	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=141$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

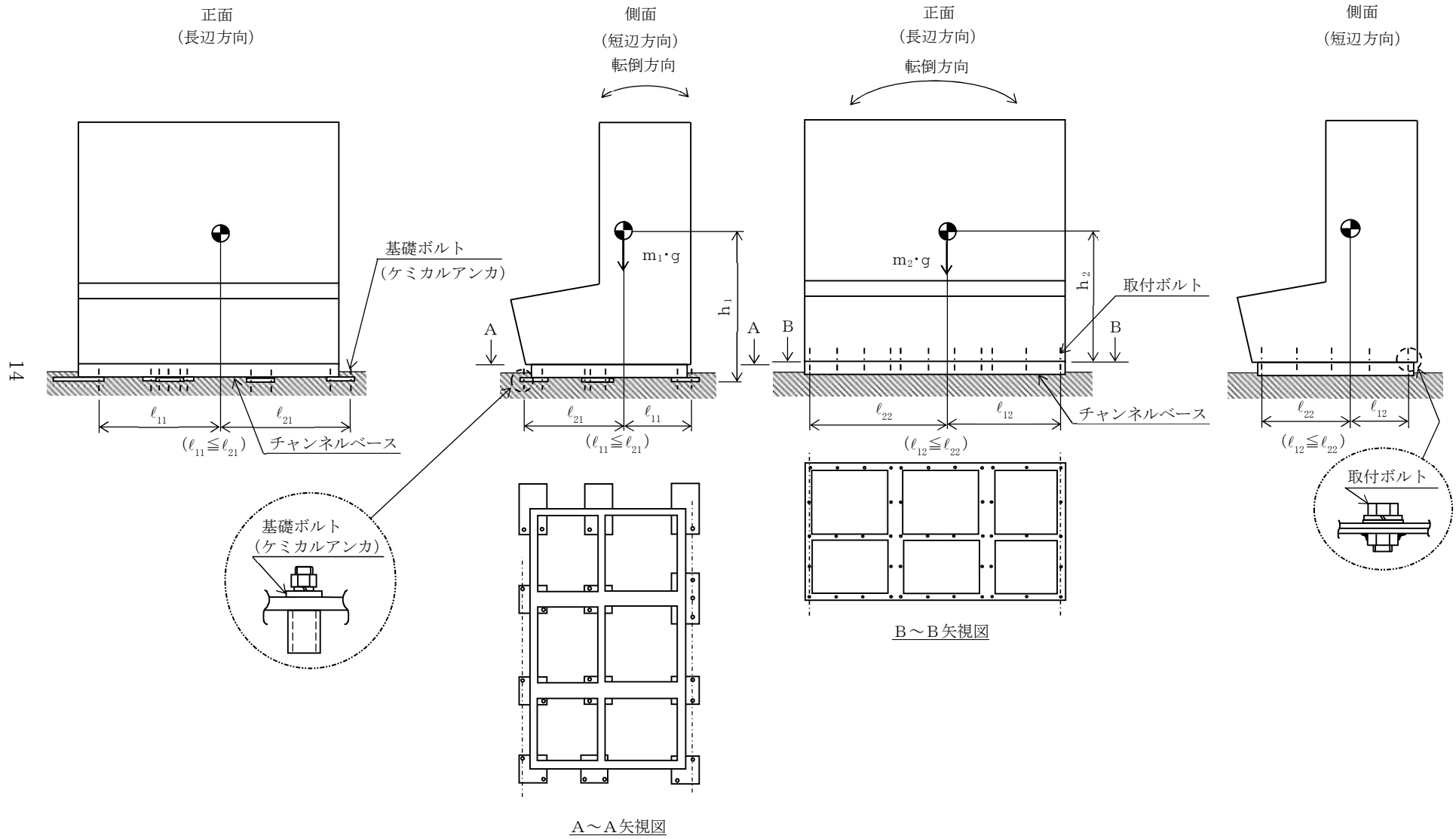
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
所内電気盤 (2-908)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である



VI-2-6-7-2-6 安全設備補助制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、安全設備補助制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

安全設備補助制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、安全設備補助制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

安全設備補助制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>安全設備補助制御盤は、 取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【安全設備補助制御盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

安全設備補助制御盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

安全設備補助制御盤 (2-909)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

安全設備補助制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

安全設備補助制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

安全設備補助制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

安全設備補助制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【安全設備補助制御盤 (2-909) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

安全設備補助制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

安全設備補助制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
安全設備補助制御盤 (2-909)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

安全設備補助制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

安全設備補助制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【安全設備補助制御盤 (2-909) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
安全設備補助制御盤 (2-909)	S	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.71^{*2}$	$C_V=0.77^{*2}$	$C_H=3.41^{*3}$	$C_V=1.58^{*3}$	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	24	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	52	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	520	975	4	211	253	短辺方向	短辺方向
	1220	1490	3				
取付ボルト (i=2)	380	850	12	211	253	長辺方向	長辺方向
	1080	1350	5				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=43$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=100$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
安全設備補助制御盤 (2-909)	水平方向	2.84	□
	鉛直方向	1.32	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備



2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
安全設備補助制御盤 (2-909)	常設/緩和	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.41*2	C _V =1.58*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	24	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	52	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	520	975	4	—	253	—	短辺方向
	1220	1490	3				
取付ボルト (i=2)	380	850	12	—	253	—	長辺方向
	1080	1350	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=100$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

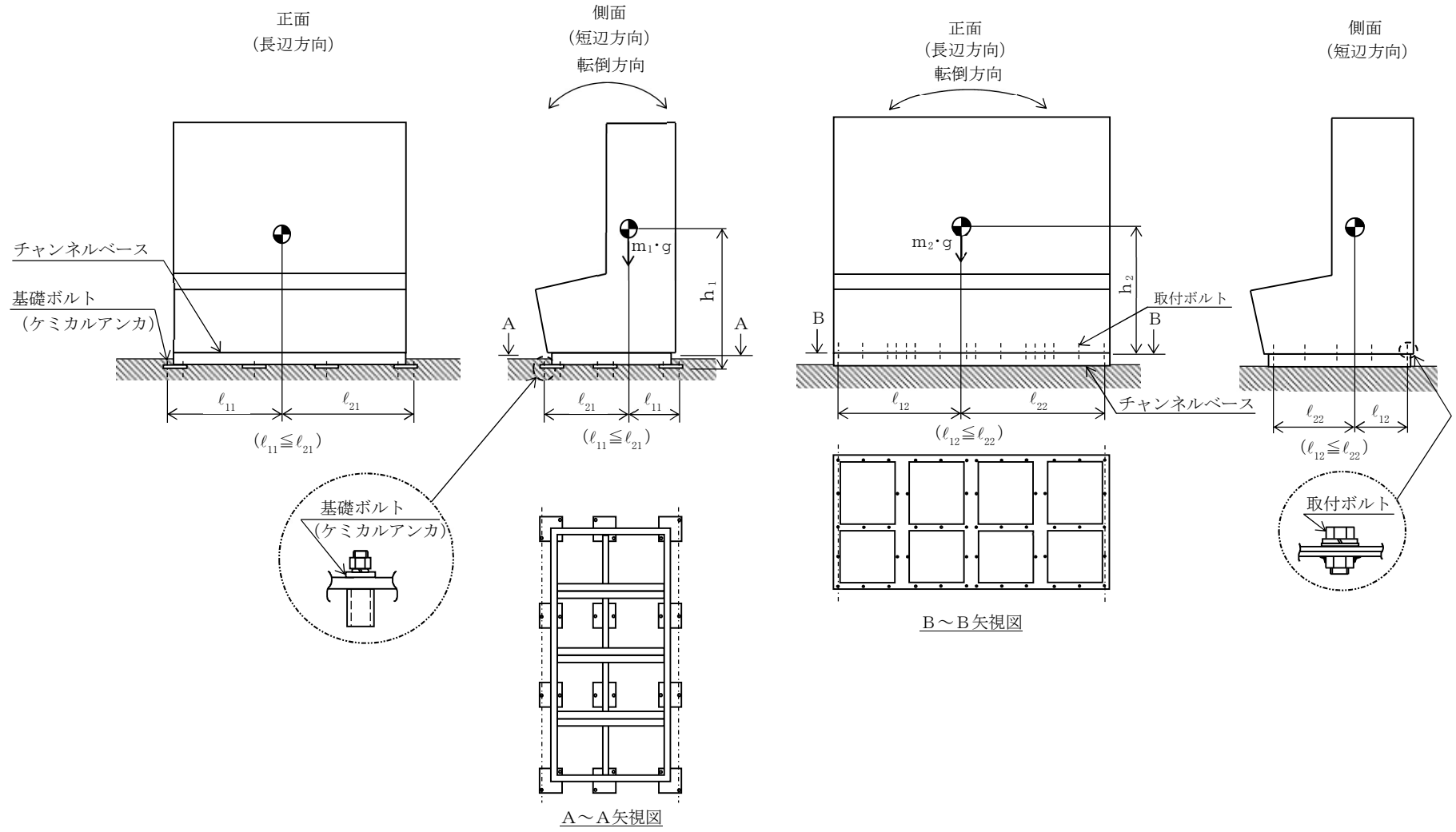
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
安全設備補助制御盤 (2-909)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-7 起動領域モニタ盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、起動領域モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

起動領域モニタ盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

起動領域モニタ盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>起動領域モニタ盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【起動領域モニタ盤】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>A-起動領域モニタ盤 (2-910A)</th> <th>B-起動領域モニタ盤 (2-910B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>900</td> <td>900</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1240</td> <td>1240</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	たて	900	900	横	1240	1240	高さ	2300	2300
機器名称	A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	B-起動領域モニタ盤 (2-910B)												
たて	900	900												
横	1240	1240												
高さ	2300	2300												

2.2 評価方針

起動領域モニタ盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す起動領域モニタ盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、起動領域モニタ盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

起動領域モニタ盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

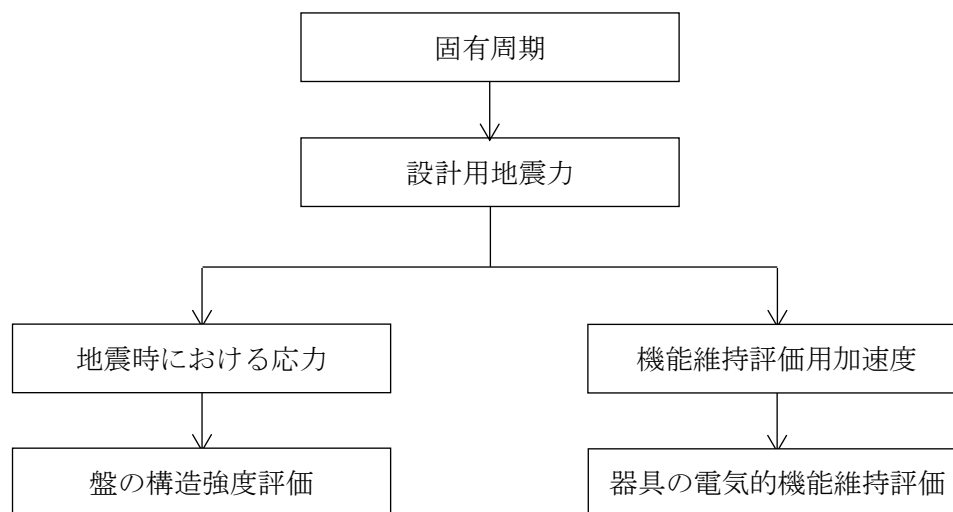


図 2-1 起動領域モニタ盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

起動領域モニタ盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

起動領域モニタ盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

A-起動領域モニタ盤の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。B-起動領域モニタ盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法


プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。起動領域モニタ盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期

(単位：s)

A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	水平	
	鉛直	
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルト及び基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

起動領域モニタ盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

起動領域モニタ盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

起動領域モニタ盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	起動領域モニタ盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	起動領域モニタ盤	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
A-起動領域 モニタ盤 (2-910A)	制御室建物 EL 16.9*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$C_H=1.22^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=2.36^{*3}$	$C_V=1.06^{*3}$
B-起動領域 モニタ盤 (2-910B)	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.22^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=2.36^{*3}$	$C_V=1.06^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
A-起動領域 モニタ盤 (2-910A)	制御室建物 EL 16.9*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	$C_H=2.36^{*2}$	$C_V=1.06^{*2}$
B-起動領域 モニタ盤 (2-910B)	制御室建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=2.36^{*2}$	$C_V=1.06^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

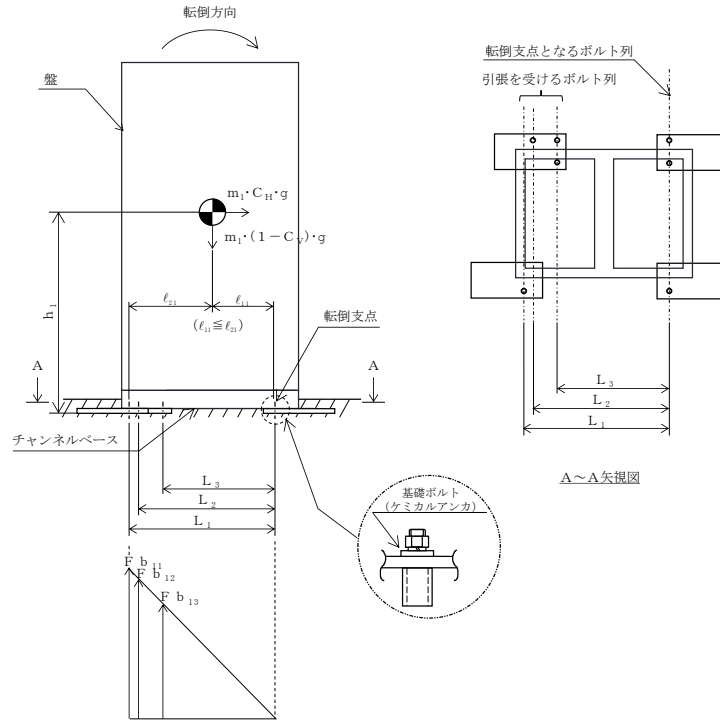


図5-1(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

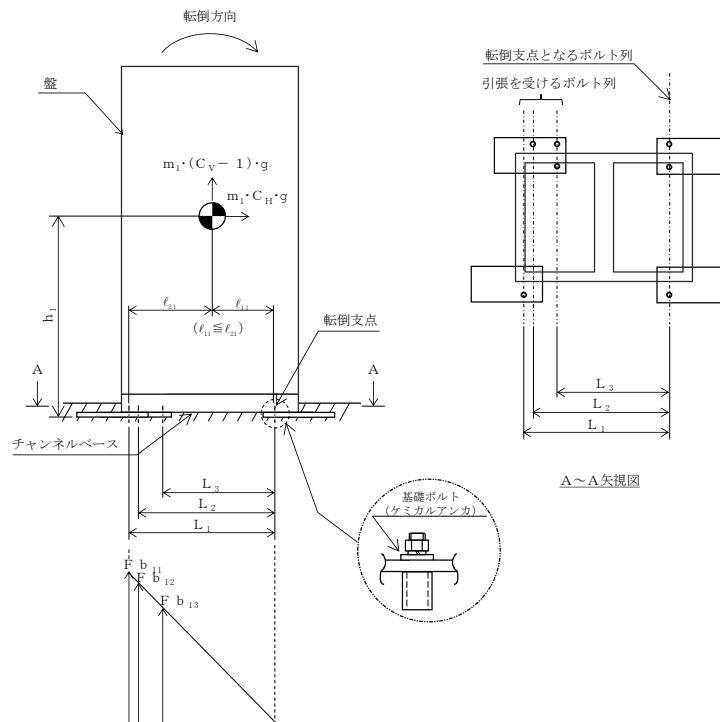


図5-1(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

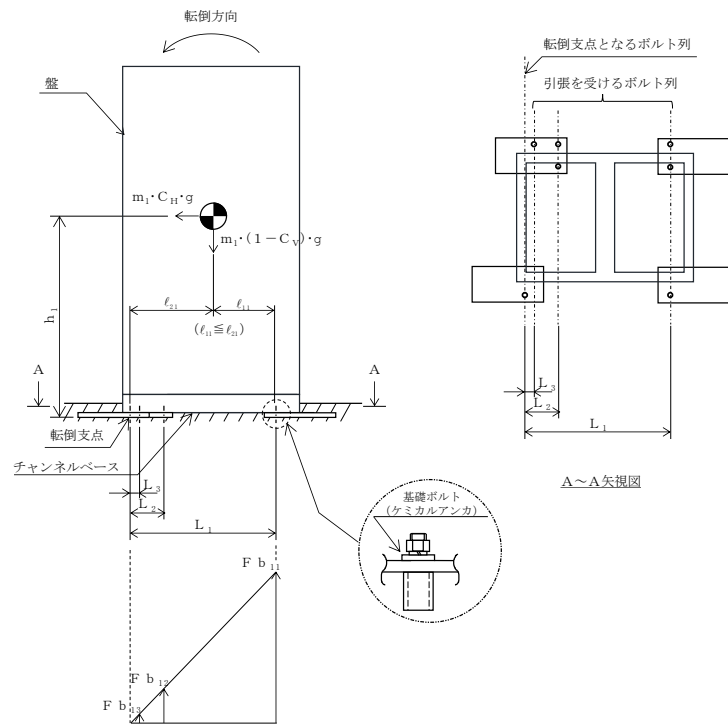


図5-1(3) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

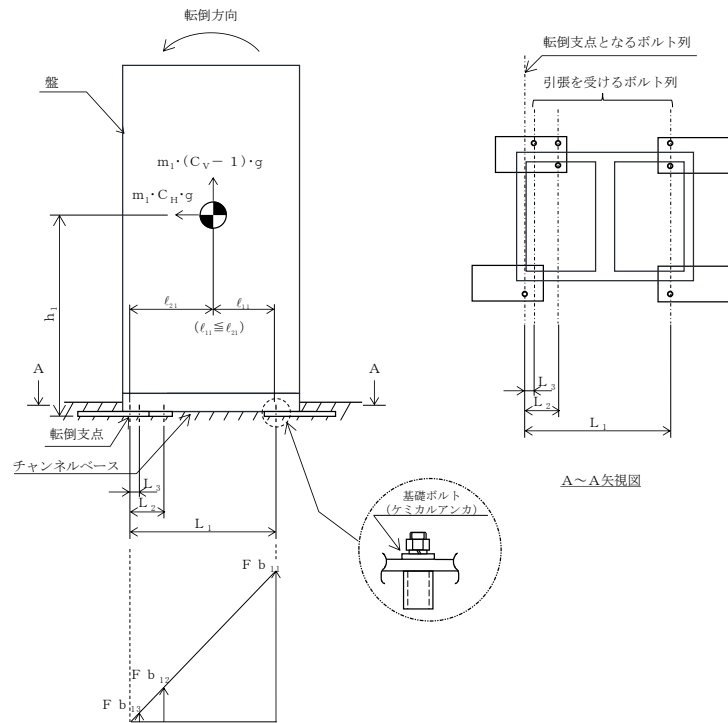


図5-1(4) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

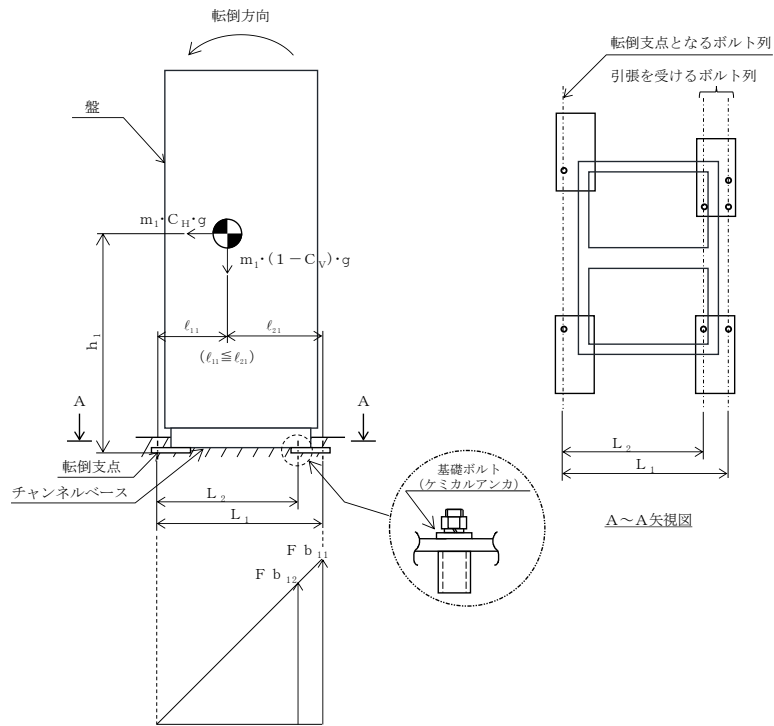


図5-1(5) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

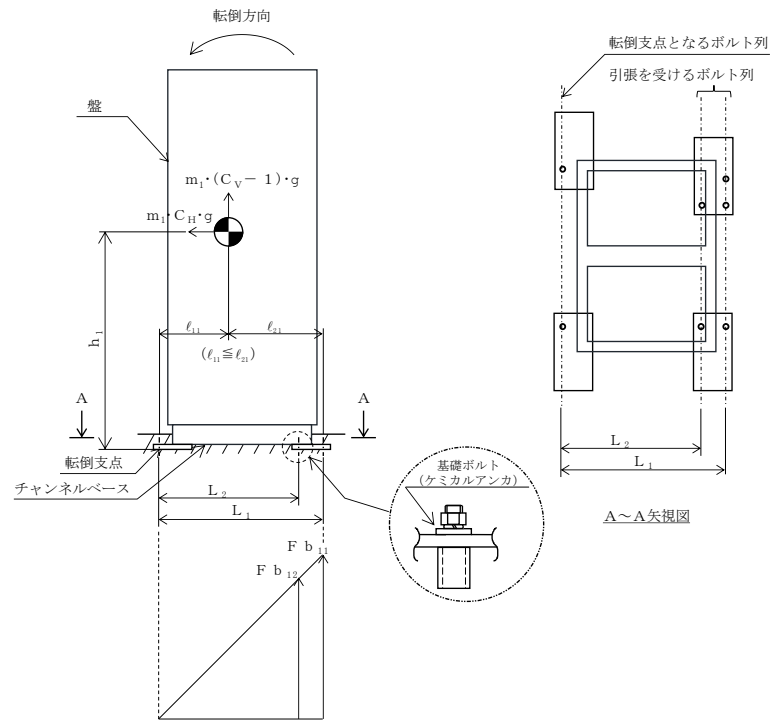


図5-1(6) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

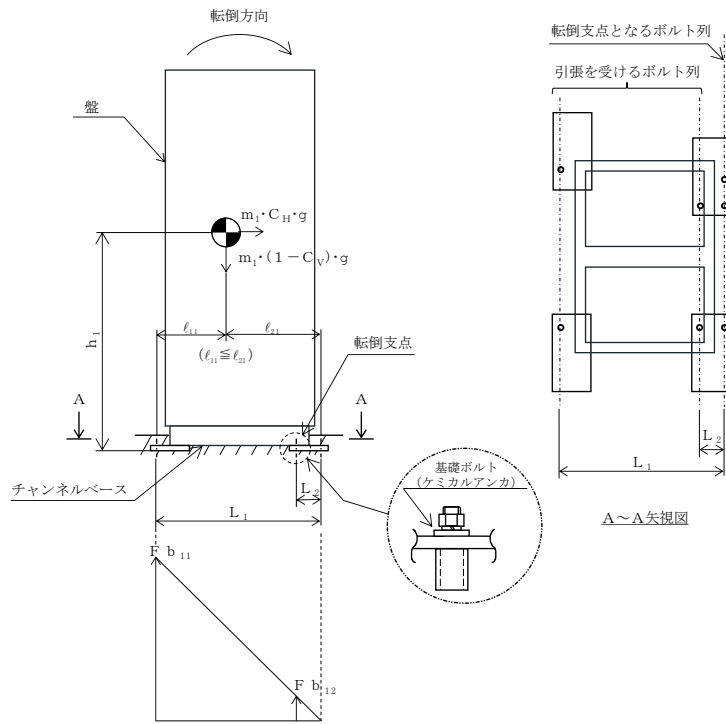


図5-1(7) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

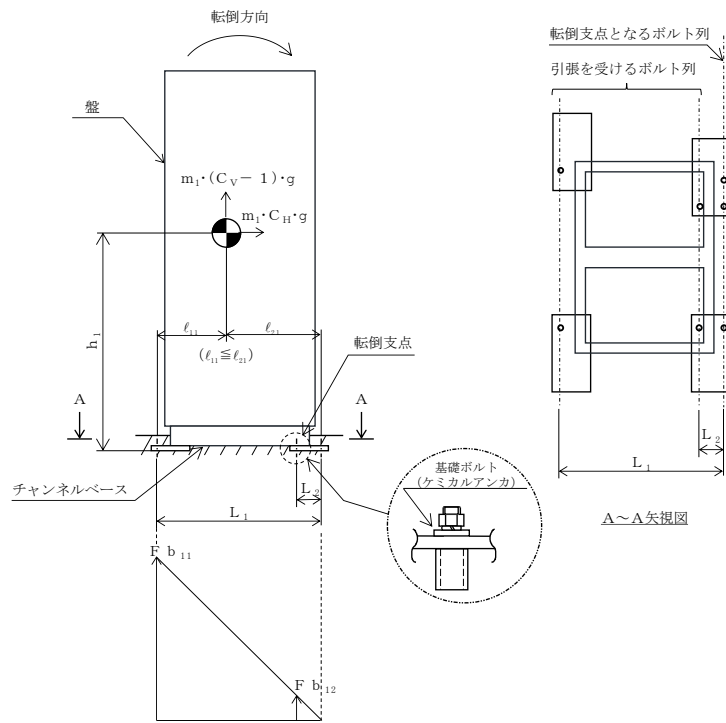


図5-1(8) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(5)，図5-1(6)，図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(5)，図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(7)，図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

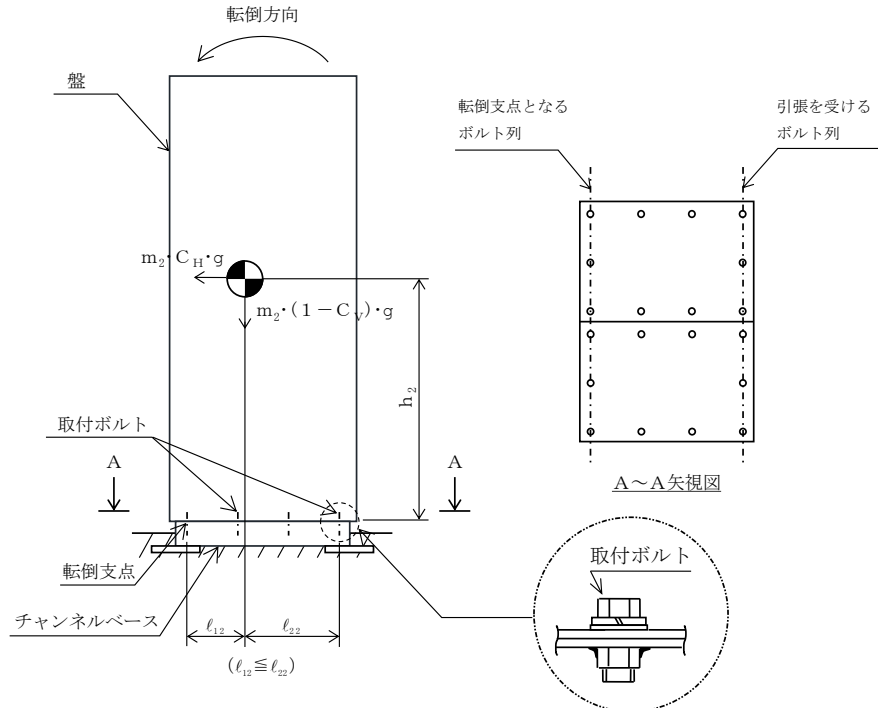


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

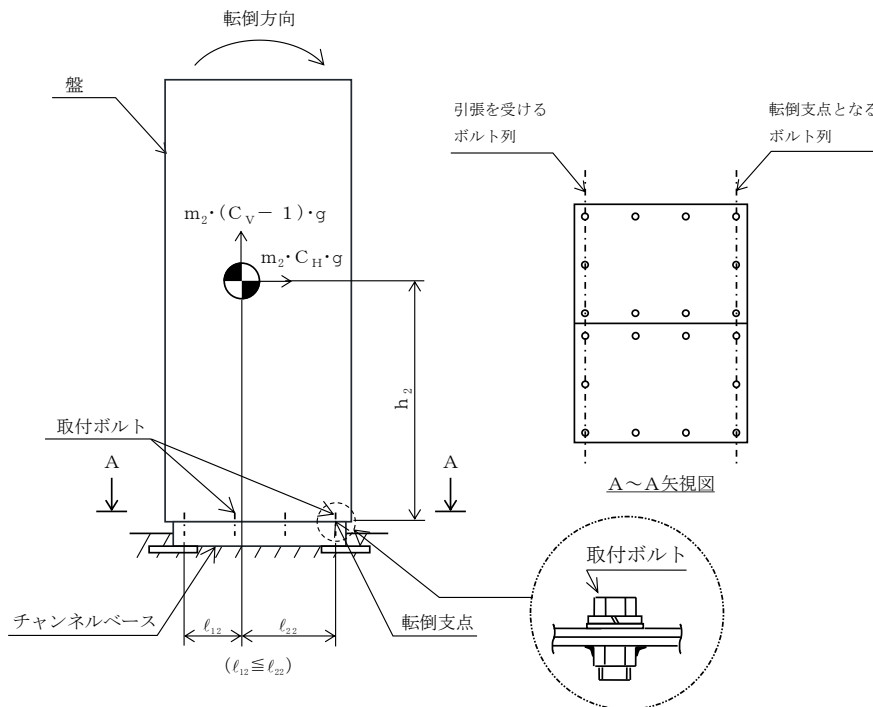


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

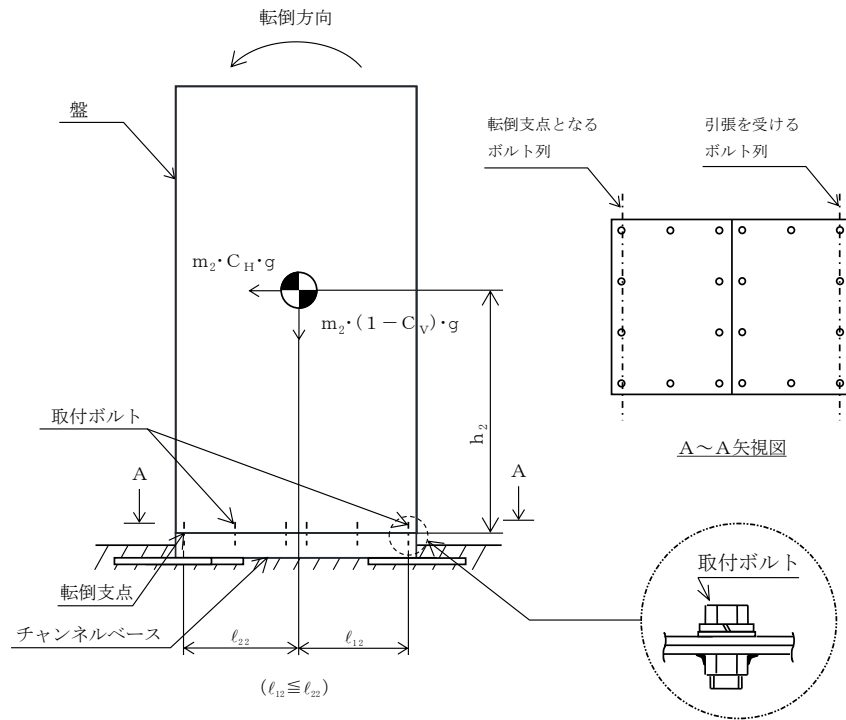


図5-2(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)

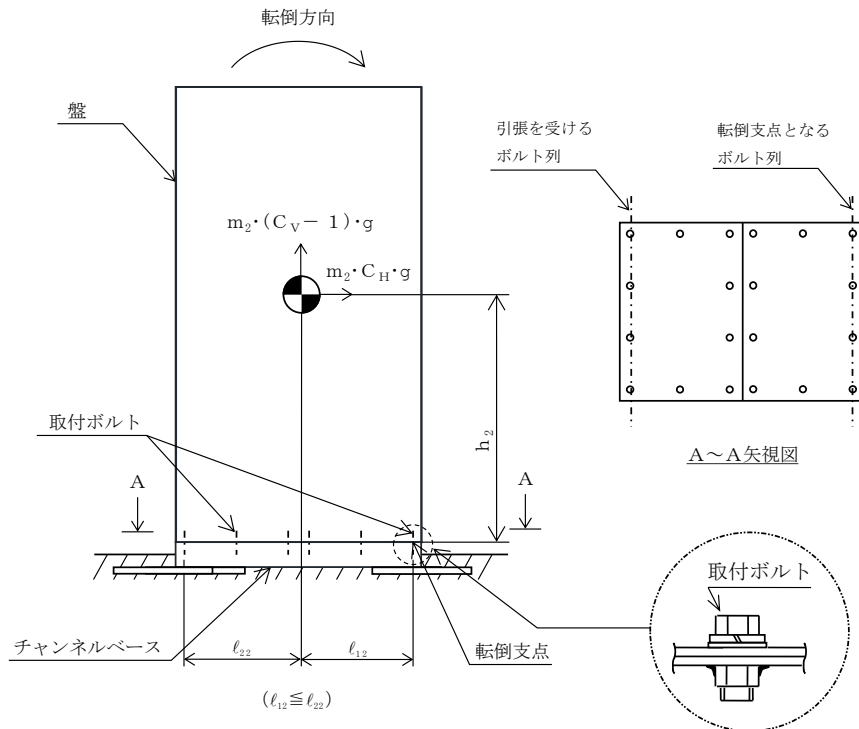


図5-2(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)、図5-2(2)、図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-起動領域モニタ盤（2-910A）の耐震性についての計算結果】、【B-起動領域モニタ盤（2-910B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-起動領域モニタ盤（2-910A）の耐震性についての計算結果】、【B-起動領域モニタ盤（2-910B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

起動領域モニタ盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

起動領域モニタ盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該器具と類似の器具単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

起動領域モニタ盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

起動領域モニタ盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-起動領域モニタ盤（2-910A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	S	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	□	□	C _H =1.22 ^{*2}	C _V =0.54 ^{*2}	C _H =2.36 ^{*3}	C _V =1.06 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1412	16 (M16)	201.1	7	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1275	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	370	590	下表に示す	211	253	長辺方向	長辺方向
	下表に示す	450	535	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	960	200	50
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	3	2	1

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂
	985	150
	n _{f1}	n _{f2}
	2	2

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	455	6	211	253	短辺方向	長辺方向
	535	635	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=48$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=108$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=22$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	常設耐震/防止	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =2.36* ²	C _V =1.06* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1412	16 (M16)	201.1	7	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1275	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	370	590	下表に示す	—	253	—	長辺方向
	下表に示す	450	535	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	960	200	50
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	3	2	1

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂
	985	150
	n _{f1}	n _{f2}
	2	2

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	455	6	—	253	—	長辺方向
	535	635	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=108$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=22$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

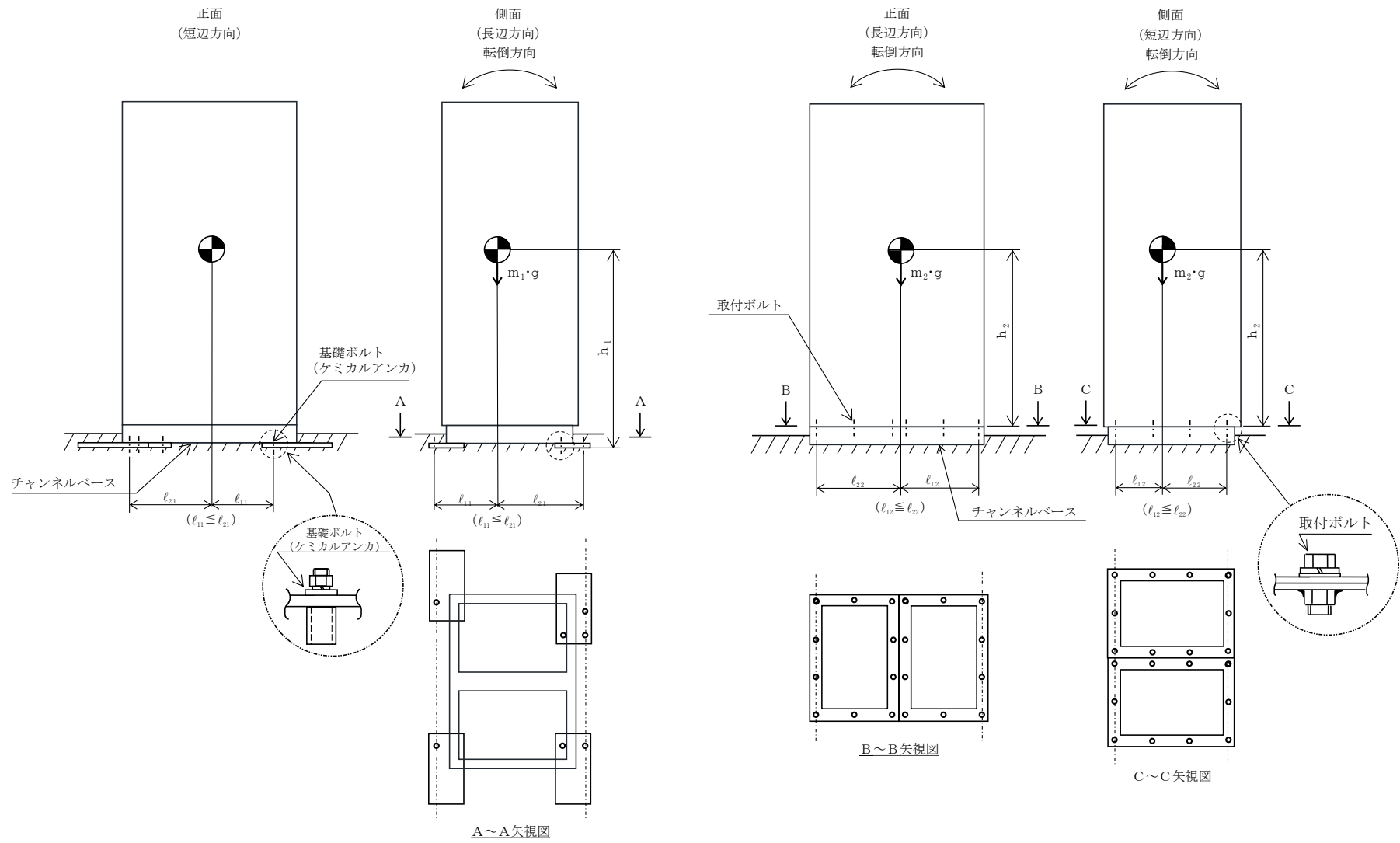
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-起動領域モニタ盤 (2-910A)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【B-起動領域モニタ盤（2-910B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	S	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.22 ^{*2}	C _V =0.54 ^{*2}	C _H =2.36 ^{*3}	C _V =1.06 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1412	16 (M16)	201.1	7	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1275	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	450	535	下表に示す	211	253	長辺方向	短辺方向
	下表に示す	370	640	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂
	985	150
	n _{f1}	n _{f2}
	3	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	1010	840	810
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	1	2	1

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	455	6	211	253	短辺方向	長辺方向
	535	635	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=33$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=73$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=22$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備



2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	常設耐震/防止	制御室建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.36* ²	C _V =1.06* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1412	16 (M16)	201.1	7	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1275	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	450	535	下表に示す	—	253	—	短辺方向
	下表に示す	370	640	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂
	985	150
	n _{f1}	n _{f2}
	3	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	1010	840	810
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	1	2	1

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	455	6	—	253	—	長辺方向
	535	635	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=73$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=22$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

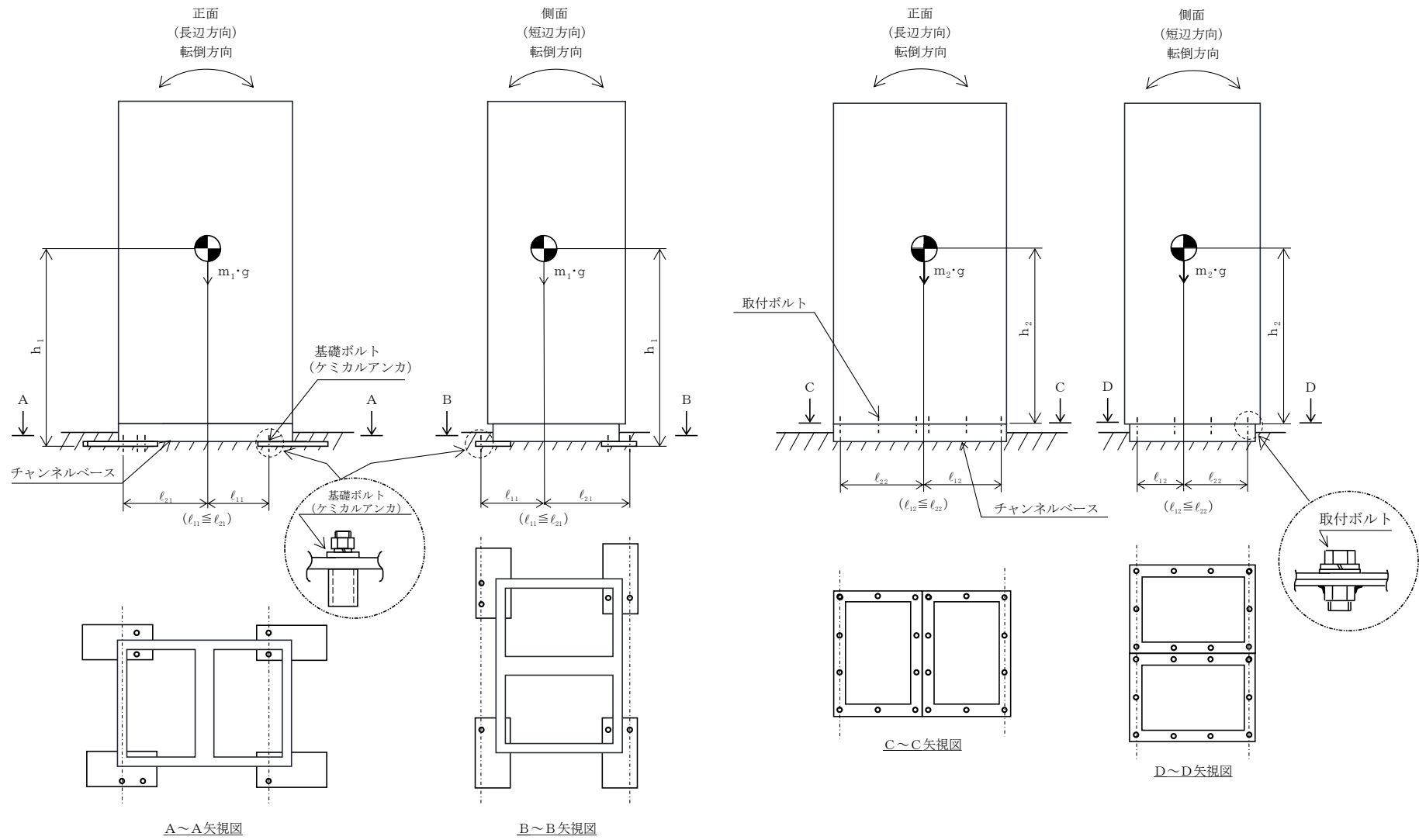
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-起動領域モニタ盤 (2-910B)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-8 出力領域モニタ盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、出力領域モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

出力領域モニタ盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、出力領域モニタ盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

出力領域モニタ盤の構造計画を表2-1示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>出力領域モニタ盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【出力領域モニタ盤】</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

出力領域モニタ盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

出力領域モニタ盤 (2-911)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

出力領域モニタ盤の構造強度評価は，VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

出力領域モニタ盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

出力領域モニタ盤の許容応力は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域モニタ盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【出力領域モニタ盤（2-911）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	出力領域モニタ盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

出力領域モニタ盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

出力領域モニタ盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該器具と類似の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
出力領域モニタ盤 (2-911)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域モニタ盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域モニタ盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【出力領域モニタ盤 (2-911) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
出力領域モニタ盤 (2-911)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹			C _H =1.22* ²	C _V =0.54* ²	C _H =2.36* ³	C _V =1.06* ³	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 I (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1407	16 (M16)	201.1	22	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1270	16 (M16)	201.1	60	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	250	565	10	211	253	短辺方向	短辺方向
	1640	1960	3				
取付ボルト (i=2)	340	440	20	231	276	短辺方向	長辺方向
	1805	2125	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=50$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=105$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=28$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
出力領域モニタ盤 (2-911)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
出力領域モニタ盤 (2-911)	常設耐震/防止	制御室建物 EL 16.9*1	□	□	—	—	C _H =2.36*2	C _V =1.06*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1407	16 (M16)	201.1	22	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1270	16 (M16)	201.1	60	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	250	565	10	—	253	—	短辺方向
	1640	1960	3				
取付ボルト (i=2)	340	440	20	—	276	—	長辺方向
	1805	2125	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=105$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=28$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=48$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

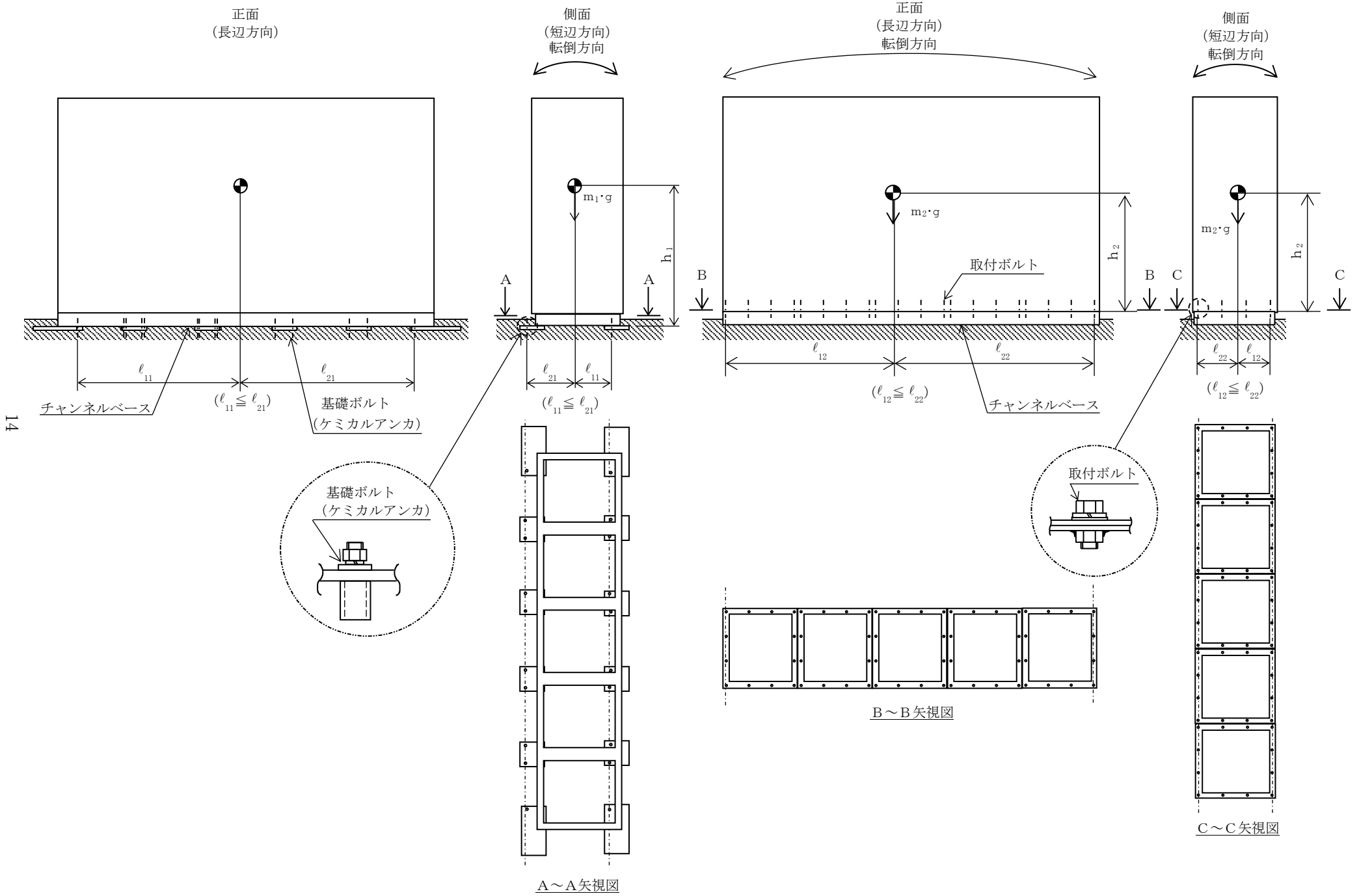
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
出力領域モニタ盤 (2-911)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-9 プロセス放射線モニタ盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、プロセス放射線モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

プロセス放射線モニタ盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、プロセス放射線モニタ盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

プロセス放射線モニタ盤の構造計画を表 2-1 示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>プロセス放射線モニタ盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【プロセス放射線モニタ盤】</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

プロセス放射線モニタ盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

プロセス放射線モニタ盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

プロセス放射線モニタ盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

プロセス放射線モニタ盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

プロセス放射線モニタ盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【プロセス放射線モニタ盤 (2-914) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	プロセス放射線モニタ盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	プロセス放射線モニタ盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

プロセス放射線モニタ盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

プロセス放射線モニタ盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験、当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験又はサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

プロセス放射線モニタ盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

プロセス放射線モニタ盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【プロセス放射線モニタ盤 (2-914) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹			C _H =1.71* ²	C _V =0.77* ²	C _H =3.41* ³	C _V =1.58* ³	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1387	16 (M16)	201.1	29	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1250	16 (M16)	201.1	60	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	430	540	9	211	253	短辺方向	短辺方向
	1605	1995	3				
取付ボルト (i=2)	320	460	20	211	253	短辺方向	長辺方向
	1770	2160	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=55$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=122$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=25$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=69$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	常設耐震/防止 常設/緩和	制御室建物 EL 16.9*1	□	□	—	—	C _H =3.41*2	C _V =1.58*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1387	16 (M16)	201.1	29	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1250	16 (M16)	201.1	60	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	430	540	9	—	253	—	短辺方向
	1605	1995	3				
取付ボルト (i=2)	320	460	20	—	253	—	長辺方向
	1770	2160	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=122$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=25$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=69$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

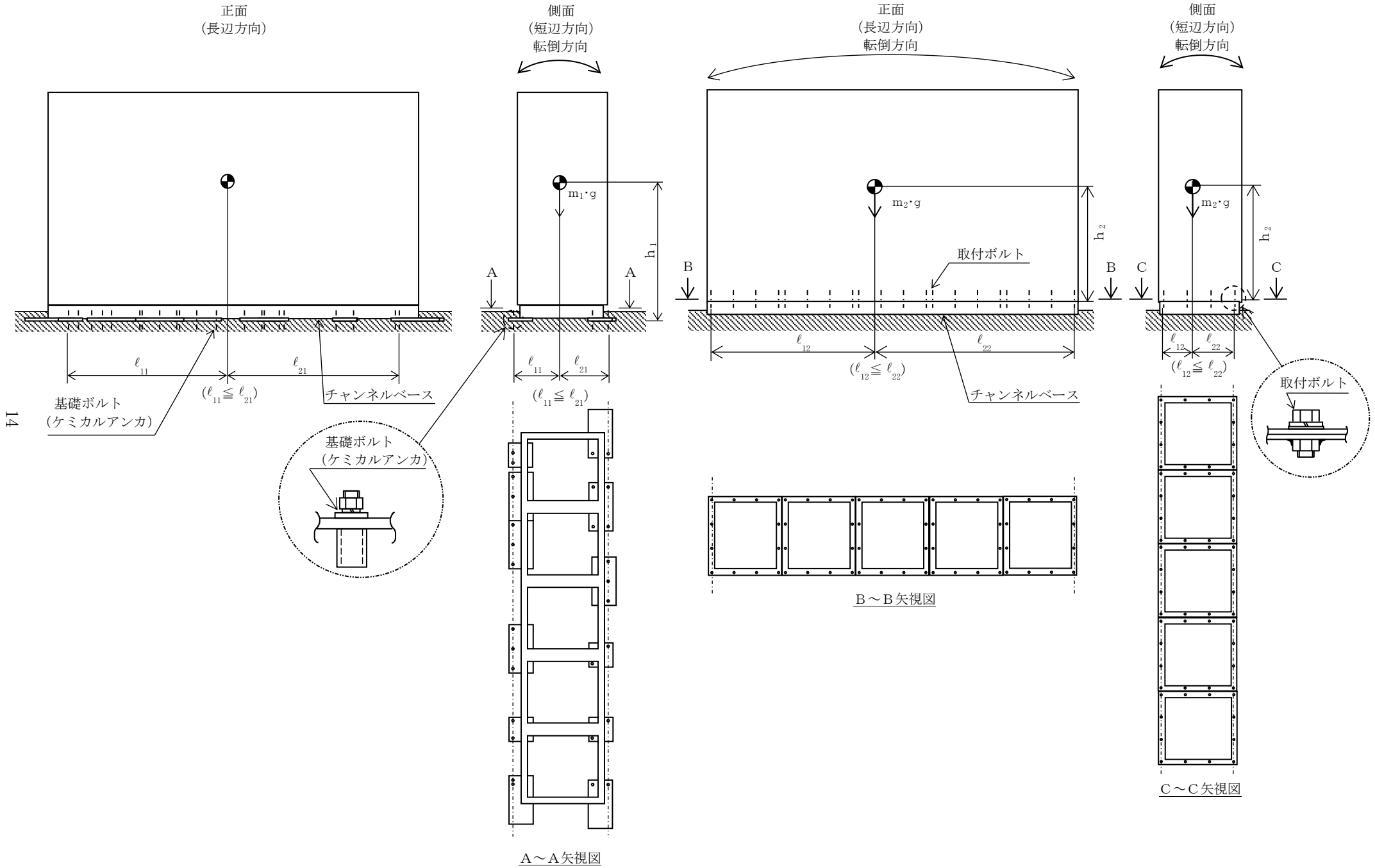
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
プロセス放射線モニタ盤 (2-914)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-22 窒素ガス制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、窒素ガス制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

窒素ガス制御盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

窒素ガス制御盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>窒素ガス制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【窒素ガス制御盤】</p> <p>正面 1600 2300 側面 900</p> <p>盤 取付ボルト 基礎ボルト (ケミカルアンカ) 床 チャンネルベース 溶接 後打金物</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

窒素ガス制御盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す窒素ガス制御盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、窒素ガス制御盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

窒素ガス制御盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

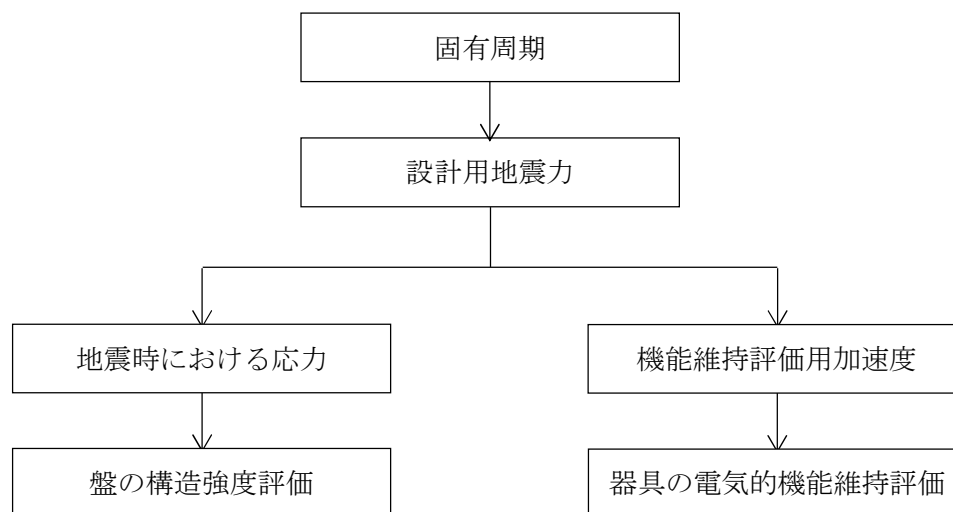


図 2-1 窒素ガス制御盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

窒素ガス制御盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

窒素ガス制御盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

窒素ガス制御盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。窒素ガス制御盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

窒素ガス制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

窒素ガス制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

窒素ガス制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
窒素ガス 制御盤 (2-929-2)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.71^{*2}$	$C_V=0.77^{*2}$	$C_H=3.41^{*3}$	$C_V=1.58^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

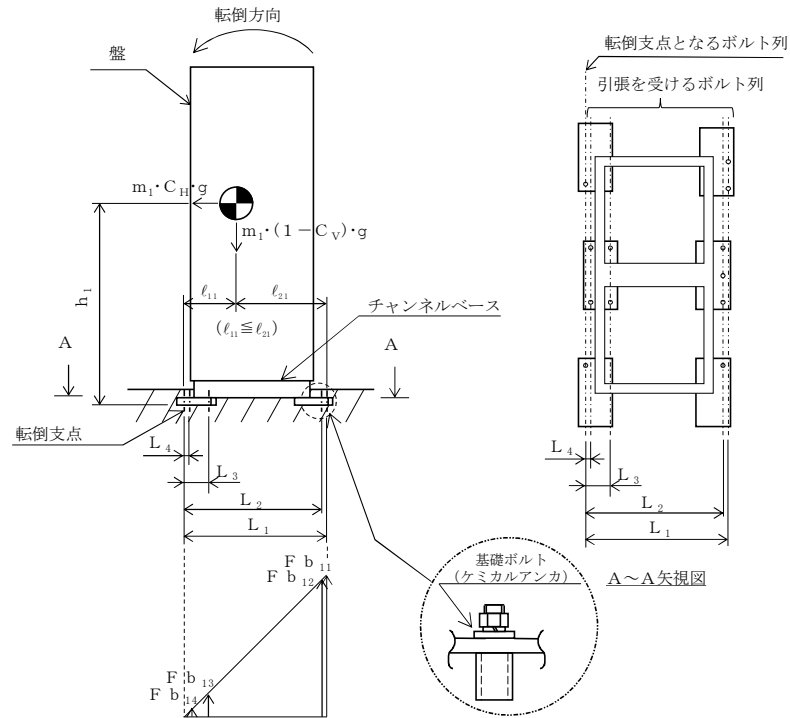


図5-1(1) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

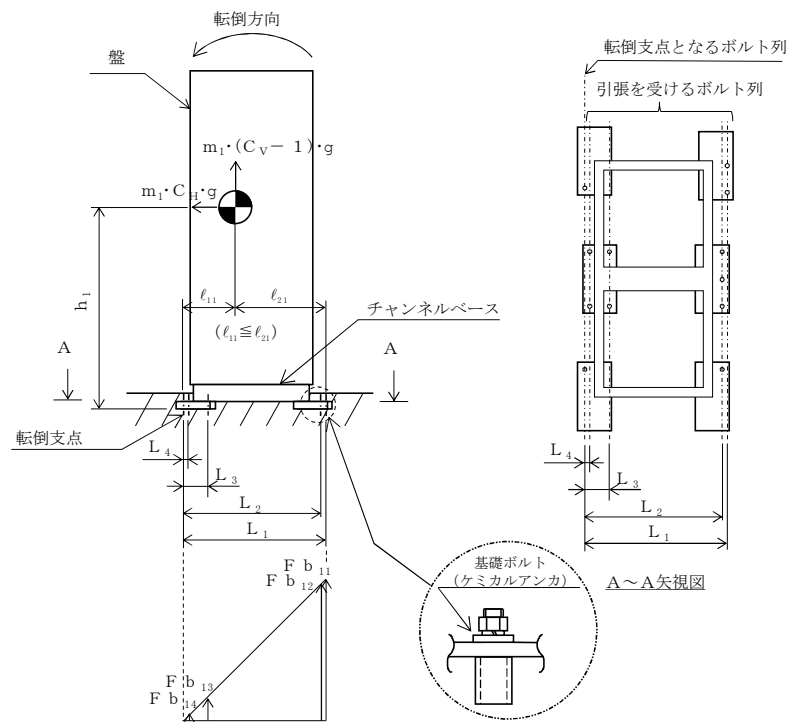


図5-1(2) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

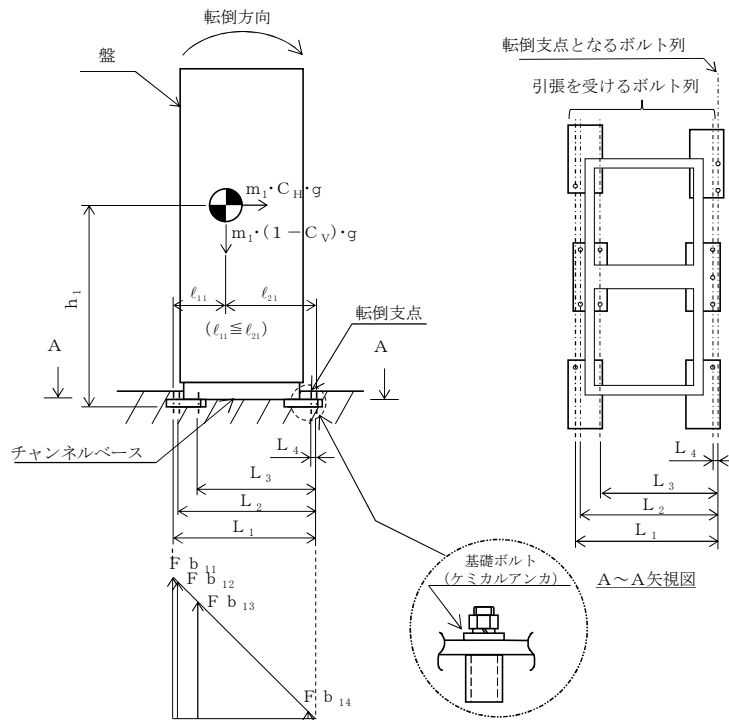


図5-1(3) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

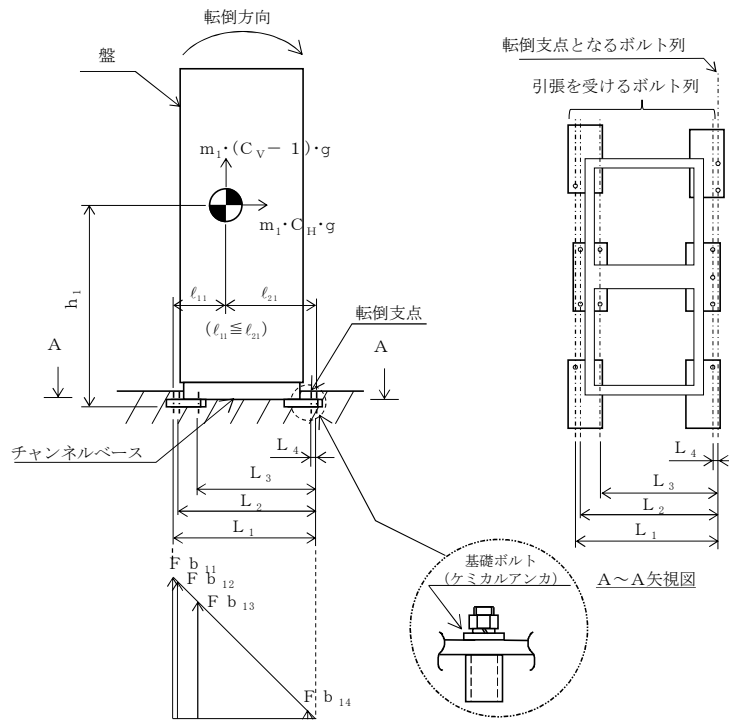


図5-1(4) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

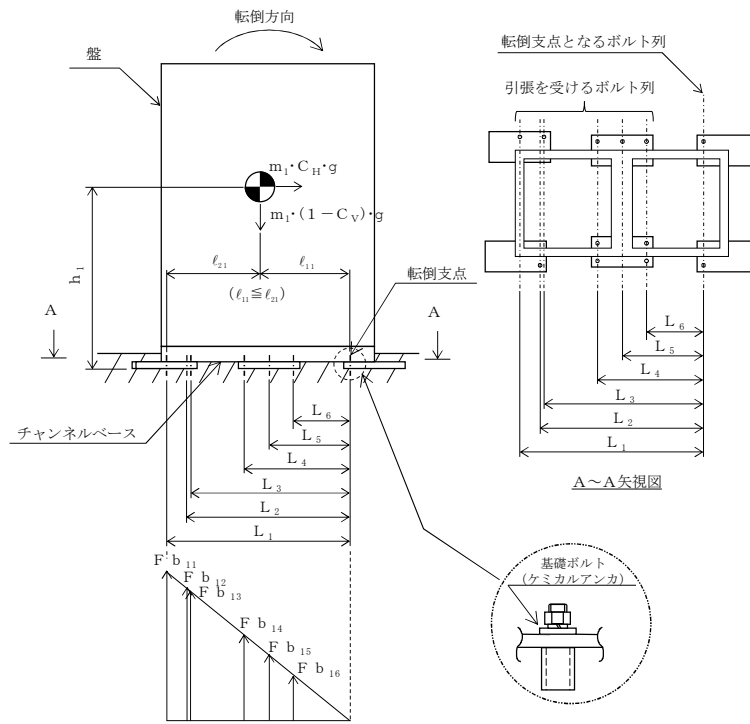


図5-1(5) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

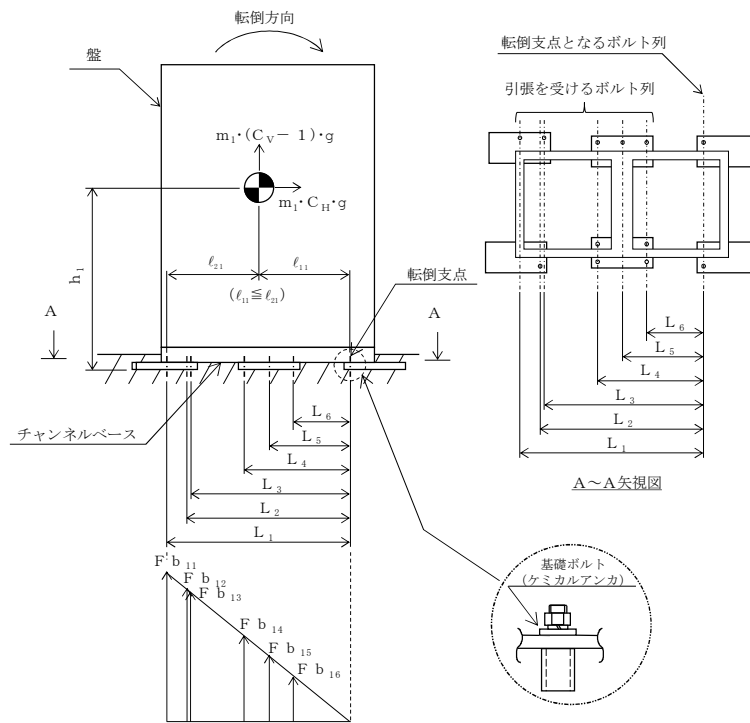


図5-1(6) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

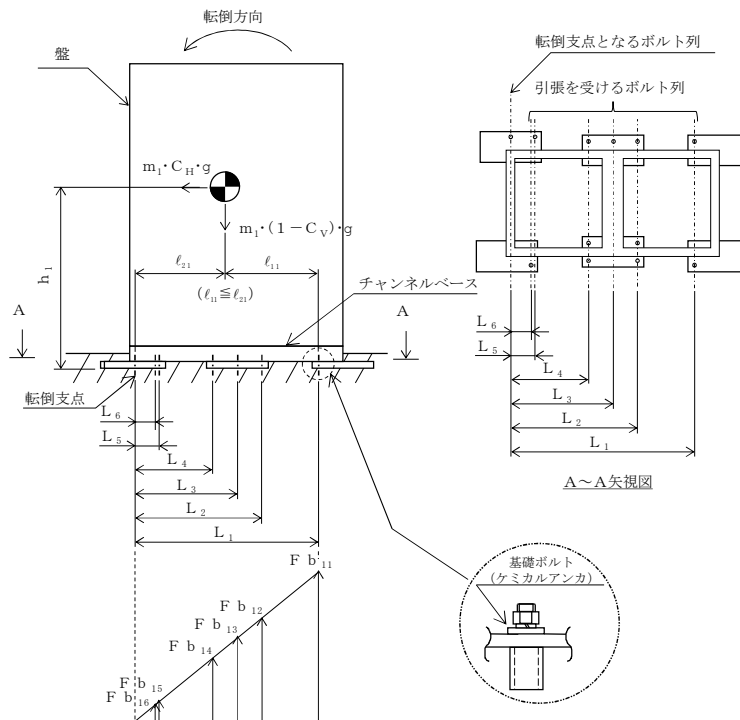


図5-1(7) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

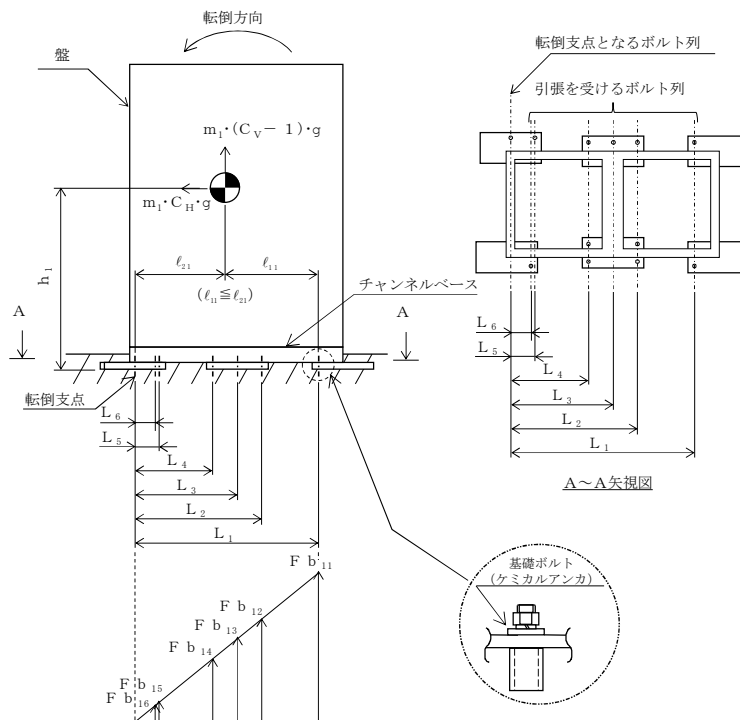


図5-1(8) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(5)，図5-1(6)，図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(5)，図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(7)，図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

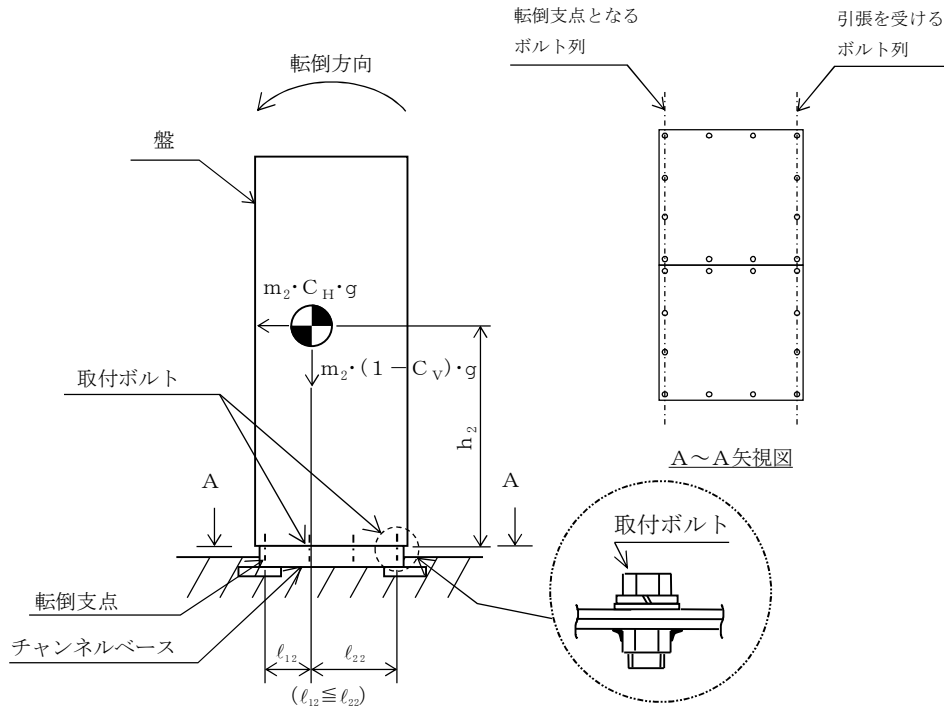


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

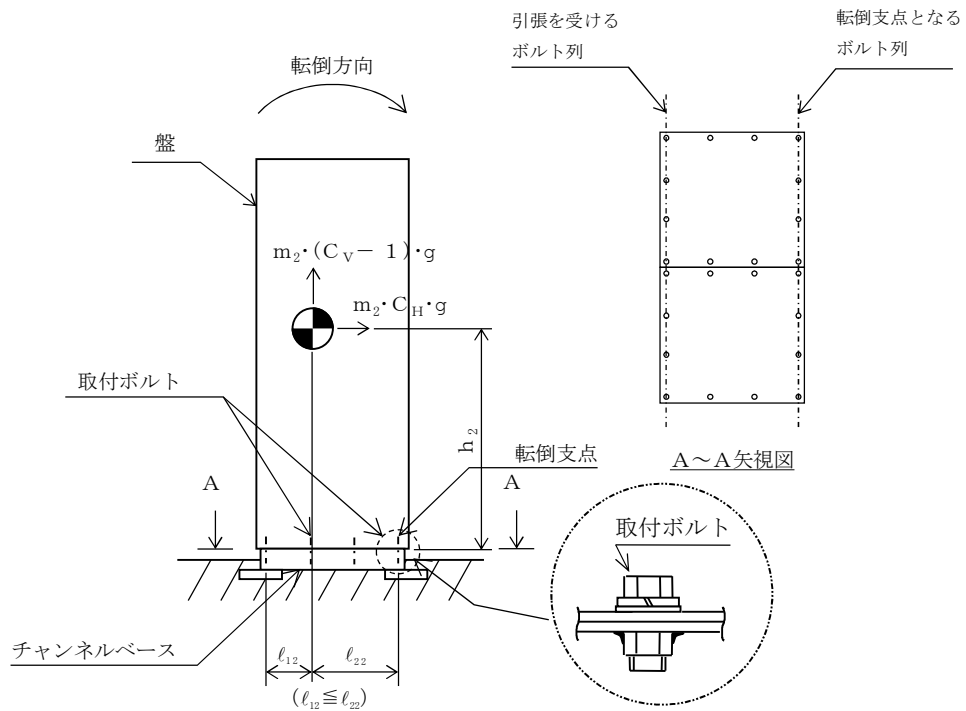


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

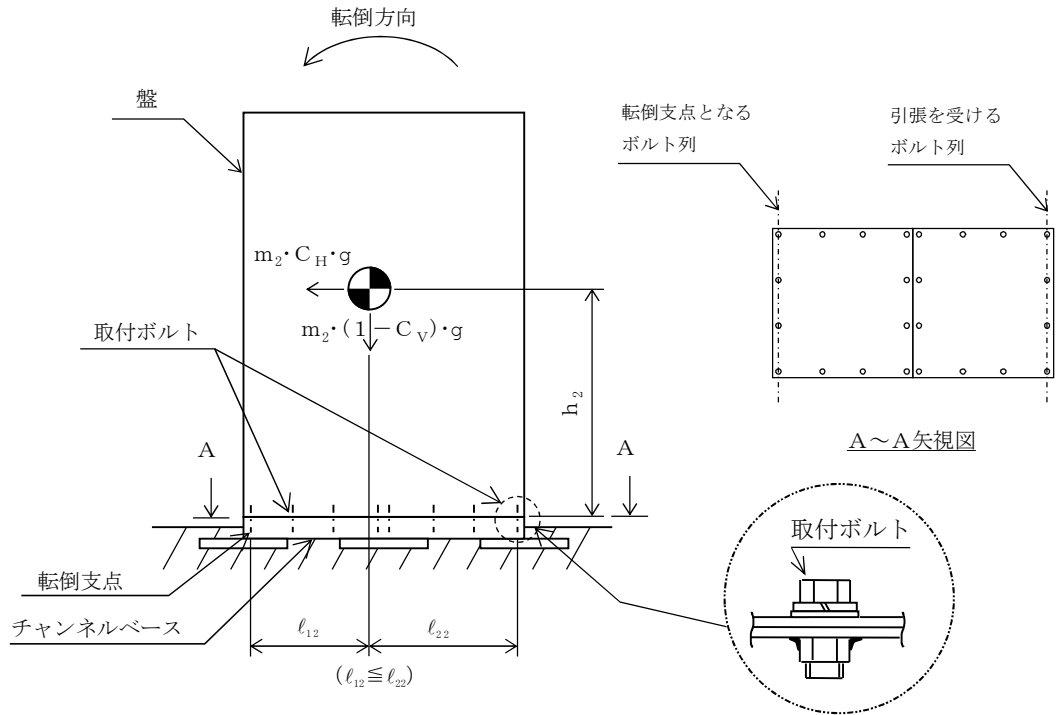


図5-2(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

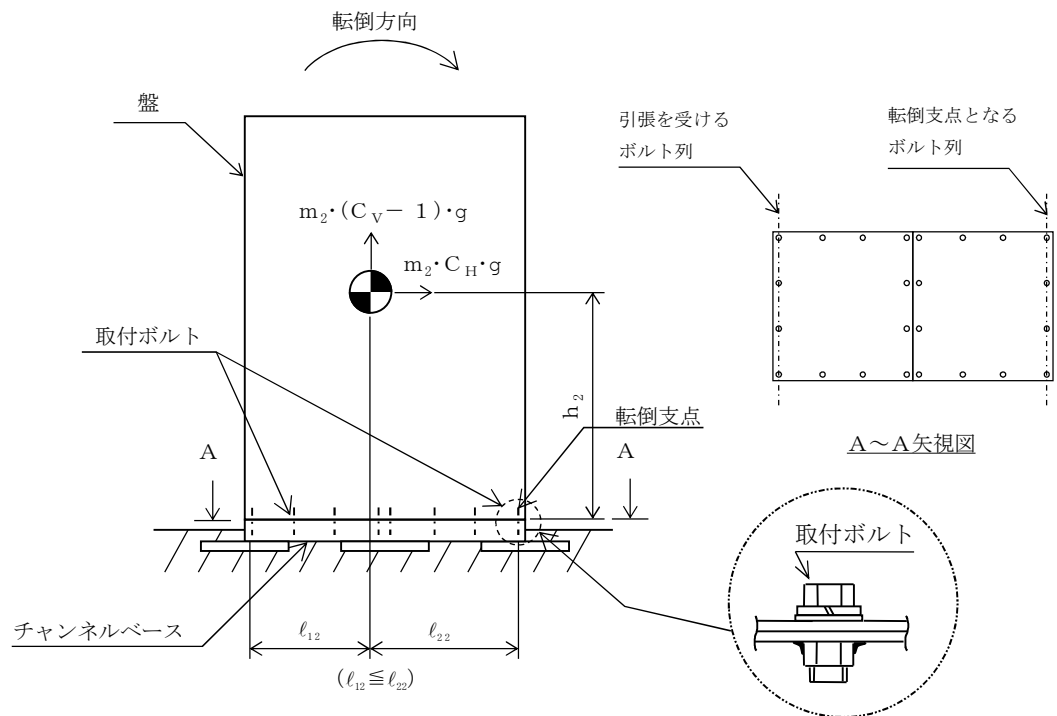


図5-2(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)、図5-2(2)、図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【窒素ガス制御盤（2-929-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【窒素ガス制御盤（2-929-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

窒素ガス制御盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

窒素ガス制御盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器と類似の器具単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
窒素ガス制御盤 (2-929-2)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

窒素ガス制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【窒素ガス制御盤（2-929-2）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
窒素ガス制御盤 (2-929-2)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.71* ²	C _V =0.77* ²	C _H =3.41* ³	C _V =1.58* ³	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1437	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	24	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	380	630	下表に示す	211	253	短辺方向	短辺方向
	下表に示す	680	695	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
	1010	980	830	10
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}
	2	2	2	4

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
	1375	1200	1175	800	600	400
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}
	1	1	1	3	1	3

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	270	510	8	211	253	短辺方向	長辺方向
	685	845	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=38$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=86$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=25$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=63$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

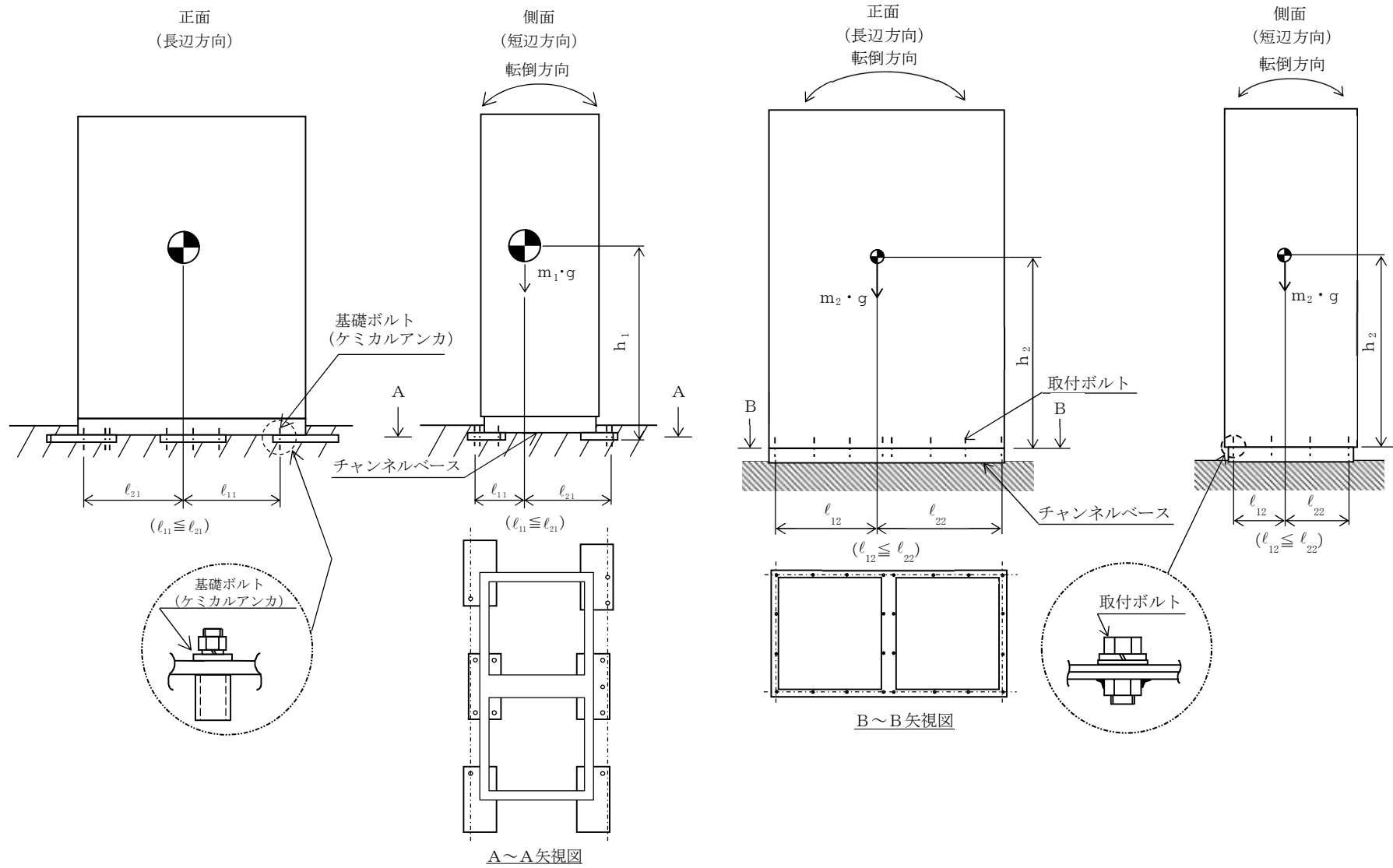
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
窒素ガス制御盤 (2-929-2)	水平方向	2.84	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-23 燃料プール冷却制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	19
6. 機能維持評価	20
6.1 電氣的機能維持評価方法	20
7. 評価結果	21
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、燃料プール冷却制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

燃料プール冷却制御盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プール冷却制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>燃料プール冷却制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【燃料プール冷却制御盤】</p> <p>(短辺方向) (長辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

燃料プール冷却制御盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す燃料プール冷却制御盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、燃料プール冷却制御盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

燃料プール冷却制御盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

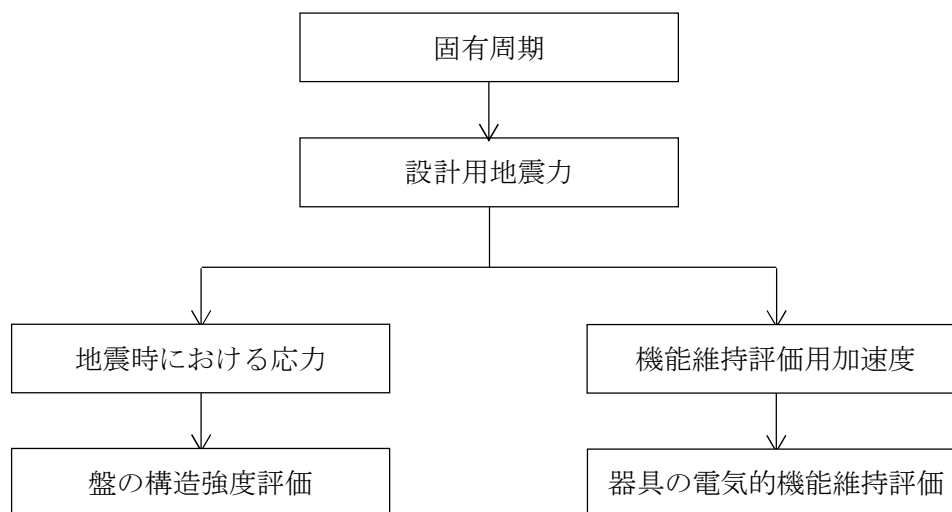


図 2-1 燃料プール冷却制御盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

燃料プール冷却制御盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

燃料プール冷却制御盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

燃料プール冷却制御盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。燃料プール冷却制御盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料プール冷却制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

燃料プール冷却制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料プール冷却制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	燃料プール冷却制御盤	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記*：SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
燃料プール 冷却制御盤 (2-930)	制御室建物 EL 16.9* ¹	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
		0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=2.36^{*2}$	$C_V=1.06^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

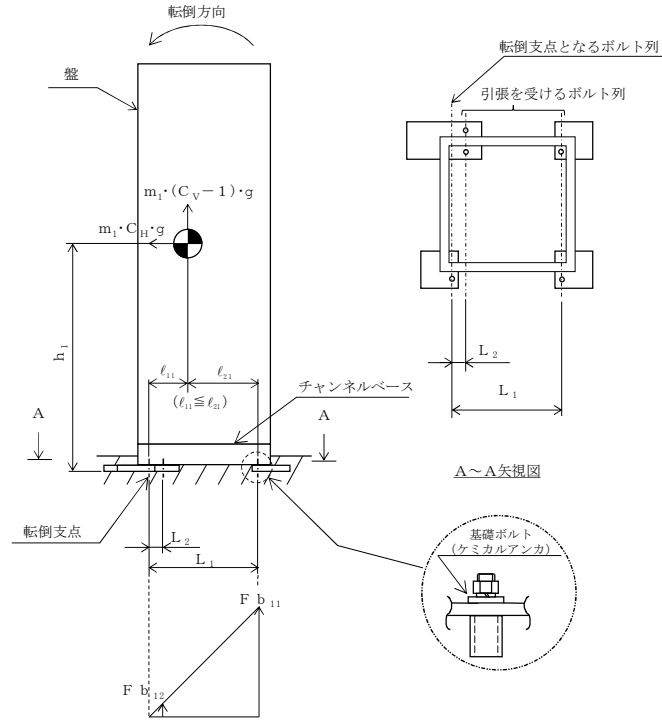


図5-1(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 l_{11} 側転倒支点の場合)

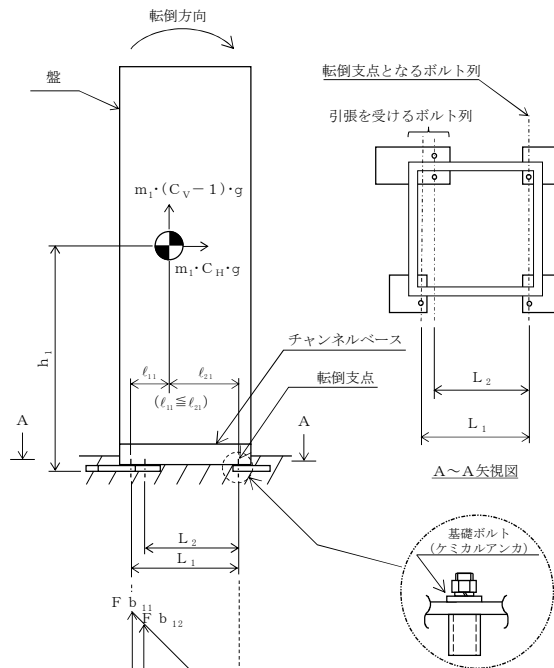


図5-1(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 l_{21} 側転倒支点の場合)

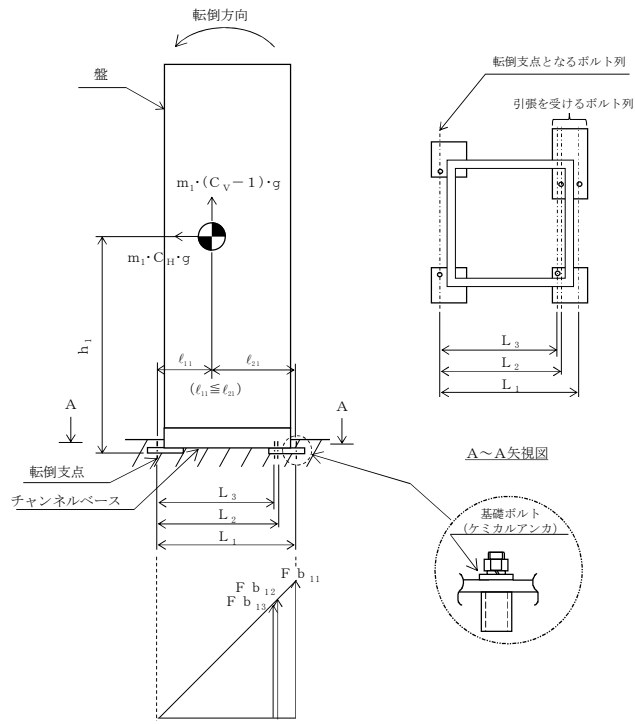


図5-1(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 l_{11} 側転倒支点の場合)

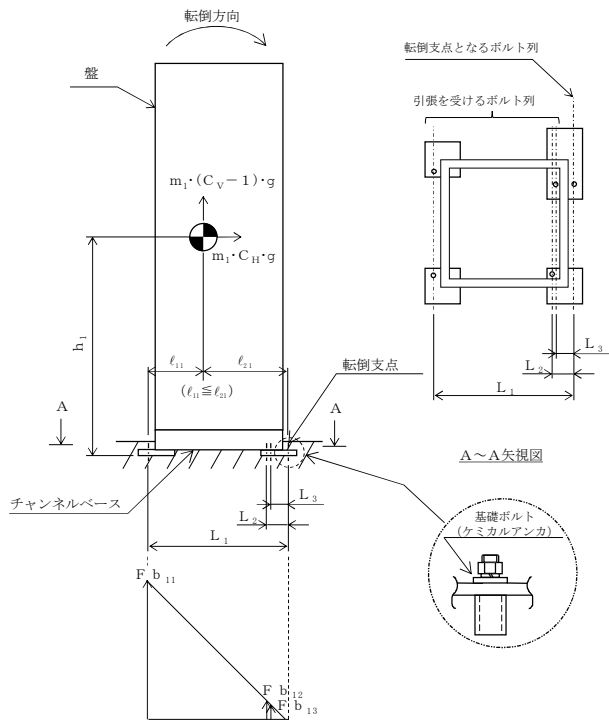


図5-1(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(3)及び図5-1(4)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)、図5-1(3)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(2)、図5-1(4)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

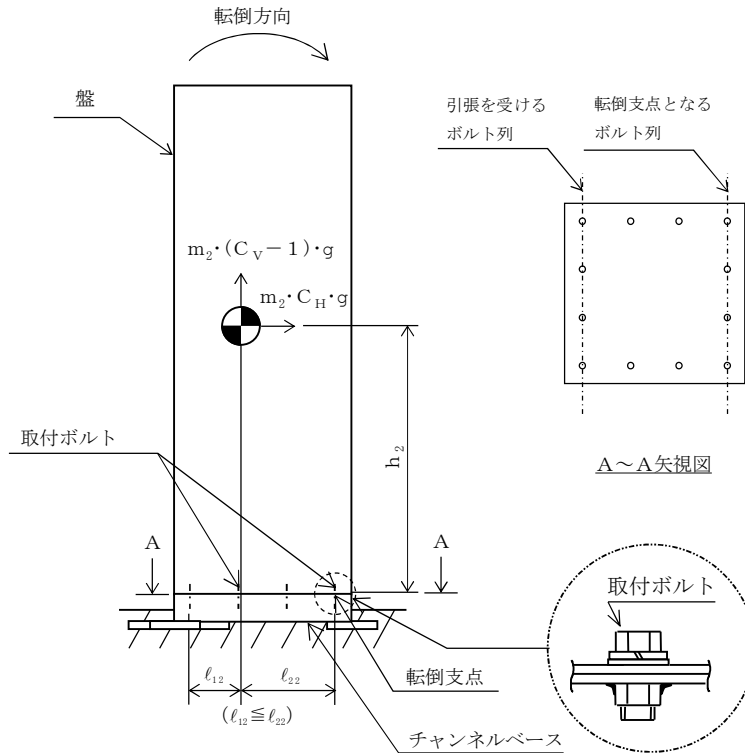


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒の場合)

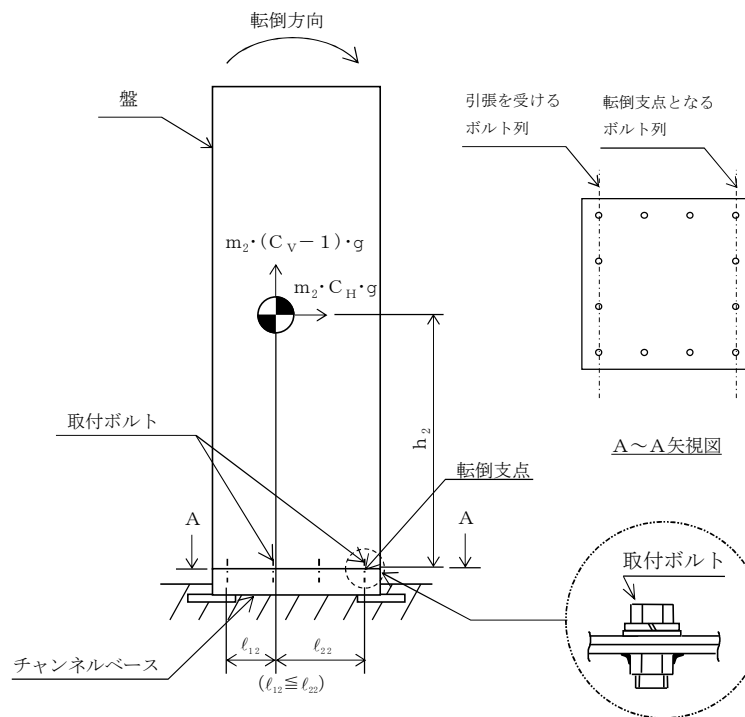


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)及び図5-2(2)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プール冷却制御盤（2-930）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プール冷却制御盤（2-930）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

燃料プール冷却制御盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

燃料プール冷却制御盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
燃料プール冷却制御盤 (2-930)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プール冷却制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料プール冷却制御盤（2-930）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
燃料プール冷却制御盤 (2-930)	常設耐震/防止	制御室建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.36* ²	C _V =1.06* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1437	16 (M16)	201.1	5	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1300	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	265	345	下表に示す	—	253	—	短辺方向
	下表に示す	395	590	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂
	610	105
	n _{f1}	n _{f2}
	2	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	985	170	150
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	2	1	1

部材	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	405	4	—	253	—	短辺方向
	270	510	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=115$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=20$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

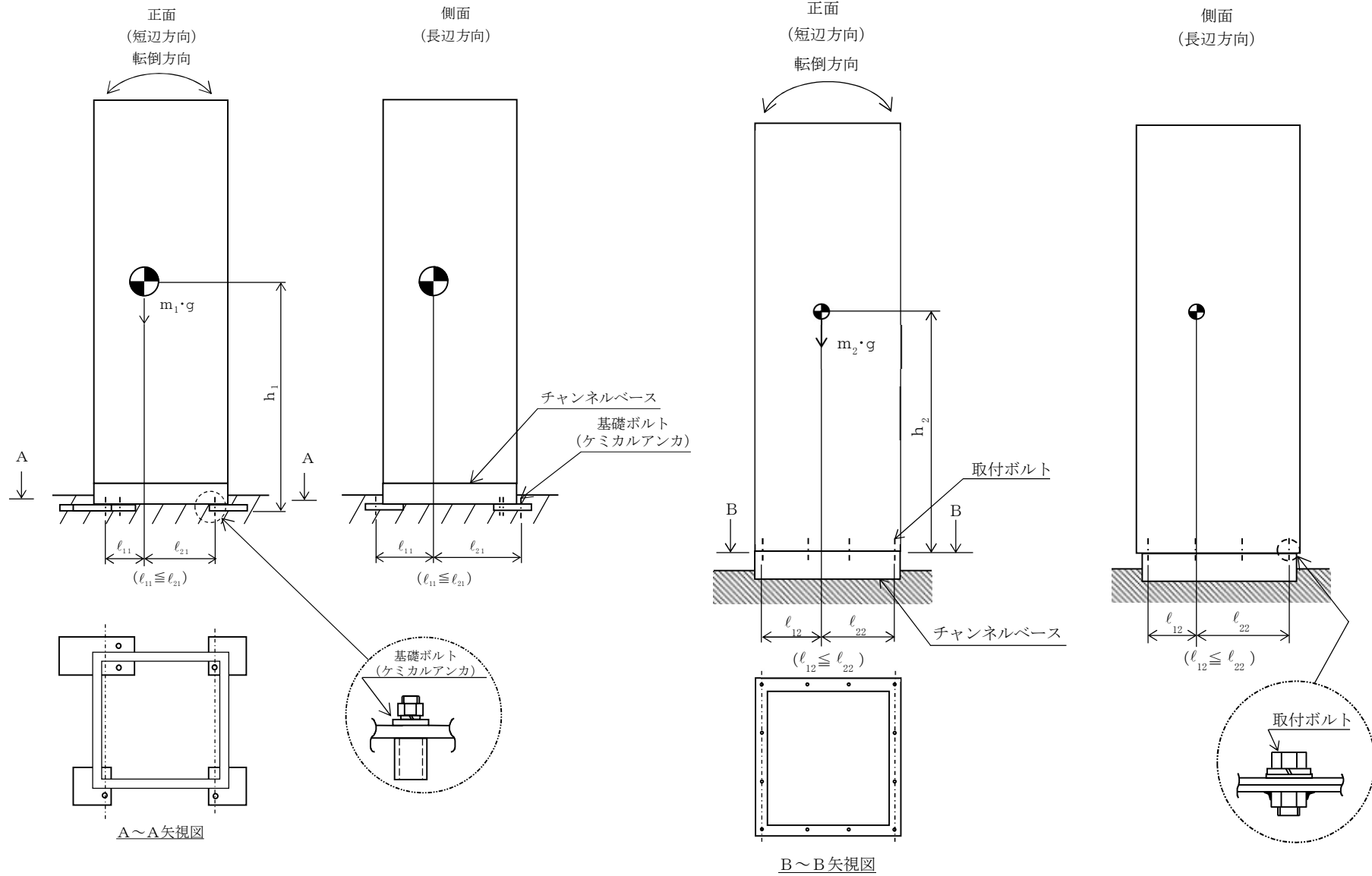
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料プール冷却制御盤 (2-930)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-26 共通盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、共通盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

共通盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

共通盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>共通盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【共通盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

共通盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す共通盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、共通盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

共通盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

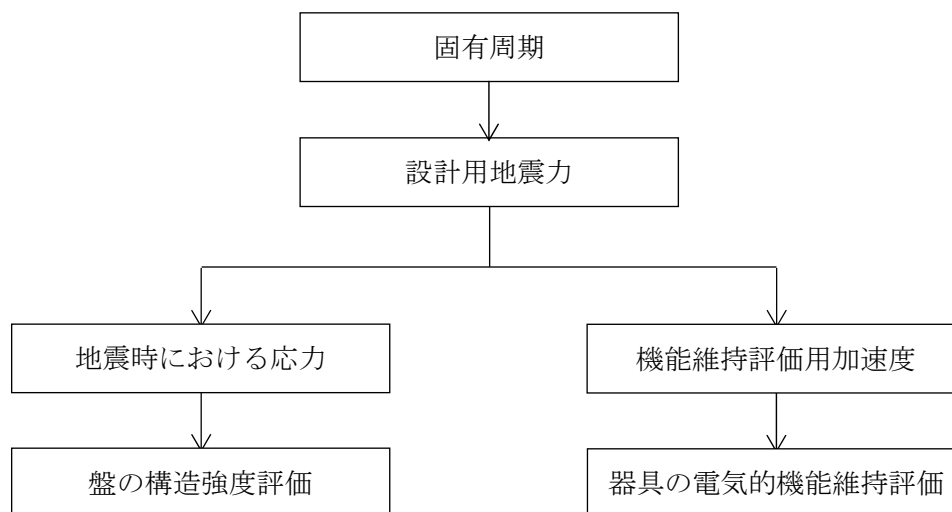


図 2-1 共通盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

- $i = 1$: 基礎ボルト
- $i = 2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

共通盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

共通盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

共通盤の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。共通盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

共通盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

共通盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

共通盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100 mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100 mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6, 表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
共通盤 (2-965-2)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =1.71 ^{*2}	C _V =0.77 ^{*2}	C _H =3.41 ^{*3}	C _V =1.58 ^{*3}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
共通盤 (2-965-2)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =3.41 ^{*2}	C _V =1.58 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

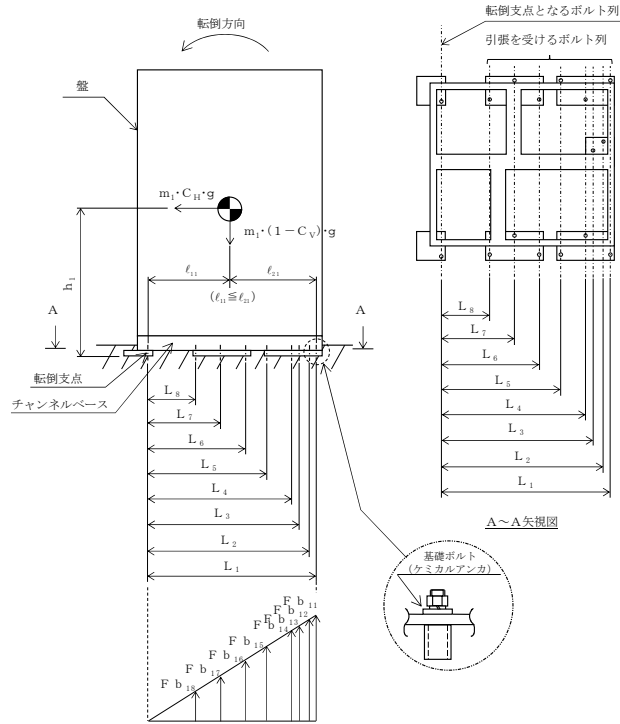


図5-1(1) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

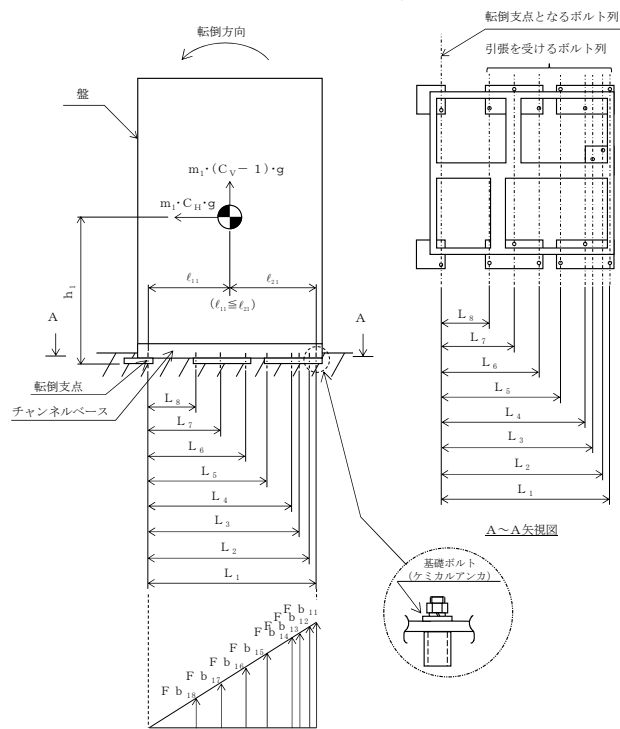


図5-1(2) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

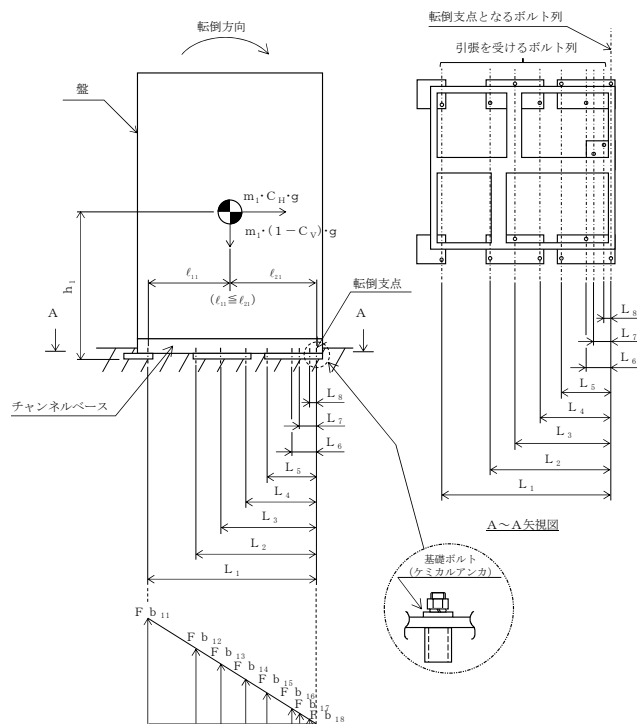


図5-1(3) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

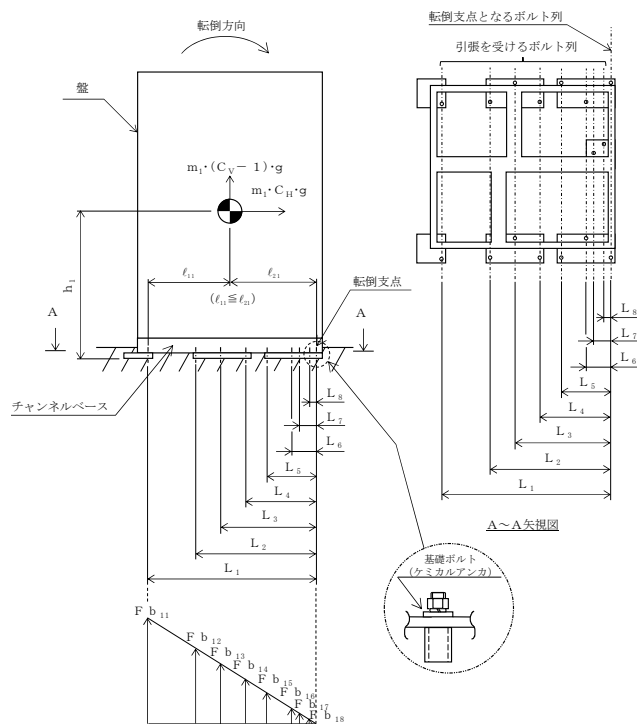


図5-1(4) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

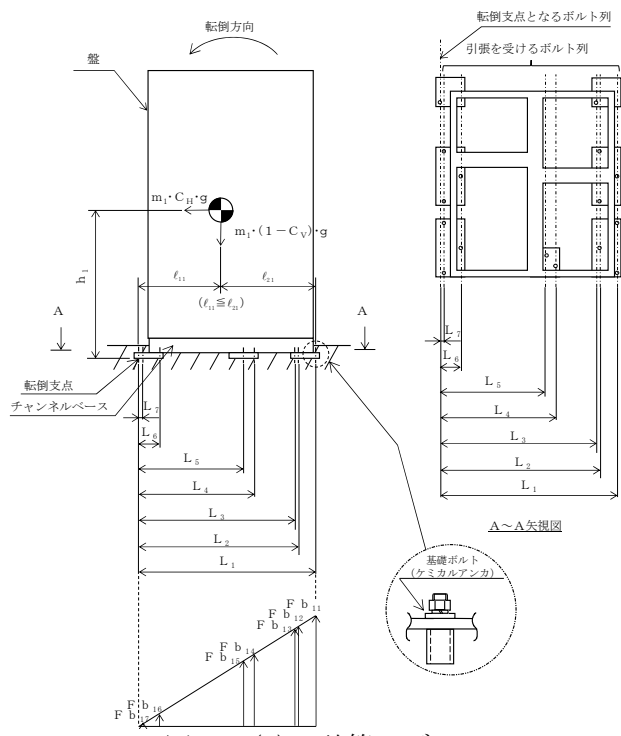


図5-1(5) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

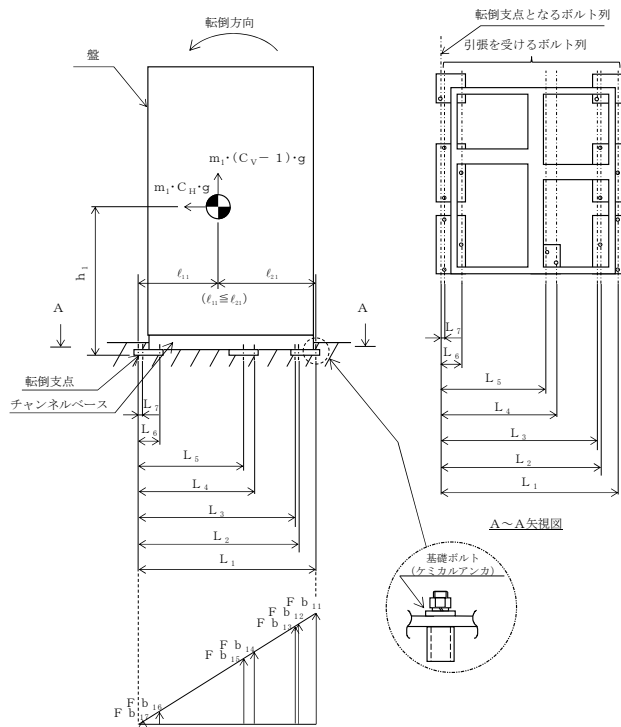


図5-1(6) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

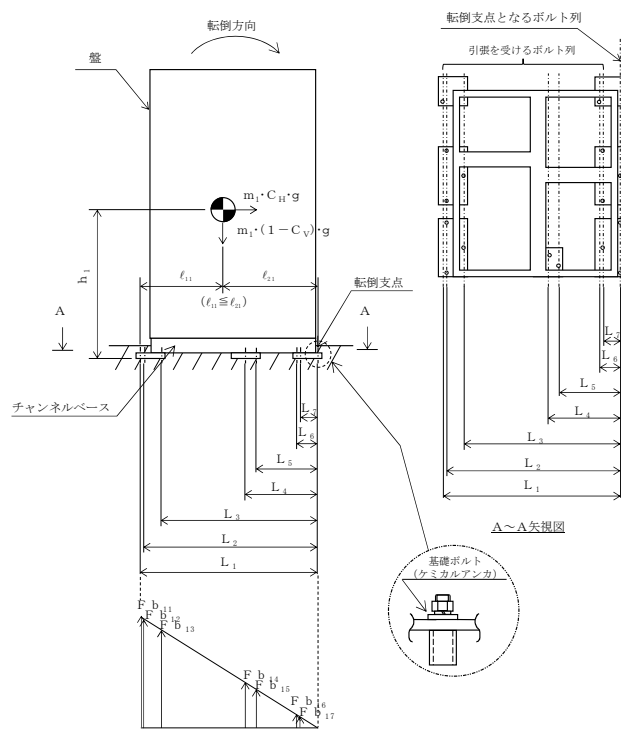


図5-1(7) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

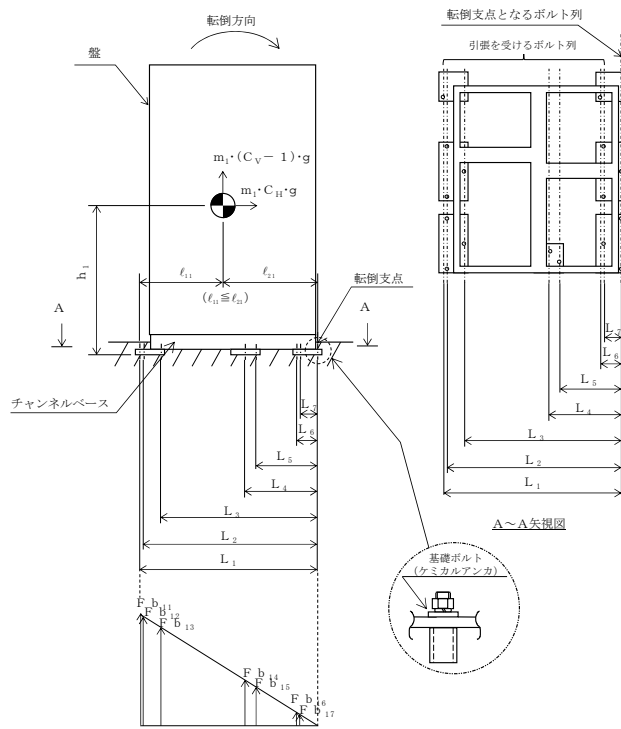


図5-1(8) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(5)，図5-1(6)，図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)，図5-1(2)，図5-1(5)，図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)，図5-1(4)，図5-1(7)，図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

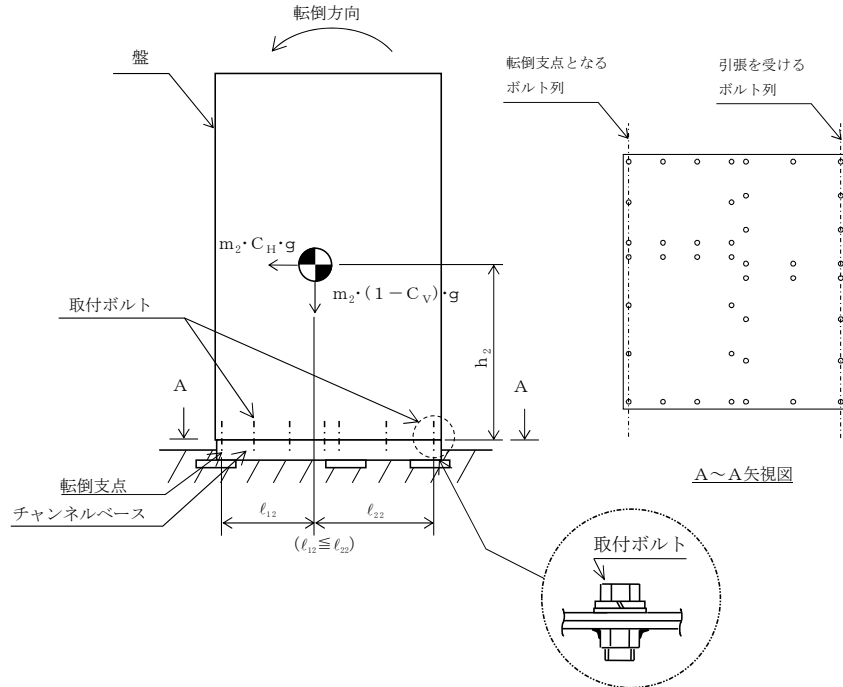


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

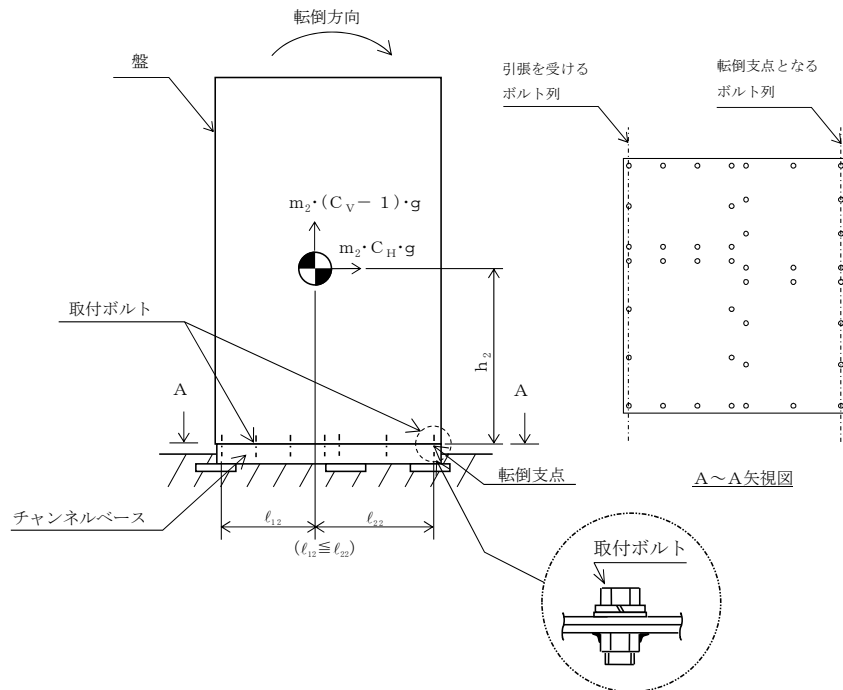


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

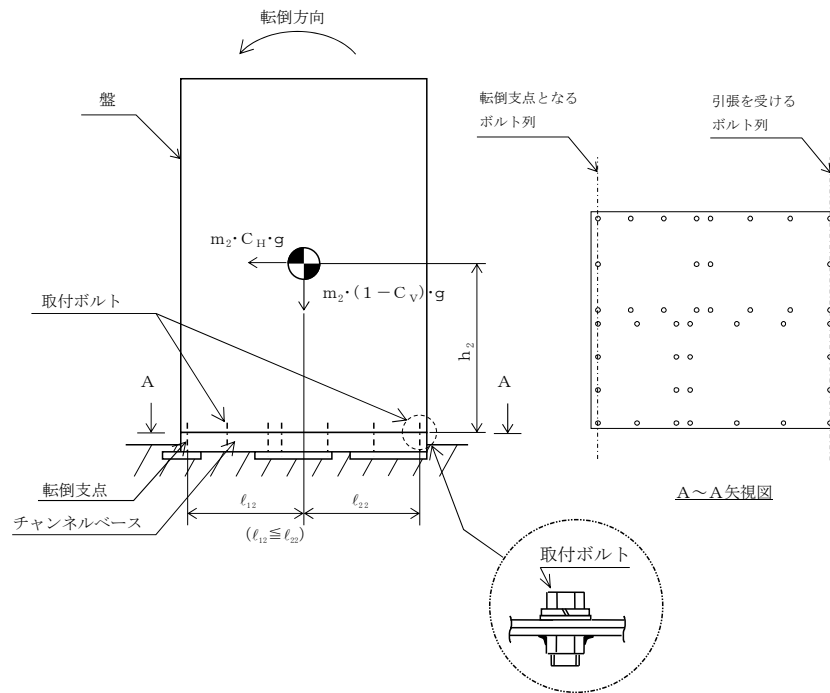


図5-2(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)

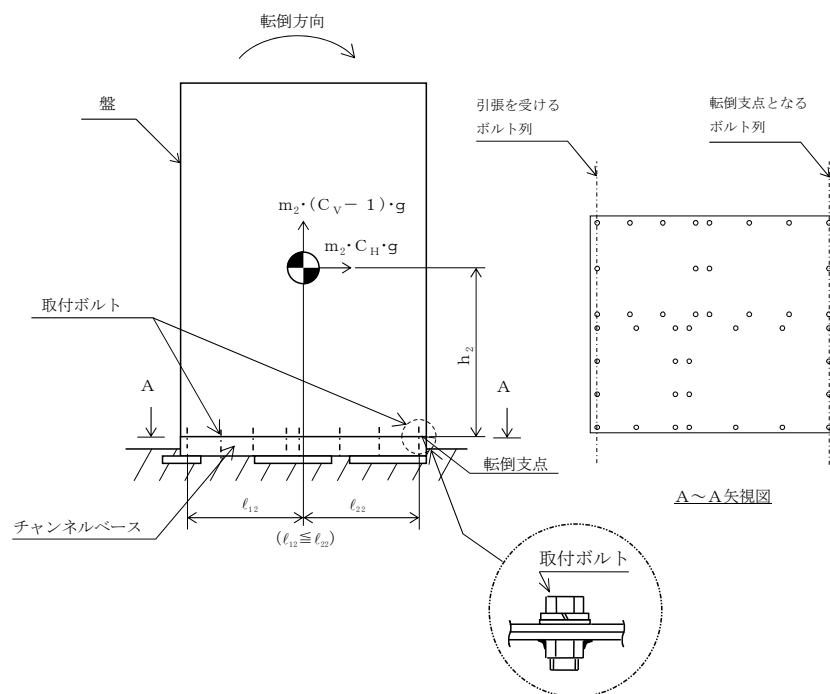


図5-2(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)，図5-2(2)，図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【共通盤（2-965-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【共通盤（2-965-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

共通盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

共通盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
共通盤 (2-965-2)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

共通盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

共通盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【共通盤（2-965-2）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
共通盤 (2-965-2)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹			C _H =1.71* ²	C _V =0.77* ²	C _H =3.41* ³	C _V =1.58* ³	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1237	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径≤100mm)	400 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1100	16 (M16)	201.1	42	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	705	750	下表に示す	215	258	短辺方向	短辺方向
	下表に示す	745	770	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
	1455	1018	818	618	400	200	170	45
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}
	2	2	2	2	2	2	1	1

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
	1515	1495	1345	595	505	170	150
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}
	1	4	2	1	1	1	3

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *		F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
			S _d :8	S _s :7			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	615	715	S _d :8	S _s :7	235	280	短辺方向	短辺方向
	755	755	S _d :7	S _s :7				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	8.611×10 ³	2.063×10 ⁴	4.605×10 ⁴	9.183×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	4.008×10 ³	1.097×10 ⁴	4.192×10 ⁴	8.360×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	σ _{b1} =43	f _{ts1} =129*	σ _{b1} =103	f _{ts1} =154*
		せん断	τ _{b1} =15	f _{sb1} =99	τ _{b1} =29	f _{sb1} =119
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	σ _{b2} =20	f _{ts2} =176*	σ _{b2} =55	f _{ts2} =210*
		せん断	τ _{b2} =5	f _{sb2} =135	τ _{b2} =10	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

注記* : f_{tsi} = Min[1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
共通盤 (2-965-2)	水平方向	2.84	□
	鉛直方向	1.32	□

注記* : 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【共通盤（2-965-2）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
共通盤 (2-965-2)	常設耐震／防止 常設／緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1237	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径≦100mm)	400 (40mm<径≦100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1100	16 (M16)	201.1	42	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	705	750	下表に示す	—	258	—	短辺方向
	下表に示す	745	770	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
	1455	1018	818	618	400	200	170	45
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}	n _{f8}
	2	2	2	2	2	2	1	1

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
	1515	1495	1345	595	505	170	150
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}	n _{f6}	n _{f7}
	1	4	2	1	1	1	3

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	615	715	7	—	280	—	短辺方向
	755	755	7				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	2.063×10 ⁴	—	9.183×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	1.097×10 ⁴	—	8.360×10 ⁴

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	σ _{b1} =103	f _{ts1} =154*
		せん断	—	—	τ _{b1} =29	f _{sb1} =119
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	σ _{b2} =55	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =10	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

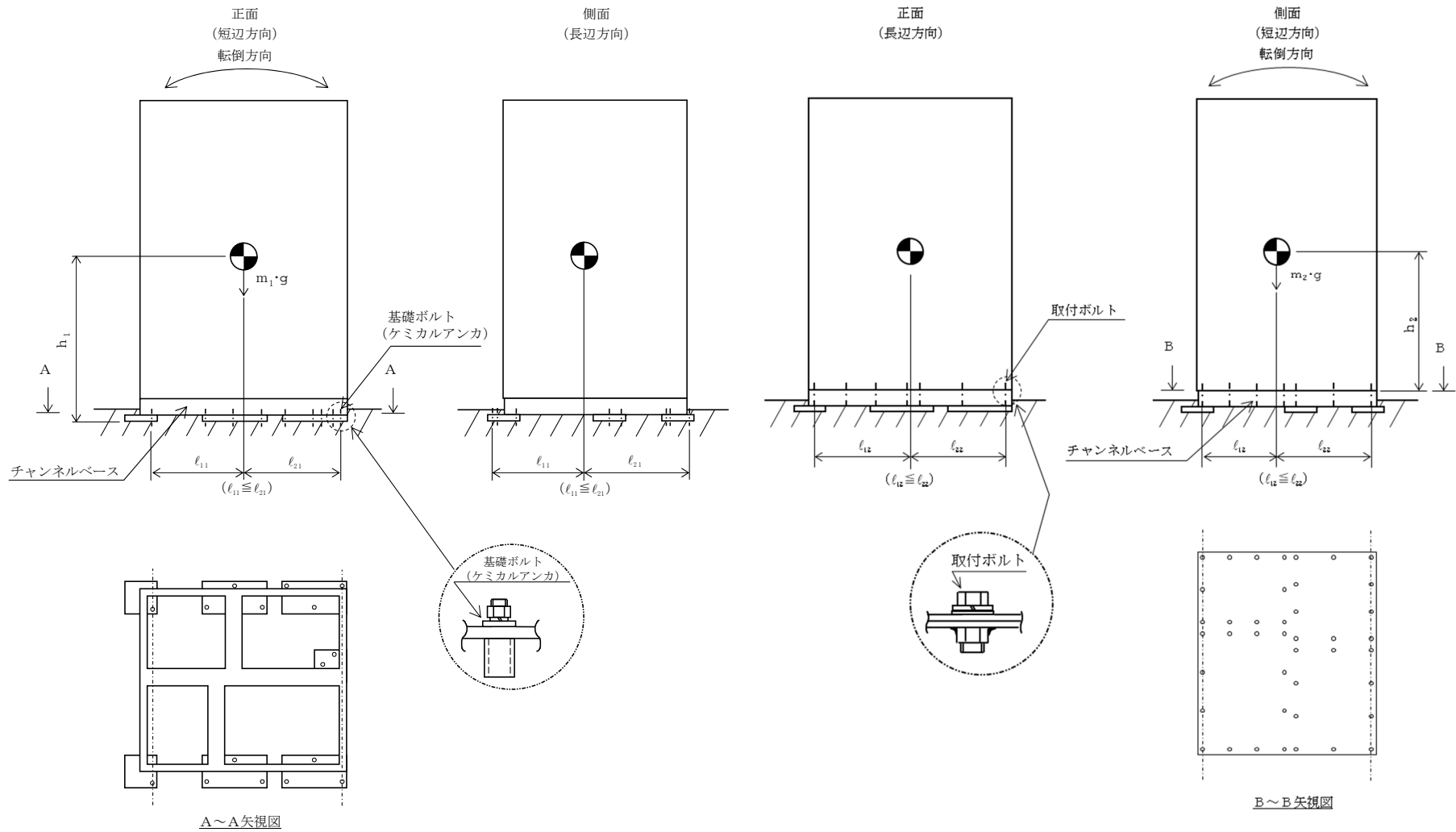
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
共通盤 (2-965-2)	水平方向	2.84	□
	鉛直方向	1.32	□

注記* : 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-31 A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、A-格納容器 H2/O2 濃度計盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤は、設計基準対象施設においては S クラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>A-格納容器H2/O2濃度計盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【A-格納容器 H2/O2 濃度計盤】</p> <p>The diagram shows two views of the gauge panel: a front view (正面) and a side view (側面). The front view shows a rectangular panel with a width of 800 mm and a height of 2300 mm. It is mounted on a channel base (チャンネルベース) which is fixed to a foundation (床) using chemical anchors (基礎ボルト (ケミカルアンカ)) and mounting bolts (取付ボルト). The side view shows the panel with a depth of 900 mm, mounted on a backplate (後打金物) which is welded (溶接) to the channel base. Labels include: 盤 (panel), 取付ボルト (mounting bolt), 基礎ボルト (ケミカルアンカ) (foundation bolt (chemical anchor)), 床 (floor), チャンネルベース (channel base), 溶接 (welding), 後打金物 (backplate), (短辺方向) (short side direction), and (長辺方向) (long side direction).</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

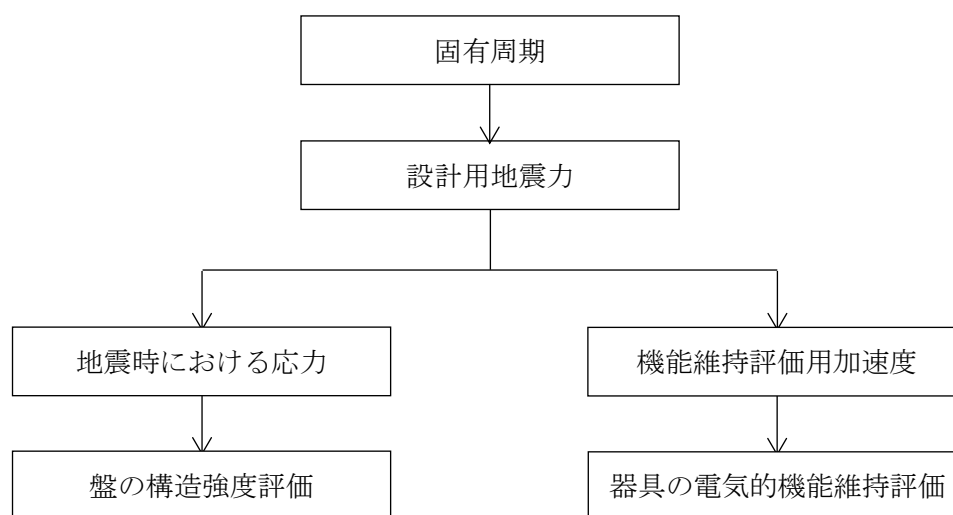


図 2-1 A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルト及び基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

A-格納容器 H2/02 濃度計盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

A-格納容器 H2/02 濃度計盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

A-格納容器 H2/02 濃度計盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	A-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.22 ^{*2}	C _V =0.54 ^{*2}	C _H =2.36 ^{*3}	C _V =1.06 ^{*3}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

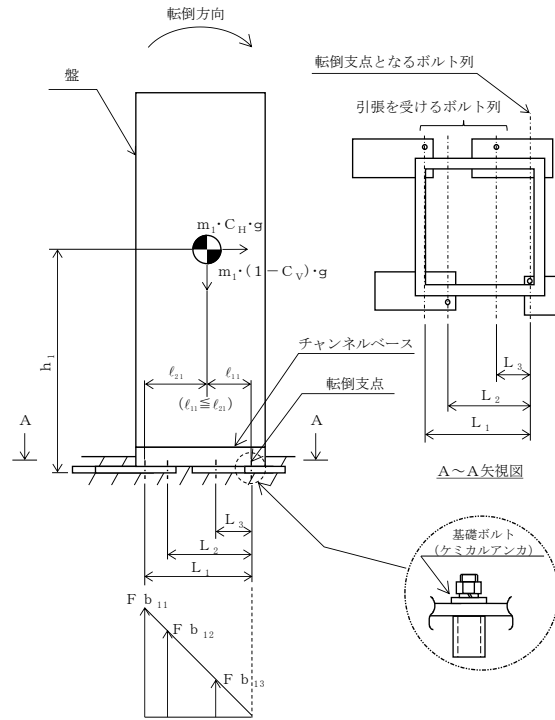


図5-1(1) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

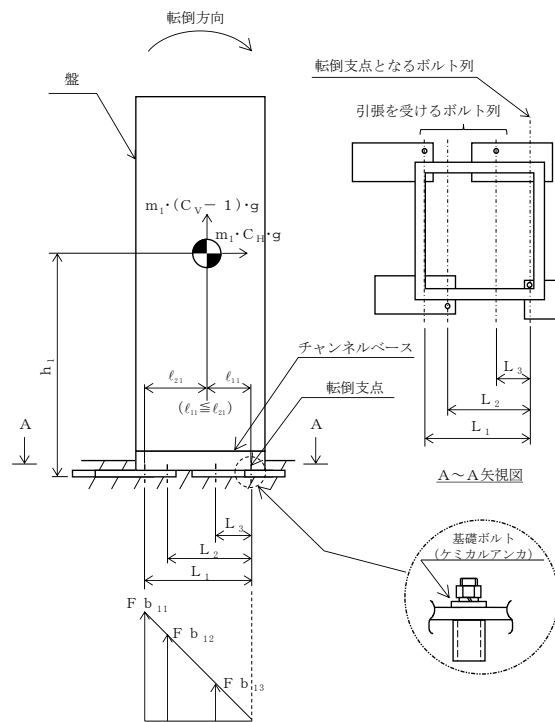


図5-1(2) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

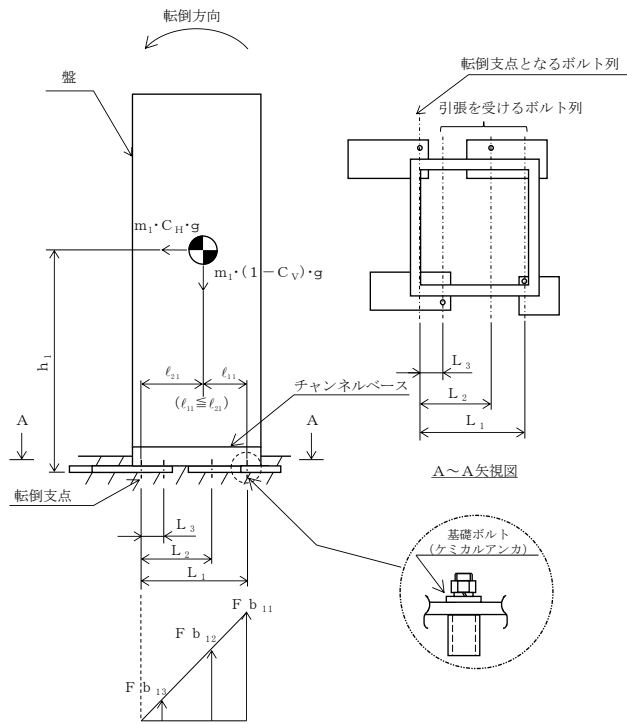


図5-1(3) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

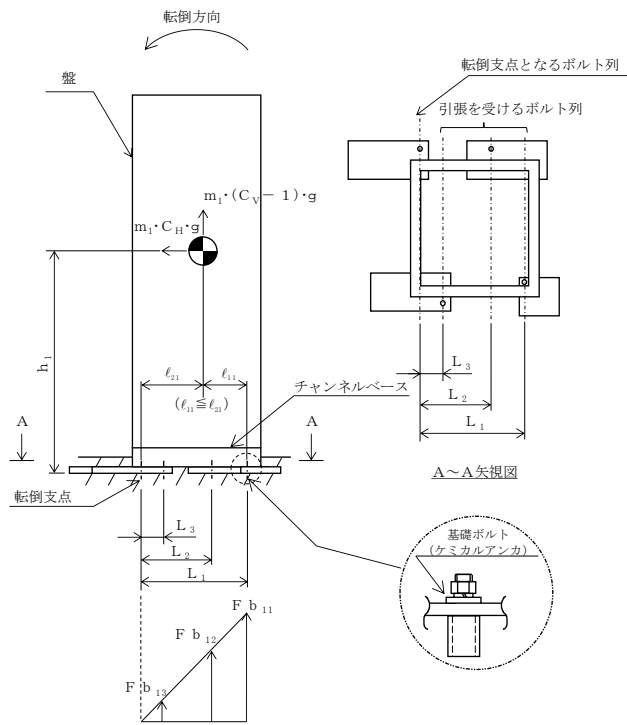


図5-1(4) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

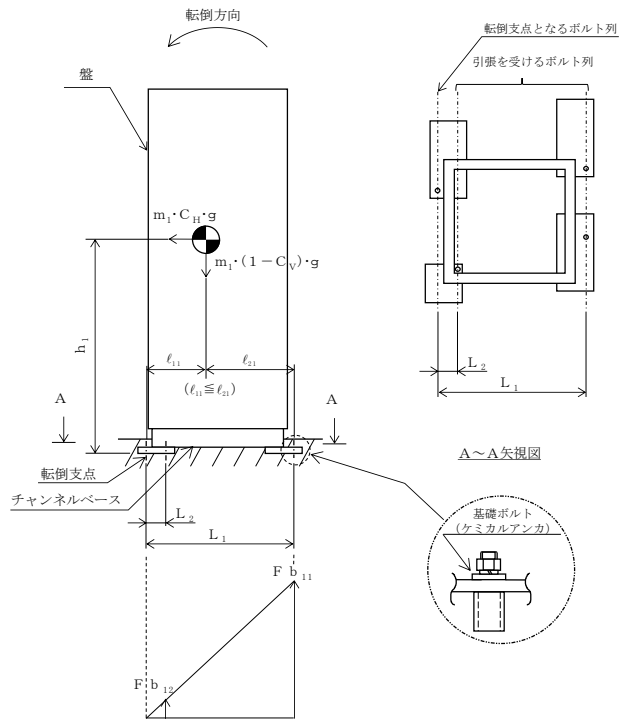


図5-1(5) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

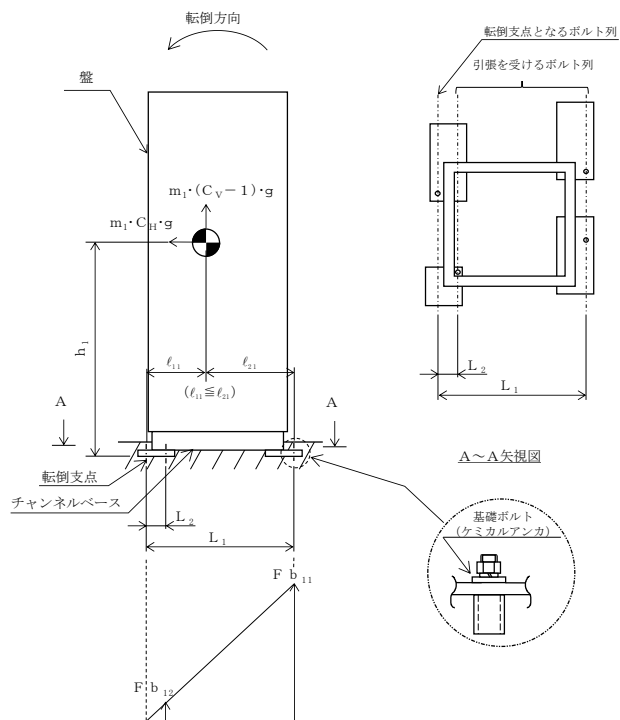


図5-1(6) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

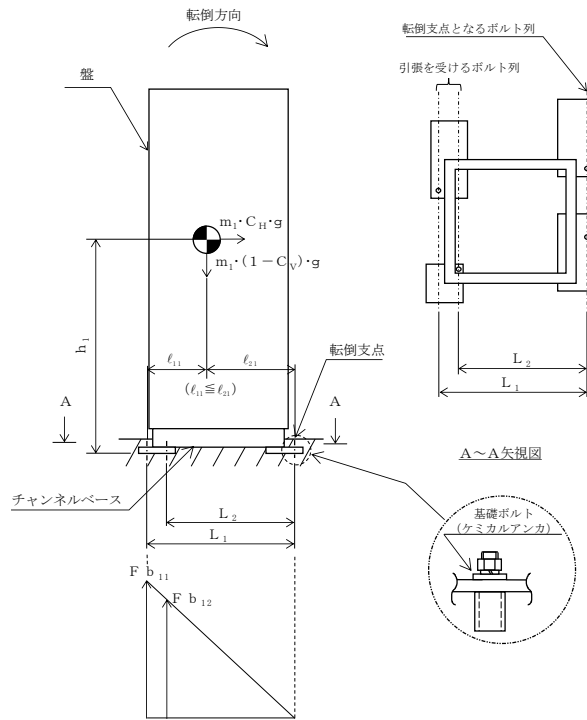


図5-1(7) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

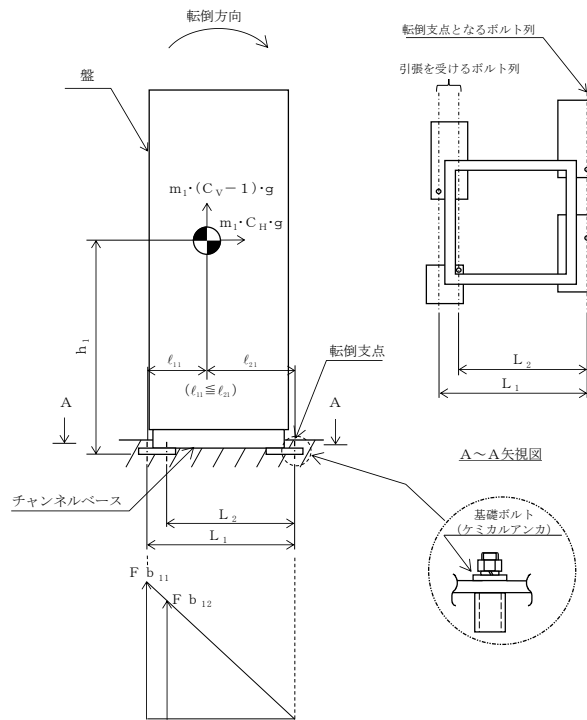


図5-1(8) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(5)、図5-1(6)、図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(5)、図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(7)、図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

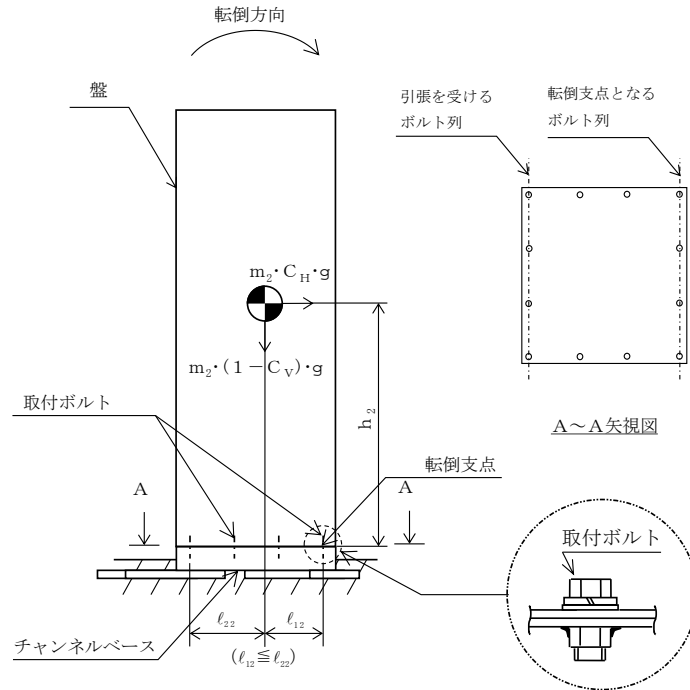


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

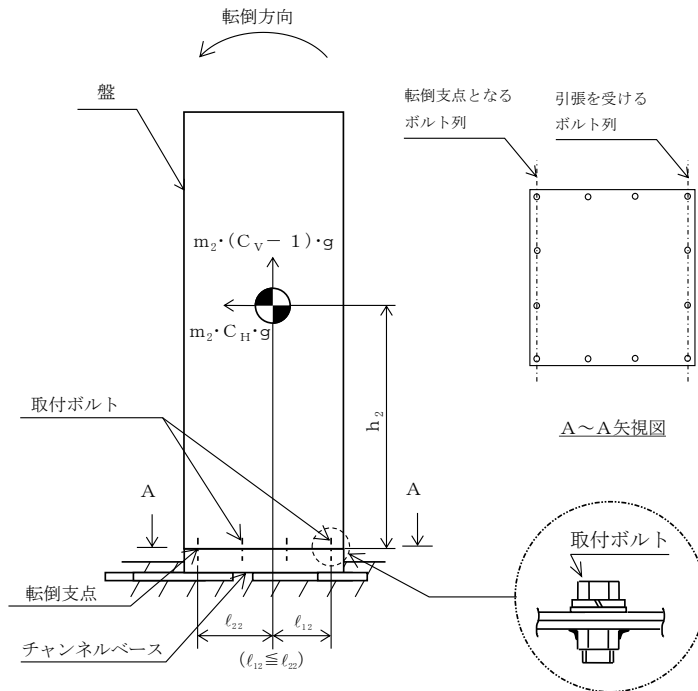


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

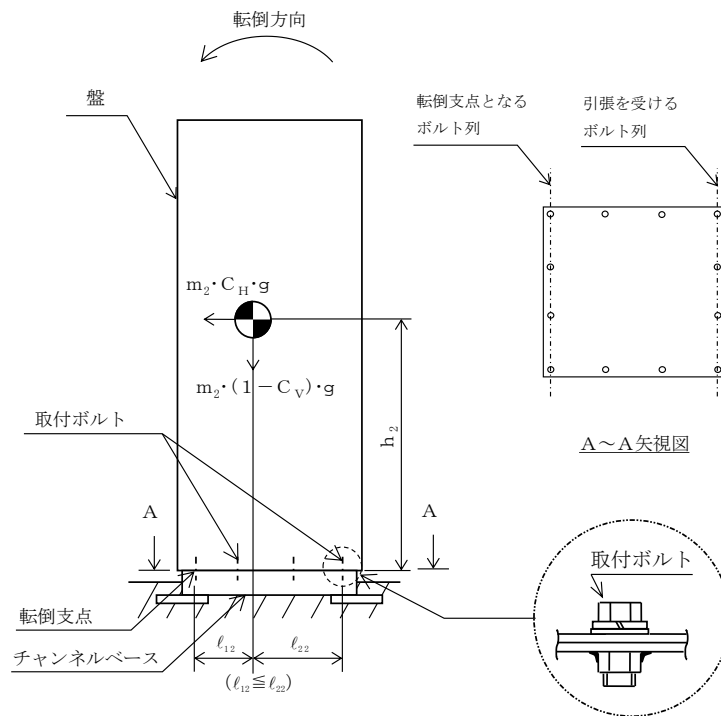


図5-2(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

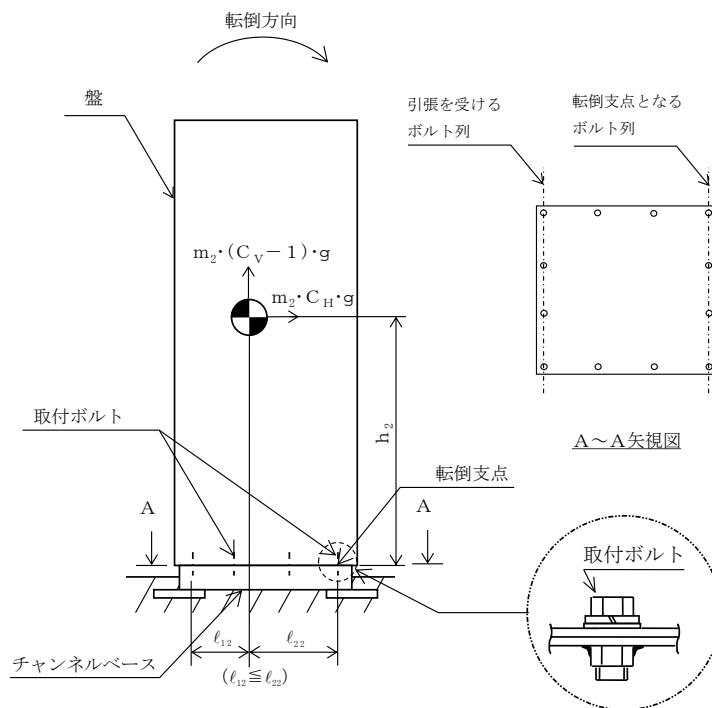


図5-2(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)、図5-2(2)、図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-格納容器 H2/O2 濃度計盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1)	S	制御室建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.22* ²	C _V =0.54* ²	C _H =2.36* ³	C _V =1.06* ³	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1417	16 (M16)	201.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1280	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	260	385	下表に示す	211	253	短辺方向	短辺方向
	下表に示す	390	550	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	645	440	140
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	1	1	1

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂
	940	800
	n _{f1}	n _{f2}
	1	1

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	320	410	4	211	253	短辺方向	短辺方向
	310	470	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=61$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=132$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=36$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

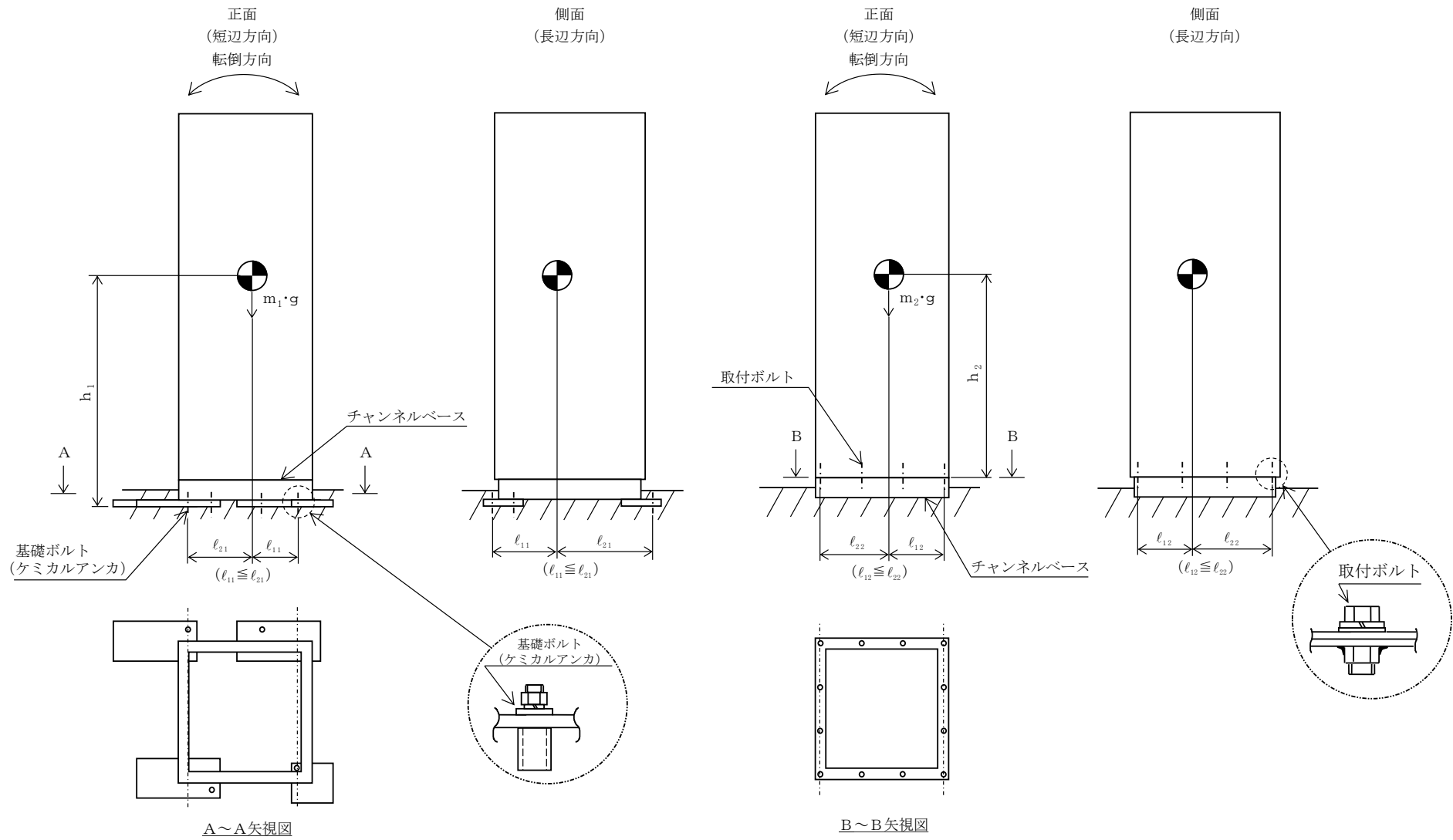
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973A-1)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-33 B-格納容器 H2/02 濃度計盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B-格納容器 H2/O2 濃度計盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>B-格納容器H2/O2濃度計盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【B-格納容器 H2/O2 濃度計盤】</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(長辺方向)</p>

(単位：mm)

2.2 評価方針

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

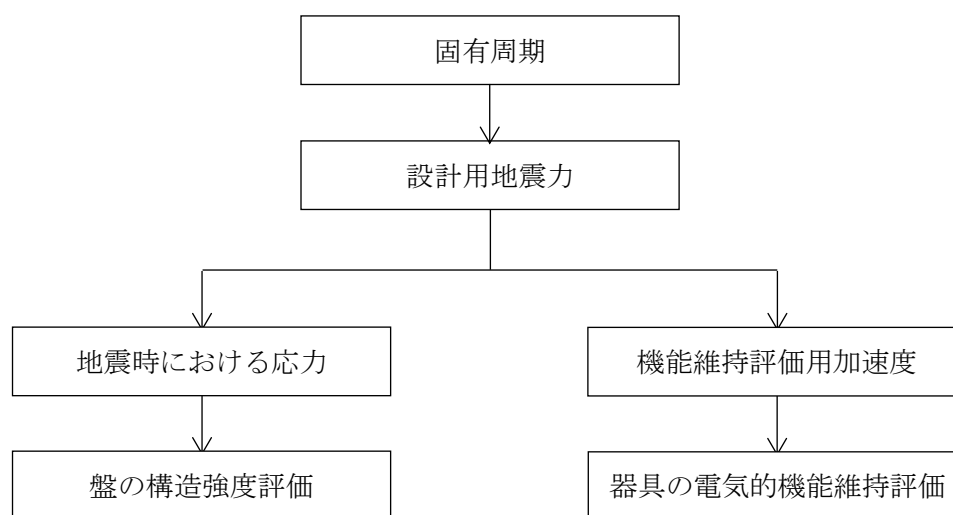


図 2-1 B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルト及び基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

B-格納容器 H2/02 濃度計盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

B-格納容器 H2/02 濃度計盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

B-格納容器 H2/02 濃度計盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	B-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	B-格納容器 H2/O2 濃度計盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.71 ^{*2}	C _V =0.77 ^{*2}	C _H =3.41 ^{*3}	C _V =1.58 ^{*3}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.41 ^{*2}	C _V =1.58 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

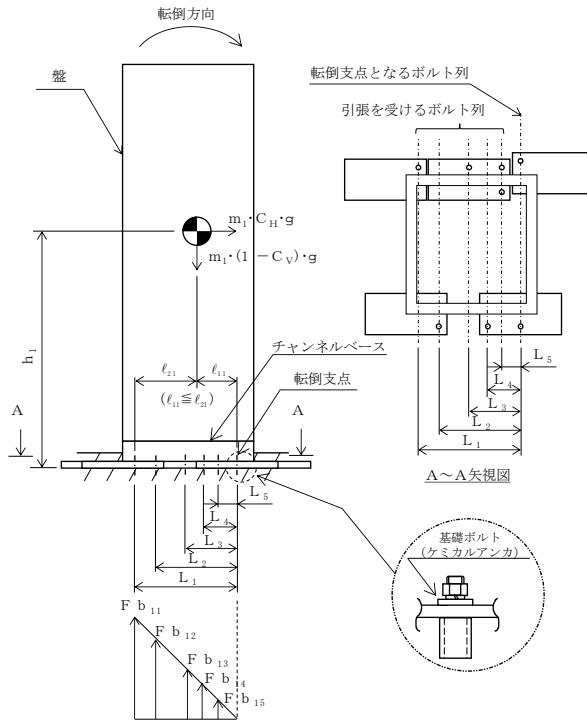


図5-1(1) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

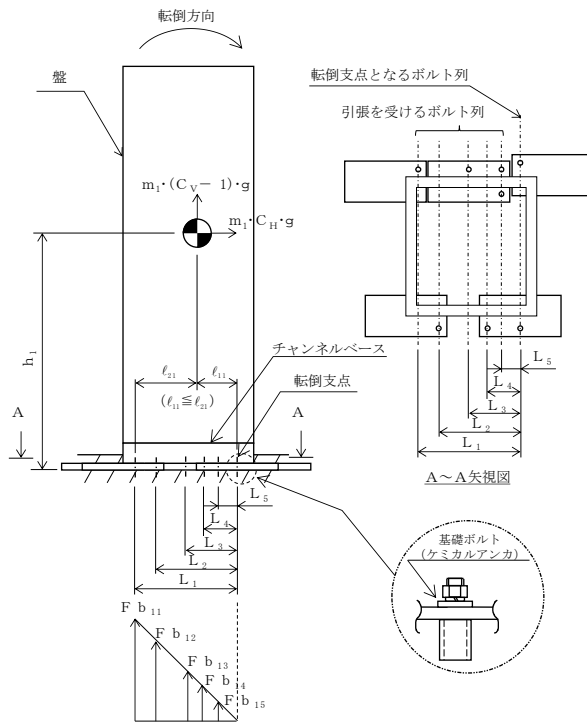


図5-1(2) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

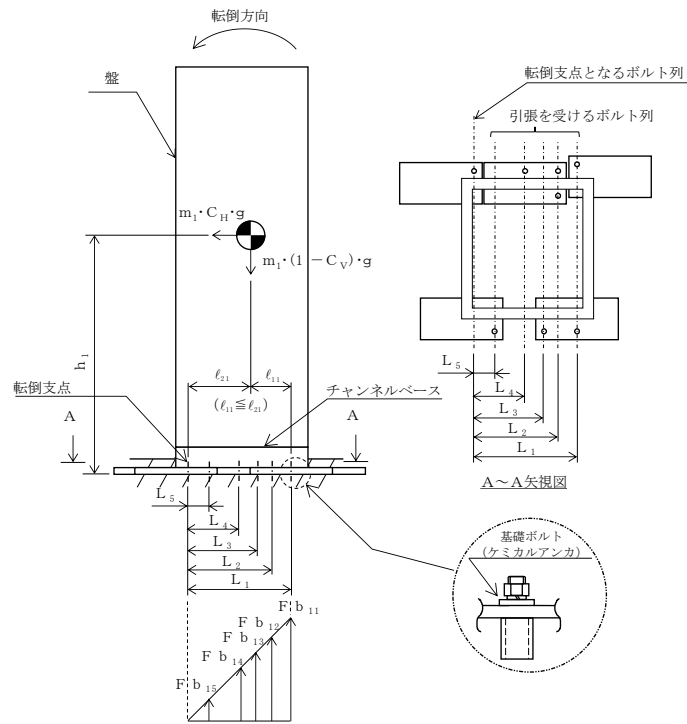


図5-1(3) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

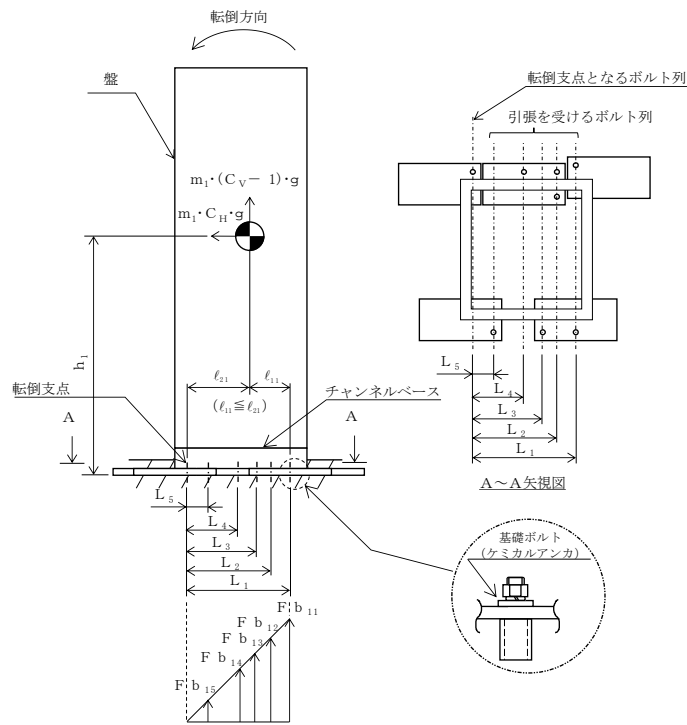


図5-1(4) 計算モデル

(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

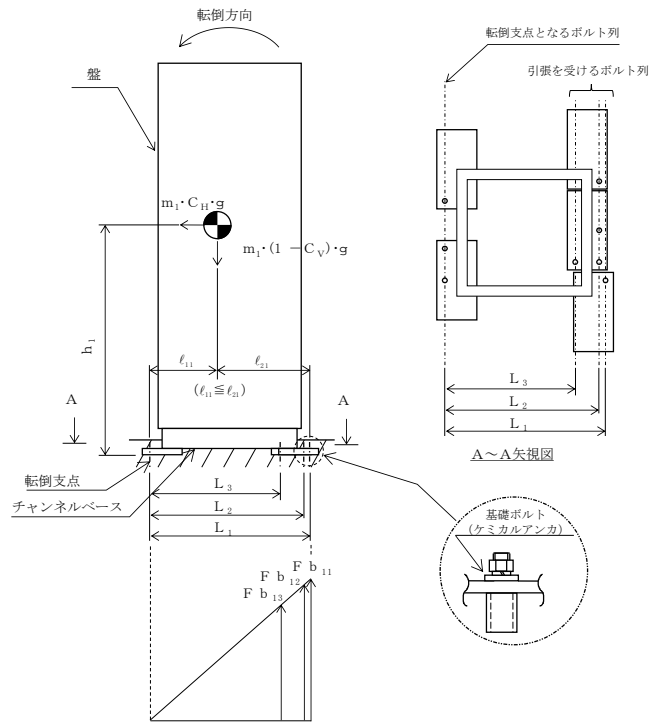


図5-1(5) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

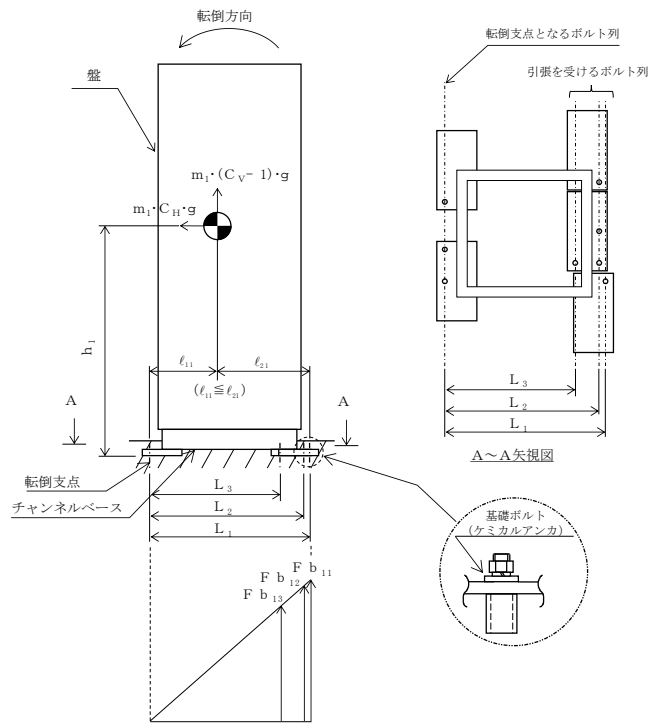


図5-1(6) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{11} 側転倒支点の場合)

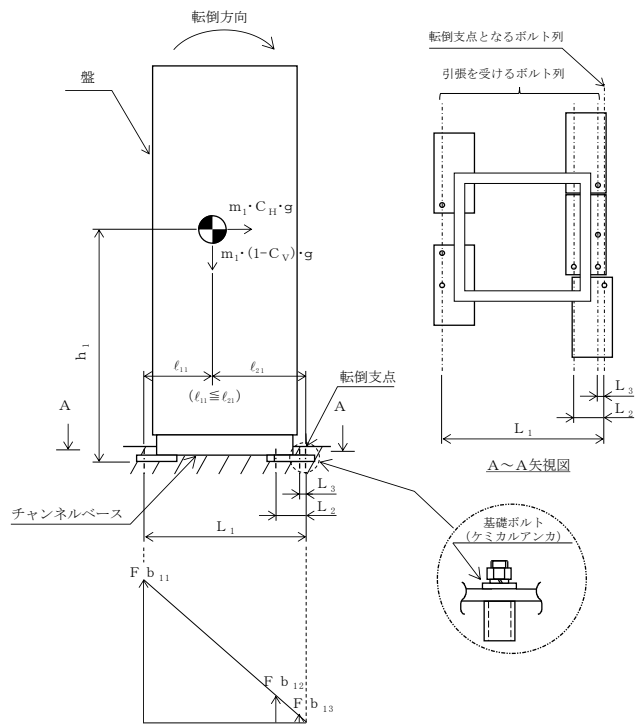


図5-1(7) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) \geq 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

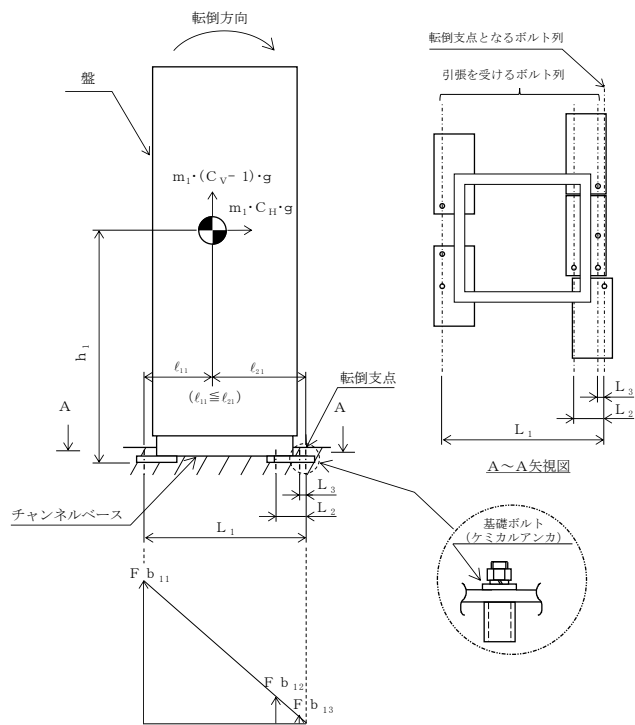


図5-1(8) 計算モデル

(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_V) < 0$, l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(5)、図5-1(6)、図5-1(7)及び図5-1(8)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(5)、図5-1(6)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)、図5-1(4)、図5-1(7)、図5-1(8)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots \dots \dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots \dots \dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

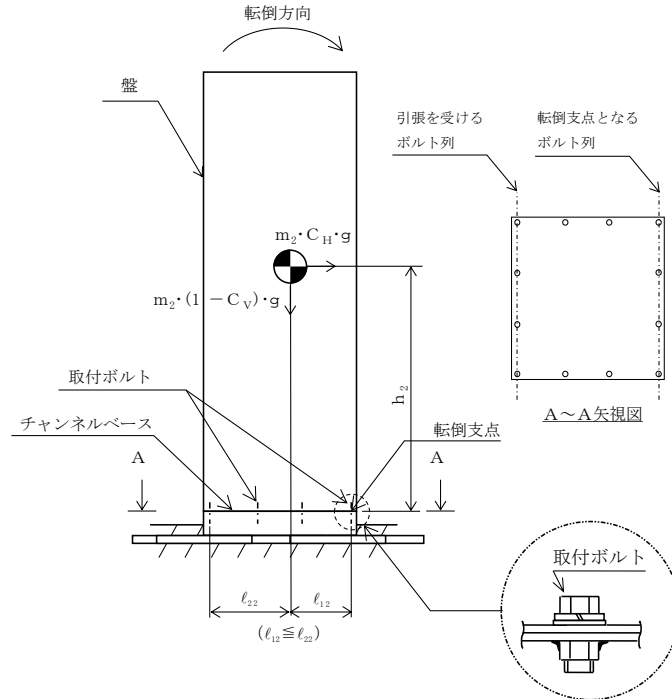


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

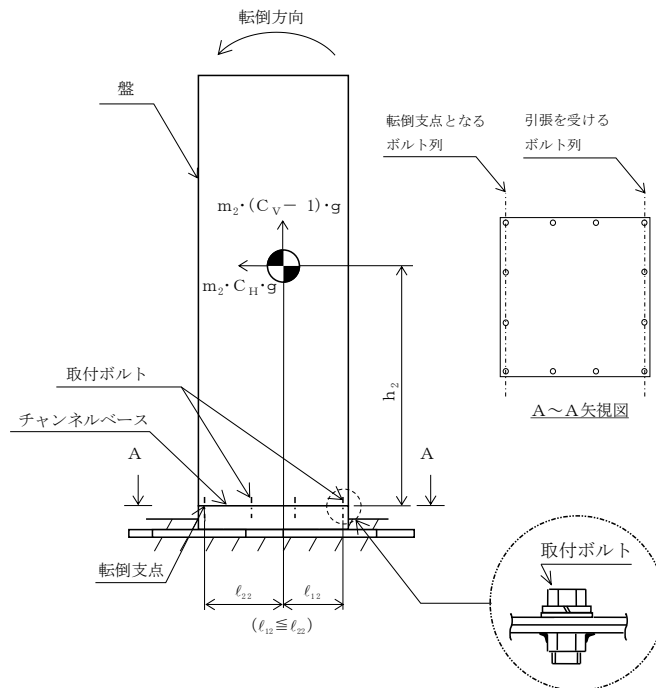


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

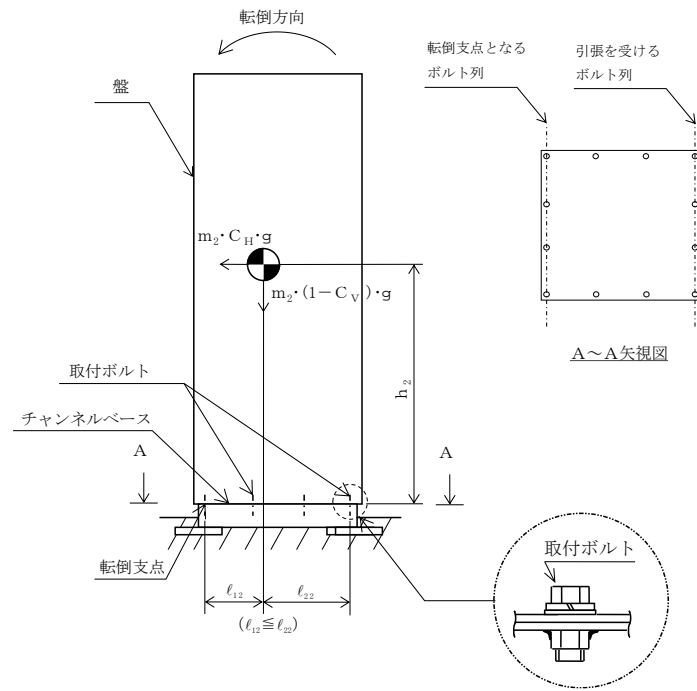


図5-2(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

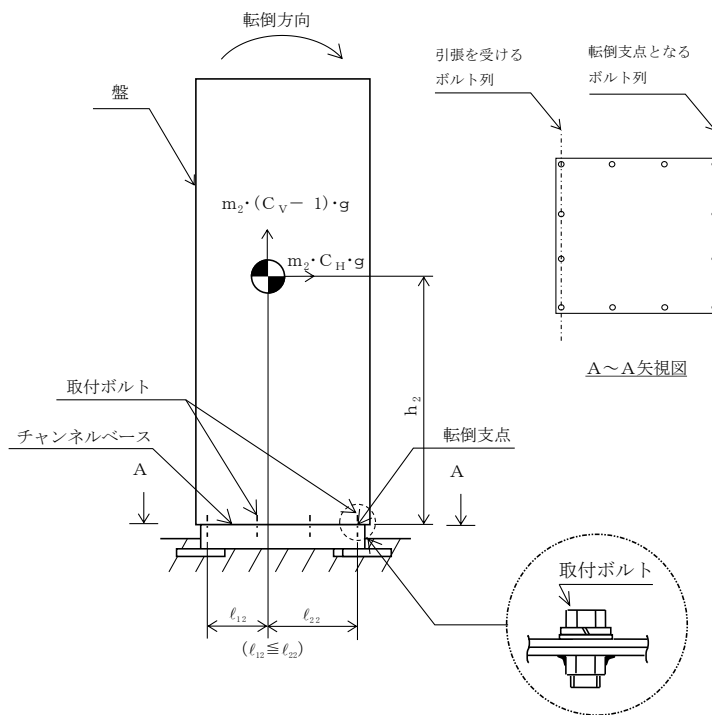


図5-2(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)、図5-2(2)、図5-2(3)及び図5-2(4)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-2(1)及び5-2(3)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{12} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

計算モデル図5-2(2)及び5-2(4)の場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B-格納容器 H2/O2 濃度計盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1)	S	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.71 ^{*2}	C _V =0.77 ^{*2}	C _H =3.41 ^{*3}	C _V =1.58 ^{*3}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1417	16 (M16)	201.1	8	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1280	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	255	370	下表に示す	211	253	短辺方向	短辺方向
	下表に示す	420	590	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
	625	500	325	200	125
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}
	1	1	1	1	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	1010	190	40
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	3	1	3

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	320	410	4	211	253	短辺方向	短辺方向
	310	470	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=71$	$f_{ts1}=126^*$	$\sigma_{b1}=149$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=97$	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=54$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1) の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備



2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1417	16 (M16)	201.1	8	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1280	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	255	370	下表に示す	—	253	—	短辺方向
	下表に示す	420	590	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
	625	500	325	200	125
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}
	1	1	1	1	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃
	1010	190	40
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}
	3	1	3

部材	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	320	410	4	—	253	—	短辺方向
	310	470	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=149$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=54$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

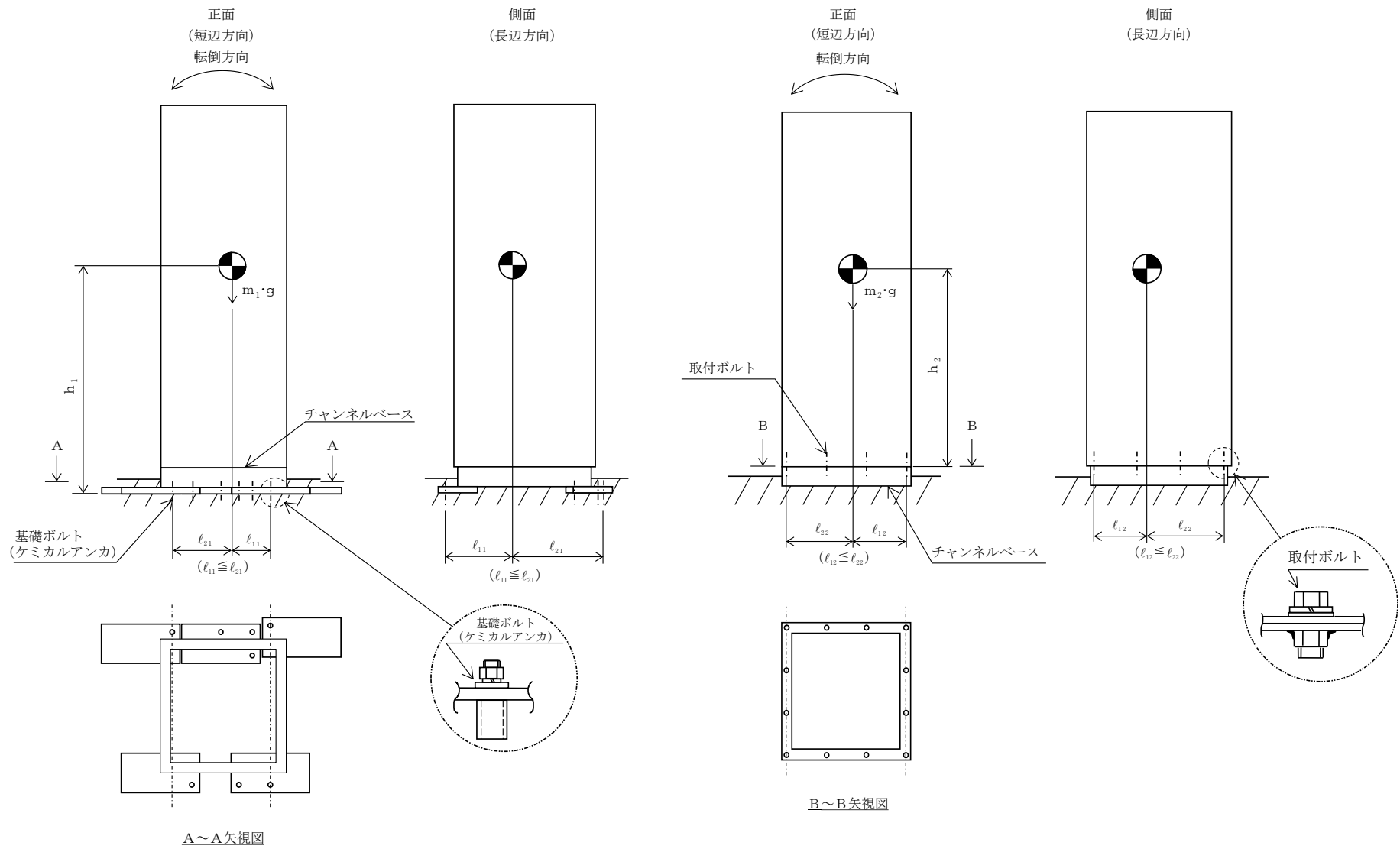
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-格納容器 H2/O2 濃度計盤 (2-973B-1)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-35 AM設備制御盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	19
6. 機能維持評価	20
6.1 電氣的機能維持評価方法	20
7. 評価結果	21
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、AM設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

AM設備制御盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

AM設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>AM設備制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物に固定され、後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【AM設備制御盤】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(短辺方向)</p> <p>溶接</p> <p>後打金物</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

AM設備制御盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すAM設備制御盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、AM設備制御盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

AM設備制御盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

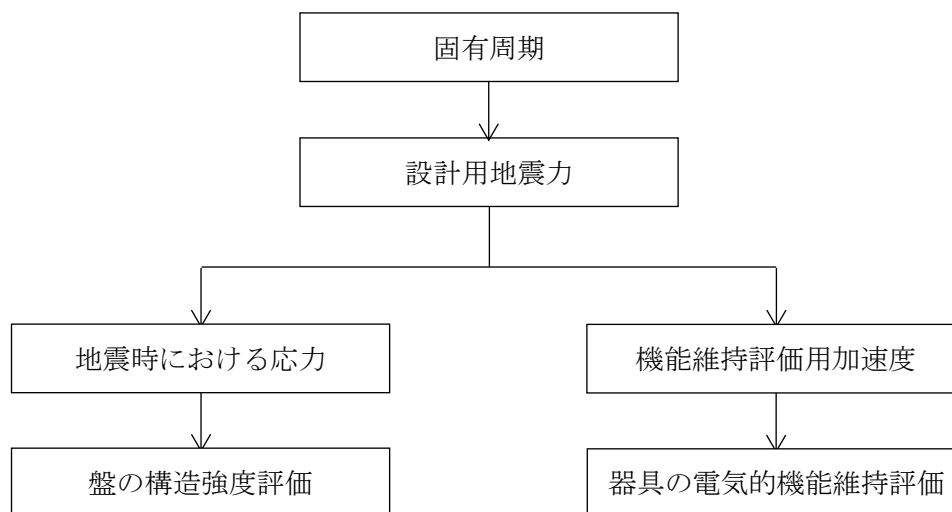


図2-1 AM設備制御盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{bij}	転倒支点から距離が等しいボルト群に作用する引張力* ¹ , * ²	N
F_{b1i}	l_{1i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{b2i}	l_{2i} 側を転倒支点とする場合のボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ³	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ⁴	mm
L_j	転倒支点とボルト j 間の距離* ²	mm
m_i	盤の質量* ³	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (直立形) * ¹	—
n_{fj}	評価上引張力を受けるとして期待する転倒支点からの距離 L_j のボルトの本数* ²	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*2: F_{bij} , L_j , n_{fj} の添字 j の意味は、以下のとおりとする。

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

*3: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

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

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

AM設備制御盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

AM設備制御盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

AM設備制御盤の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。AM設備制御盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

AM設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

5.2.2 許容応力

AM設備制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

AM設備制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	AM設備制御盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記*：SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
AM設備 制御盤 (2-974)	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}	□	□	—	—	C _H =3.41 ^{*2}	C _V =1.58 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

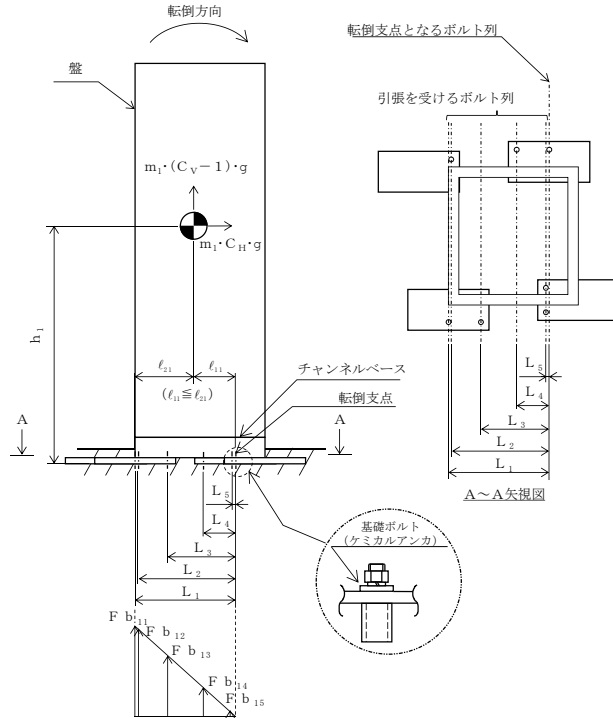


図5-1(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 l_{11} 側転倒支点の場合)

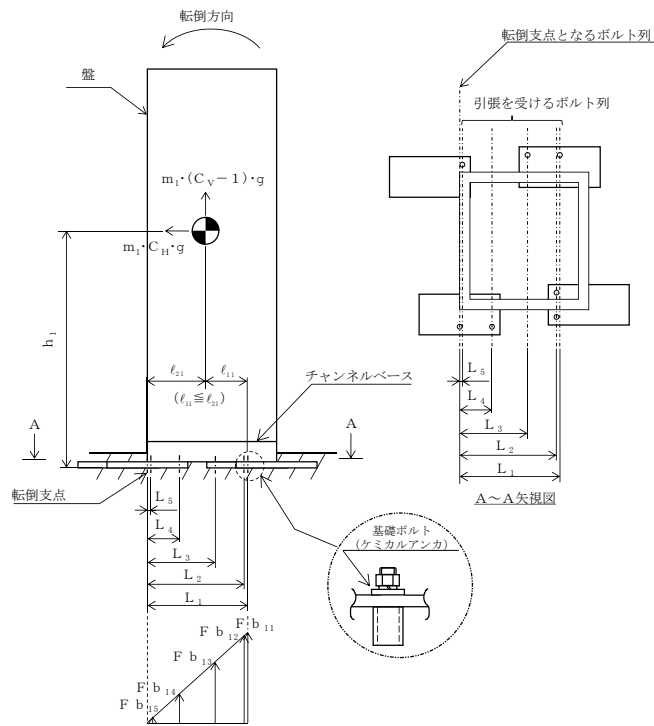


図5-1(2) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒 l_{21} 側転倒支点の場合)

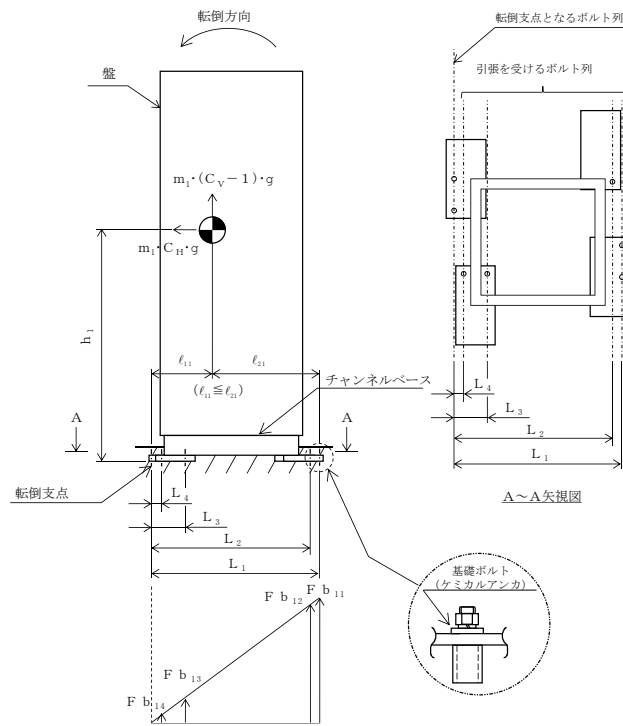


図5-1(3) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 l_{11} 側転倒支点の場合)

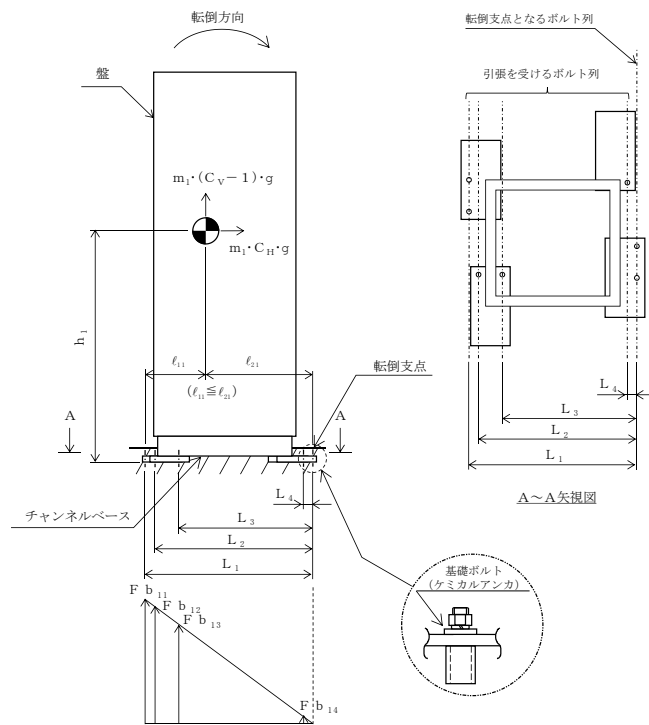


図5-1(4) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒 l_{21} 側転倒支点の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1(1)、図5-1(2)、図5-1(3)及び図5-1(4)でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)、図5-1(3)の場合の引張力

$$F_{b11} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{11} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(2)、図5-1(4)の場合の引張力

$$F_{b21} = \frac{L_1 \cdot (m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g - m_1 \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21} \cdot g)}{n_{f1} \cdot L_1^2 + \dots + n_{fj} \cdot L_j^2} \dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

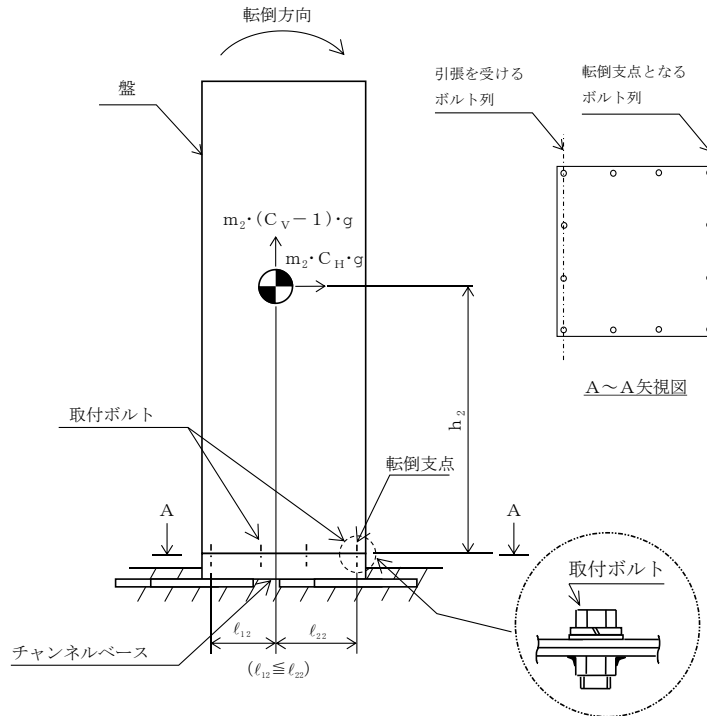


図5-2(1) 計算モデル
(直立形 短辺方向転倒の場合)

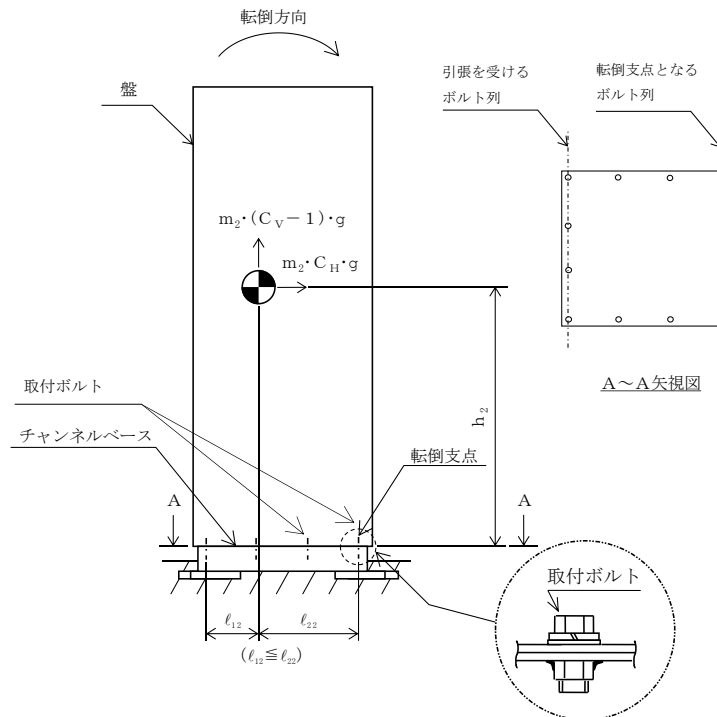


図5-2(2) 計算モデル
(直立形 長辺方向転倒の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図5-2(1)及び図5-2(2)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g - m_2 \cdot (1 - C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【AM設備制御盤（2-974）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【AM設備制御盤（2-974）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

AM設備制御盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

AM設備制御盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
AM設備制御盤 (2-974)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

AM設備制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【AM設備制御盤（2-974）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
AM設備制御盤 (2-974)	常設耐震/防止 常設/緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1437	16 (M16)	201.1	7	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1300	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	L _j (mm)	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	n _{fj}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	下表に示す	260	360	下表に示す	—	253	—	短辺方向
	下表に示す	380	630	下表に示す				

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

基礎ボルト (短辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
	620	580	420	200	20
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}	n _{f5}
	1	1	1	1	2

基礎ボルト (長辺方向)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
	1010	970	180	30
	n _{f1}	n _{f2}	n _{f3}	n _{f4}
	2	1	1	1

部材	ℓ _{1i} * (mm)	ℓ _{2i} * (mm)	n _{fi} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	325	405	4	—	253	—	短辺方向
	270	510	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=145$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=21$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=63$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

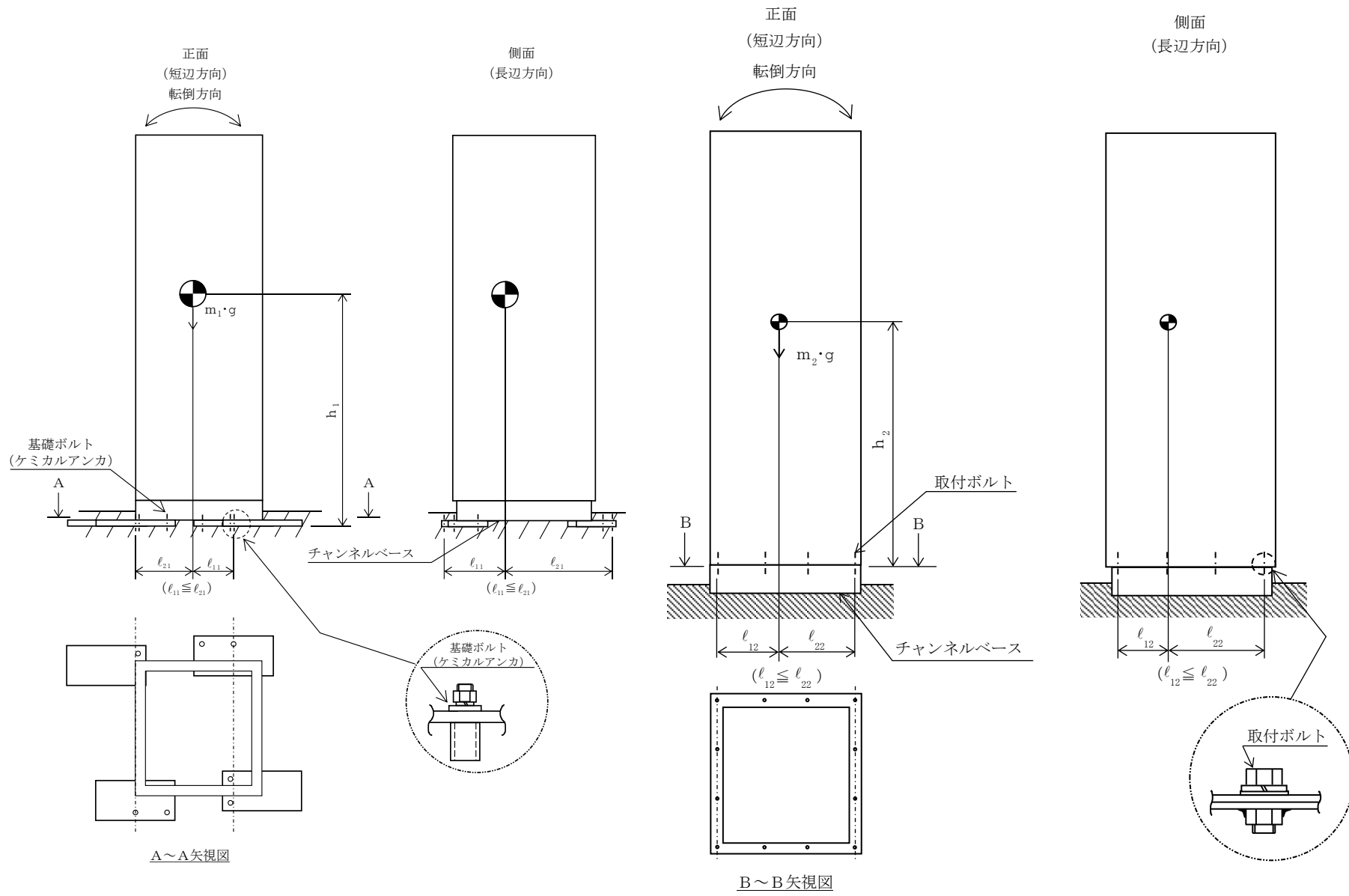
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
AM設備制御盤 (2-974)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-38 重大事故操作盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、重大事故操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

重大事故操作盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、重大事故操作盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

重大事故操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>重大事故操作盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓)</p>	<p>【重大事故操作盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

重大事故操作盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位 : s)

重大事故操作盤 (2-1002)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

重大事故操作盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

重大事故操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

重大事故操作盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

重大事故操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【重大事故操作盤（2-1002）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	重大事故操作盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

重大事故操作盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

重大事故操作盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
重大事故操作盤 (2-1002)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

重大事故操作盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【重大事故操作盤 (2-1002) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
重大事故操作盤 (2-1002)	常設耐震/防止 常設/緩和	制御室建物 EL 16.9 ^{*1}			—	—	C _H =3.41 ^{*2}	C _V =1.58 ^{*2}	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		770	16 (M16)	201.1	22	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		670	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} [*] (mm)	l _{2 i} [*] (mm)	n _{f i} [*]	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	235	345	8	—	253	—	長辺方向
	725	805	2				
取付ボルト (i=2)	235	345	8	—	276	—	長辺方向
	725	805	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=53$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=44$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

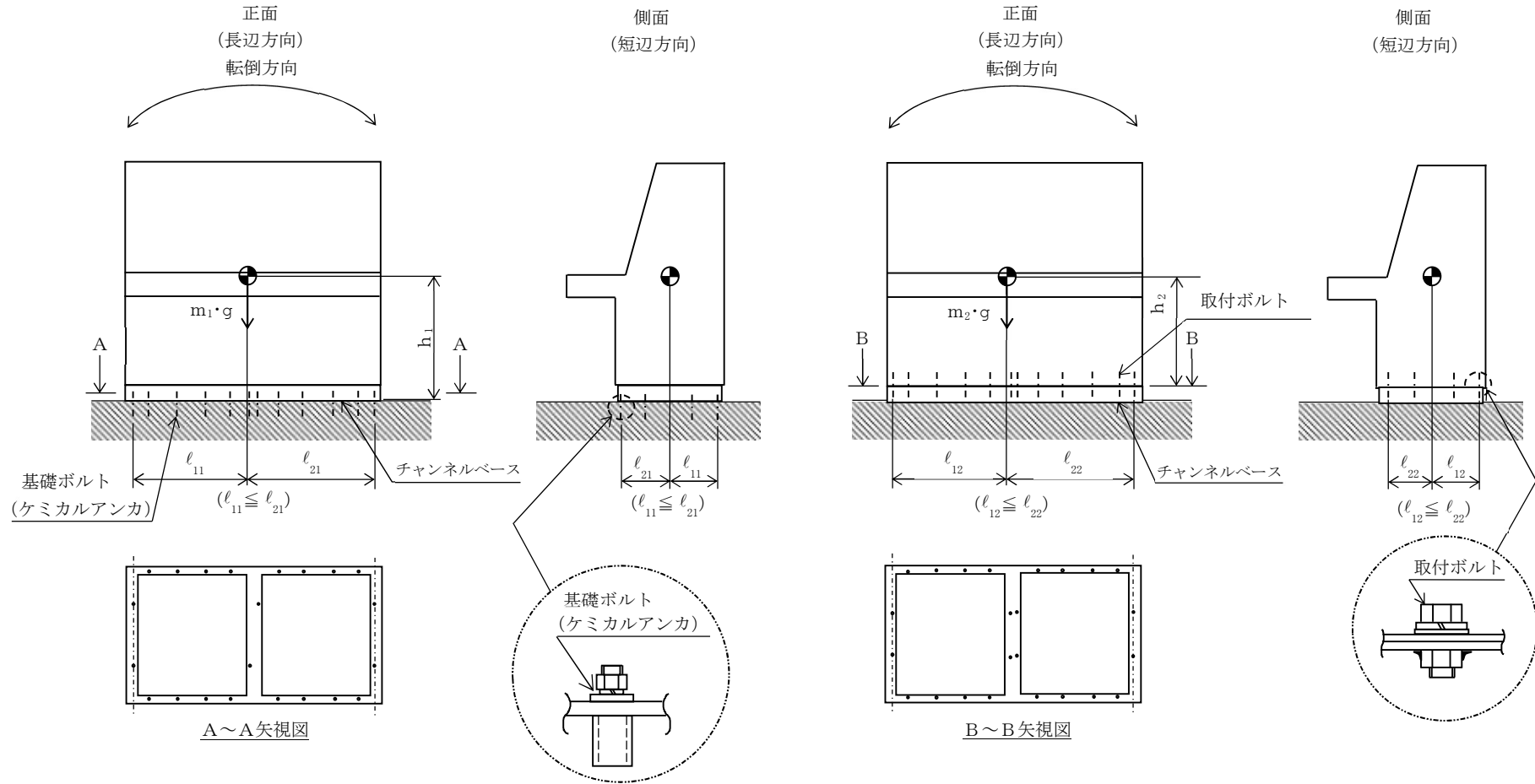
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
重大事故操作盤 (2-1002)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-40 燃料プール熱電対式水位計制御盤の耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、燃料プール熱電対式水位計制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

燃料プール熱電対式水位計制御盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、燃料プール熱電対式水位計制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プール熱電対式水位計制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>燃料プール熱電対式水位計制御盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。</p> <p>チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【燃料プール熱電対式水位計制御盤】</p> <p>正面 1600 2300 側面 1000</p> <p>盤</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>(長辺方向) チャンネルベース (短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

燃料プール熱電対式水位計制御盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

燃料プール熱電対式水位計 制御盤 (2-1111)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

燃料プール熱電対式水位計制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

燃料プール熱電対式水位計制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

燃料プール熱電対式水位計制御盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料プール熱電対式水位計制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プール熱電対式水位計制御盤 (2-1111) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	燃料プール熱電対式水位計 制御盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

燃料プール熱電対式水位計制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

燃料プール熱電対式水位計制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
燃料プール熱電対式水位計制御盤 (2-1111)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プール熱電対式水位計制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料プール熱電対式水位計制御盤 (2-1111) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備



1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
燃料プール熱電対式 水位計制御盤 (2-1111)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 28.8 (EL 30.5 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.33 ^{*2}	C _V =2.31 ^{*2}	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1400	16 (M16)	201.1	18	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		1300	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} [*] (mm)	l _{2 i} [*] (mm)	n _{f i} [*]	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	380	510	5	—	253	—	長辺方向
	690	850	3				
取付ボルト (i=2)	375	505	8	—	276	—	長辺方向
	685	845	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=77$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=106$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

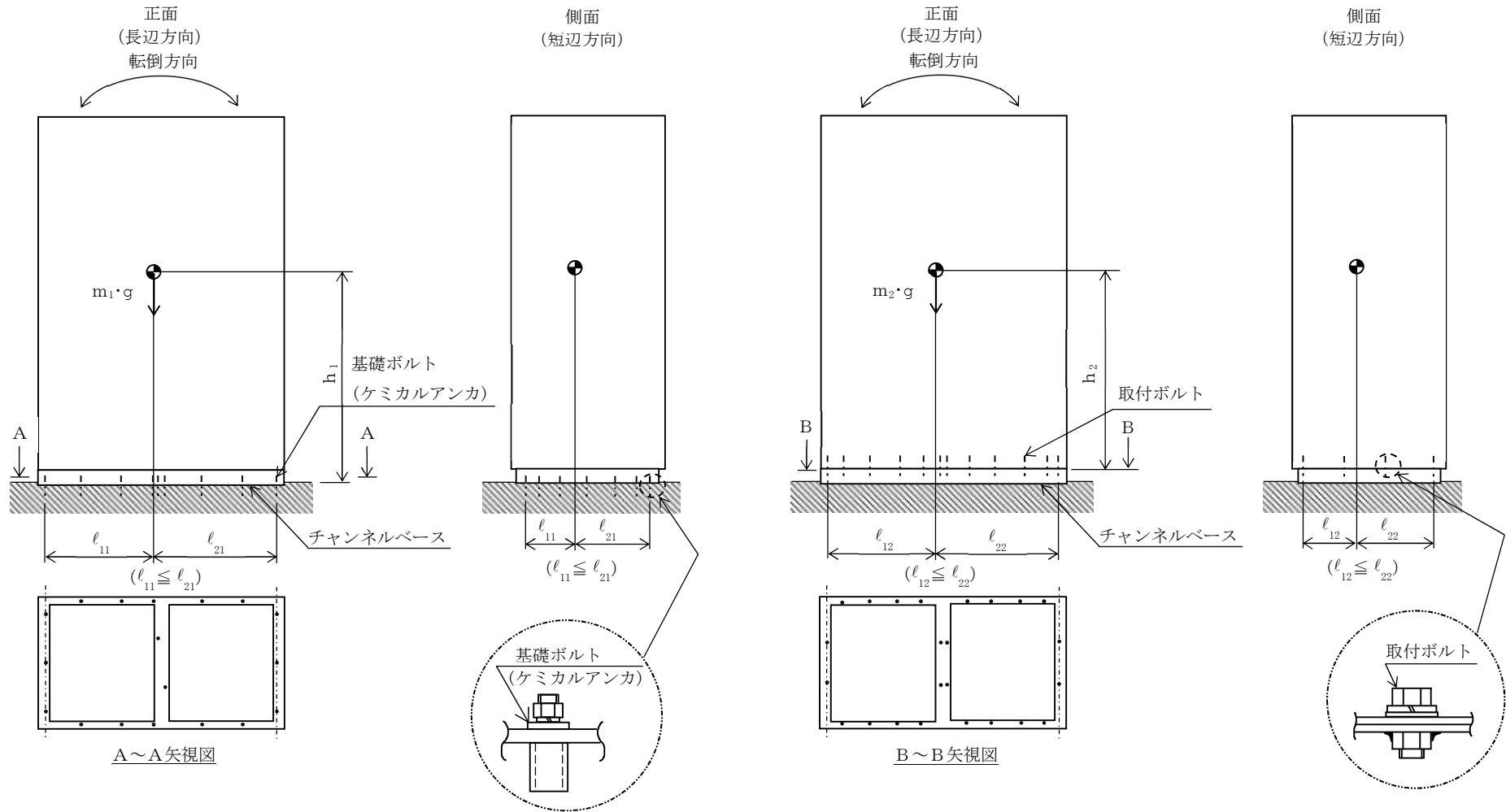
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料プール熱電対式 水位計制御盤 (2-1111)	水平方向	1.95	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.94	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-41 燃料プール水位計変換器盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、燃料プール水位計変換器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

燃料プール水位計変換器盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、燃料プール水位計変換器盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プール水位計変換器盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
燃料プール水位計変換器盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

燃料プール水位計変換器盤の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。試験の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

燃料プール水位計変換器盤 (2-1219)	水平	
	鉛直	

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

燃料プール水位計変換器盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

燃料プール水位計変換器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

燃料プール水位計変換器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料プール水位計変換器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プール水位計変換器盤（2-1219）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	燃料プール水位計変換器盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度			—
取付ボルト		周囲環境温度			—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

燃料プール水位計変換器盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

燃料プール水位計変換器盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の模擬地震波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
燃料プール水位計変換器盤 (2-1219)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プール水位計変換器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料プール水位計変換器盤（2-1219）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
燃料プール水位計変換器盤 (2-1219)	常設/防止 常設/緩和				—	—			

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)							
取付ボルト (i=2)							

部材	l _{1 i} *2 (mm)	l _{2 i} *2 (mm)	n _{f i} *2	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				—		—	長辺方向
取付ボルト (i=2)				—		—	長辺方向

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張	—	—		
		せん断	—	—		
取付ボルト (i=2)		引張	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

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

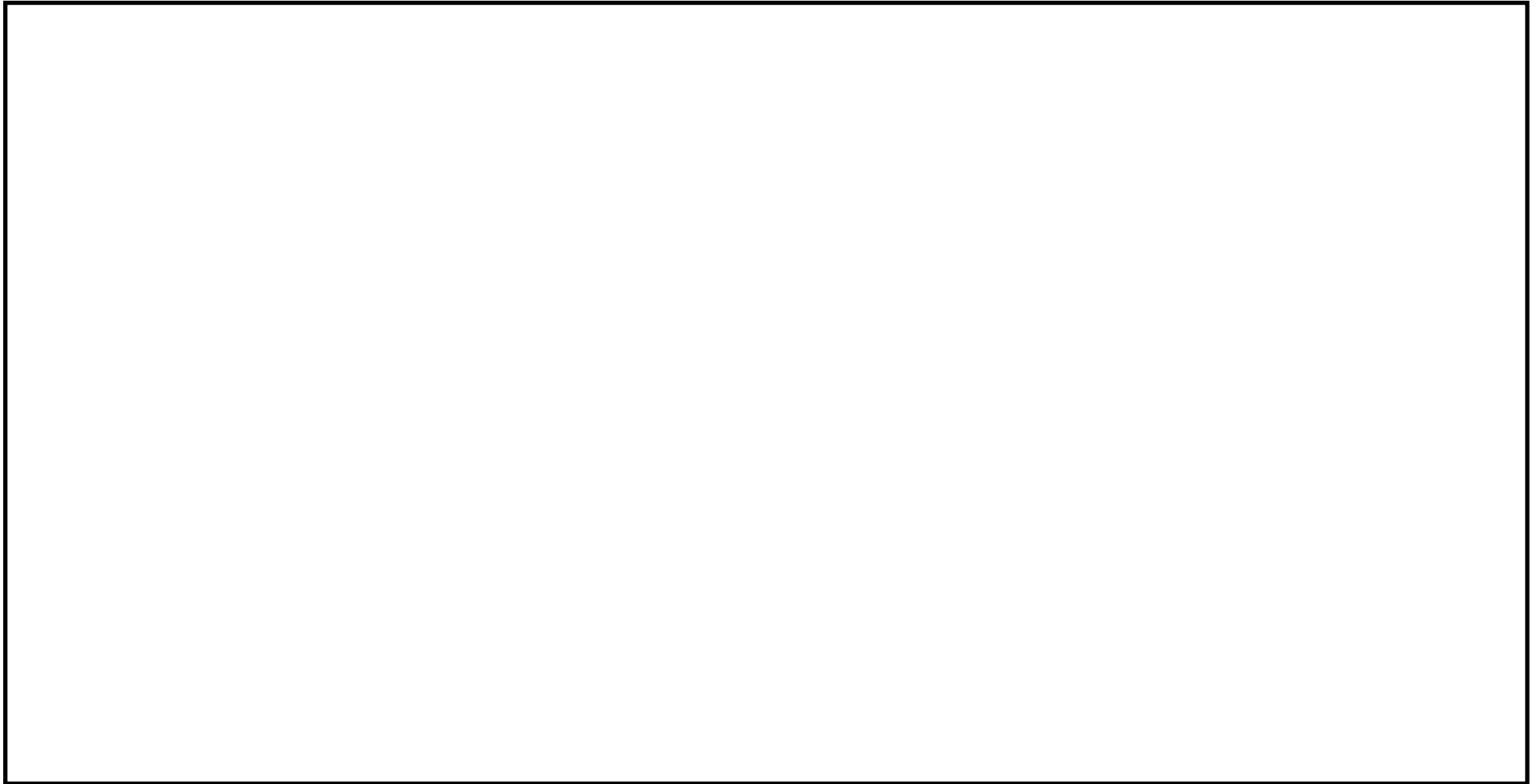
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料プール水位計 変換器盤 (2-1219)	水平方向		
	鉛直方向		

注記* : 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-43 A-SRM/I RM前置増幅器盤
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、A-SRM/I RM前置増幅器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

A-SRM/I RM前置増幅器盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-SRM/I RM前置増幅器盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>A-SRM/I RM前置増幅器盤は、溶接にてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは、溶接にて壁に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【A-SRM/I RM前置増幅器盤】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向) (単位：mm)</p>

2.2 評価方針

A-SRM/I RM前置増幅器盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すA-SRM/I RM前置増幅器盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、A-SRM/I RM前置増幅器盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

A-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

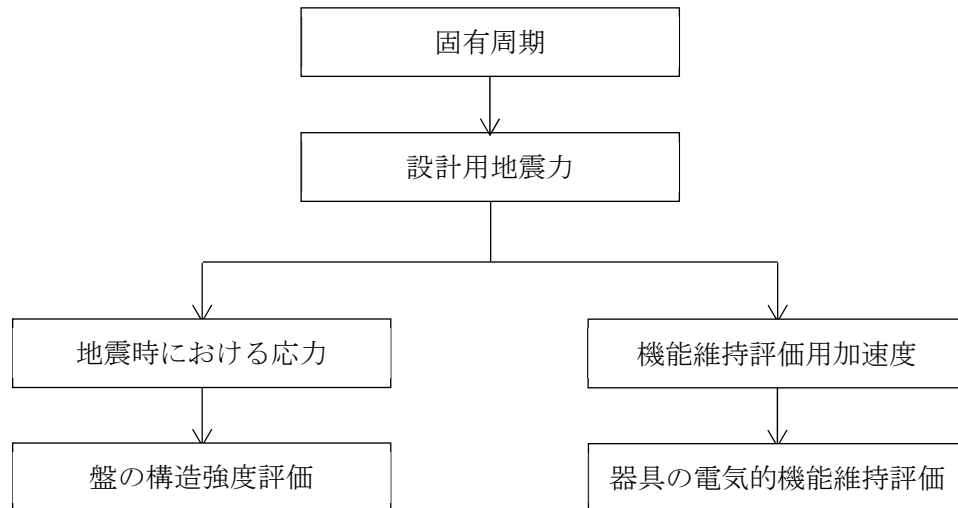


図2-1 A-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び盤に対し左右方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び盤に対し前後方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l'	溶接の有効長さ	mm
l	重心と下側溶接部までの距離	mm
l_a	側面(左右)溶接部間の距離	mm
l_b	上側溶接部と下側溶接部間の距離	mm
m	盤の質量	kg
n_w	溶接部の数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向溶接数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向溶接数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
σ	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

A-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。

A-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

A-SRM/I RM前置増幅器盤の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。A-SRM/I RM前置増幅器盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

A-SRM/I RM前置増幅器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

A-SRM/I RM前置増幅器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

A-SRM/I RM前置増幅器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	A-SRM/I RM 前置増幅器盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

6

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	A-SRM/I RM 前置増幅器盤	常設耐震/防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとして ⅣA Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	□	□	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	□	□	—	—	$C_H=1.73^{*2}$	$C_V=2.07^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

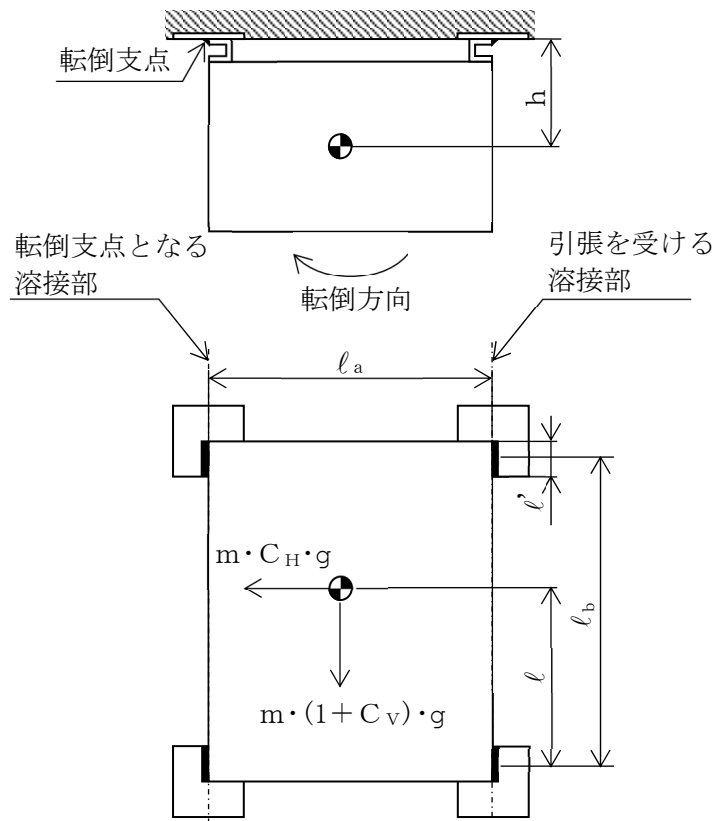


図 5-1 計算モデル (溶接部) (正面方向転倒)

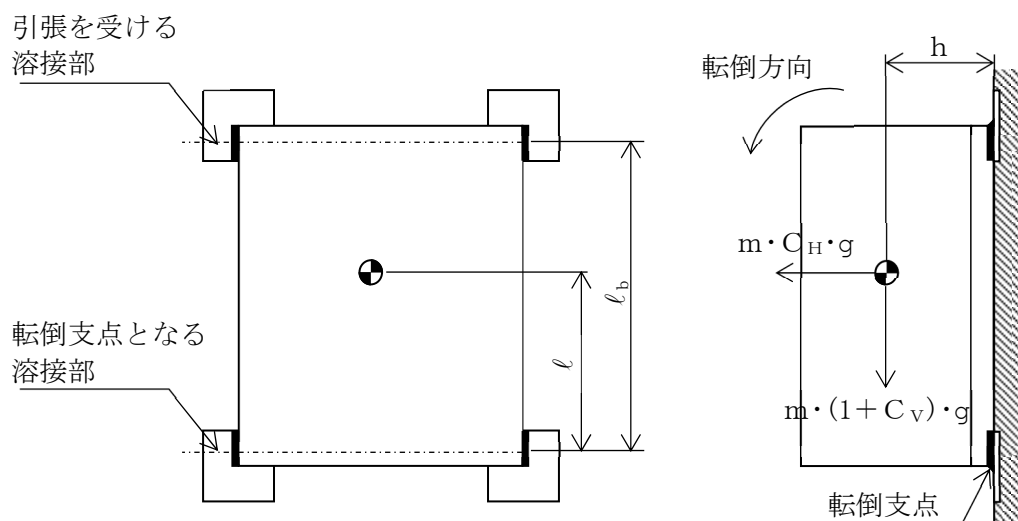


図 5-2 計算モデル (溶接部) (側面方向転倒)

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.10)$$

(3) 組合せ応力 (溶接部)

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-SRM/I RM前置増幅器盤(2-2208A)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

A-SRM/I RM前置増幅器盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

A-SRM/I RM前置増幅器盤の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。A-SRM/I RM前置増幅器盤の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208A)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-SRM/I RM前置増幅器盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

A-SRM/I RM前置増幅器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-SRM/IRM前置増幅器盤 (2-2208A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-SRM/IRM 前置増幅器盤 (2-2208A)	S	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	□	□	C _H =1.19 ^{*2}	C _V =1.10 ^{*2}	C _H =1.73 ^{*3}	C _V =2.07 ^{*3}	100

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	φ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部	□	379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	68	68	側面方向	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 39$	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	$\tau_w = 7$	$f_{sm} = 39$	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	$\sigma = 11$	$f_{sm} = 39$	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208A)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208A)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	□	□	—	—	C _H =1.73 ^{*2}	C _V =2.07 ^{*2}	100

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部	□	379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	—	68	—	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	—	—	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	—	—	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	—	—	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

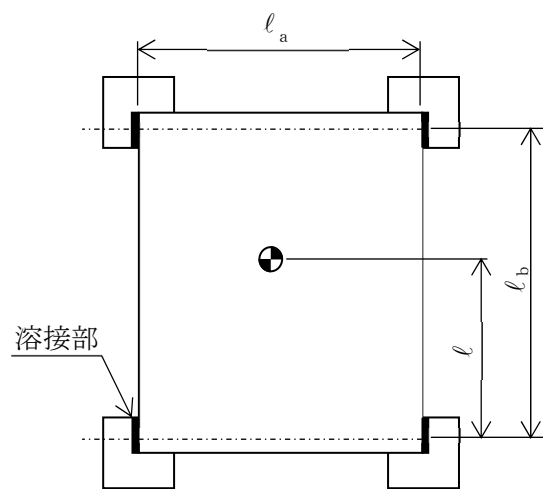
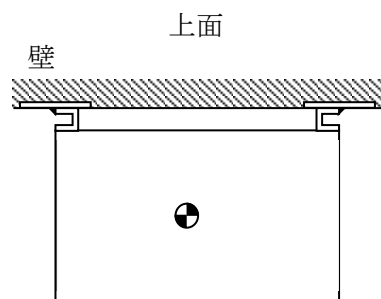
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

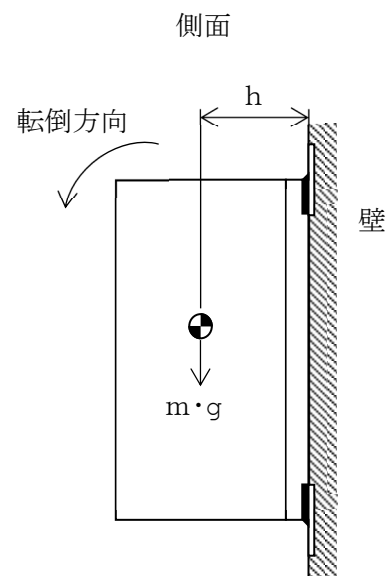
($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208A)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-7-2-44 B-SRM/I RM前置増幅器盤
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B-SRM/I RM前置増幅器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

B-SRM/I RM前置増幅器盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-SRM/I RM前置増幅器盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>B-SRM/I RM前置増幅器盤は、溶接にてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは、溶接にて壁に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【B-SRM/I RM前置増幅器盤】</p> <p>壁</p> <p>上面</p> <p>正面 1000</p> <p>1200</p> <p>盤</p> <p>溶接</p> <p>(正面方向)</p> <p>側面 600</p> <p>壁</p> <p>埋込金物</p> <p>溶接</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(側面方向) (単位：mm)</p>

2.2 評価方針

B-SRM/I RM前置増幅器盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す B-SRM/I RM前置増幅器盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、B-SRM/I RM前置増幅器盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

B-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

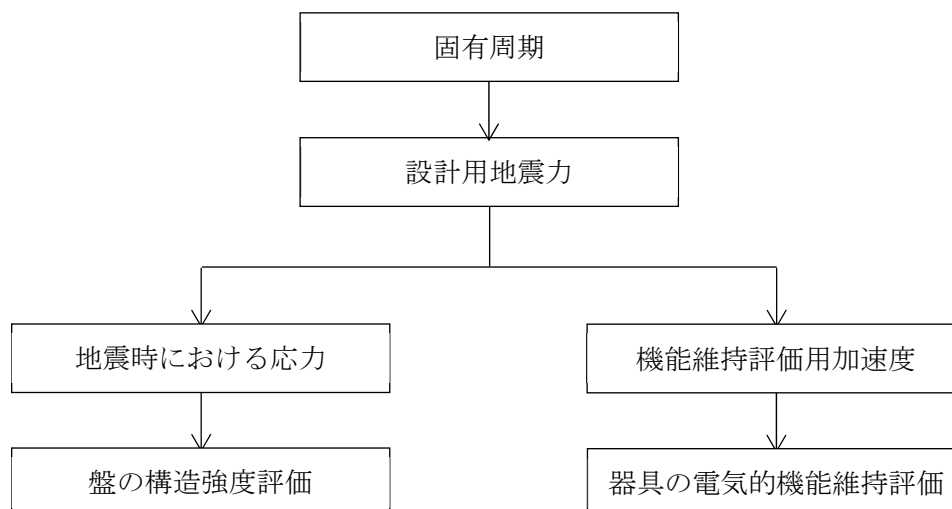


図 2-1 B-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び盤に対し左右方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び盤に対し前後方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l'	溶接の有効長さ	mm
l	重心と下側溶接部までの距離	mm
l_a	側面(左右)溶接部間の距離	mm
l_b	上側溶接部と下側溶接部間の距離	mm
m	盤の質量	kg
n_w	溶接部の数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向溶接数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向溶接数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
σ	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

B-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。

B-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

B-SRM/I RM前置増幅器盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。B-SRM/I RM前置増幅器盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

B-SRM/I RM前置増幅器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

B-SRM/I RM前置増幅器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

B-SRM/I RM前置増幅器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	B-SRM/I RM 前置増幅器盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

6

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	B-SRM/I RM 前置増幅器盤	常設耐震/防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとして ⅣA Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=1.73^{*2}$	$C_V=2.07^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

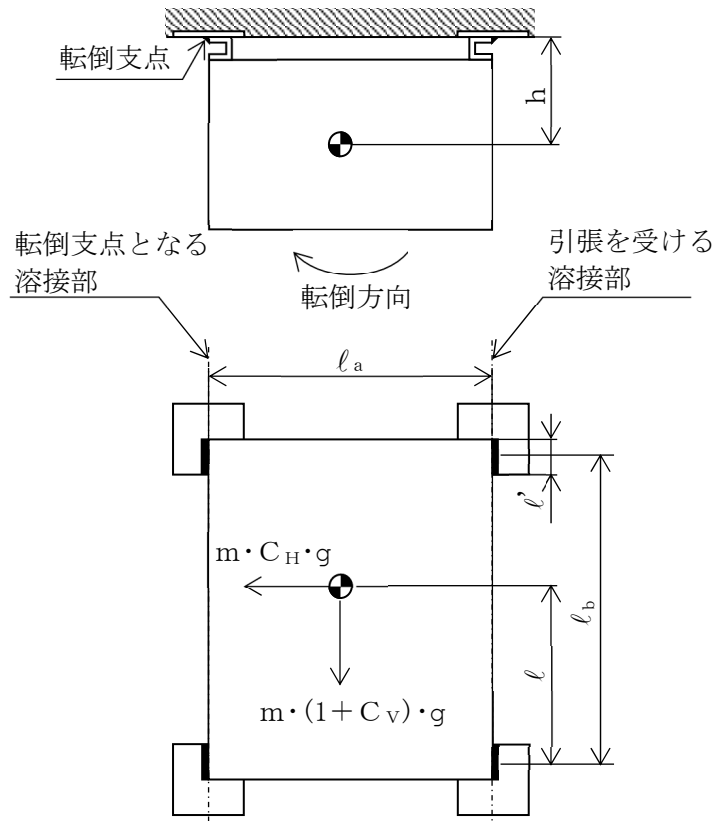


図5-1 計算モデル（溶接部）（正面方向転倒）

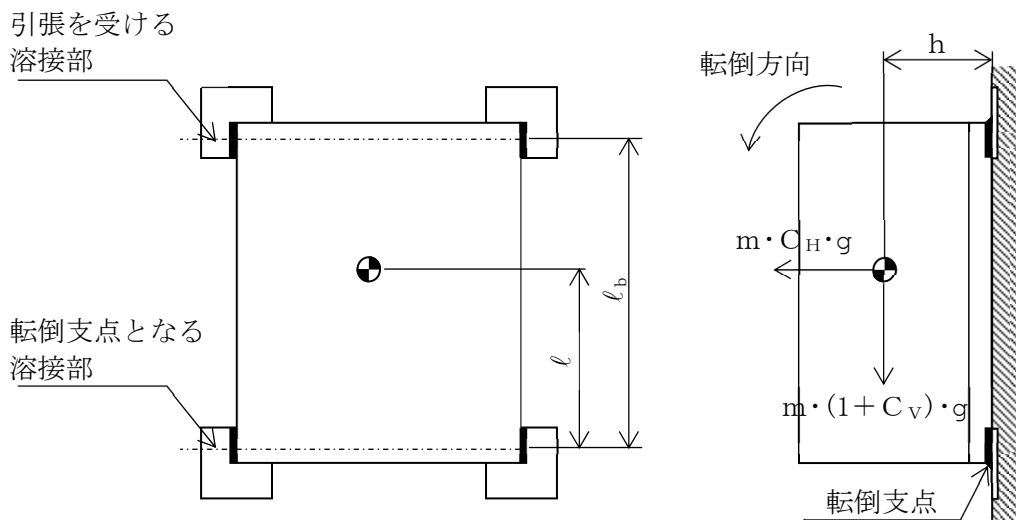


図5-2 計算モデル（溶接部）（側面方向転倒）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.10)$$

(3) 組合せ応力 (溶接部)

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-SRM/I RM前置増幅器盤(2-2208B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

B-SRM/I RM前置増幅器盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

B-SRM/I RM前置増幅器盤の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。B-SRM/I RM前置増幅器盤の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
B-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208B)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-SRM/I RM前置増幅器盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B-SRM/I RM前置増幅器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208B)	S	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19*2	C _V =1.10*2	C _H =1.73*3	C _V =2.07*3	100

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	φ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	597	1000	1100	2	2	68	68	側面方向	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 39$	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	$\tau_w = 7$	$f_{sm} = 39$	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	$\sigma = 11$	$f_{sm} = 39$	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208B)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-SRM / IRM 前置増幅器盤 (2-2208B)	常設耐震 / 防止	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73 ^{*2}	C _V =2.07 ^{*2}	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} *	n _{fV} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	—	68	—	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*：溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	—	—	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	—	—	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	—	—	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

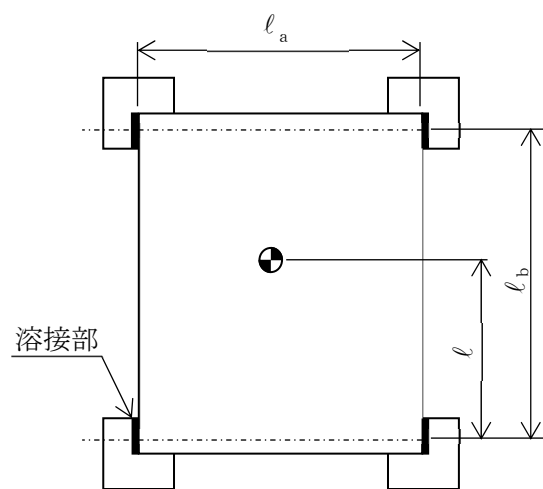
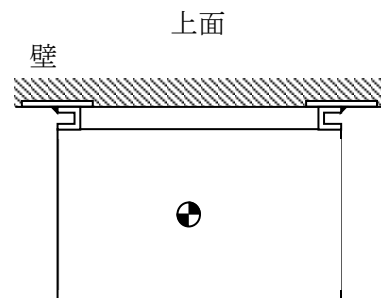
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

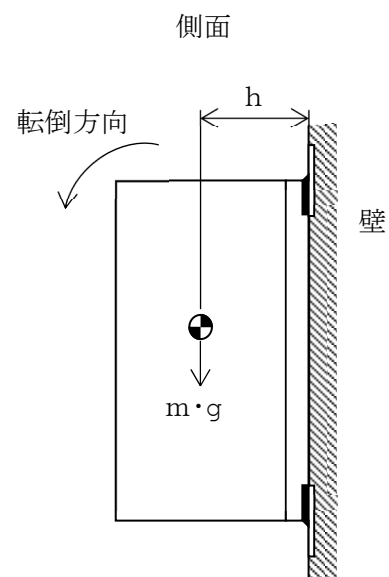
($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208B)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-7-2-45 C-SRM/I RM前置増幅器盤
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、C-SRM/I RM前置増幅器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

C-SRM/I RM前置増幅器盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

C-SRM/I RM前置増幅器盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>C-SRM/I RM前置増幅器盤は、溶接にてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは、溶接にて壁に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【C-SRM/I RM前置増幅器盤】</p> <p>上面</p> <p>正面 1000</p> <p>側面 600</p> <p>1200</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

C-SRM/I RM前置増幅器盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すC-SRM/I RM前置増幅器盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、C-SRM/I RM前置増幅器盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

C-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

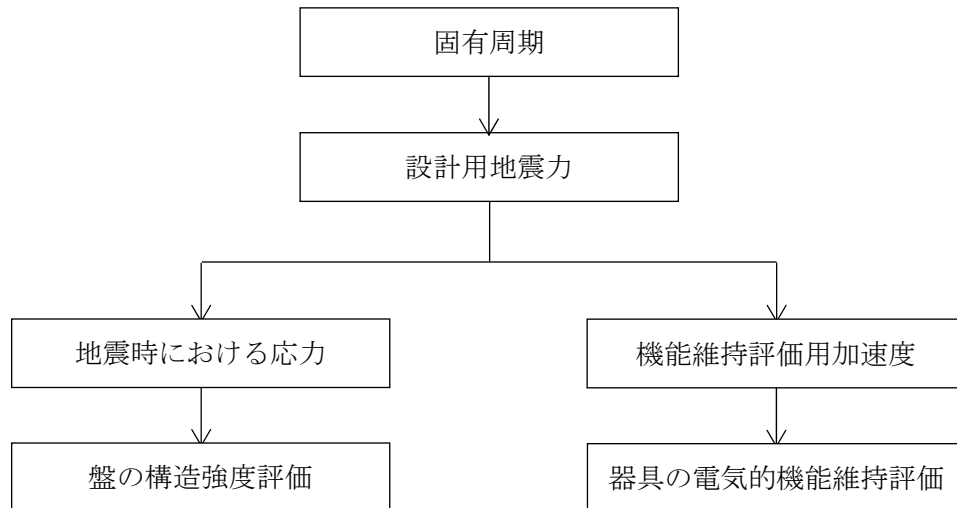


図2-1 C-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び盤に対し左右方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び盤に対し前後方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l'	溶接の有効長さ	mm
l	重心と下側溶接部までの距離	mm
l_a	側面(左右)溶接部間の距離	mm
l_b	上側溶接部と下側溶接部間の距離	mm
m	盤の質量	kg
n_w	溶接部の数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向溶接数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向溶接数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
σ	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

C-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。

C-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

C-SRM/I RM前置増幅器盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。C-SRM/I RM前置増幅器盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

C-SRM/I RM前置増幅器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

C-SRM/I RM前置増幅器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

C-SRM/I RM前置増幅器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	C-SRM/I RM 前置増幅器盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

6

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	C-SRM/I RM 前置増幅器盤	常設耐震/防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとして ⅣA Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=1.73^{*2}$	$C_V=2.07^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

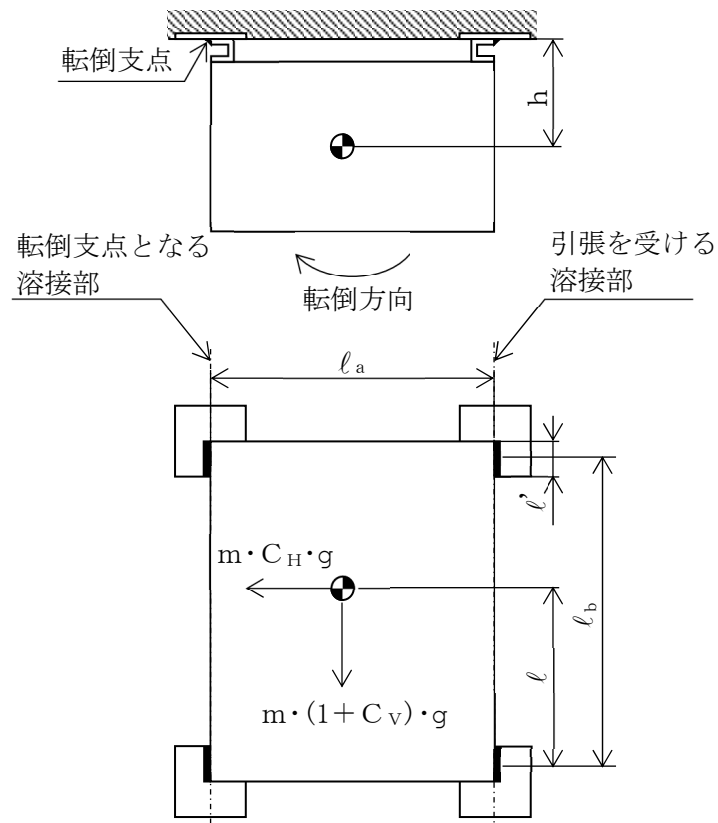


図 5-1 計算モデル (溶接部) (正面方向転倒)

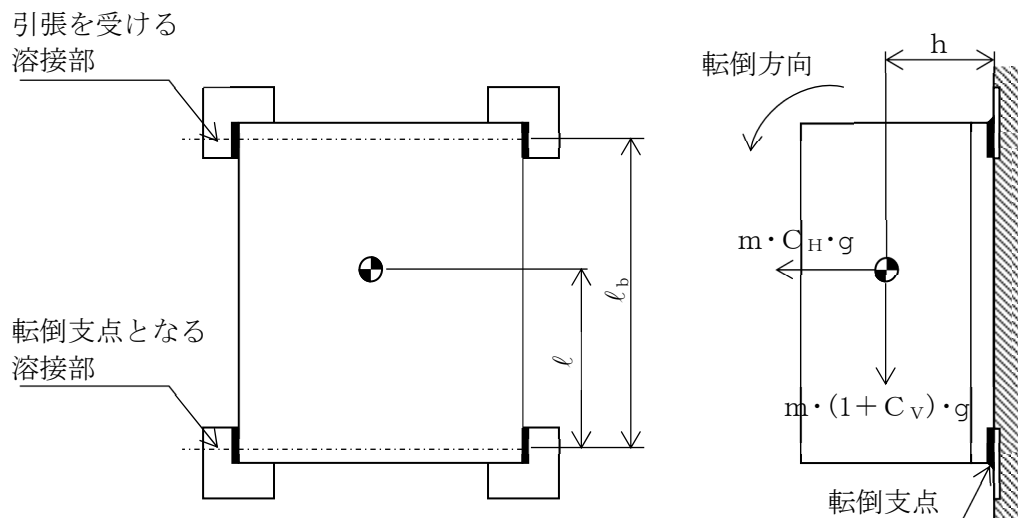


図 5-2 計算モデル (溶接部) (側面方向転倒)

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.10)$$

(3) 組合せ応力 (溶接部)

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【C-SRM/I RM前置増幅器盤(2-2208C)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

C-SRM/I RM前置増幅器盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

C-SRM/I RM前置増幅器盤の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。C-SRM/I RM前置増幅器盤の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
C-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208C)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

C-SRM/I RM前置増幅器盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

C-SRM/I RM前置増幅器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【C-SRM/IRM前置増幅器盤 (2-2208C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
C-SRM/IRM 前置増幅器盤 (2-2208C)	S	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19 ^{*2}	C _V =1.10 ^{*2}	C _H =1.73 ^{*3}	C _V =2.07 ^{*3}	100

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S_d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	φ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	68	68	側面方向	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 39$	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	$\tau_w = 7$	$f_{sm} = 39$	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	$\sigma = 11$	$f_{sm} = 39$	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
C-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
C-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208C)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73 ^{*2}	C _V =2.07 ^{*2}	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} *	n _{fV} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	—	68	—	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*：溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	□	—	□

2.4 結論

2.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	—	—	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	—	—	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	—	—	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

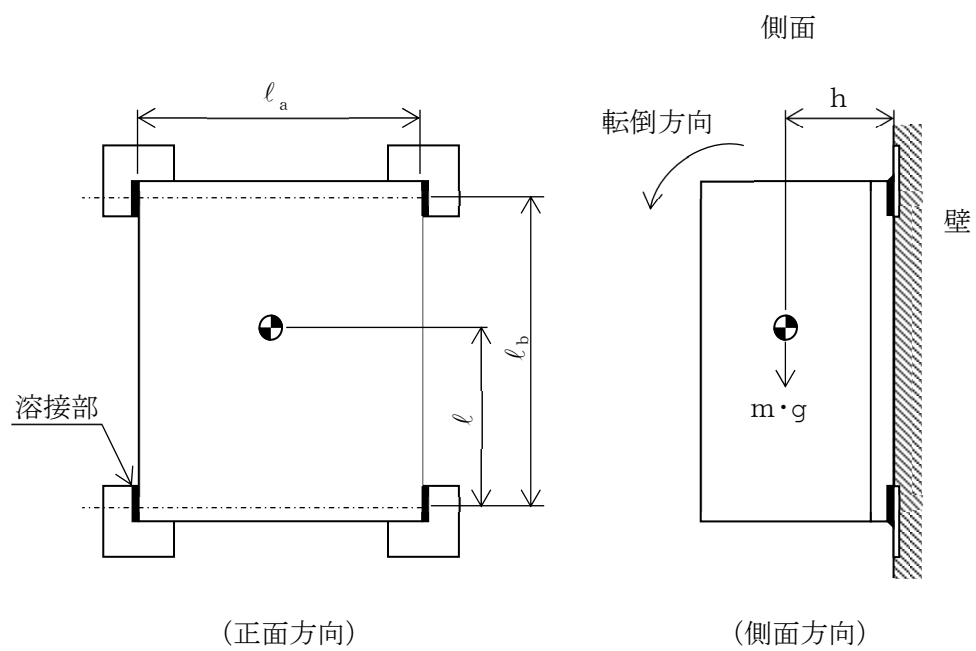
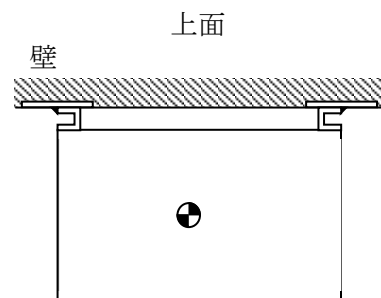
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
C-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2-46 D-SRM/I RM前置増幅器盤
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、D-SRM/I RM前置増幅器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

D-SRM/I RM前置増幅器盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

D-SRM/I RM前置増幅器盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>D-SRM/I RM前置増幅器盤は、溶接にてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは、溶接にて壁に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【D-SRM/I RM前置増幅器盤】</p> <p>上面</p> <p>正面 1000</p> <p>1200</p> <p>溶接</p> <p>(正面方向)</p> <p>側面 600</p> <p>壁</p> <p>埋込金物</p> <p>溶接</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(側面方向) (単位：mm)</p>

2.2 評価方針

D-SRM/I RM前置増幅器盤の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すD-SRM/I RM前置増幅器盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、D-SRM/I RM前置増幅器盤の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

D-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フローを図2-1に示す。

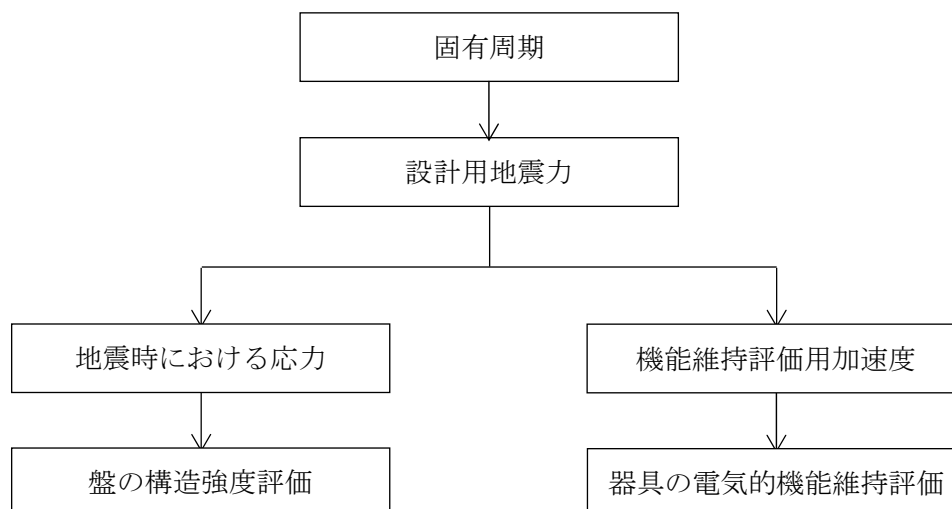


図2-1 D-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び盤に対し左右方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び盤に対し前後方向の水平方向地震により 溶接部に作用する引張力	N
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l'	溶接の有効長さ	mm
l	重心と下側溶接部までの距離	mm
l_a	側面(左右)溶接部間の距離	mm
l_b	上側溶接部と下側溶接部間の距離	mm
m	盤の質量	kg
n_w	溶接部の数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向溶接数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向溶接数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
σ	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

D-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。

D-SRM/I RM前置増幅器盤の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

D-SRM/I RM前置増幅器盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。D-SRM/I RM前置増幅器盤の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 盤の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は盤に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 盤は溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 盤の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

D-SRM/I RM前置増幅器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

D-SRM/I RM前置増幅器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

D-SRM/I RM前置増幅器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	D-SRM/I RM 前置増幅器盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

6

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	D-SRM/I RM 前置増幅器盤	常設耐震/防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとして ⅣA Sの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
溶接部	SPHC	周囲環境温度	100	—	—	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=1.73^{*2}$	$C_V=2.07^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

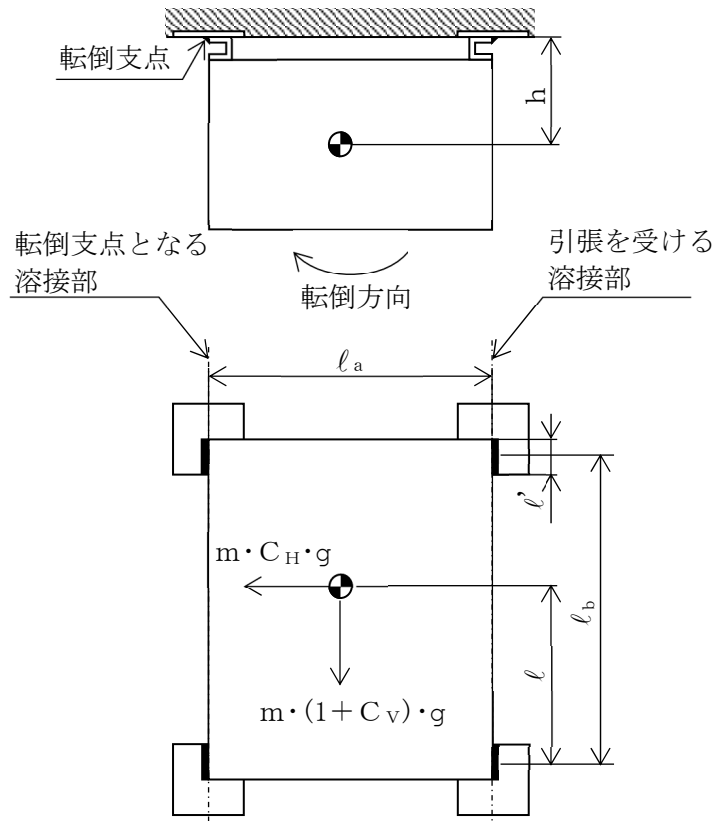


図 5-1 計算モデル (溶接部) (正面方向転倒)

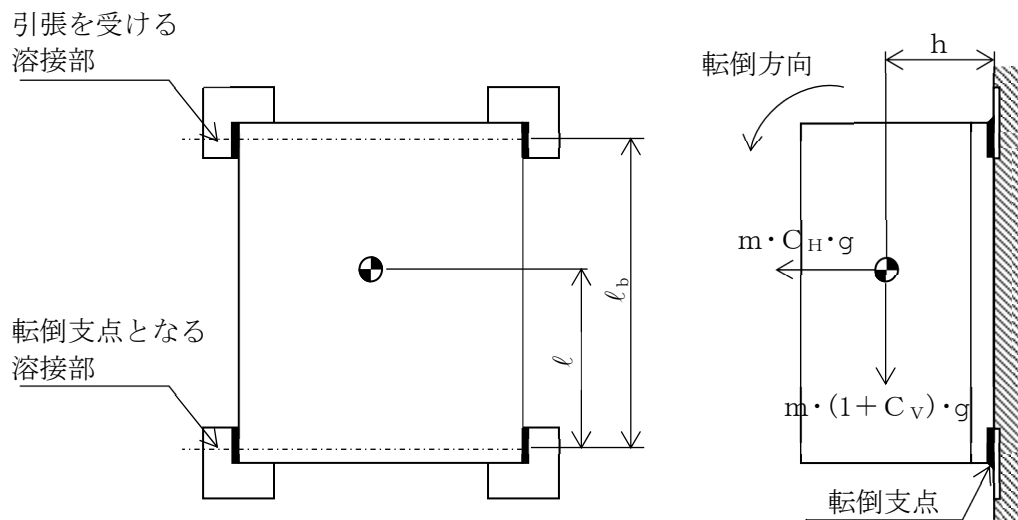


図 5-2 計算モデル (溶接部) (側面方向転倒)

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.10)$$

(3) 組合せ応力 (溶接部)

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【D-SRM/I RM前置増幅器盤(2-2208D)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

D-SRM/I RM前置増幅器盤の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

D-SRM/I RM前置増幅器盤の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。D-SRM/I RM前置増幅器盤の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
D-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208D)	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

D-SRM/I RM前置増幅器盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

D-SRM/I RM前置増幅器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【D-SRM/I RM前置増幅器盤 (2-2208D) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
D-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208D)	S	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19*2	C _V =1.10*2	C _H =1.73*3	C _V =2.07*3	100

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S d) 又は静的震度

*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	φ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	597	1000	1100	2	2	68	68	側面方向	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	$\sigma_w = 8$	$f_{sm} = 39$	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	$\tau_w = 7$	$f_{sm} = 39$	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	$\sigma = 11$	$f_{sm} = 39$	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
D-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208D)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
D-SRM / IRM 前置増幅器盤 (2-2208D)	常設耐震 / 防止	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73 ^{*2}	C _V =2.07 ^{*2}	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		379	4.2	2.9	100	294	4	—	—

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} *	n _{fV} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	597	1000	1100	2	2	—	68	—	側面方向
	597	1000	1100	2	2				

注記*：溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SPHC	引張	—	—	$\sigma_w = 12$	$f_{sm} = 39$
		せん断	—	—	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 39$
		組合せ	—	—	$\sigma = 16$	$f_{sm} = 39$

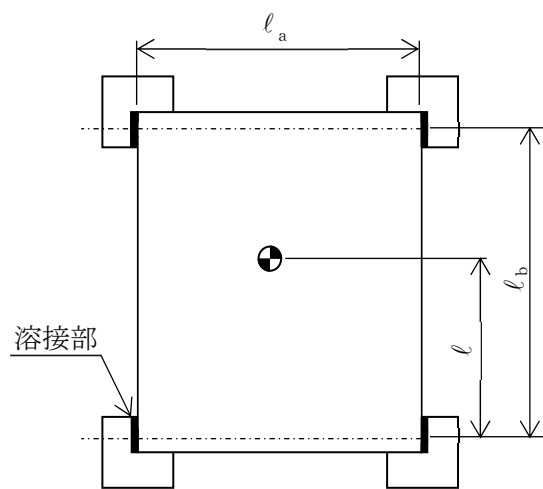
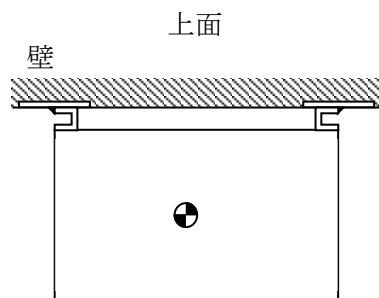
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

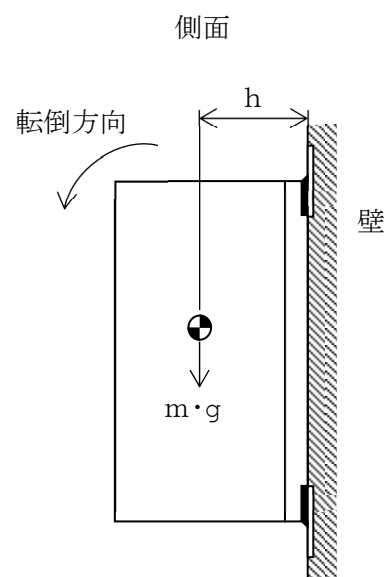
($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
D-SRM/I RM 前置増幅器盤 (2-2208D)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-7-2-47 再循環MG開閉器盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、再循環MG開閉器盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

再循環MG開閉器盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、再循環MG開閉器盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

再循環MG開閉器盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
再循環MG開閉器盤は、 取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【再循環MG開閉器盤】</p> <p>正面横 (短辺方向)</p> <p>側面たて (長辺方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>2A-再循環MG開閉器盤 (2-2266A)</th> <th>2B-再循環MG開閉器盤 (2-2266B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>2740</td> <td>2740</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>2000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	2A-再循環MG開閉器盤 (2-2266A)	2B-再循環MG開閉器盤 (2-2266B)	たて	2740	2740	横	2000	2000	高さ	2300	2300
機器名称	2A-再循環MG開閉器盤 (2-2266A)	2B-再循環MG開閉器盤 (2-2266B)												
たて	2740	2740												
横	2000	2000												
高さ	2300	2300												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

再循環MG開閉器盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

2A-再循環MG開閉器盤 (2-2266A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
2B-再循環MG開閉器盤 (2-2266B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

再循環MG開閉器盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

再循環MG開閉器盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

再循環MG開閉器盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

再循環MG開閉器盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【2A-再循環MG開閉器盤(2-2266A)の耐震性についての計算結果】、【2B-再循環MG開閉器盤(2-2266B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	再循環MG開閉器盤	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f _s * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

再循環MG開閉器盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

再循環MG開閉器盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5-1に示す。

表5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
2A-再循環MG開閉器盤 (2-2266A)	水平	□
	鉛直	□
2B-再循環MG開閉器盤 (2-2266B)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

再循環MG開閉器盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【2A-再循環MG開閉器盤（2-2266A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2A-再循環MG 開閉器盤 (2-2266A)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 23.8*1	□	□	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1210	12 (M12)	113.1	8	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	860	1070	2	—	280	—	短辺方向
	840	1700	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=186$	$f_{ts2}=208^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=54$	$f_{sb2}=161$

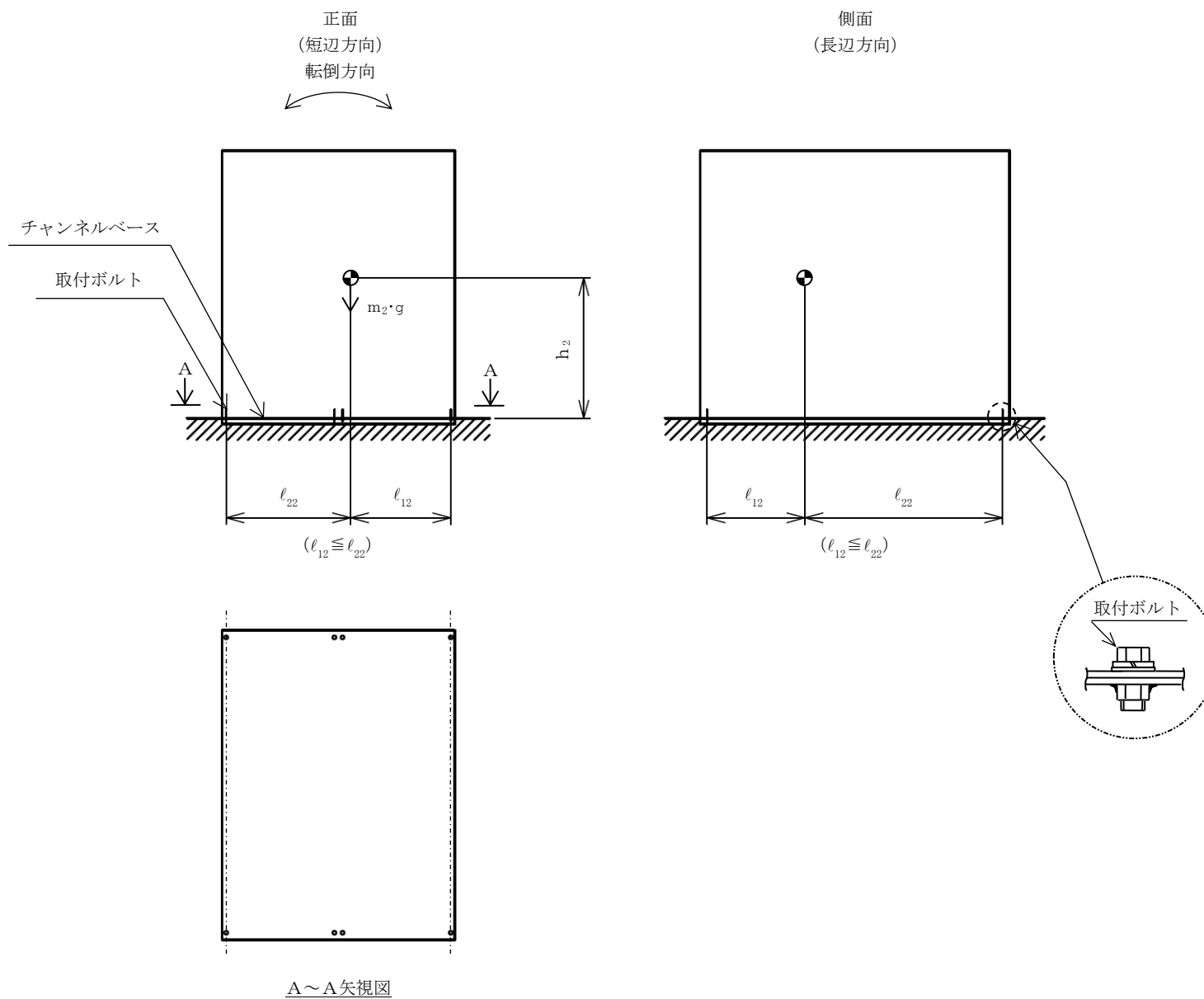
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2A-再循環MG 開閉器盤 (2-2266A)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【2B-再循環MG開閉器盤（2-2266B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2B-再循環MG 開閉器盤 (2-2266B)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 23.8*1	□	□	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1210	12 (M12)	113.1	8	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	860	1070	2	—	280	—	短辺方向
	840	1700	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=186$	$f_{ts2}=208^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=54$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

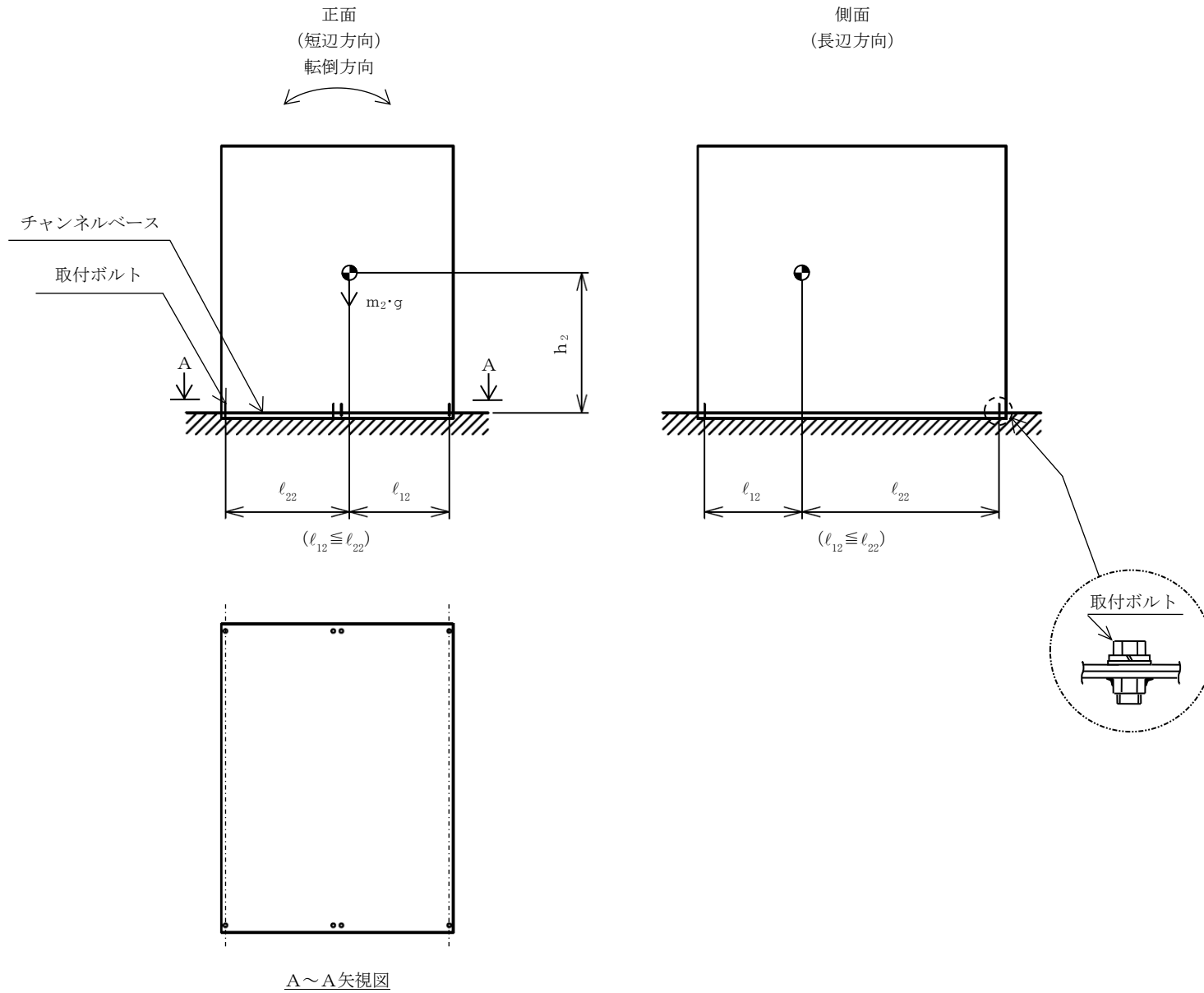
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2B-再循環MG 開閉器盤 (2-2266B)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3 通信連絡設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-1 衛星電話設備（固定型）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-1-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>電話機取付用パネルは、取付ボルトにて電話台に固定する。 電話台は、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）】</p> <p>The diagram shows two views of a cabinet: a side view on the left and a front view on the right. The side view shows a cabinet with a width of 800 mm and a height of 715 mm. It is mounted on a base labeled '床' (floor) with '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts) and '電話台' (phone base). The front view shows a cabinet with a width of 500 mm, divided into two columns and two rows. Each panel is labeled '電話機取付用パネル' (phone mounting panel) and is secured with '取付ボルト' (mounting bolts). The unit is labeled '(単位: mm)' (unit: mm).</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。試験の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS （VASとして IVASの許容限 界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

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

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	358	10 (M10)	78.54	6	200	500

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	222	226	3	—	240	—	長辺方向
	205	295	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{bi}=17$	$f_{tsi}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=110$

すべて許容応力以下である。

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

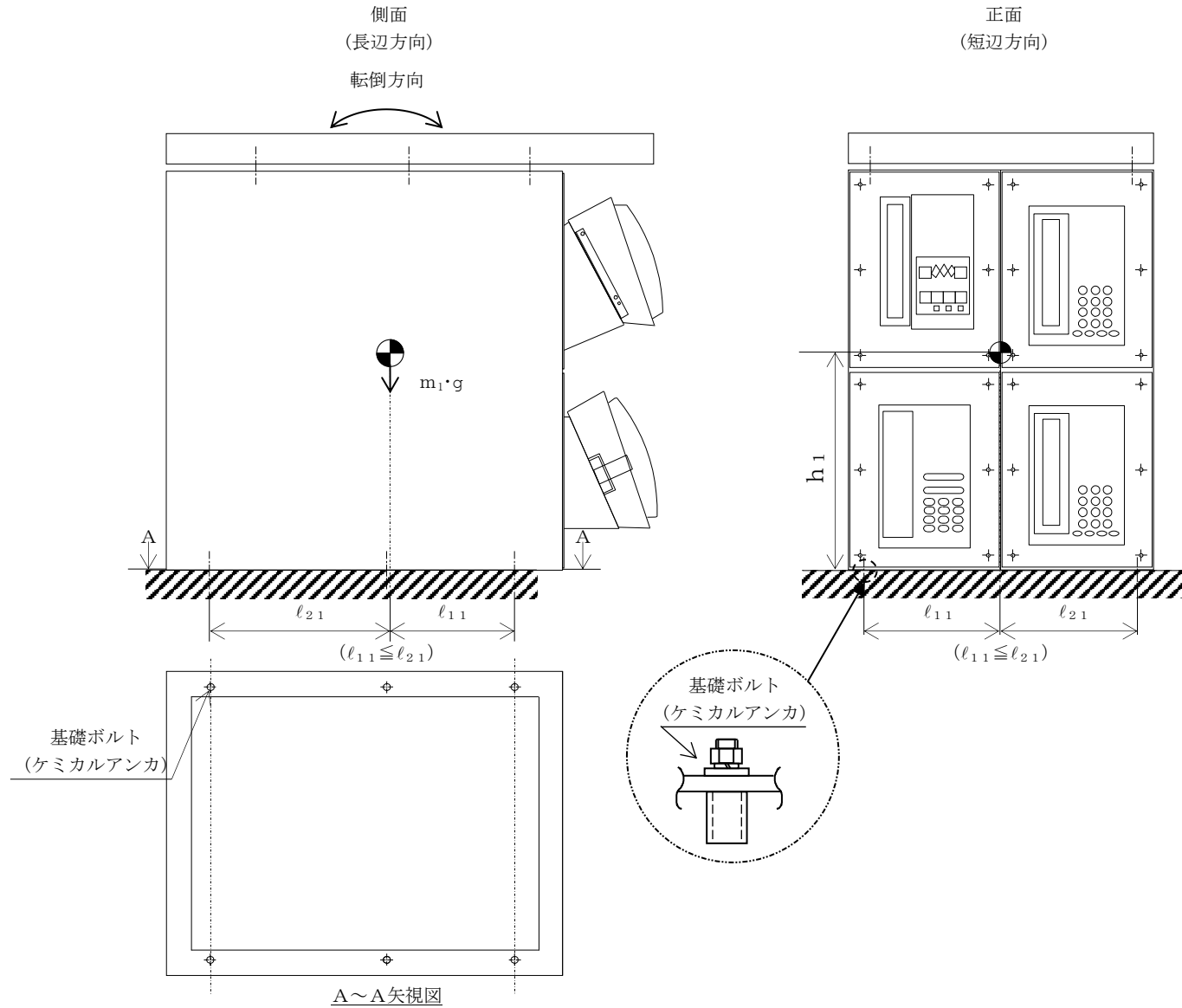
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備 (固定型) (中央制御室)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-1-2 衛星電話設備収納盤（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備収納盤（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

衛星電話設備収納盤（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、衛星電話設備収納盤（中央制御室）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備収納盤（中央制御室）は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。</p> <p>チャンネルベースは、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</p>	<p>【衛星電話設備収納盤（中央制御室）】</p> <p>The drawing shows two views of a rectangular cabinet. The front view (left) is labeled '正面' and shows a width of 1100 mm. The side view (right) is labeled '側面' and shows a depth of 400 mm and a height of 1250 mm. Labels include '盤' (cabinet), '取付ボルト' (mounting bolts), '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts), and 'チャンネルベース' (channel base). The cabinet is shown sitting on a '床' (floor) which is supported by a hatched '基礎' (foundation). Below the front view is the label '(長辺方向)' and below the side view is '(短辺方向)'. At the bottom right, it says '(単位：mm)'.</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備収納盤（中央制御室）(2-1247)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	衛星電話設備収納盤 (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—
取付ボルト	NCH8R	周囲環境温度	40	320	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

衛星電話設備収納盤（中央制御室）に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備収納盤（中央制御室） (2-1247)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備収納盤（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備収納盤（中央制御室）（2-1247）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1	□	□	—	—	C _H =2.25*2	C _V =2.39 *2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	523	12 (M12)	113.1	6	200	500
取付ボルト (i=2)	□	473	12 (M12)	113.1	6	320	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	113	147	3	—	240	—	短辺方向
	392	508	2				
取付ボルト (i=2)	128	162	3	—	280	—	短辺方向
	442	558	2				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=39$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=110$
取付ボルト (i=2)	NCH8R	引張	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

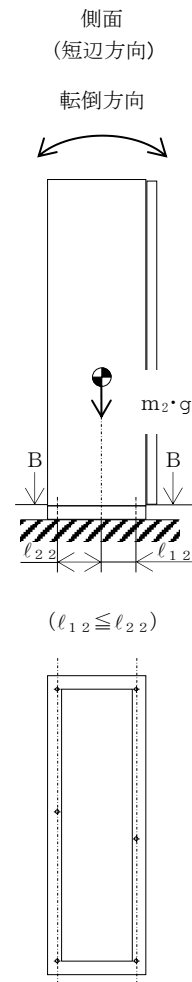
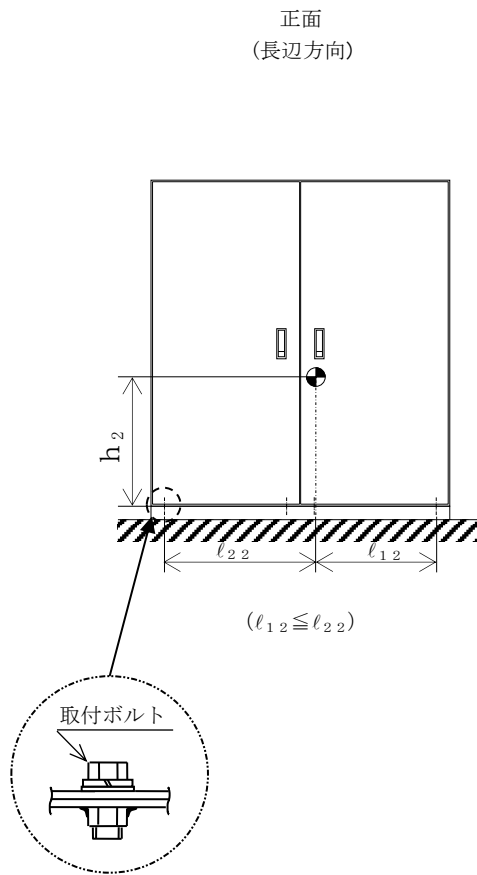
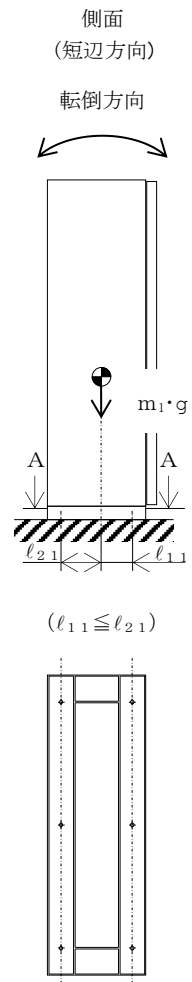
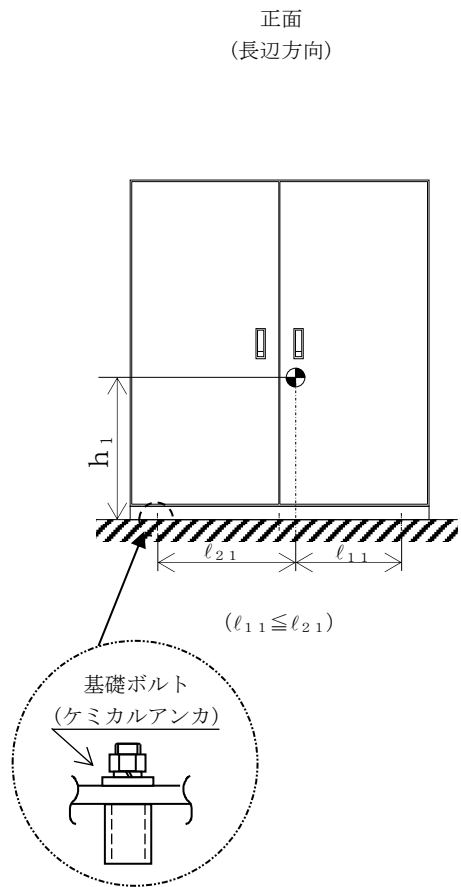
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	水平方向	1.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.98	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-1-3 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	12
5.1 構造強度評価方法	12
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）は、取付ボルトによりサポート鋼材に固定する。 サポート鋼材は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>アンテナ</p> <p>サポート鋼材 (L字鋼)</p> <p>リブ</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>φ 300</p> <p>145</p> <p>165</p> <p>760</p> <p>400</p>

(単位：mm)

2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

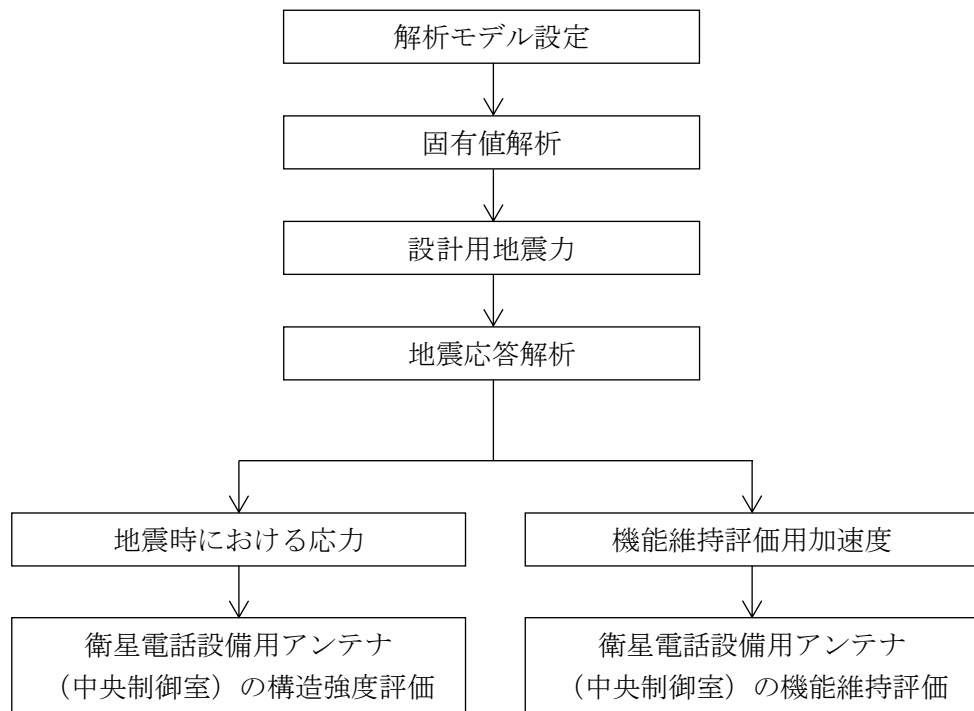


図2-1 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{b i}$	ボルトの軸断面積*	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*	mm
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*	MPa
$F_{b i}$	ボルトに作用する引張力*	N
$F_{x i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用する力 (x 方向) *	N
$F_{y i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用する力 (y 方向) *	N
$F_{z i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用する力 (z 方向) *	N
$f_{s b i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*	MPa
$f_{t o i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*	MPa
$f_{t s i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) *	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
$l_{1 i}$	鉛直方向 (z 方向) におけるボルトからプレート端部までの最短距離の2倍*	mm
$l_{2 i}$	水平方向 (y 方向) におけるボルトからプレート端部までの最短距離の2倍*	mm
$l_{3 i}$	鉛直方向 ($l_{1 i}$) と水平方向 ($l_{2 i}$) の小さい方*	mm
$M_{x i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用するモーメント (x 軸周り) *	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{y i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用するモーメント (y 軸周り) *	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{z i}$	サポート基礎部, アンテナ取付部に作用するモーメント (z 軸周り) *	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n_i	引張力及びせん断力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{x i}$	M_x の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{y i}$	M_y の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{z i}$	M_z の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
P_K	風荷重	N
P_S	積雪荷重	N
$Q_{b i}$	ボルトに作用するせん断力*	N
$S_{u i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*	MPa
$S_{y i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*	MPa
$S_{y i} (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値*	MPa

記号	記号の説明	単位
W	アンテナの荷重	N
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*	MPa

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

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデル及びシェルモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナ架台をシェル要素でモデル化し、取付ボルト及びアンテナを梁要素でモデル化する。また、リブとプレートの接続は梁要素でモデル化する。
- (2) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの重心位置については、計算条件が厳しくなる機器頂部に設定するものとする。
- (3) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の積雪荷重は、アンテナ部分は重心位置に集中重量として付与し、アンテナ架台には密度として付与する。
- (4) 拘束条件は、アンテナ基礎部の並進方向と、ボルト軸直角 2 方向の回転方向を拘束する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

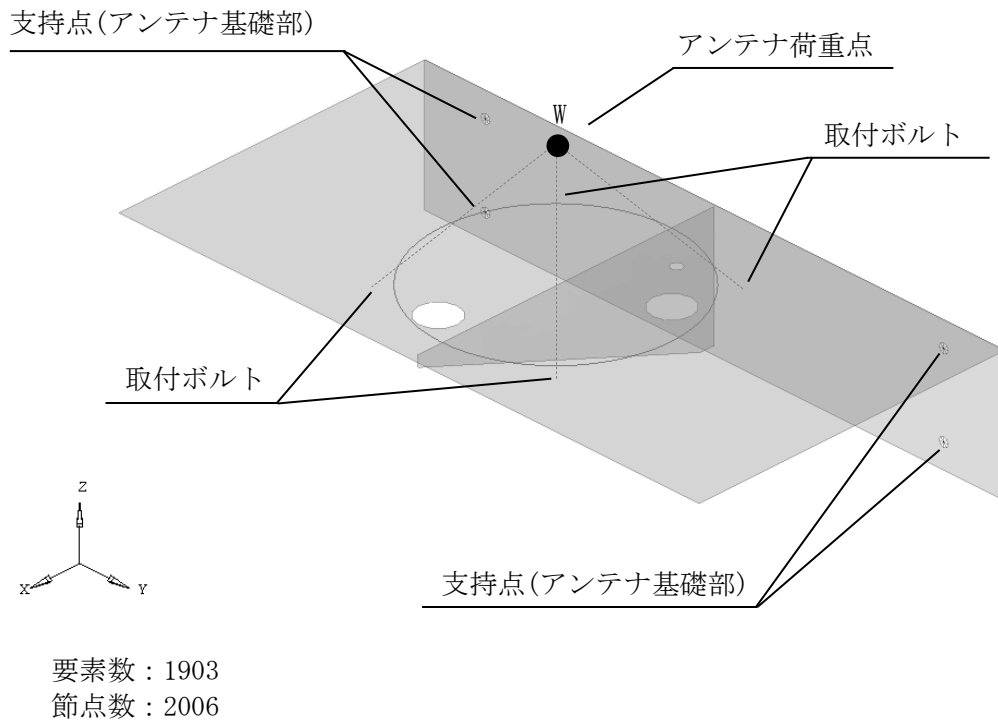


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	鉛直	□	—	—	—

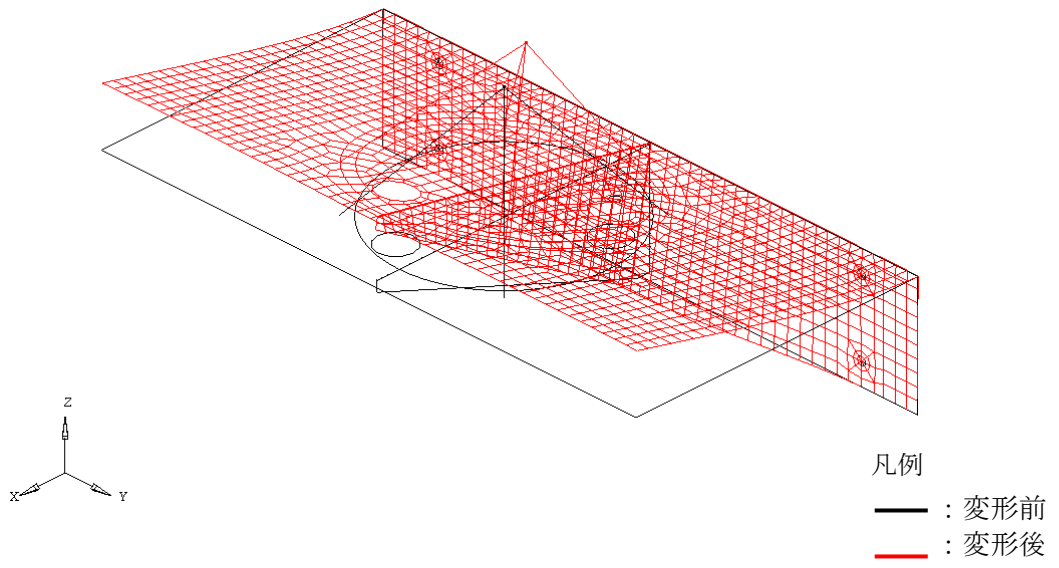


図 4-2 振動モード (1 次モード 鉛直方向 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30 m/s を使用し、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の形状を踏まえ、算出する。算出した積雪荷重を表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_S$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m²)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	1.526×10 ³

表 5-5 積雪荷重

(単位：N)

作用する部位	積雪荷重
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	212.8

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 34.8 (EL 42.8 ^{*1})			—	—	$C_H=2.74^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデル及びシェルモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

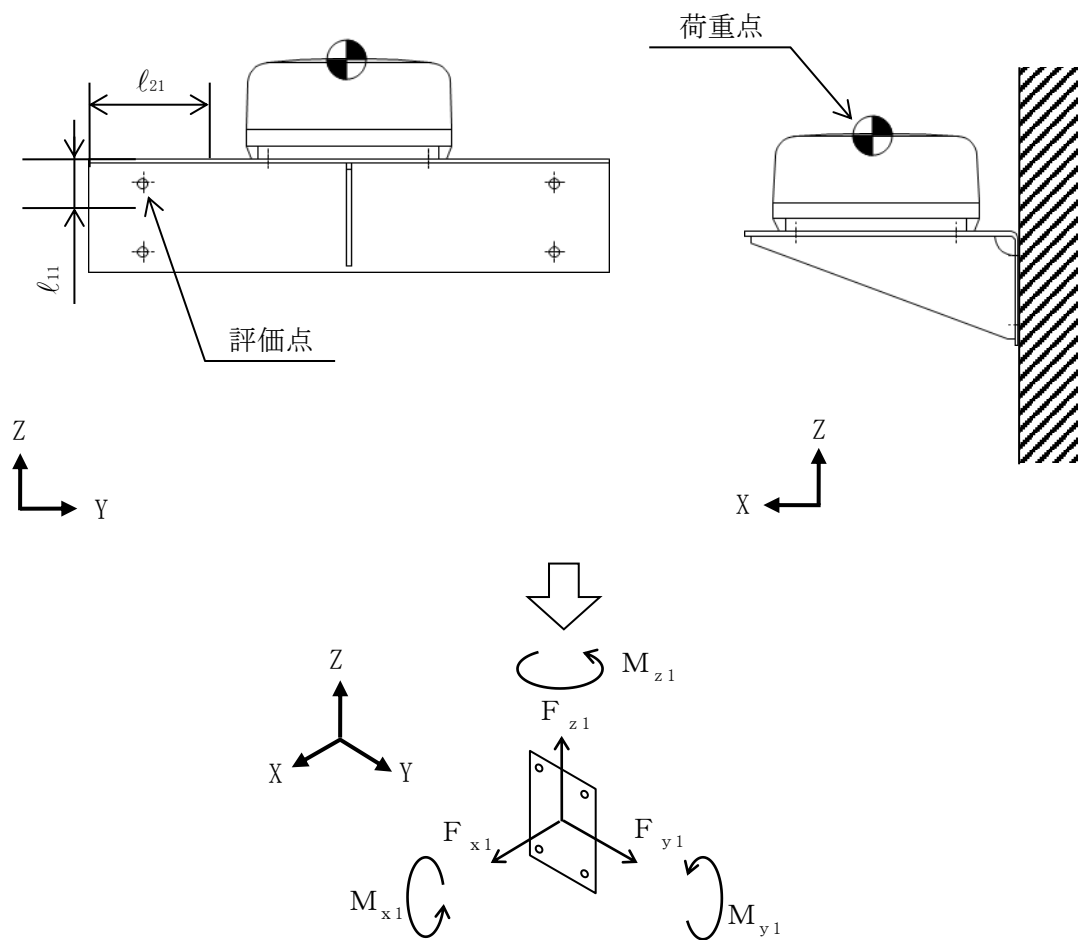


図 5-1 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表5-7に示す。

表5-7 サポート発生反力，モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _{x1}	F _{y1}	F _{z1}	M _{x1}	M _{y1}	M _{z1}
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)						

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{F_{x1}}{n_1} + \frac{M_{y1}}{\ell_{11} \cdot n_{y1}} + \frac{M_{z1}}{\ell_{21} \cdot n_{z1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = \frac{\sqrt{F_{y1}^2 + F_{z1}^2}}{n_1} + \frac{M_{x1}}{\ell_{31} \cdot n_1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ₃₁は次式により求める。

$$\ell_{31} = \text{Min}(\ell_{11}, \ell_{21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、三次元はりモデル及びシェルモデルによる個別解析からアンテナ取付部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

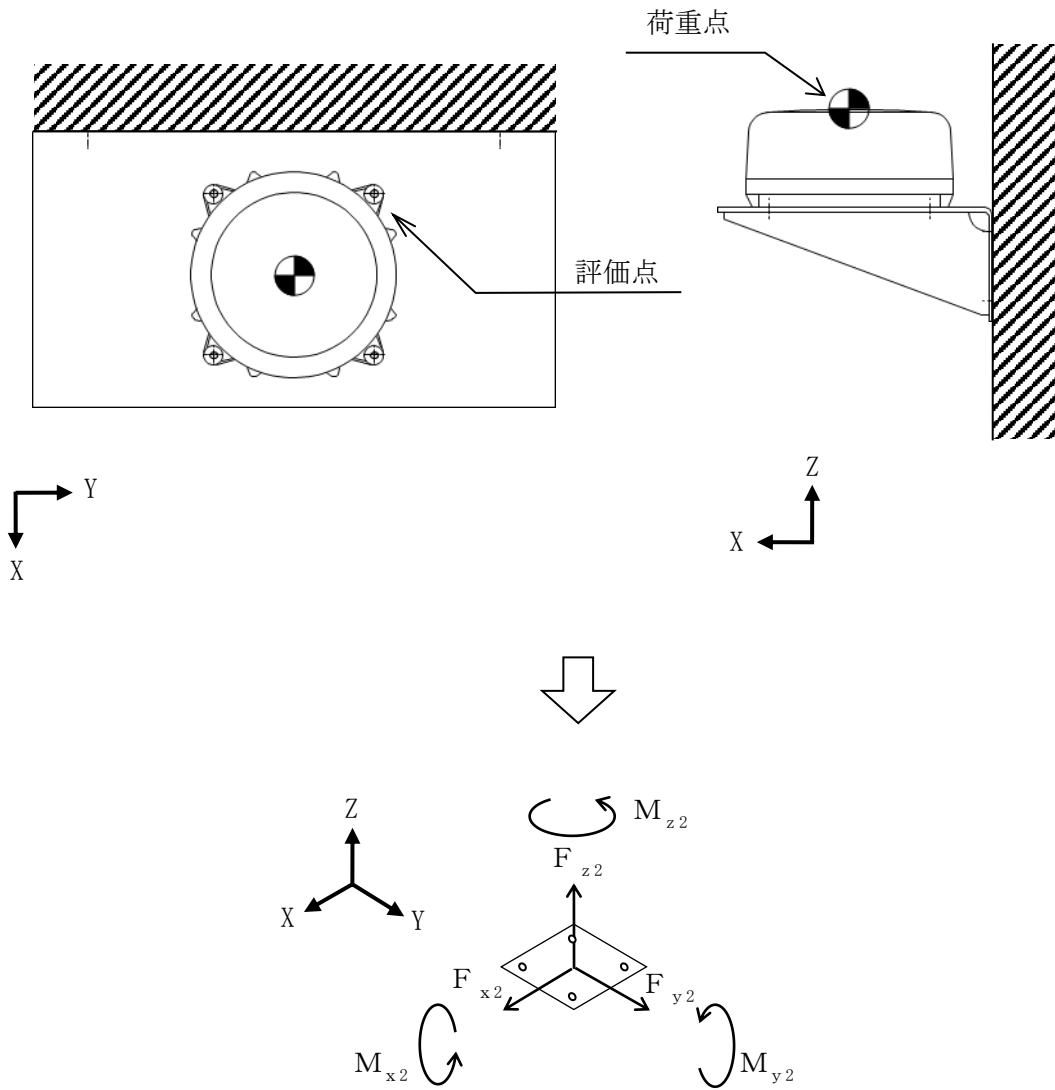


図 5-2 計算モデル (アンテナ取付部, 取付ボルト)

個別解析によって得られたアンテナ取付部の評価点の発生力とモーメントを表5-8に示す。

表5-8 アンテナ取付部発生力，モーメント（取付ボルト）

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _{x2}	F _{y2}	F _{z2}	M _{x2}	M _{y2}	M _{z2}
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)						

注記*：発生値が のため と記載した。

(1) 引張応力

取付ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_{b2} = F_{z2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = \sqrt{F_{x2}^2 + F_{y2}^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同型式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8 (EL 42.8*1)	□	□	—	—	C _H =2.74*2	C _V =2.46*2	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (RT) (MPa)
基礎ボルト (i=1)	49.03	12 (M12)	113.1	1	198	504	205
取付ボルト (i=2)	49.03	10 (M10)	78.54	1	198	504	205

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	n _{y i}	n _{z i}	P _K (N)		P _s (N)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
					X方向	Y方向			
基礎ボルト (i=1)	70	160	1	1	642.8	297.3	212.8	—	205
取付ボルト (i=2)	—	—	—	—	642.8	297.3	212.8	—	205

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部，アンテナ取付部に作用する力

(単位：N)

部材	F_{xi}		F_{yi}		F_{zi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
サポート基礎部 (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
アンテナ取付部 (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 サポート基礎部，アンテナ取付部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M_{xi}		M_{yi}		M_{zi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
サポート基礎部 (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
アンテナ取付部 (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

注記*：発生値が 以下のため と記載した。

1.3.3 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b1}=29$	$f_{ts1}=123^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=94$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

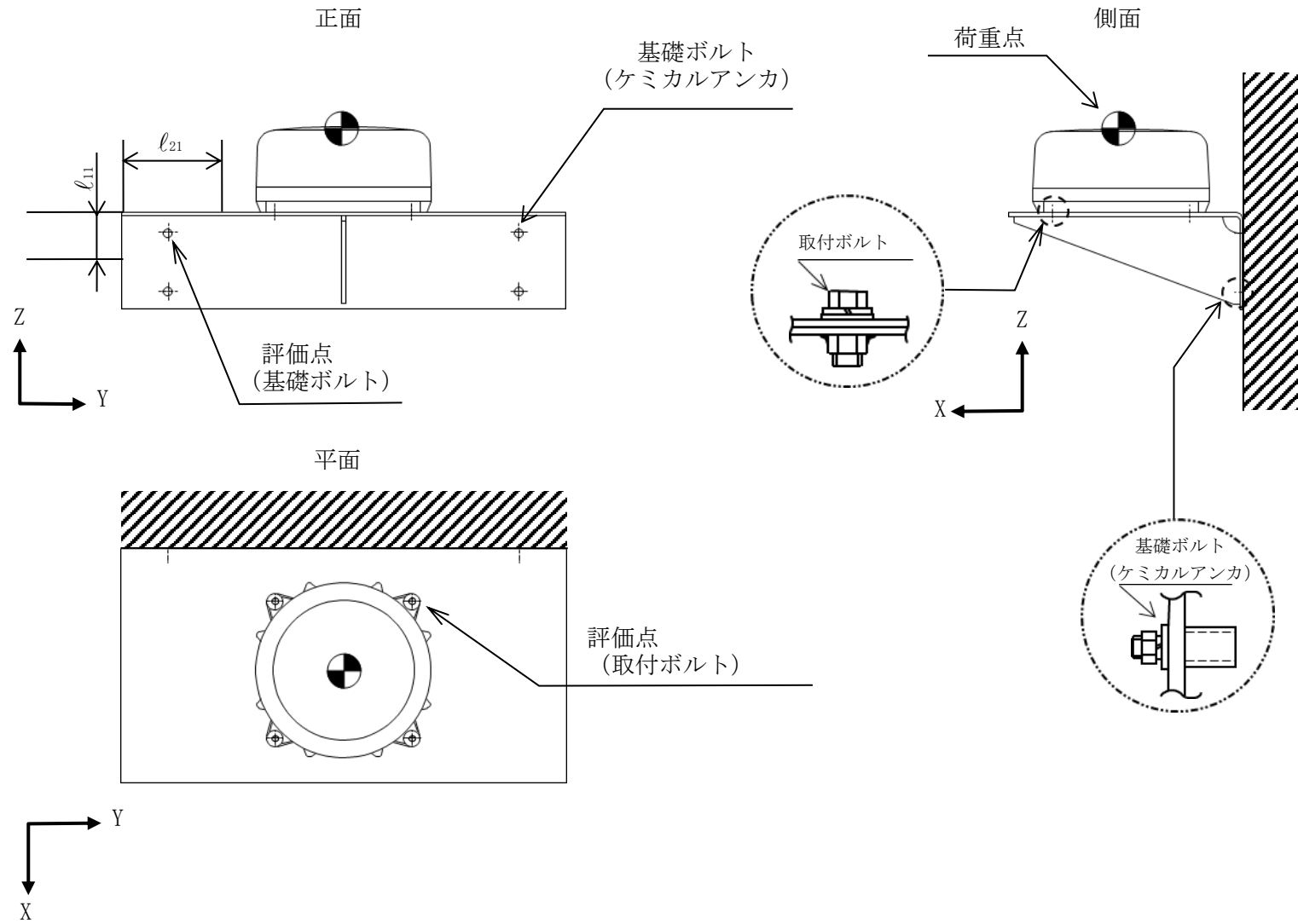
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	水平方向	2.10	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

注記*: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質 (SUS304)	縦弾性係数	E	MPa	1.93×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="text"/>
要素数		—	個	1903
節点数		—	個	2006



VI-2-6-7-3-1-6 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用規格・基準等	4
1.2.4 記号の説明	5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方	6
1.3 評価部位	7
1.4 固有周期	7
1.4.1 基本方針	7
1.4.2 固有周期の確認方法	7
1.4.3 固有周期の確認結果	7
1.5 構造強度評価	8
1.5.1 構造強度評価方法	8
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
1.5.3 設計用地震力	12
1.5.4 計算方法	13
1.5.5 計算条件	15
1.5.6 応力の評価	16
1.6 機能維持評価	17
1.6.1 電氣的機能維持評価方法	17
1.7 評価結果	18
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18
2. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）	22
2.1 概要	22
2.2 一般事項	22
2.2.1 構造計画	22
2.2.2 評価方針	24
2.2.3 適用規格・基準等	25
2.2.4 記号の説明	26
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	27
2.3 評価部位	28
2.4 固有周期	29

2.4.1	固有値解析方法	29
2.4.2	解析モデル及び諸元	29
2.4.3	固有値解析結果	30
2.5	構造強度評価	31
2.5.1	構造強度評価方法	31
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	31
2.5.3	設計用地震力	35
2.5.4	計算方法	36
2.5.5	計算条件	38
2.5.6	応力の評価	38
2.6	機能維持評価	39
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	39
2.7	評価結果	40
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	40

1. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）

1.1 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

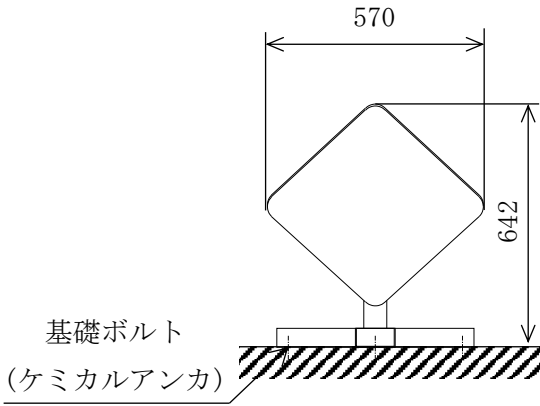
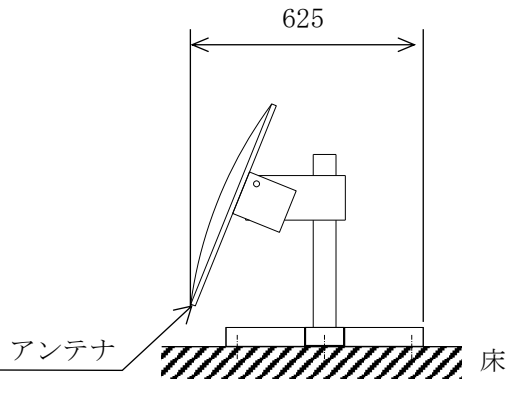
衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の構造計画を表1-1に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形) は、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>【衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p>  <p>570</p> <p>642</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>(短辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p>  <p>625</p> <p>アンテナ</p> <p>床</p> <p>(長辺方向)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

1.2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価フローを図1-1に示す。

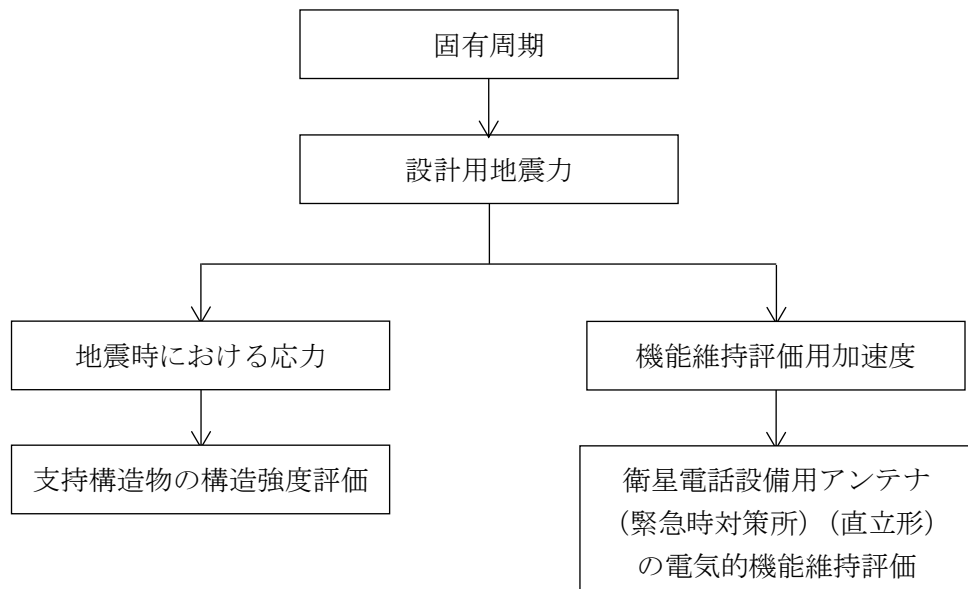


図1-1 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
P_K	風荷重	N
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

1.3 評価部位

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4 固有周期

1.4.1 基本方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

1.4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験により固有周期を確認する。衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の外形図を表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4.3 固有周期の確認結果

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

表 1-3 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

1.5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

1.5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30 m/s を使用し、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 1-7 に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 1-7 基準速度圧

(単位：N/m²)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	1.109×10 ³

1.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 1-8 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 1-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策所 EL 56.6 *1	□	□	—	—	$C_H=2.90^{*2}$	$C_V=1.41^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

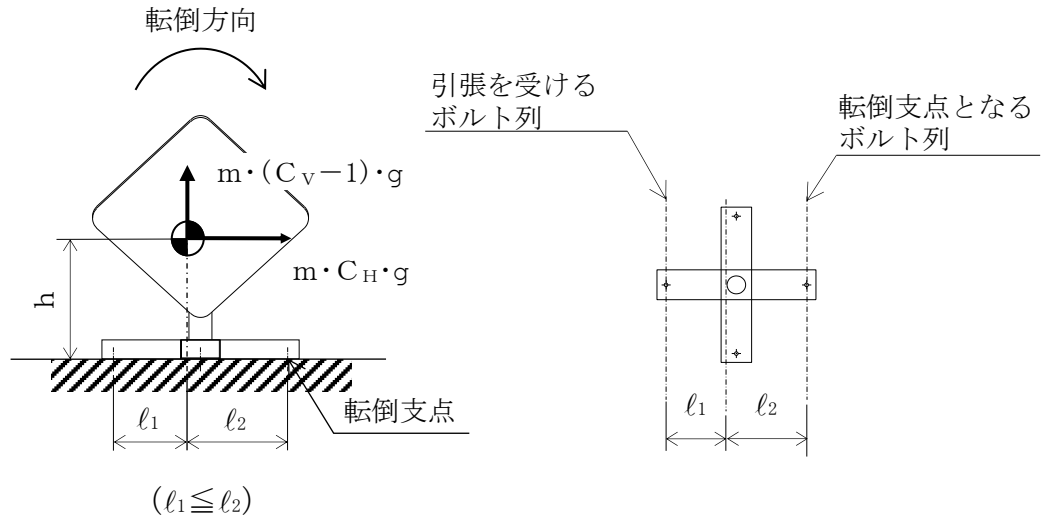


図 1-2 計算モデル（短辺方向転倒）

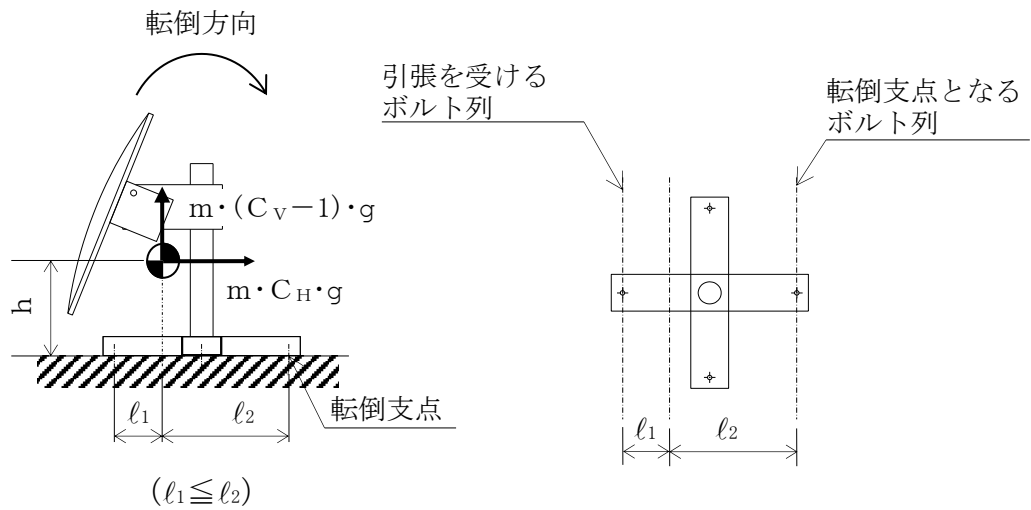


図 1-3 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 1-2 及び図 1-3 でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + P_K \cdot h + m \cdot g \cdot (C_V - 1) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H + P_K \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	水平	□
	鉛直	□

1.7. 評価結果

1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* ¹	□	□	—	—	C _H =2.90* ²	C _V =1.41* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	317	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	n _f * (mm)	P _K (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	193	267	1	1.109×10 ³	—	253	—	長辺方向
	124	336	1					

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 13$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 117$

すべて許容応力以下である。

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

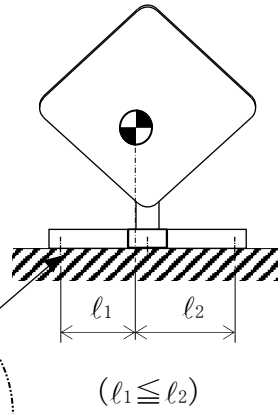
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

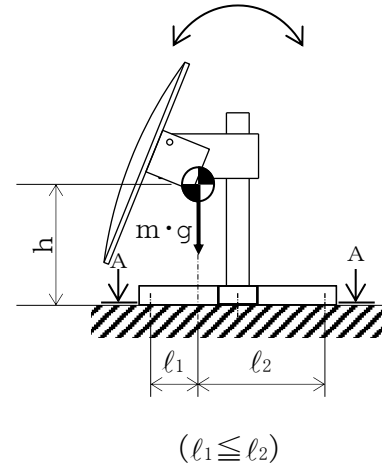
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	水平方向	2.42	
	鉛直方向	1.17	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

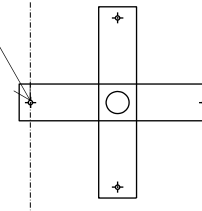
(短辺方向)



(長辺方向)
転倒方向



基礎ボルト
(ケミカルアンカ)



A~A矢視図

2. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）

2.1 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）は、溶接にてアンテナ支持柱（80A）に固定する。アンテナ支持柱（80A）は、取付金具取付ボルトにより取付金具に固定する。</p> <p>取付金具は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>アンテナ</p> <p>アンテナ支持柱(80A)</p> <p>取付金具</p> <p>基礎(壁面)</p> <p>取付金具取付ボルト</p> <p>250</p> <p>220</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>1643</p> <p>140</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価フローを図2-1に示す。

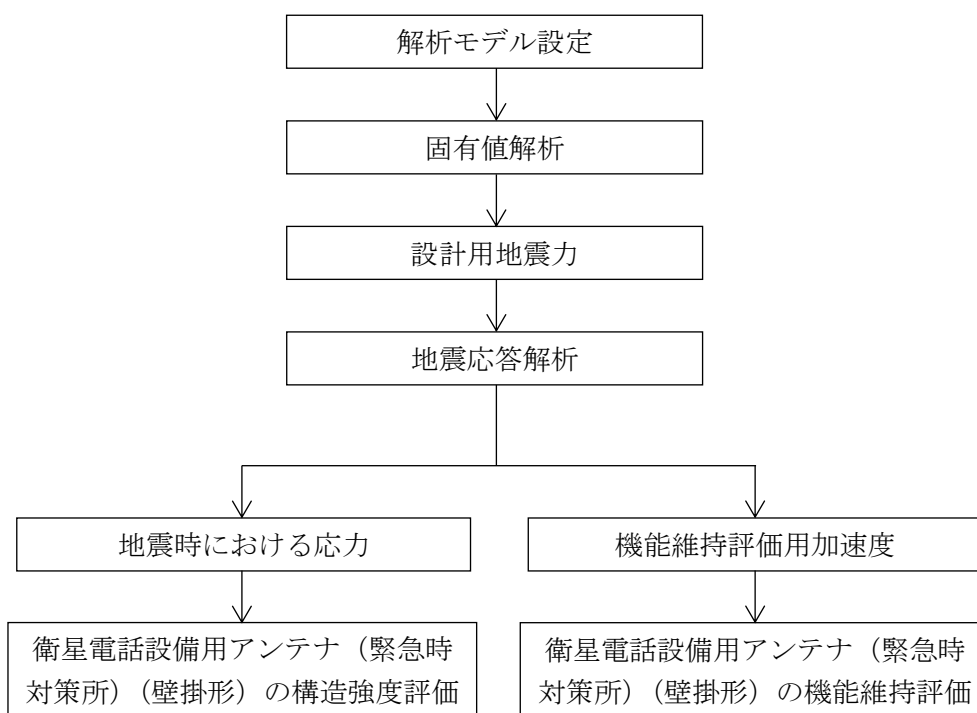


図2-1 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	サポート基礎部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	サポート基礎部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	サポート基礎部に作用する力 (z 方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
l_1	ボルト間距離 (水平方向)	mm
l_2	ボルト間距離 (鉛直方向)	mm
l_3	ボルト間距離 (水平方向と鉛直方向の小さい方)	mm
M_x	サポート基礎部に作用するモーメント (x 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント (y 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント (z 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n	基礎ボルトの本数	—
n_y	M_y の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n_z	M_z の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
P_K	風荷重	N
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W_1	アンテナの荷重	N
W_2	ケーブルの荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

2.3 評価部位

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2 解析モデル及び諸元

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (2) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）のアンテナの重心位置については、アンテナの先端に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルトは剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

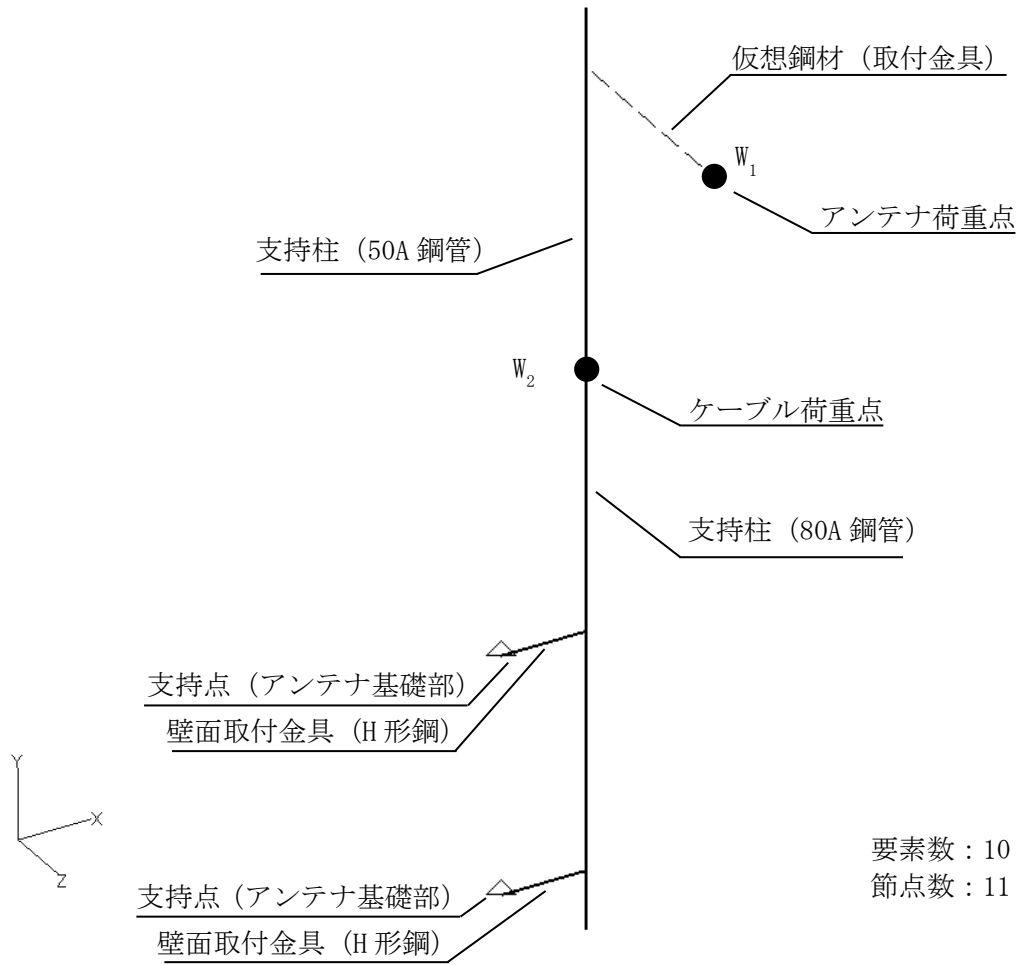


図 2-2 解析モデル

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3, 振動モード図を図 2-3 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 2-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平, 鉛直	□	—	—	—

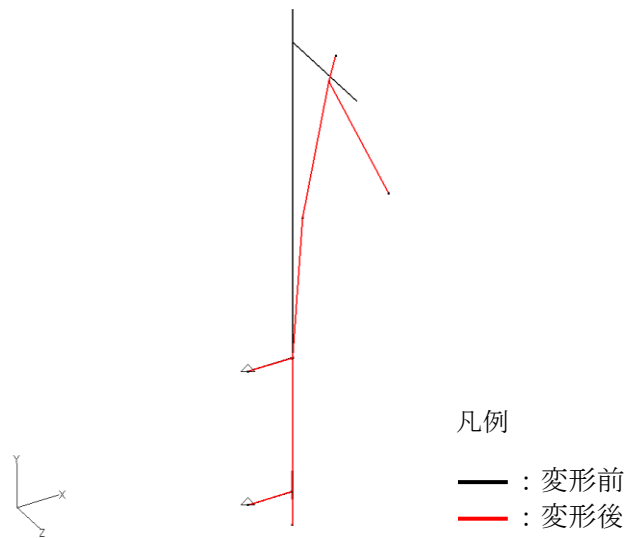


図 2-3 振動モード (1 次モード 水平, 鉛直方向 s)

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか, 次の条件で計算する。

- (1) 地震力は, 衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) に対して, 水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の許容応力は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

2.5.2.4 風荷重

風荷重は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき, 風速 30 m/s を使用し, 衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の形状, 風向きを踏まえ, 作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 2-7 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198

表 2-7 基準速度圧

(単位:N/m²)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	1.121×10 ³

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-8 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 2-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策所 EL 56.6 ^{*1}	□	□	—	—	$C_H=2.90^{*2}$	$C_V=1.41^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

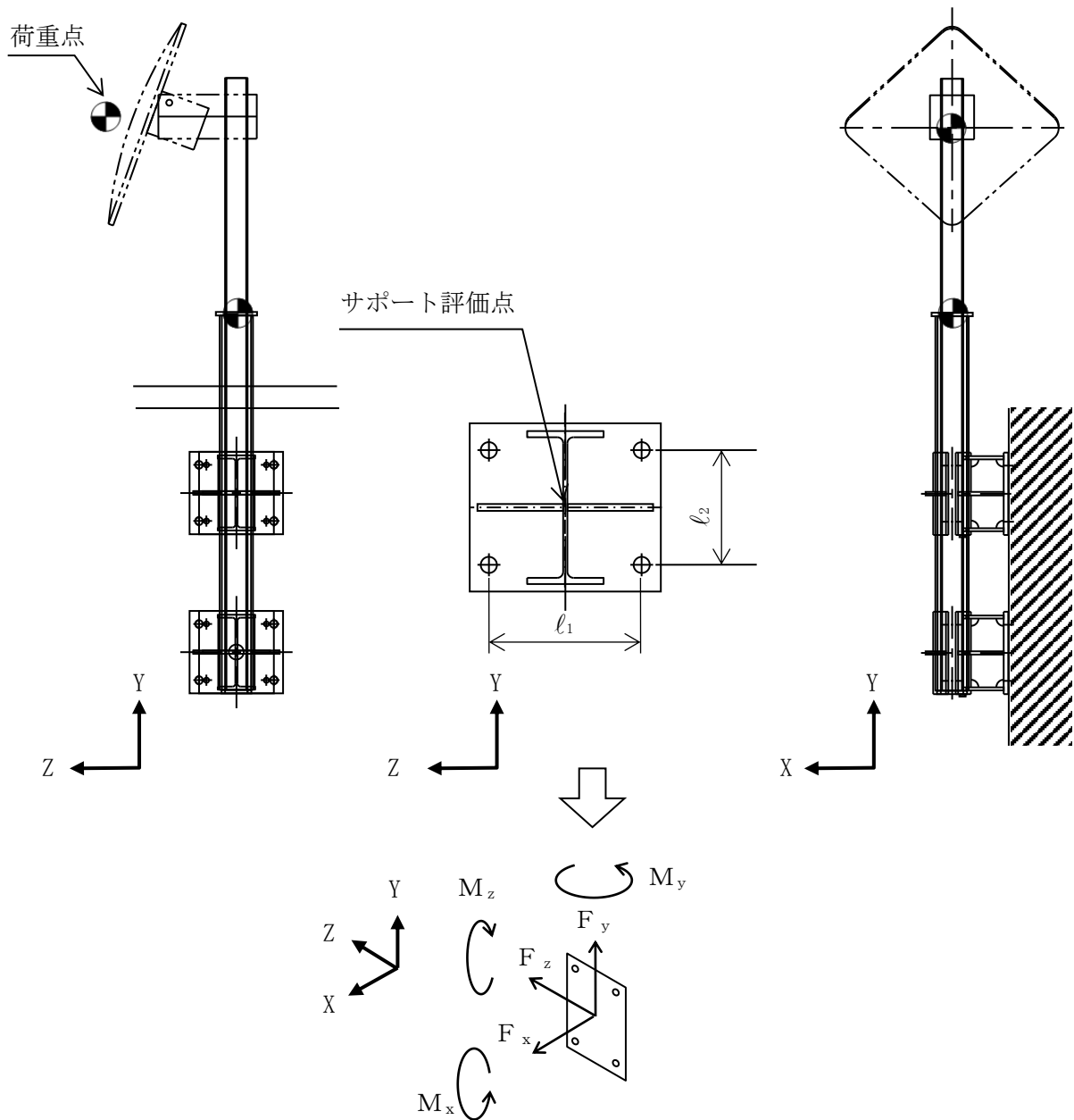


図 2-4 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 2-9 に示す。

表 2-9 サポート発生反力, モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)						

(1) 引張応力

基礎ボルト (1本当たり) に対する引張応力は, 下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{l_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

ここで, 基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト (1本当たり) に対するせん断応力は, 下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

ここで, ボルト間距離 l₃ は次式により求める。

$$l_3 = \text{Min}(l_1, l_2) \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.6)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1)$$

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

$\begin{matrix} \text{許容引張応力} \\ f_{to} \end{matrix}$	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
$\begin{matrix} \text{許容せん断応力} \\ f_{sb} \end{matrix}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による同形式の器具単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-10 に示す。

表 2-10 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ （緊急時対策所）（壁掛形）	水平	□
	鉛直	□

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* ¹	□	□	—	—	C _H =2.90* ²	C _V =1.41* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	W ₂ (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	88.26	31.26	16 (M16)	201.1	4	198	504	205

部材	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	n _y	n _z	P _K (N)		F (MPa)	F* (MPa)
					X方向	Z方向		
基礎ボルト	200	150	2	2	1.118×10 ³	959.5	—	205

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b = 29$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	水平方向	2.42	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="checkbox"/>

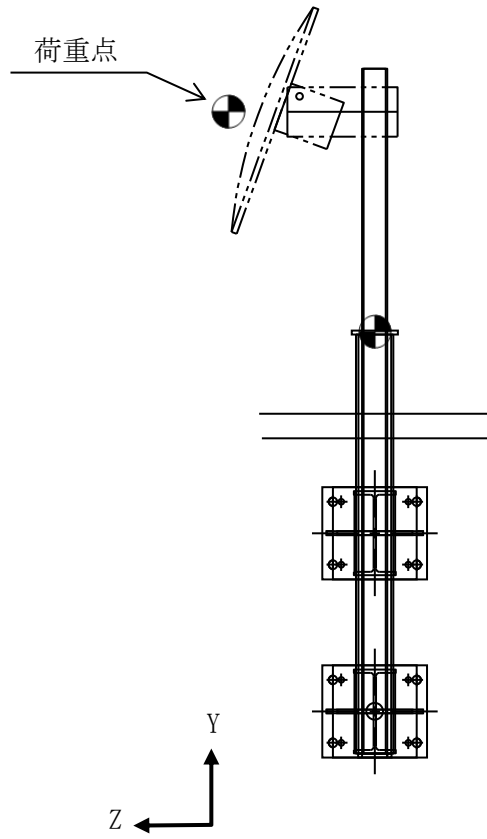
注記*: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

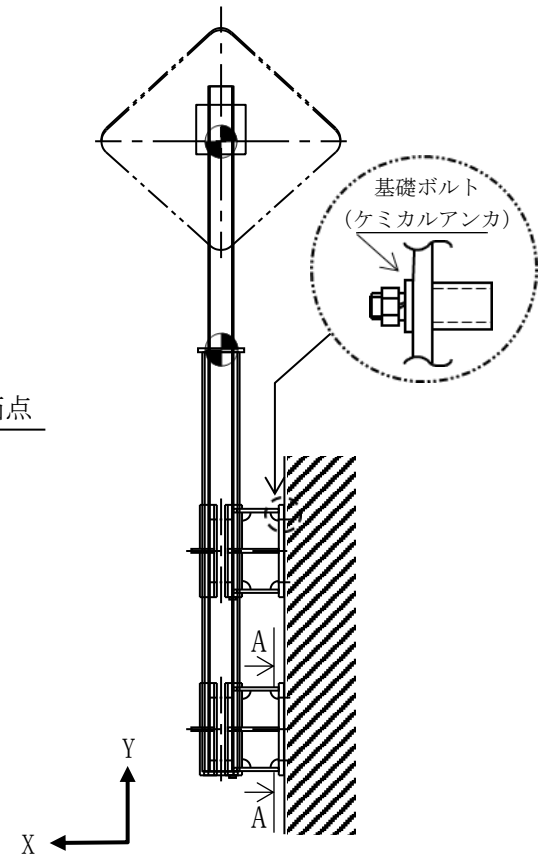
1.5 その他の機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質 (SUS304)	縦弾性係数	E	MPa	1.93×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="checkbox"/>
要素数		—	個	10
節点数		—	個	11

正面

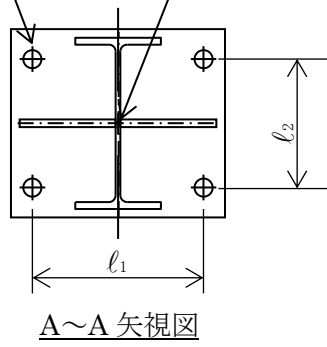


側面



基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

サポート評価点



VI-2-6-7-3-2 無線通信設備（固定型）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-2-1 無線通信設備（固定型）（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線通信設備（固定型）（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

無線通信設備（固定型）（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、無線通信設備（固定型）（中央制御室）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>電話機取付用パネルは、取付ボルトにて電話台に固定する。 電話台は、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【無線通信設備（固定型）（中央制御室）】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>取付ボルト</p> <p>800</p> <p>715</p> <p>500</p> <p>電話台</p> <p>床</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>電話機取付用パネル</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。試験の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

無線通信設備（固定型） （中央制御室）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	無線通信設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS （VASとして IVASの許容限 界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

無線通信設備（固定型）（中央制御室）に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備（固定型） （中央制御室）	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
無線通信設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	制御室建物 EL 16.9* ¹	□	□	—	—	C _H =3.41* ²	C _V =1.58* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	358	10 (M10)	78.54	6	200	500

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	222	226	3	—	240	—	長辺方向
	205	295	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{bi}=17$	$f_{tsi}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=110$

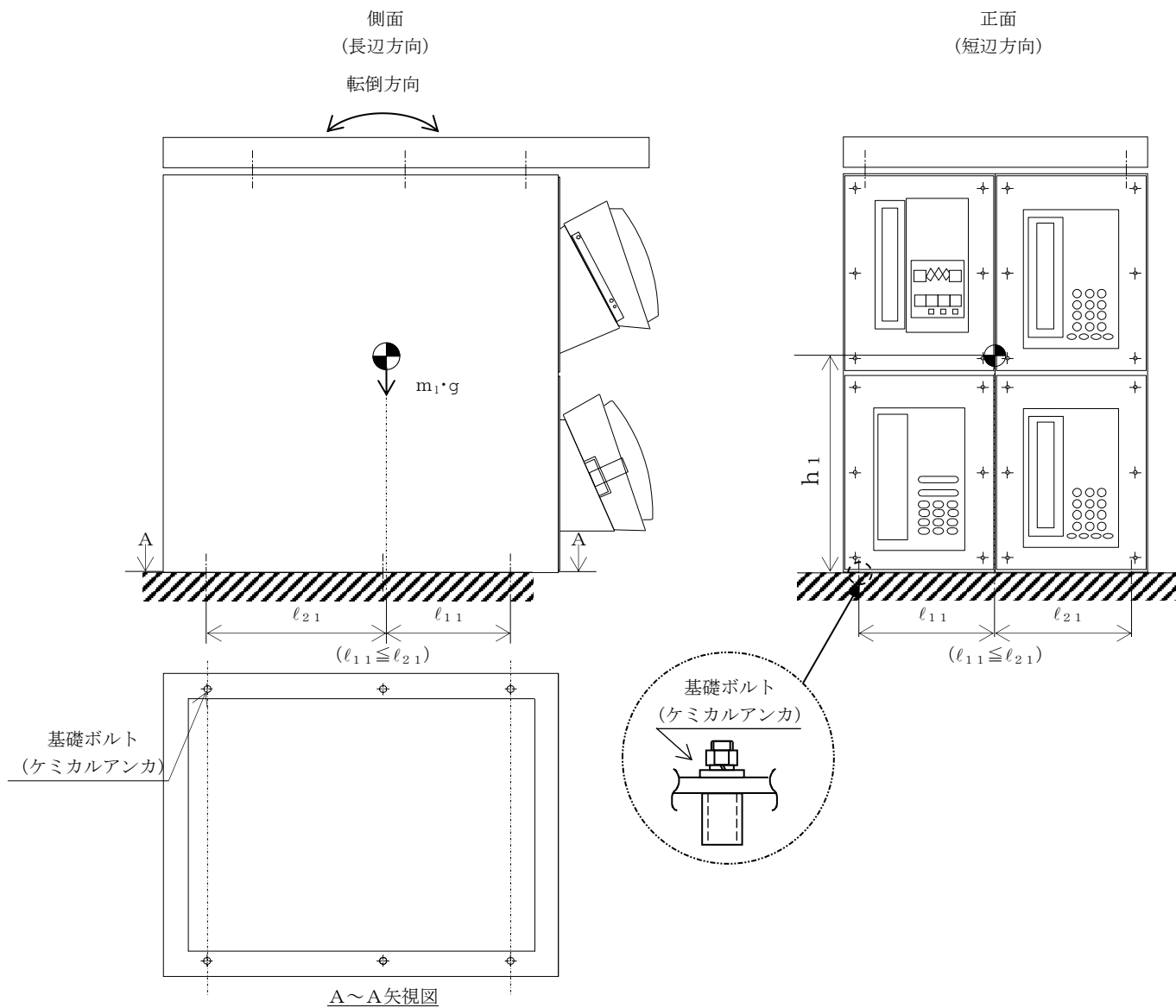
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備 (固定型) (中央制御室)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-2-2 無線通信設備収納盤（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線通信設備収納盤（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

無線通信設備収納盤（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、無線通信設備収納盤（中央制御室）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信設備収納盤（中央制御室）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>無線通信設備収納盤（中央制御室）は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。</p> <p>チャンネルベースは、基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</p>	<p>【無線通信設備収納盤（中央制御室）】</p> <p>正面 1100</p> <p>側面 400</p> <p>1250</p> <p>（長辺方向）</p> <p>（短辺方向）</p> <p>（単位：mm）</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

無線通信設備収納盤（中央制御室）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

無線通信設備収納盤（中央制御室）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

無線通信設備収納盤（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

無線通信設備収納盤（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信設備収納盤（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備収納盤（中央制御室）(2-1246)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	無線通信設備収納盤 (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—
取付ボルト	NCH8R	周囲環境温度	40	320	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備収納盤（中央制御室）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

無線通信設備収納盤（中央制御室）に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備収納盤（中央制御室） (2-1246)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備収納盤（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信設備収納盤（中央制御室）（2-1246）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1	□	□	—	—	C _H =2.25*2	C _V =2.39*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	606	12 (M12)	113.1	6	200	500
取付ボルト (i=2)	□	556	12 (M12)	113.1	6	320	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	114	146	3	—	240	—	短辺方向
	425	475	2				
取付ボルト (i=2)	129	161	3	—	280	—	短辺方向
	475	525	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=45$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=110$
取付ボルト (i=2)	NCH8R	引張	—	—	$\sigma_{b2}=34$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

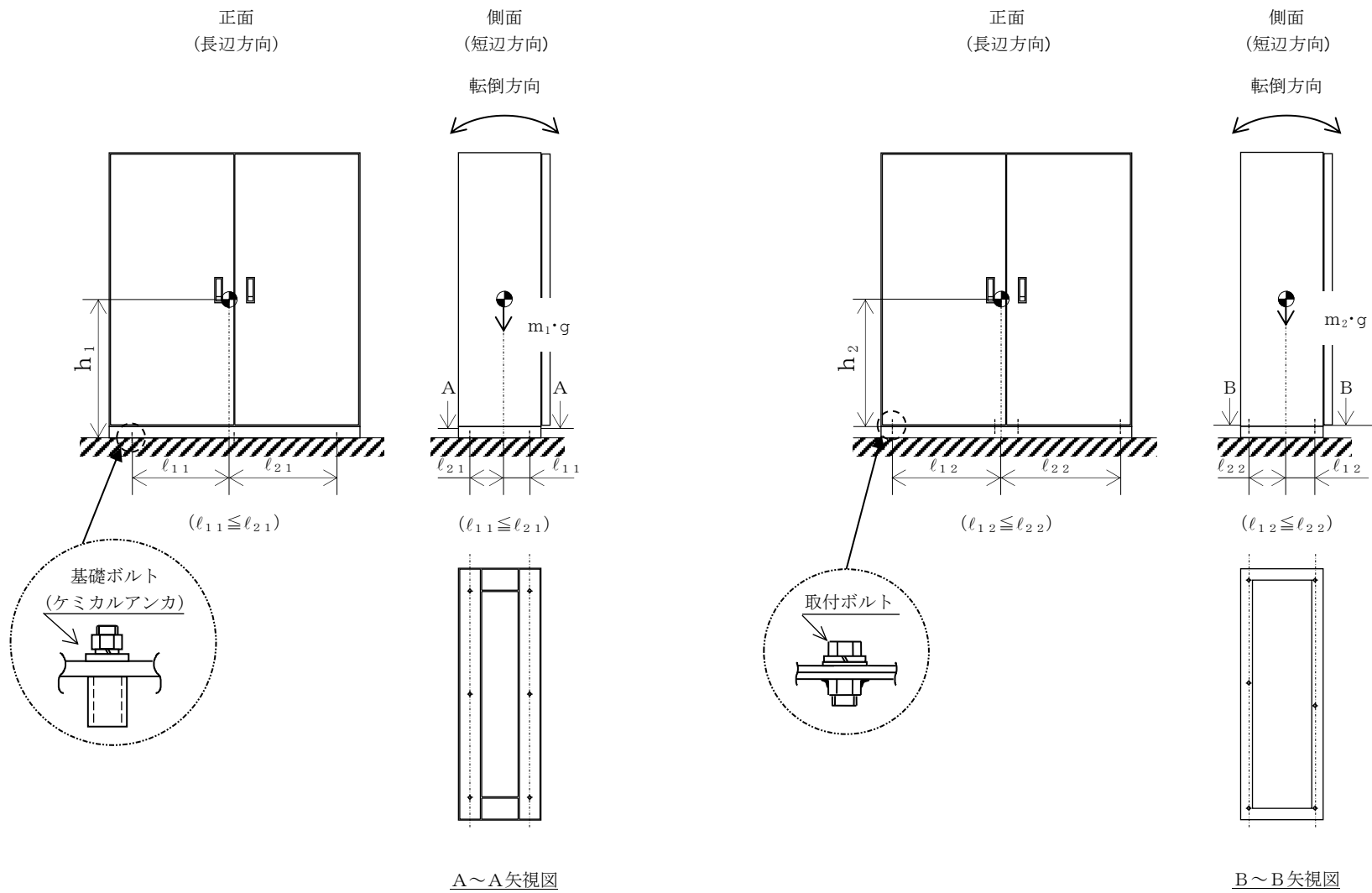
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	水平方向	1.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.98	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-2-3 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>アンテナは、取付金具により支持柱に固定する。 支持柱は、B3 取付金具により空中線柱に固定する。 空中線柱は、壁面取付金具取付ボルトにより壁面取付金具に固定する。 壁面取付金具は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

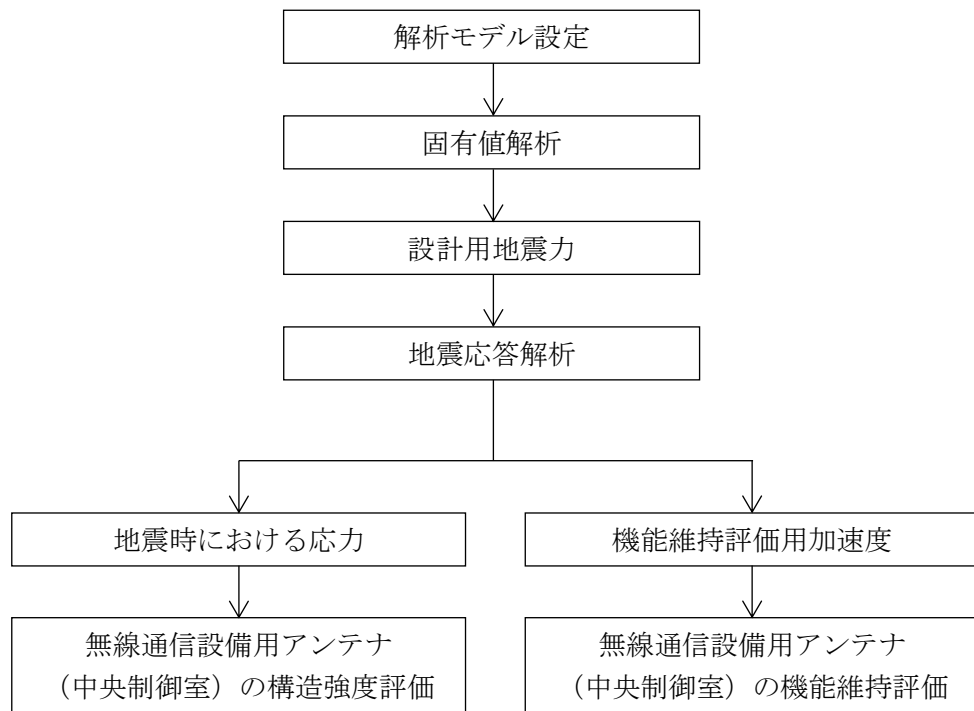


図2-1 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・DIN EN 10088-3 (Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), 1995)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	サポート基礎部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	サポート基礎部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	サポート基礎部に作用する力 (z 方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
l_1	ボルト間距離 (水平方向)	mm
l_2	ボルト間距離 (鉛直方向)	mm
l_3	ボルト間距離 (水平方向と鉛直方向の小さい方)	mm
M_x	サポート基礎部に作用するモーメント (x 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント (y 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント (z 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n	基礎ボルトの本数	—
n_y	M_y の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n_z	M_z の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
P_K	風荷重	N
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W_1	アンテナの荷重	N
W_2	B3取付金具の荷重 (上側)	N
W_3	B3取付金具の荷重 (下側)	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
速度圧	N/m ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (2) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの重心位置については、アンテナの中心位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

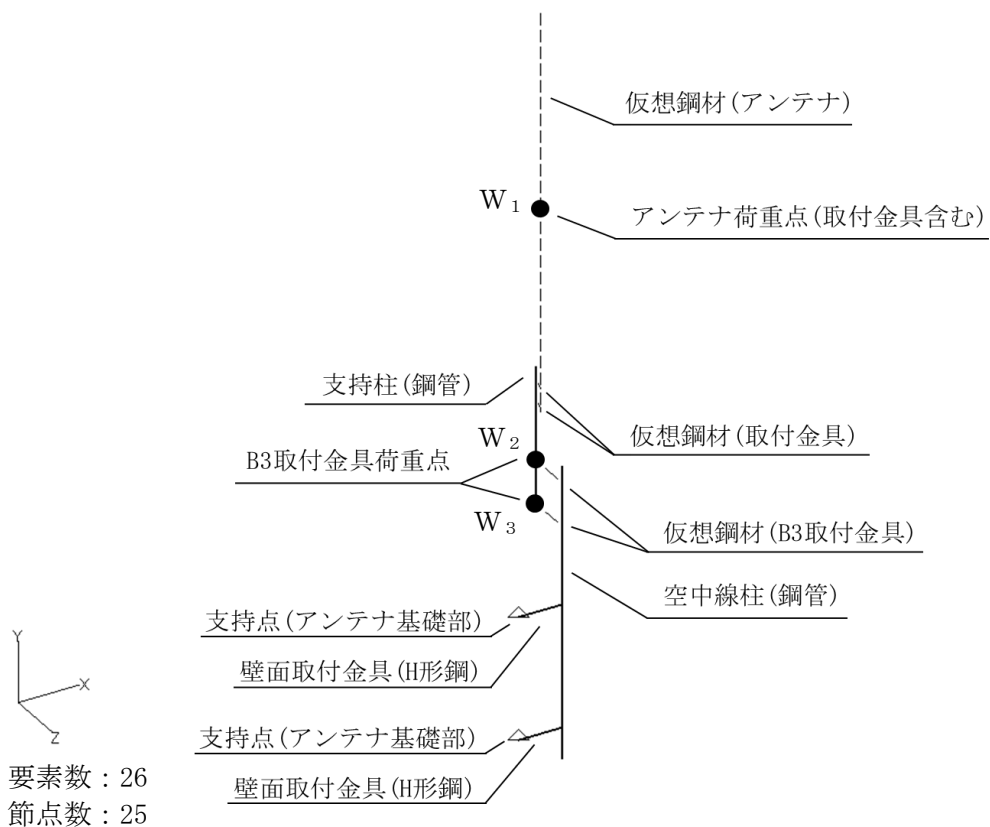


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1、振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	□	—	—	—

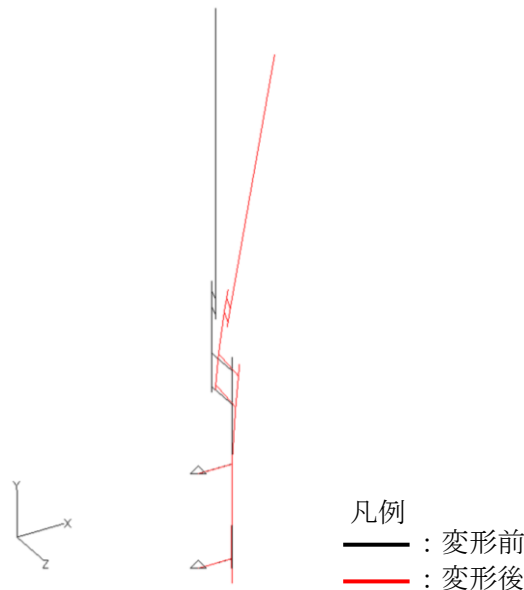


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30 m/s を使用し、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s + P_K$ ^{*3}	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo17-12-2+C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m²)

作用する部位	基準速度圧
無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	1.751×10 ³

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 63.5*1	□	□	—	—	$C_H=5.80^{*2}$	$C_V=2.66^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

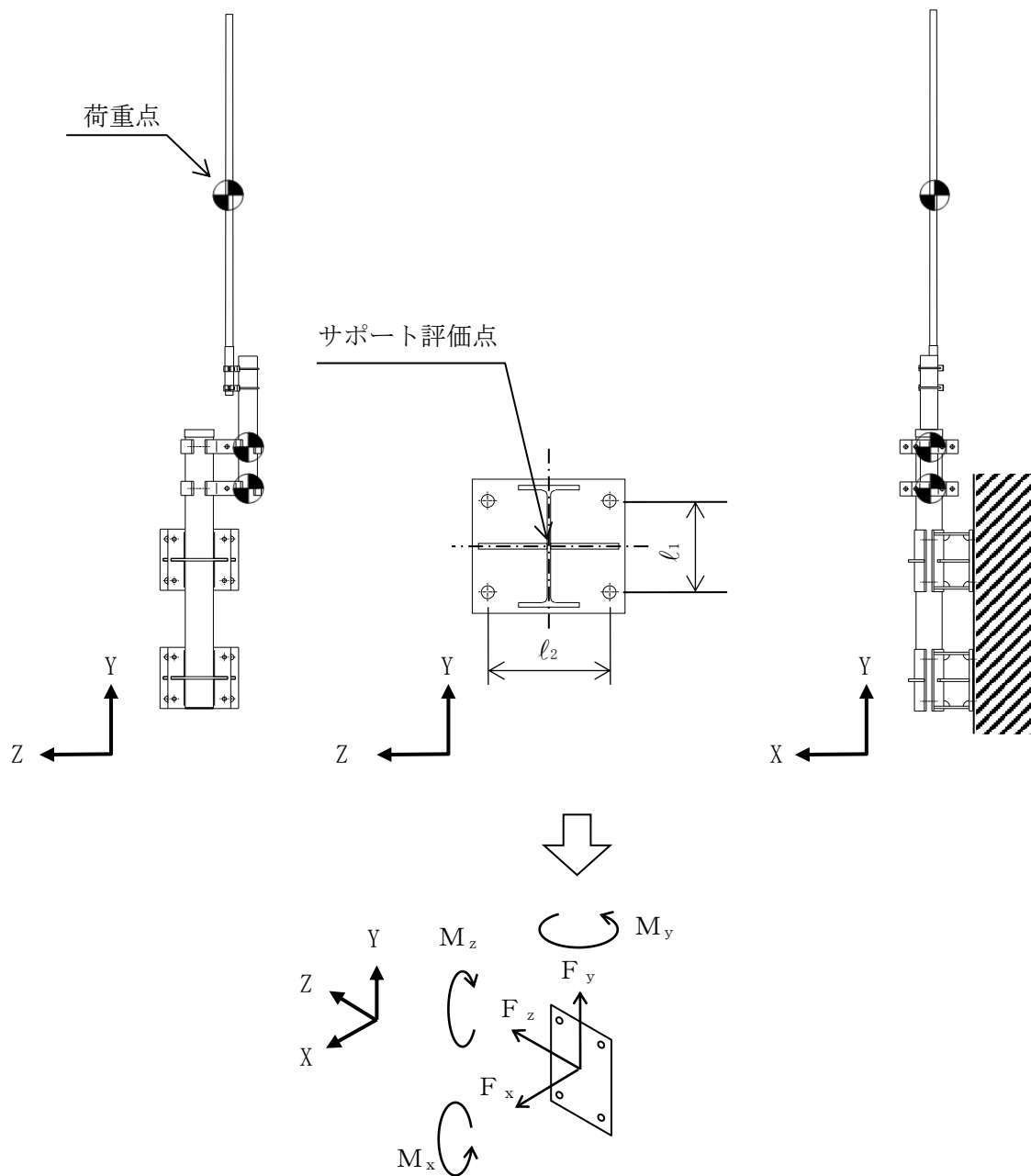


図 5-1 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表5-6に示す。

表5-6 サポート発生反力，モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)						

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ₃は次式により求める。

$$\ell_3 = \text{Min}(\ell_1, \ell_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 基礎ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

f_{to}	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 63.5* ¹	□	□	—	—	C _H =5.80* ²	C _V =2.66* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	W ₂ (N)	W ₃ (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	12.68	29.42	29.42	16 (M16)	201.1	4	200	500

部材	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	n _y	n _z	P _K (N)		F (MPa)	F* (MPa)
					X方向	Z方向		
基礎ボルト	150	200	2	2	1.100×10 ³	1.030×10 ³	—	240

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	X5CrNiMo17-12-2+C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_b=20$	$f_{ts}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=6$	$f_{sb}=110$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	水平方向	4.14	□
	鉛直方向	2.21	□

注記*: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

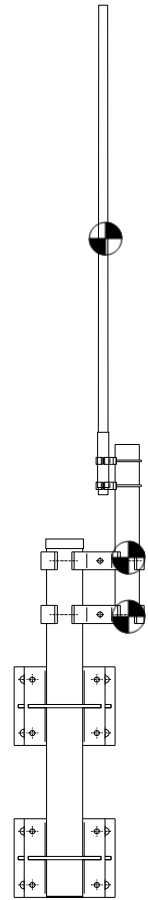
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

22

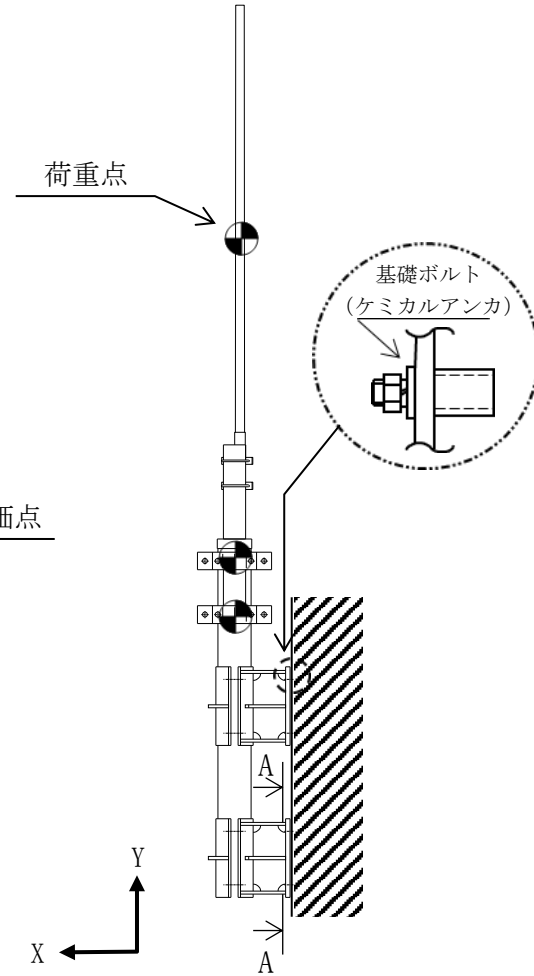
1.5 その他の機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質 (SS400)	縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
材質 (STK400)	縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	40
質量		m	kg	□
要素数		—	個	26
節点数		—	個	25

正面

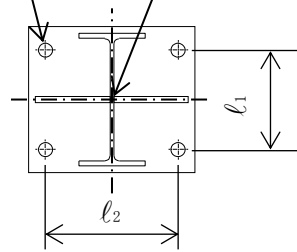


側面



基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

サポート評価点



A~A 矢視図

VI-2-6-7-3-2-6 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	19
6. 機能維持評価	20
6.1 電氣的機能維持評価方法	20
7. 評価結果	21
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	アンテナ	<p>【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）】</p> <p>正面 700</p> <p>側面 700</p> <p>アンテナ</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>床</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フローを図2-1に示す。

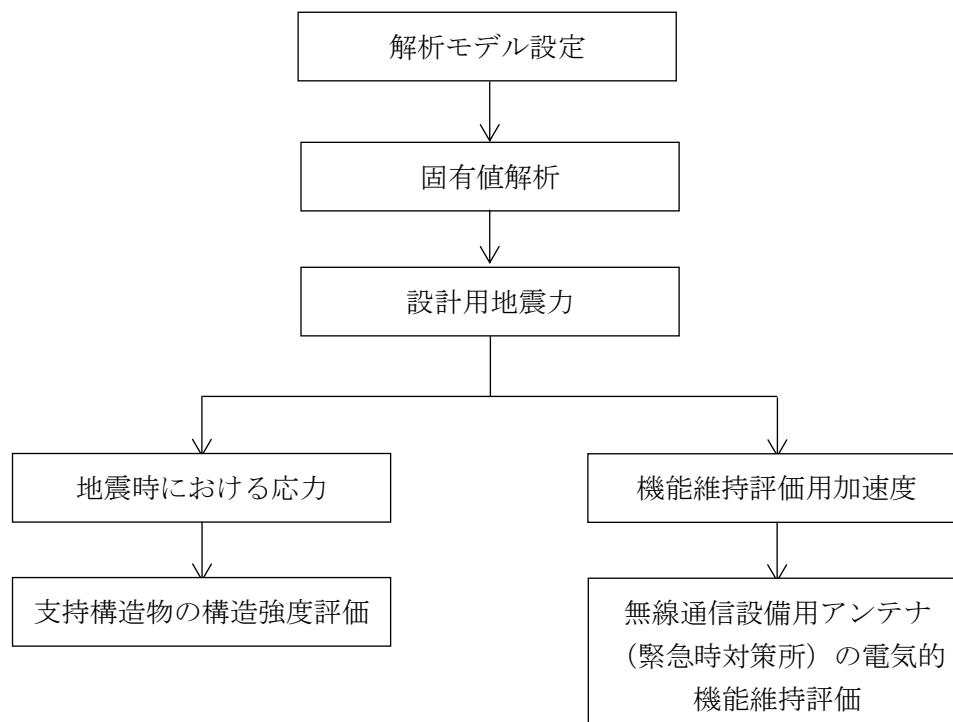


図2-1 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
P_K	風荷重	N
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
速度圧	N/m ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (2) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）のアンテナの重心位置については、アンテナの中心位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

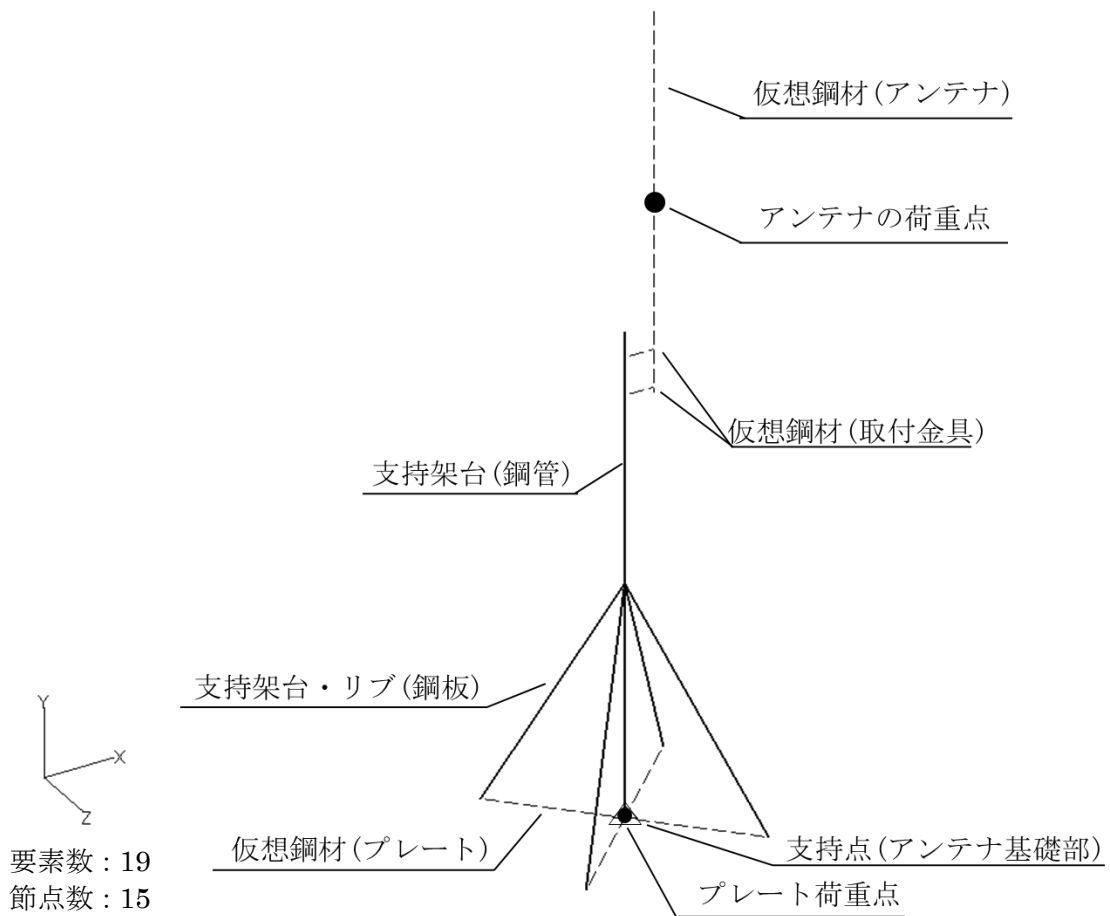


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平	□	—	—	—

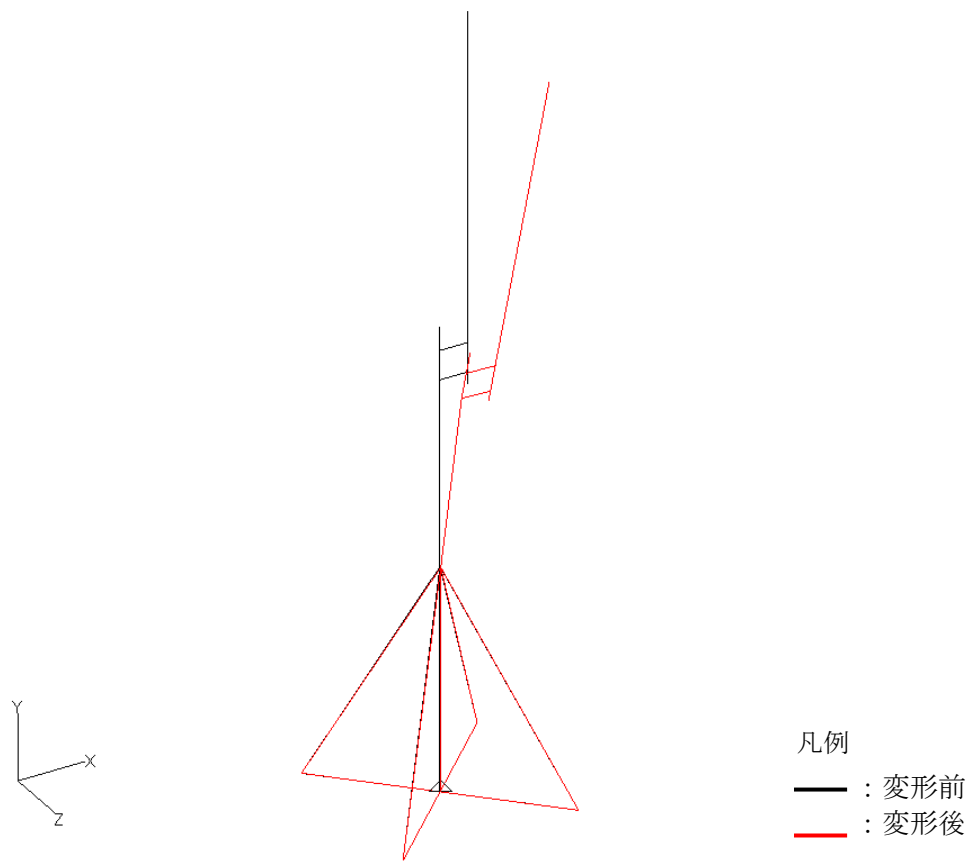


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m²)

作用する部位	基準速度圧
無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	1.149×10 ³

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策所 EL 56.6 * ¹	□	□	—	—	C _H =2.90* ²	C _V =1.41* ²

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

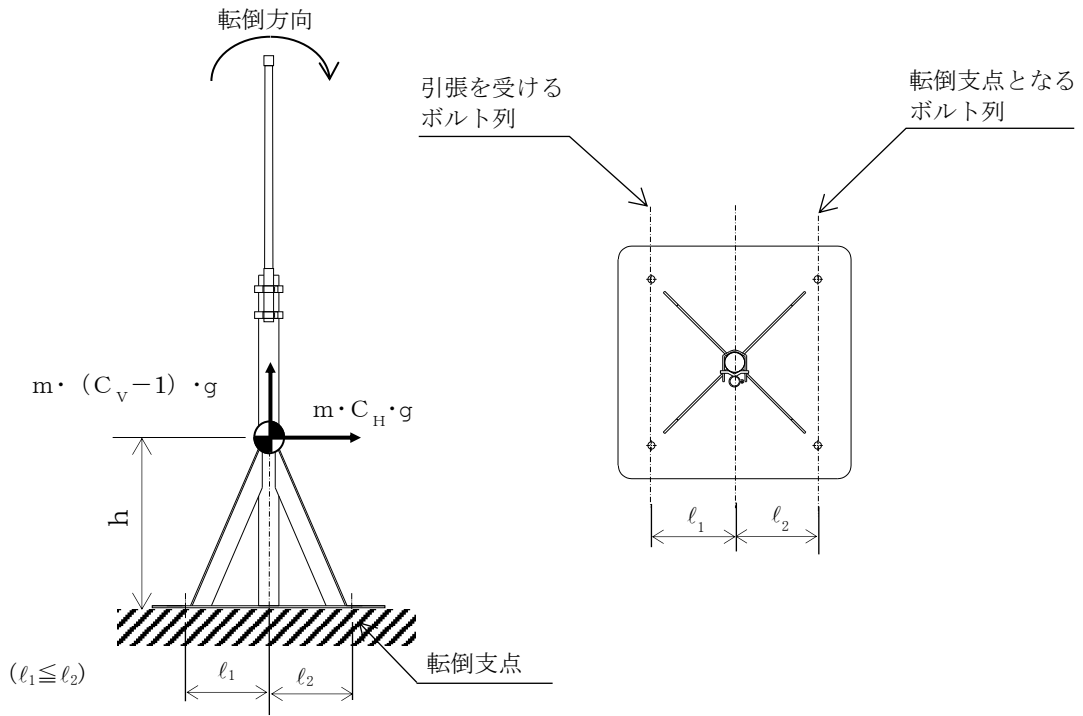


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

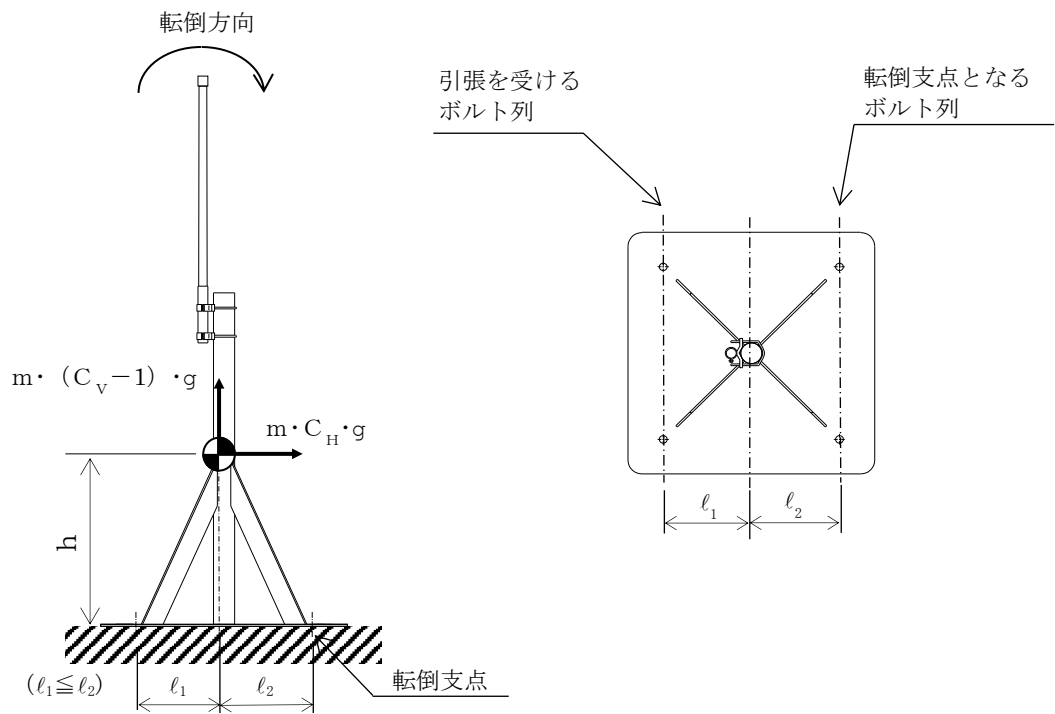


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g + P_K \cdot h + m \cdot (C_V - 1) \cdot l_2 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H + P_K \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6-1に示す。

表6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* ¹	□	□	—	—	C _H =2.90* ²	C _V =1.41* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)
基礎ボルト	□	513	16 (M16)	201.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	n _f * (mm)	P _K (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	250	250	2	4.530×10 ³	—	253	—	長辺方向
	249	251	2					

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=15$	$f_{ts}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=7$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	水平方向	2.42	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="text"/>

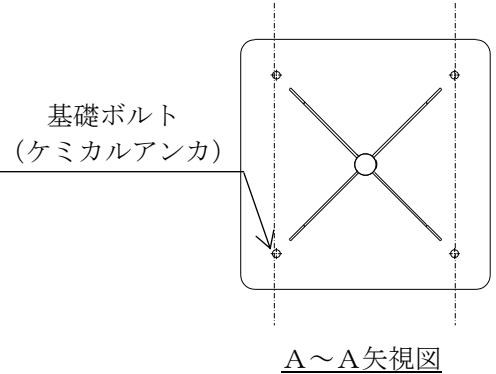
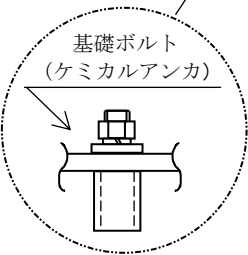
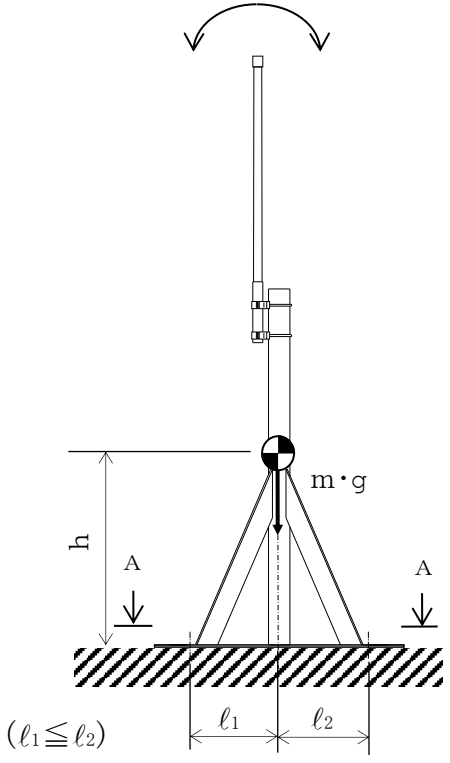
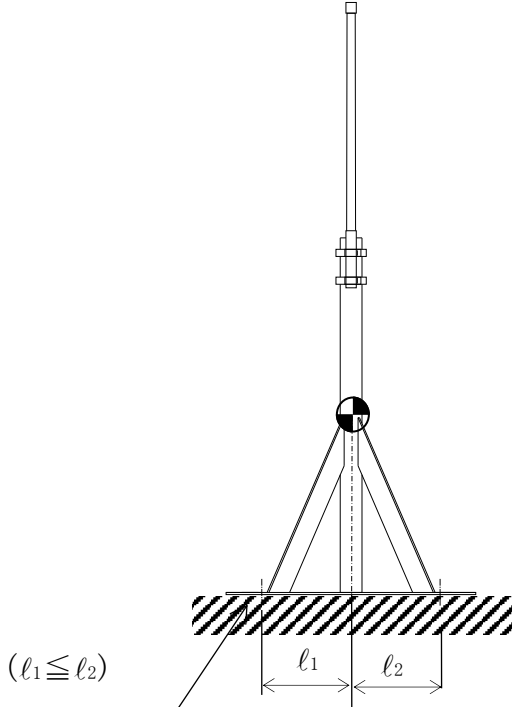
注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質(SS400)	縦弾性係数	E	MPa	2.01×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
材質(STK400)	縦弾性係数	E	MPa	2.01×10^5
	ポアソン比	ν	—	0.3
質量		m	kg	□
温度条件 (雰囲気温度)		T	°C	50
要素数		—	個	19
節点数		—	個	15

(短辺方向)

(長辺方向)
転倒方向



VI-2-6-7-3-3 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備
の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-3-2 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡
設備（I P－電話機）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類されるが、VI-1-1-11「通信連絡設備に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）の構造計画を表2-1に示す。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）は、IP-電話機（有線系）、IP-電話機（衛星系）で構成される。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>IP-電話機を固定具及び粘着固定シートにて机の上に固定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>IP-電話機</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>上面</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

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

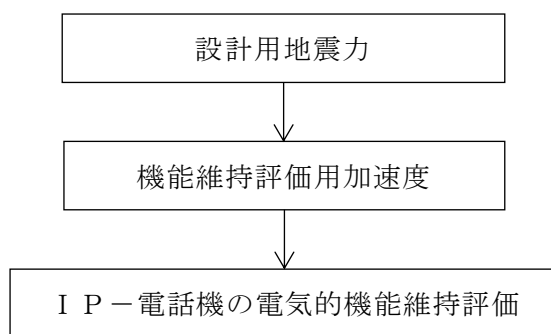


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固定することから、机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

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

4.1 機能維持評価用加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固定することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
I P－電話機（有線系）	緊急時対策所 EL 50.250*	水平	□
		鉛直	□
I P－電話機（衛星系）	緊急時対策所 EL 50.250*	水平	□
		鉛直	□

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P－電話機）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
I P－電話機（有線系）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
I P－電話機（衛星系）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
I P - 電話機 (有線系)	水平方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
I P - 電話機 (衛星系)	水平方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記* : 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-3-4 統合原子力防災ネットワークに接続する
通信連絡設備（テレビ会議システム）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類されるが、VI-1-1-11「通信連絡設備に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>テレビ会議システムを固定具，固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机の上に固定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>テレビ会議システム</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>上面</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の耐震評価フローを図2-1に示す。

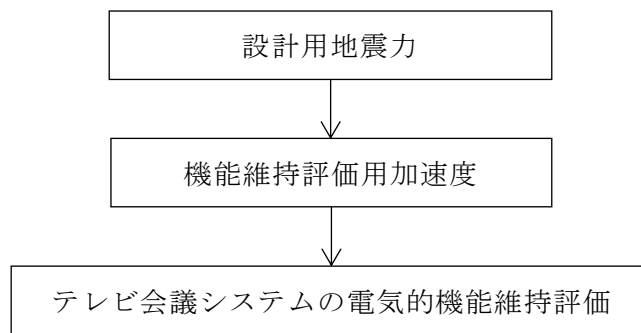


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）は、テレビ会議システムを固定具、固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机上に固定することから、机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）は、テレビ会議システムを固定具、固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机上に固定することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 (テレビ会議システム)	緊急時対策所 EL 50.250*	水平	□
		鉛直	□

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）	水平方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-4 緊急時原子力発電所情報伝送システム（SPDS）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-4-5 発信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	19
6. 機能維持評価	20
6.1 電氣的機能維持評価方法	20
7. 評価結果	21
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、発信用アンテナ（1・2号）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

発信用アンテナ（1・2号）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

発信用アンテナ（1・2号）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>発信用アンテナ（1・2号）は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは、基礎ボルトで壁に設置する。</p>	<p>壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形のアンテナ）</p>	<p>【発信用アンテナ（1・2号）】</p> <p>（単位：mm）</p>

2.2 評価方針

発信用アンテナ（1・2号）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す発信用アンテナ（1・2号）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、発信用アンテナ（1・2号）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フローを図2-1に示す。

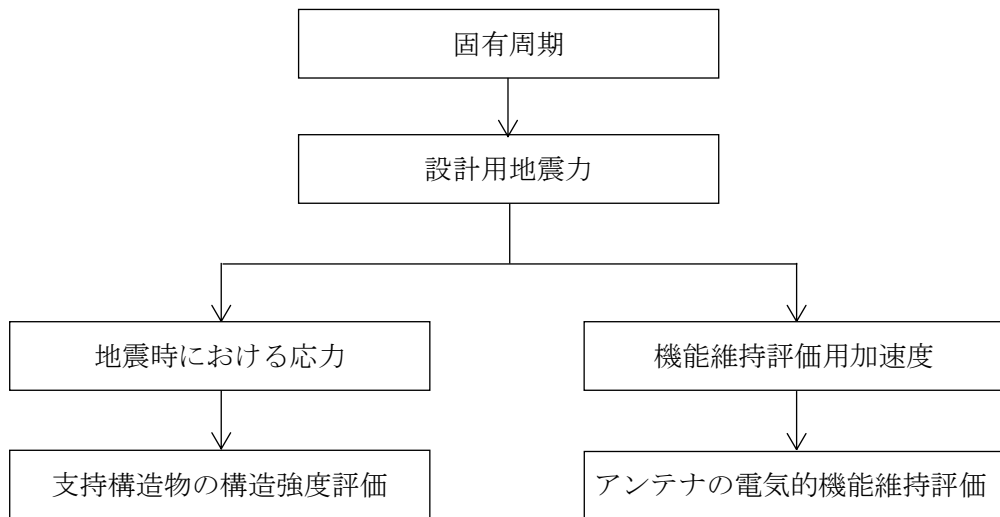


図2-1 発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m_i	アンテナの質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fVi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (側面方向) (壁掛形) * ¹	—
n_{fHi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (正面方向) (壁掛形) * ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa
P_k	風荷重	N

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

$i=1$: 基礎ボルト

$i=2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$: 据付面

$i=2$: 取付面

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
速度	m/s	—	—	小数点以下第 1 位
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

発信用アンテナ（1・2号）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有周期を確認する。発信用アンテナ（1・2号）の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) アンテナの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力はアンテナに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) アンテナは取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) アンテナの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

発信用アンテナ（1・2号）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

5.2.2 許容応力

発信用アンテナ（1・2号）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

発信用アンテナ（1・2号）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速30m/sを使用し、発信用アンテナ（1・2号）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	発信用アンテナ (1・2号)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_k$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 5-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
発信用アンテナ（1・2号）	645.0

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 42.8 ^{*1} (EL 51.7 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.51 ^{*2}	C _V =2.46 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

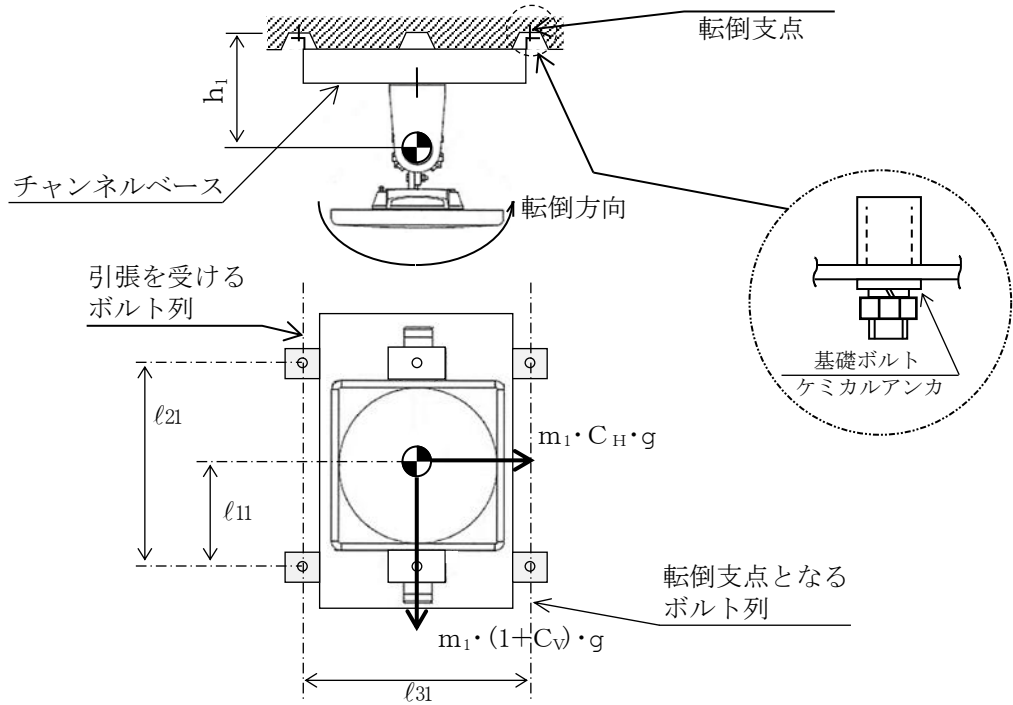


図5-1 計算モデル（正面方向転倒）

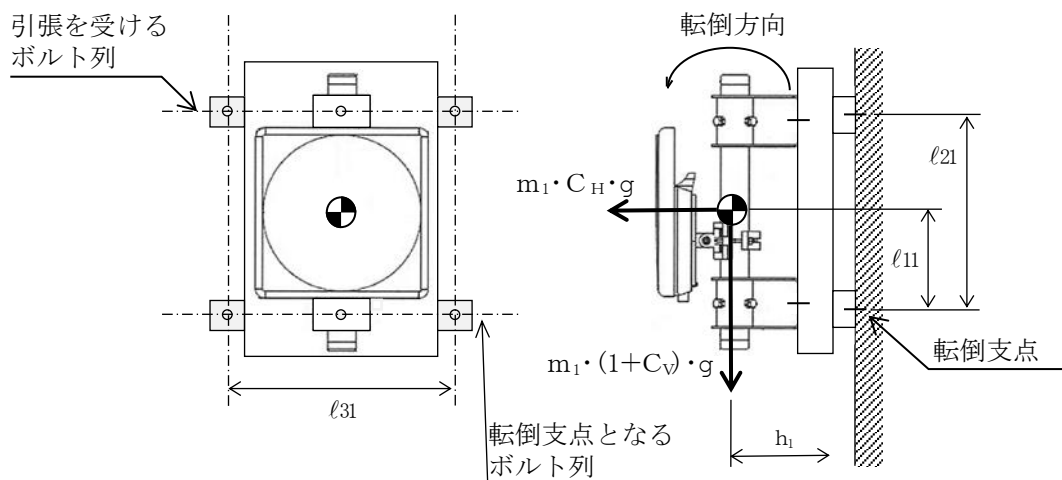


図5-2 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_1}{n_{fv1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + P_k \cdot h_1}{n_{fH1} \cdot l_{31}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_1}{n_{fv1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot g \cdot C_H \cdot l_{11}}{n_{fv1} \cdot l_{21}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = C_H \cdot m_1 \cdot g + P_k \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = (1 + C_v) \cdot m_1 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

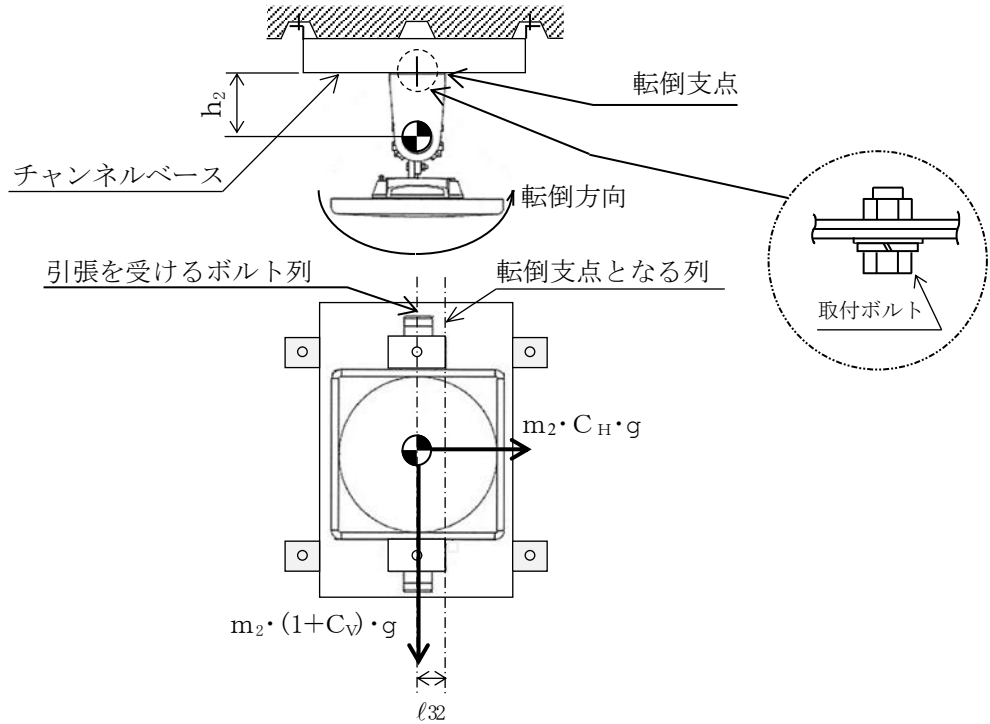


図5-3 計算モデル（正面方向転倒）

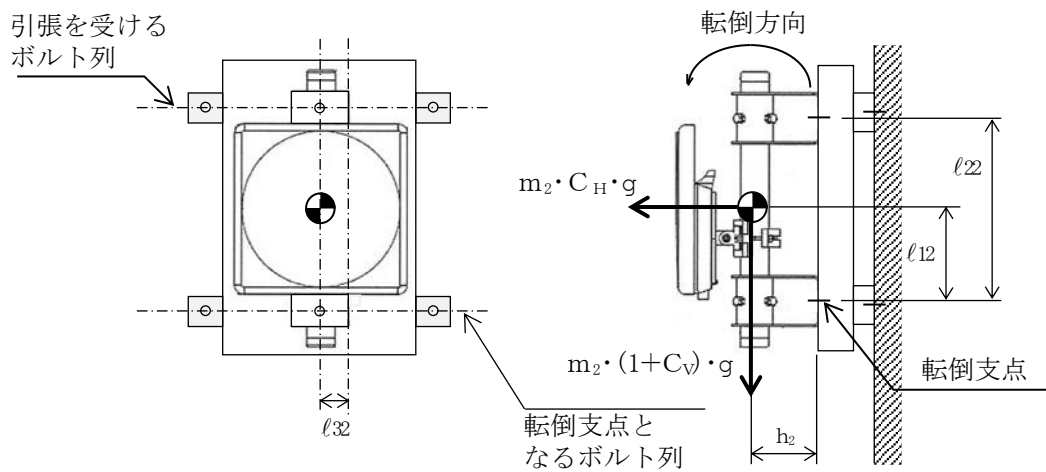


図5-4 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3、図5-4でそれぞれのボルト（又は接触面）を支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_2}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot g \cdot C_H \cdot h_2 + P_K \cdot h_2}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_2}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot g \cdot C_H \cdot l_{12}}{n_{fv2} \cdot l_{22}} \dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = C_H \cdot m_2 \cdot g + P_K \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = (1 + C_v) \cdot m_2 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

発信用アンテナ（1・2号）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

発信用アンテナ（1・2号）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式のアンテナ単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
発信用アンテナ（1・2号）	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

発信用アンテナ（1・2号）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。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【発信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備



1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
発信用アンテナ (1・2号)	常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8 *1 (EL 51.7 *1)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.51*2	C _V =2.46*2	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		309	16 (M16)	201.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		164	16 (M16)	201.1	2	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	P _k (N)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
									弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	220	420	460	2	2	433.6	—	253	—	正面方向
取付ボルト (i=2)	210	400	60	1	2	433.6	—	253	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=6$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

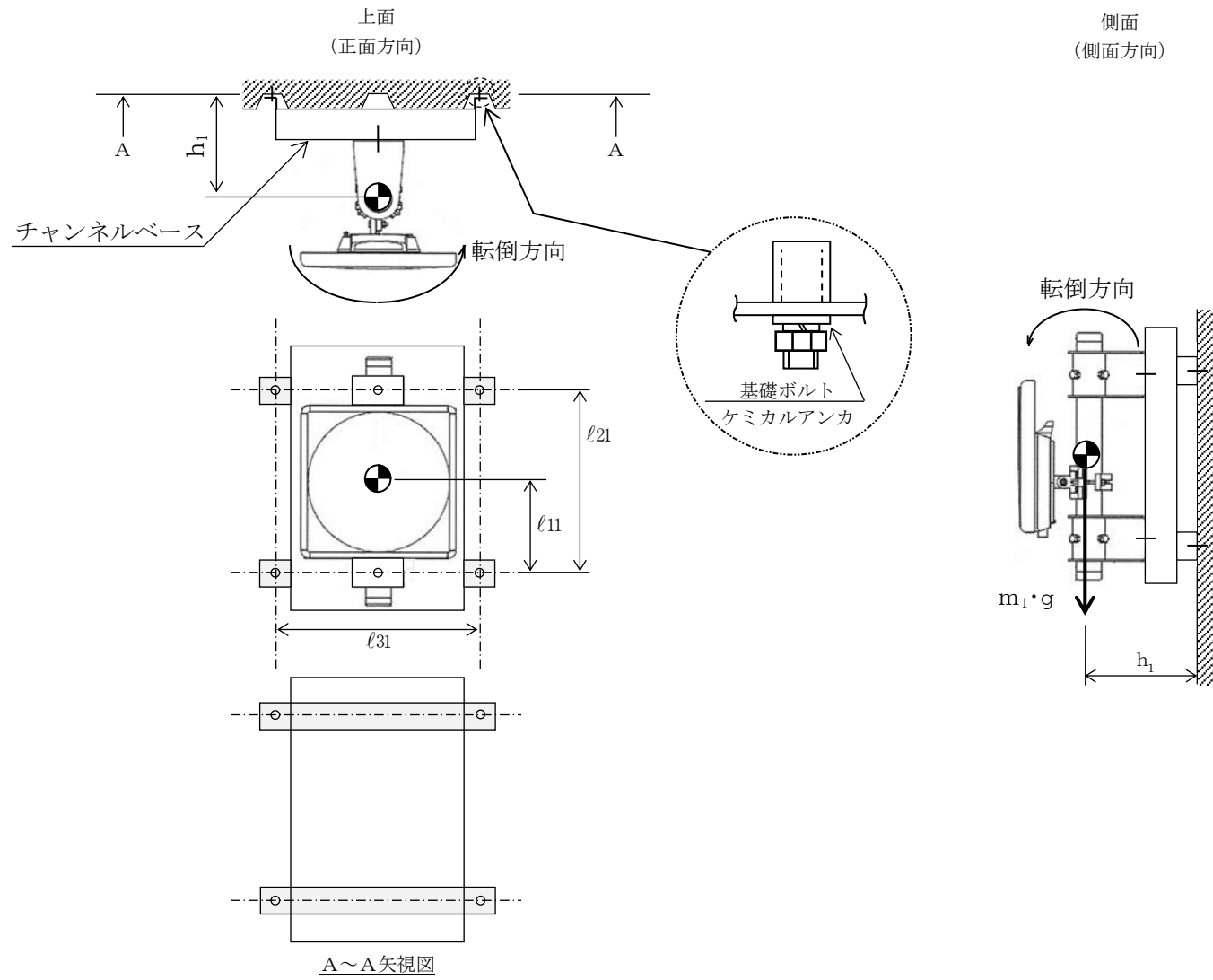
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

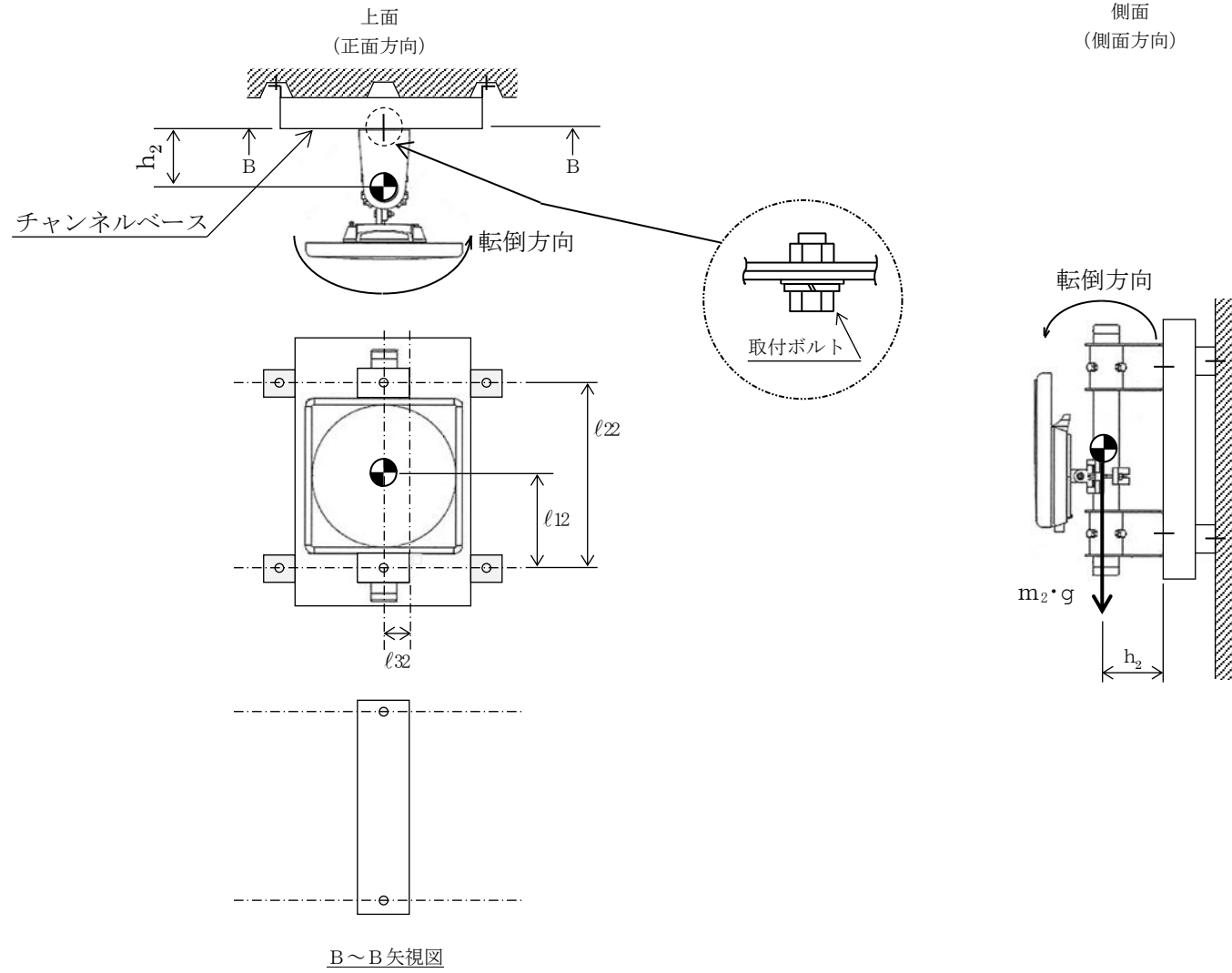
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
発信用アンテナ (1・2号)	水平方向	2.93	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





VI-2-6-7-3-4-6 受信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	15
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、受信用アンテナ（1・2号）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

受信用アンテナ（1・2号）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

受信用アンテナ（1・2号）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
受信用アンテナ（1・2号）は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	受信用アンテナ（1・2号）	<p>平面</p> <p>400</p> <p>400</p> <p>正面</p> <p>受信用アンテナ（1・2号）</p> <p>1250</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>床</p> <p>(正面方向)</p> <p>側面</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

受信用アンテナ（1・2号）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す受信用アンテナ（1・2号）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、受信用アンテナ（1・2号）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フローを図2-1に示す。

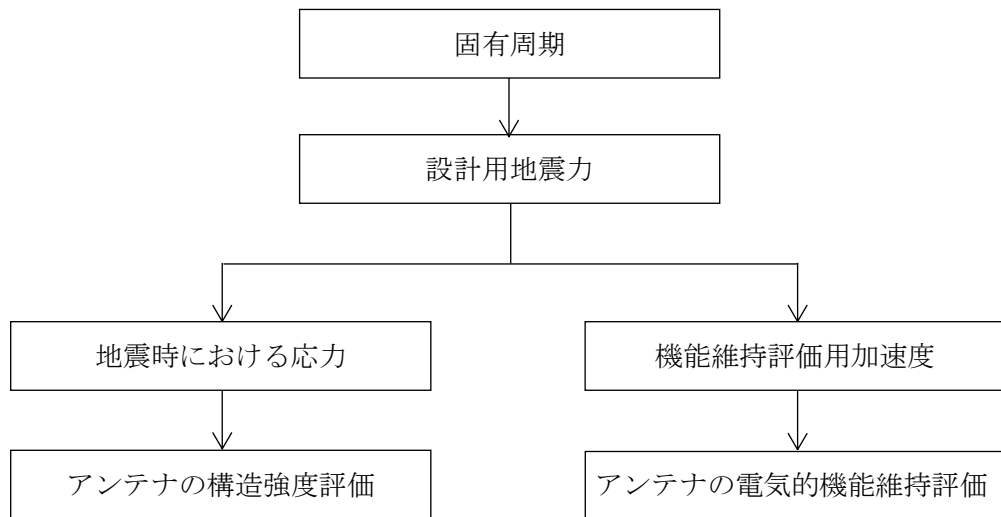


図2-1 受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	アンテナの質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa
P_k	風荷重	N

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
速度	m/s	—	—	小数点以下第 1 位
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

受信用アンテナ（1・2号）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験にて受信用アンテナ（1・2号）の固有振動数を測定する。受信用アンテナ（1・2号）の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 受信用アンテナ（1・2号）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は受信用アンテナ（1・2号）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 受信用アンテナ（1・2号）は基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 受信用アンテナ（1・2号）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

受信用アンテナ（1・2号）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

5.2.2 許容応力

受信用アンテナ（1・2号）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

受信用アンテナ（1・2号）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速30m/sを使用し、受信用アンテナ（1・2号）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	受信用アンテナ (1・2号)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_k$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	198	504	205
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

表 5-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
受信用アンテナ（1・2号）	645.0

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

表 5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
SA 車両保管エリア (第 1 保管エリア) EL 50.0* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.88* ²	C _V =1.31* ²

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

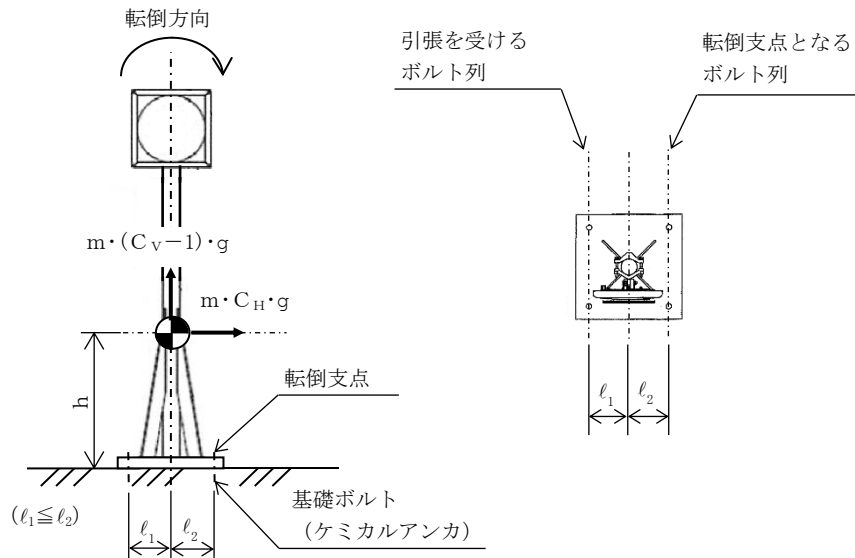


図5-1 計算モデル（正面方向転倒）

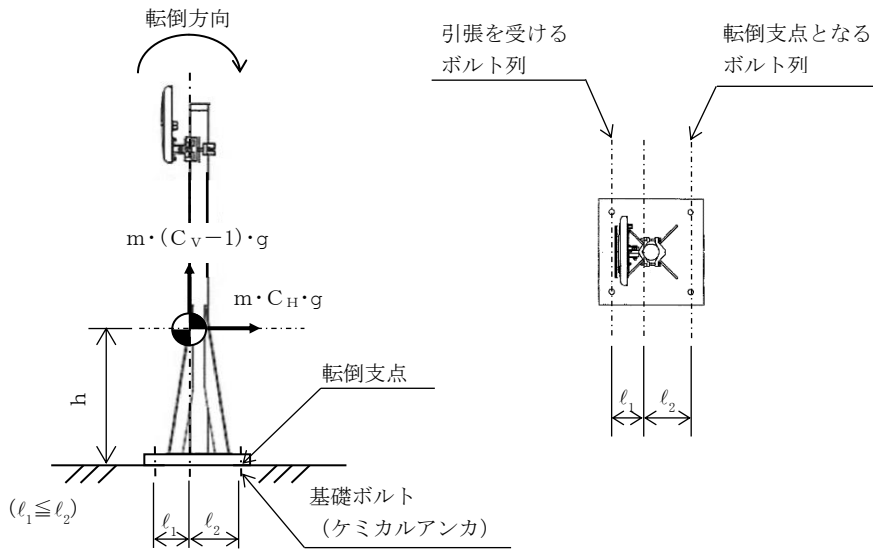


図5-2 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + P_k \cdot h}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} - \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g + P_k \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【受信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

受信用アンテナ（1・2号）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

受信用アンテナ（1・2号）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同型式のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
受信用アンテナ（1・2号）	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

受信用アンテナ（1・2号）の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【受信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
受信用アンテナ (1・2号)	常設/緩和	SA車両保管エリア (第1保管エリア) EL 50.0* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.88* ²	C _V =1.31* ²	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	398	16 (M16)	201.1	4	198	504	205

部材	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	n _f * (mm)	P _k (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	150	150	2	774.0	—	205	—	側面方向
	134	166	2					

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=94$

すべて許容応力以下である。

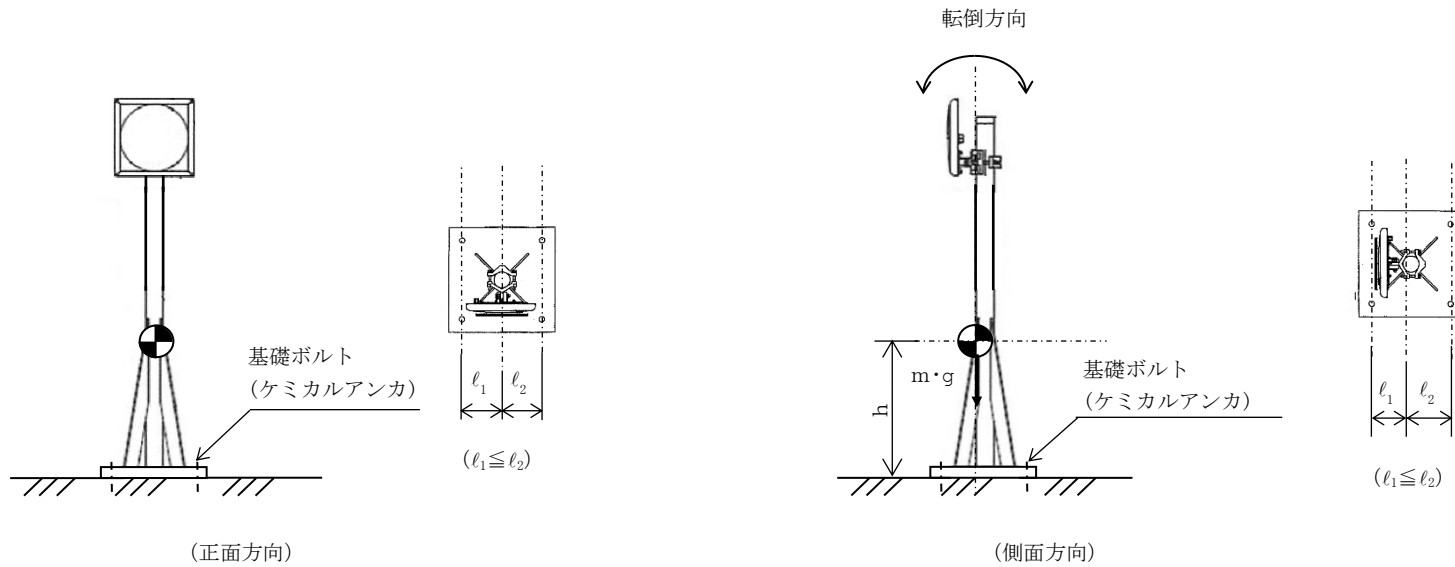
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
受信用アンテナ (1・2号)	水平方向	1.56	<input checked="" type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.08	<input checked="" type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8 放射線管理施設の耐震性に関する説明書

VI-2-8-1 放射線管理施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、放射線管理施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

放射線管理施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

放射線管理施設の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載することとする。

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (1/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	主蒸気管放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-1	—	—	—
		格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル)	S	無	VI-2-8-2-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-2
		格納容器雰囲気放射線モニタ (サブプレッションチェンバ)	S	無	VI-2-8-2-3	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-3
		燃料取替階放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-4	—	—	—
		原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-5	—	—	—
		非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-6	—	—	—
		第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (低レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-7
		第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-8
		燃料プールエリア放射線モニタ (低レンジ) (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-9
		燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ) (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-10

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (2/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	換気設備 (中央制御室空調換気系)	主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-3-1-1
		主配管	S	—*2	VI-2-8-3-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-1
		中央制御室送風機	S	無	VI-2-8-3-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-2
		中央制御室非常用再循環送風機	S	無	VI-2-8-3-1-3	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-3
		中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ	S	無	VI-2-8-3-1-4	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-4
	換気設備 (中央制御室空気供給系)	主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-3-2-1

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (3/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	換気設備 (緊急時対策所換気空調系)	主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-8-3-3-1
		差圧計	—	—*2	—	常設／その他	—	VI-2-8-3-3-2
	生体遮蔽装置	原子炉二次遮蔽	B	有	VI-2-8-4-1	常設／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-1
		補助遮蔽	B	有	VI-2-8-4-2	常設／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-2
		中央制御室遮蔽（1，2 号機共用）	S	有	VI-2-8-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-3
		中央制御室待避室遮蔽	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-8-4-4
		緊急時対策所遮蔽	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-8-4-5

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外

VI-2-8-3 換気設備の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-3 緊急時対策所換気空調系の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-3-2 差圧計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の確認	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、差圧計が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

差圧計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スターションは、壁面に設置された埋込金物への溶接により壁面に設置する。</p>	<p>弾性差圧検出器</p>	<p>【差圧計】</p> <p>平面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>埋込金物</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>計器取付板</p> <p>壁</p> <p>計器スターション</p> <p>溶接部</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

差圧計の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す差圧計の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、差圧計の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

差圧計の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

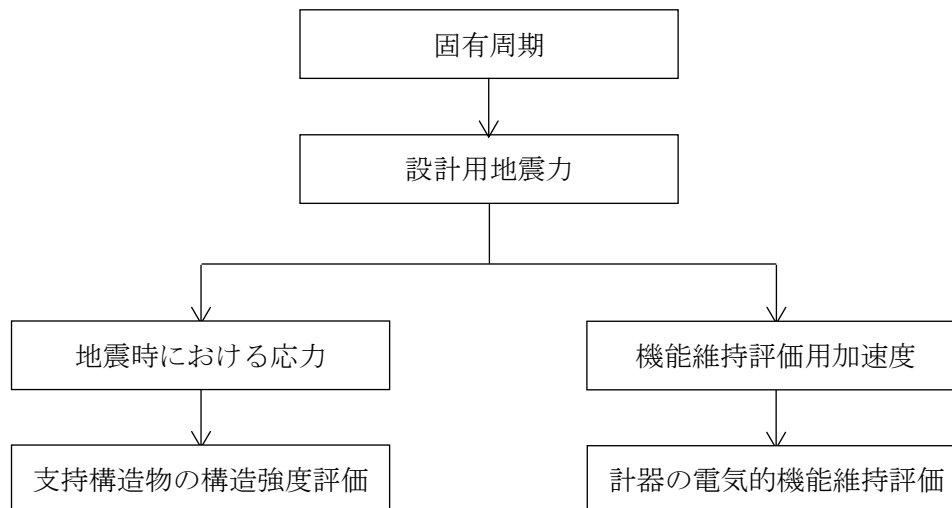


図 2-1 差圧計の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し左右方向の 水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し前後方向の 水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l'	溶接の有効長さ	mm
l	重心と下側溶接部間の距離	mm
l_a	側面(左右)溶接部間の距離	mm
l_b	上下溶接部間の距離	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n_w	溶接部の数	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向の溶接数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向の溶接数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
σ	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

差圧計の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。

差圧計の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の確認

差圧計の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期 (単位 : s)

差圧計 (U85-DPI004)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向*は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記*：計器スタンションの転倒方向は、計器スタンションを正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」、前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

差圧計の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

差圧計の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

注記*1：「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	241	394	—
溶接部	SS400 (径 ≤ 16mm)					

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=2.90^{*2}$	$C_V=1.41^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s ）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

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

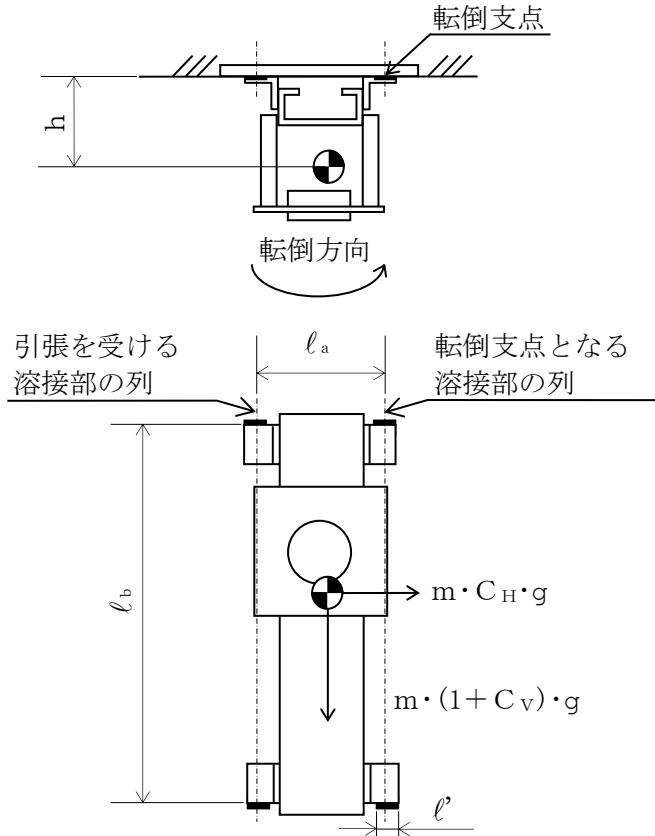


図5-1 計算モデル（正面方向転倒の場合）

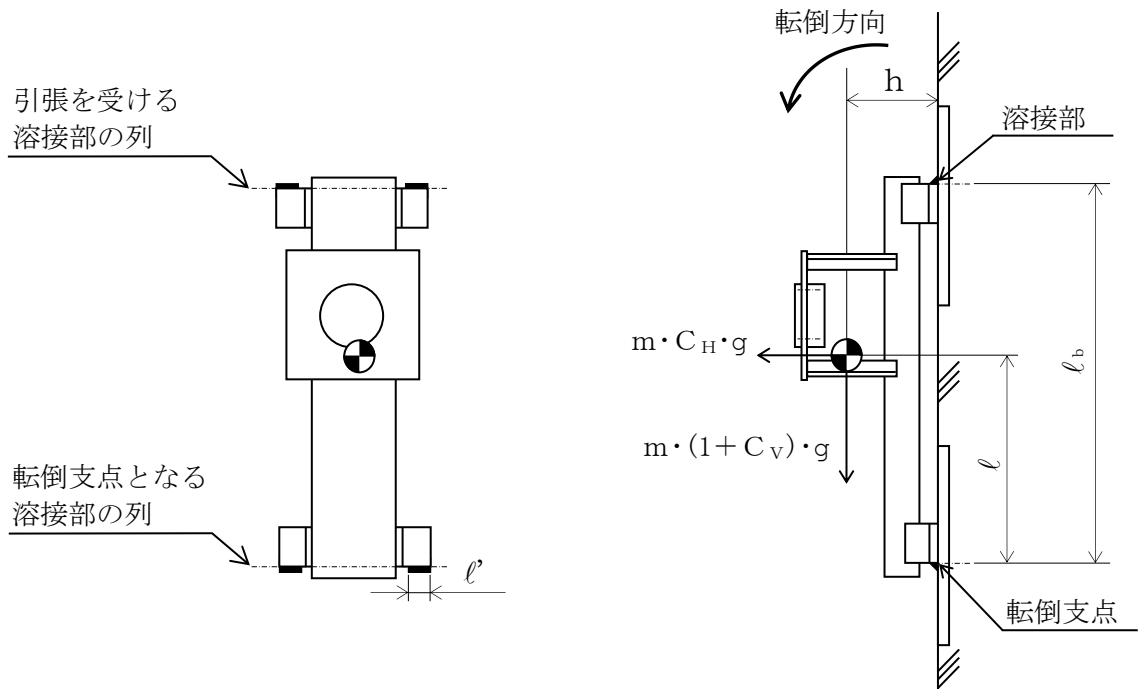


図5-2 計算モデル（側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

正面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

側面方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 a は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.10)$$

(3) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.11)$$

5.5 計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【差圧計（U85-DPI004）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

差圧計の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
差圧計 (U85-DPI004)	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

差圧計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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【差圧計 (U85-DPI004) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
差圧計 (U85-DPI004)	常設/その他	緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.90 ^{*2}	C _V =1.41 ^{*2}	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A _w (mm ²)	n _w	S _y (MPa)	S _u (MPa)
溶接部		172	5	3.5	30	105.0	4	241 (径≤16mm)	394 (径≤16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fH} * (mm)	n _{fV} * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	653	170	1190	2	2	—	276	—	正面方向
	653	170	1190	2	2				

注記*: 溶接部の機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	434.6	—	998.4

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SS400	引張	—	—	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=159$
		せん断	—	—	$\tau_w=3$	$f_{sm}=159$
		組合せ	—	—	$\sigma=5$	$f_{sm}=159$

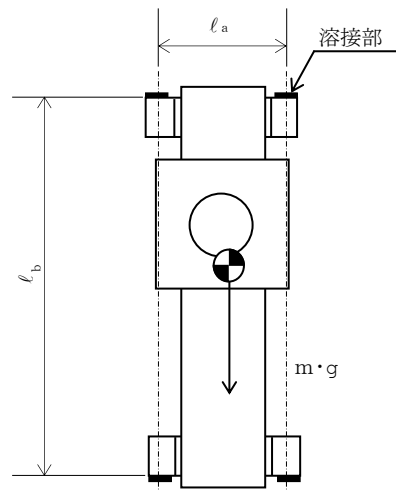
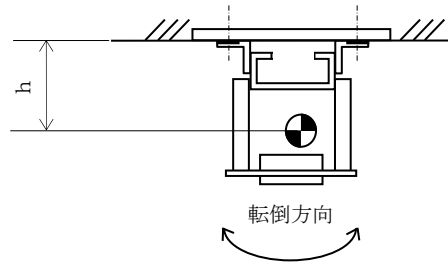
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

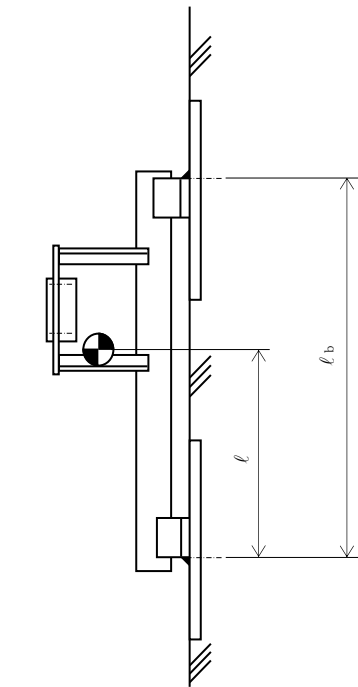
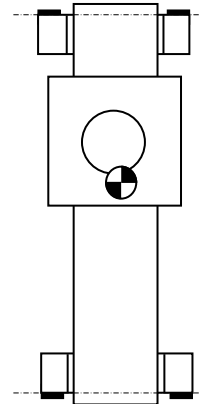
($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
差圧計 (U85-DPI004)	水平方向	2.42	
	鉛直方向	1.17	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-8-4 生体遮蔽装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-4-3 中央制御室遮蔽（1，2号機共用）の耐震性
についての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	9
2.4	適用規格・基準等	12
3.	地震応答解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	13
4.	応力解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	15
4.1	評価対象部位及び評価方針	15
4.1.1	天井スラブ及び床スラブ	15
4.1.2	耐震壁	18
4.2	荷重及び荷重の組合せ	20
4.2.1	天井スラブ及び床スラブ	20
4.2.2	耐震壁	21
4.3	許容限界	27
4.4	解析モデル及び諸元	30
4.4.1	天井スラブ及び床スラブ	30
4.4.2	耐震壁	31
4.5	応力評価方法	32
4.5.1	天井スラブ及び床スラブ	32
4.5.2	耐震壁	35
4.6	断面の評価方法	39
4.6.1	天井スラブ及び床スラブ	39
4.6.2	耐震壁	41
5.	評価結果（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	43
5.1	地震応答解析による評価結果	43
5.2	応力解析による評価結果	46
5.2.1	天井スラブ及び床スラブの評価結果	46
5.2.2	耐震壁の評価結果	50
6.	基本方針（中央制御室バウンダリ）	52
6.1	位置	52
6.2	構造概要	53
6.3	評価方針	56
6.4	適用規格・基準等	58
7.	地震応答解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）	59

8.	応力解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）	61
8.1	評価対象部位及び評価方針	61
8.2	荷重及び荷重の組合せ	64
8.3	許容限界	65
8.4	解析モデル及び諸元	67
8.5	応力評価方法	68
8.6	断面の評価方法	71
9.	評価結果（中央制御室バウンダリ）	73
9.1	地震応答解析による評価結果	73
9.2	応力解析による評価結果	79
10.	引用文献	82

別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 38 条において設置することが要求されている中央制御室について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものである。また、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、制御室建物のうち、補助遮蔽（制御室建物）の地震時の構造強度及び機能維持の確認についても説明する。それらの評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

なお、中央制御室は、VI-1-7-3「中央制御室の居住性に関する説明書」において、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 38 条及び第 74 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」に基づく居住性の評価を行っており、中央制御室空調換気系の処理対象となるバウンダリ（以下「中央制御室バウンダリ」という。）を定めている。

以下、中央制御室のうち構造強度及び遮蔽性が要求される範囲（以下「中央制御室遮蔽」という。）、補助遮蔽（制御室建物）及び中央制御室バウンダリの耐震評価をそれぞれ示す。

2. 基本方針（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

中央制御室遮蔽は設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。また、制御室建物を構成する壁の一部は、制御室建物の補助遮蔽（制御室建物）に該当し、その補助遮蔽（制御室建物）は重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）としての耐震評価を示す。

2.1 位置

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）は、制御室建物の一部を構成している。中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を含む制御室建物の設置位置を図 2-1 に示す。

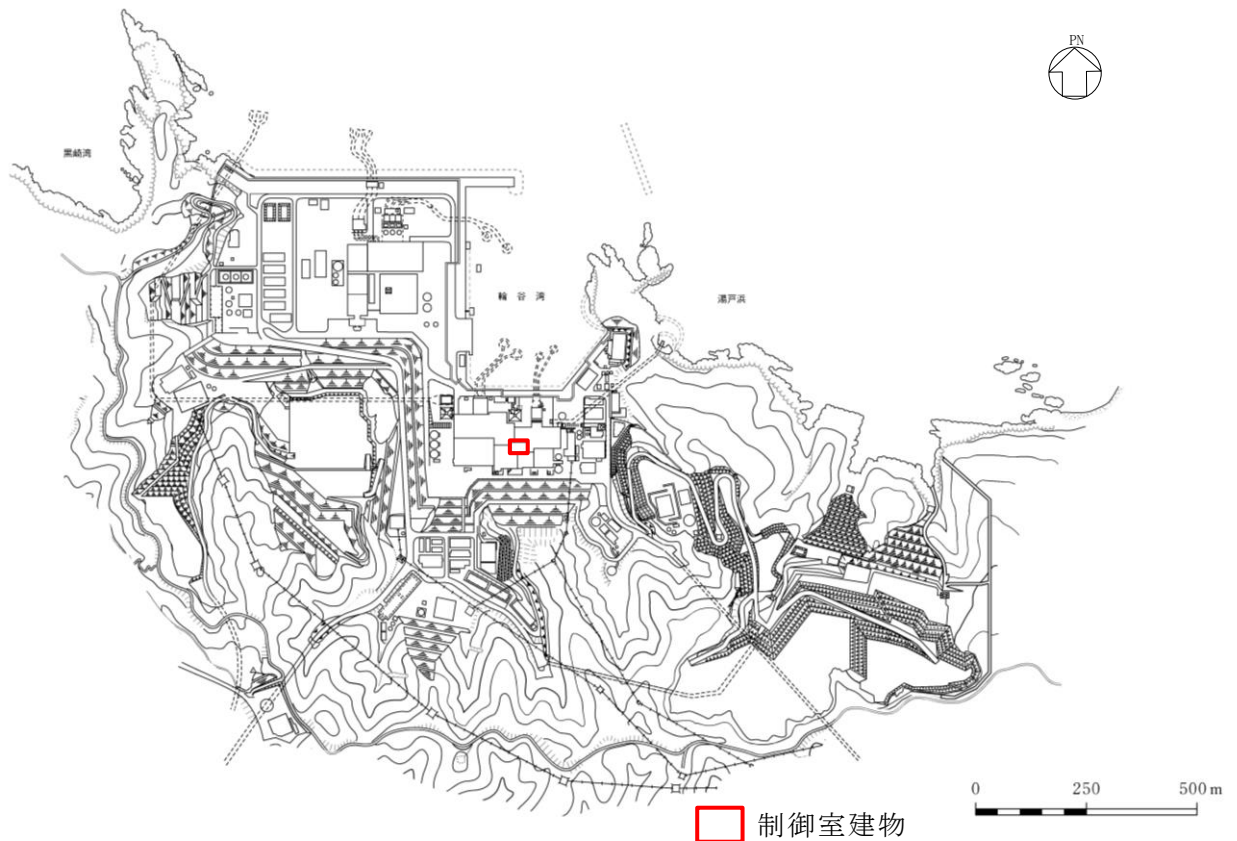


図 2-1 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を含む制御室建物の設置位置

2.2 構造概要

制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

制御室建物の平面寸法は、 22.0m^{*1} (N S) \times 37.0m^{*1} (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは 21.95m である。また、制御室建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

制御室建物の基礎は厚さ 1.5m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

中央制御室は EL 16.9m^{*2} ~ EL 22.05m に位置する。平面規模は、 22.0m (N S) \times 37.0m (E W) である。中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、壁の厚さは $\square\text{cm}$ 、天井スラブ及び床スラブの厚さは $\square\text{cm}$ ~ $\square\text{cm}$ である。また、補助遮蔽（制御室建物）は、制御室建物の壁の一部で構成されており、壁の厚さは $\square\text{cm}$ ~ $\square\text{cm}^{*3}$ である。

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

注記*1：建物寸法は壁外面寸法とする。

*2：「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

*3：「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される壁の厚さを示す。



図 2-2(1) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 22.05m）

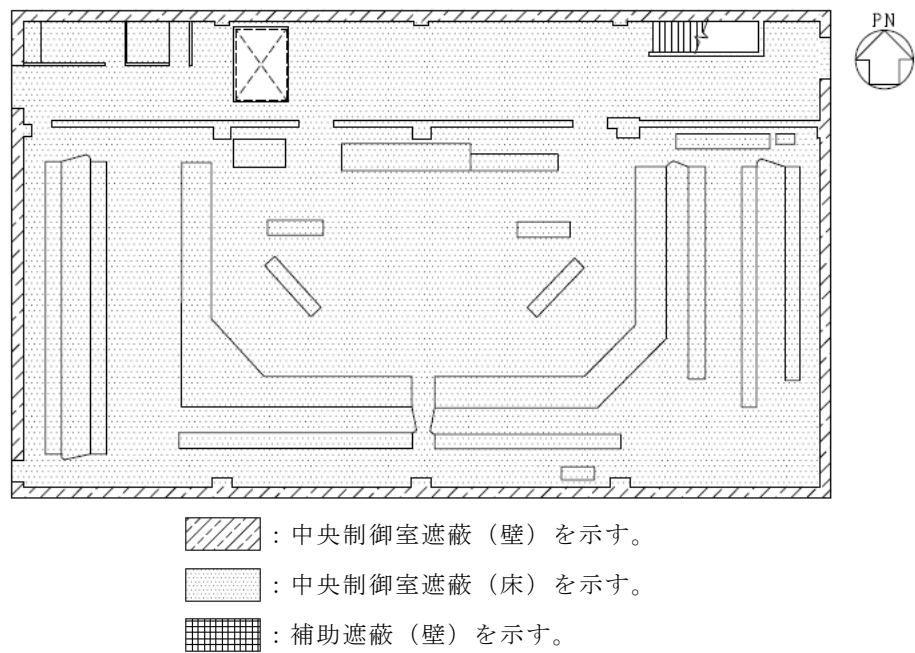


図 2-2(2) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 16.9m）

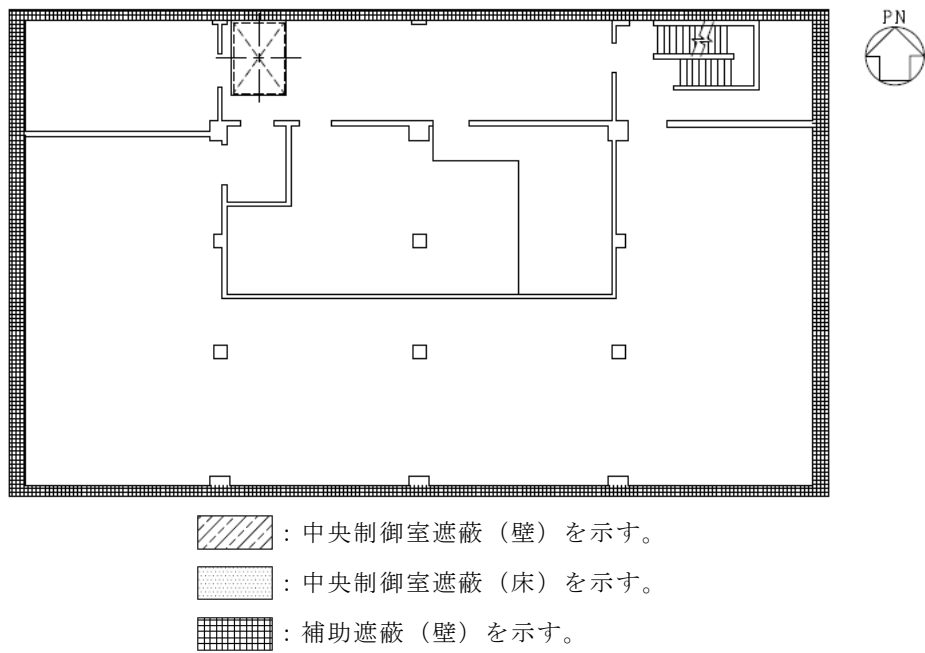


図 2-2(3) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 12.8m）

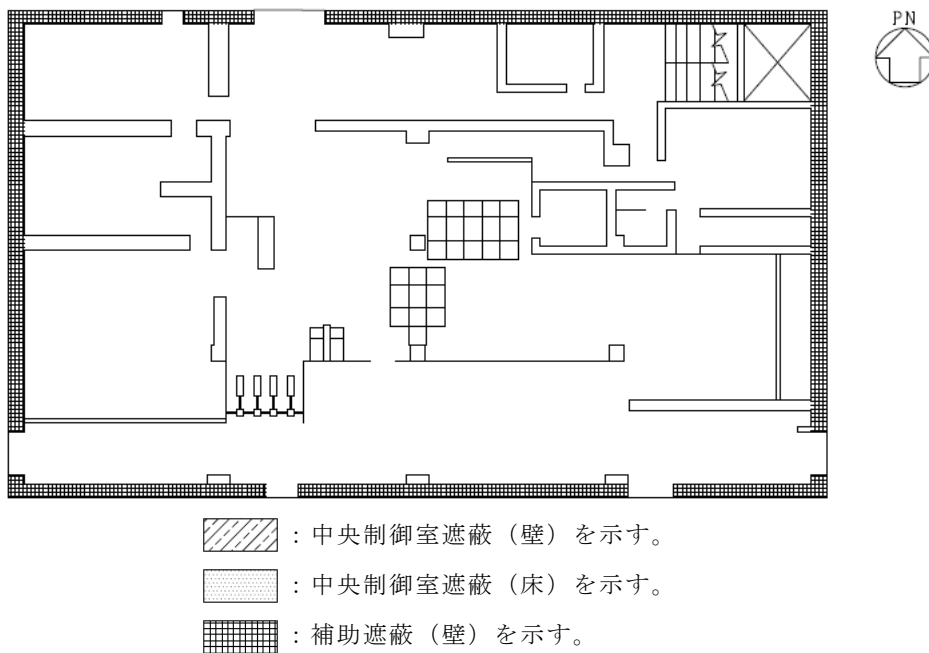


図 2-2(4) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 8.8m）

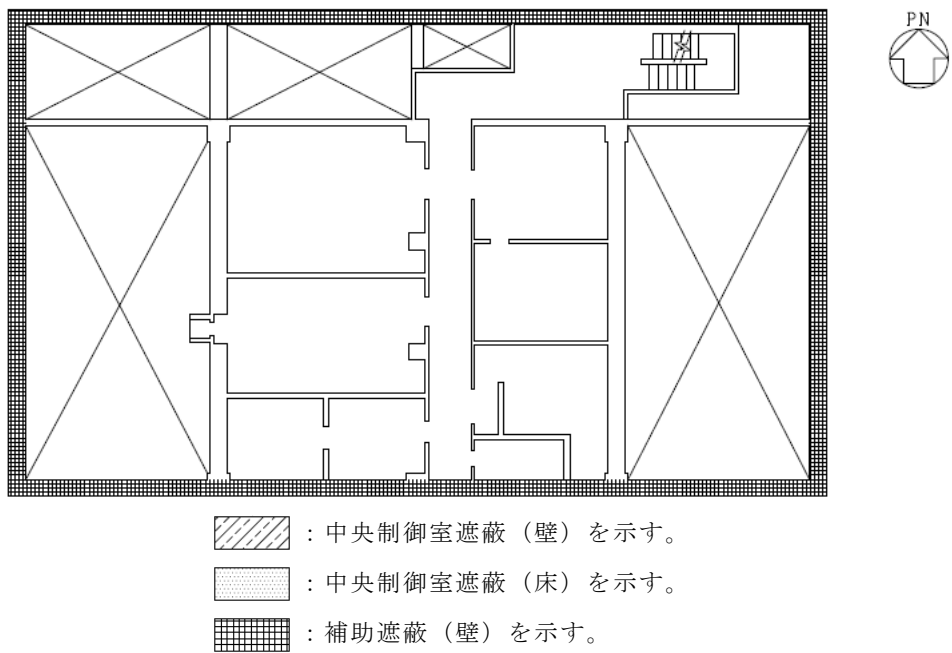


図 2-2(5) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 5.3m）

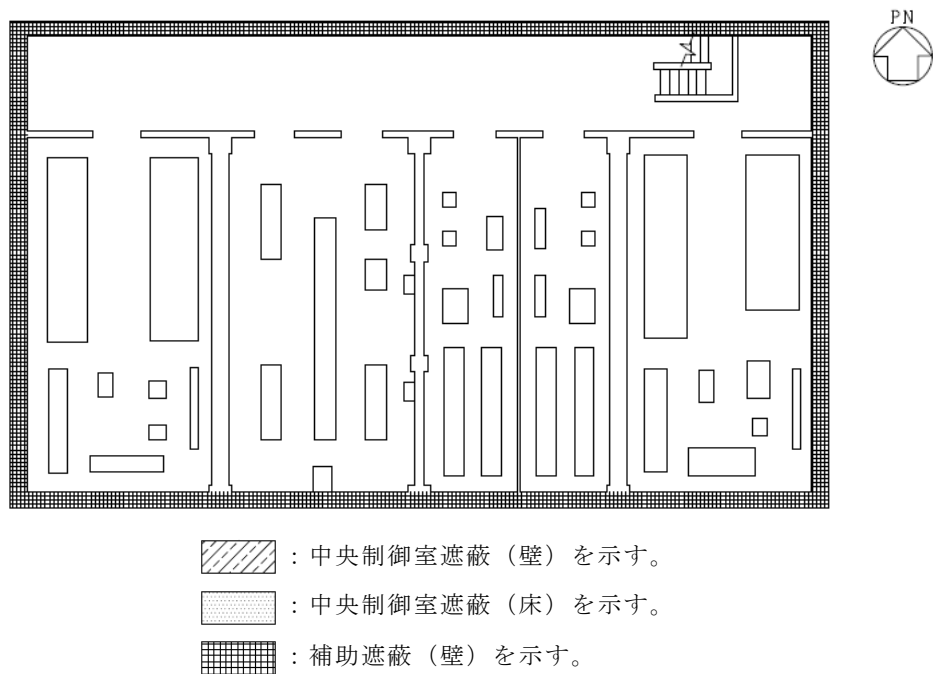


図 2-2(6) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 1.6m）

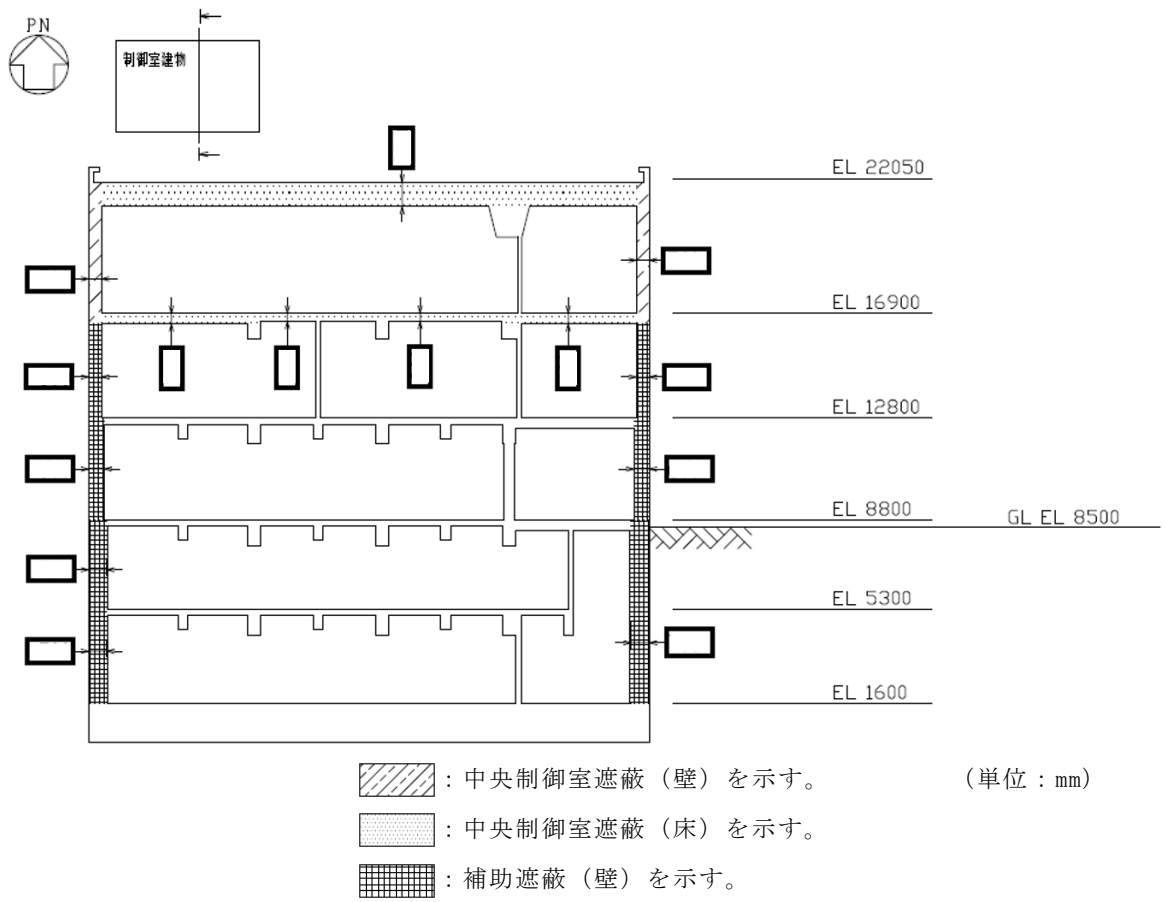


図 2-3(1) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽 (制御室建物) の概略断面図 (N S 方向)

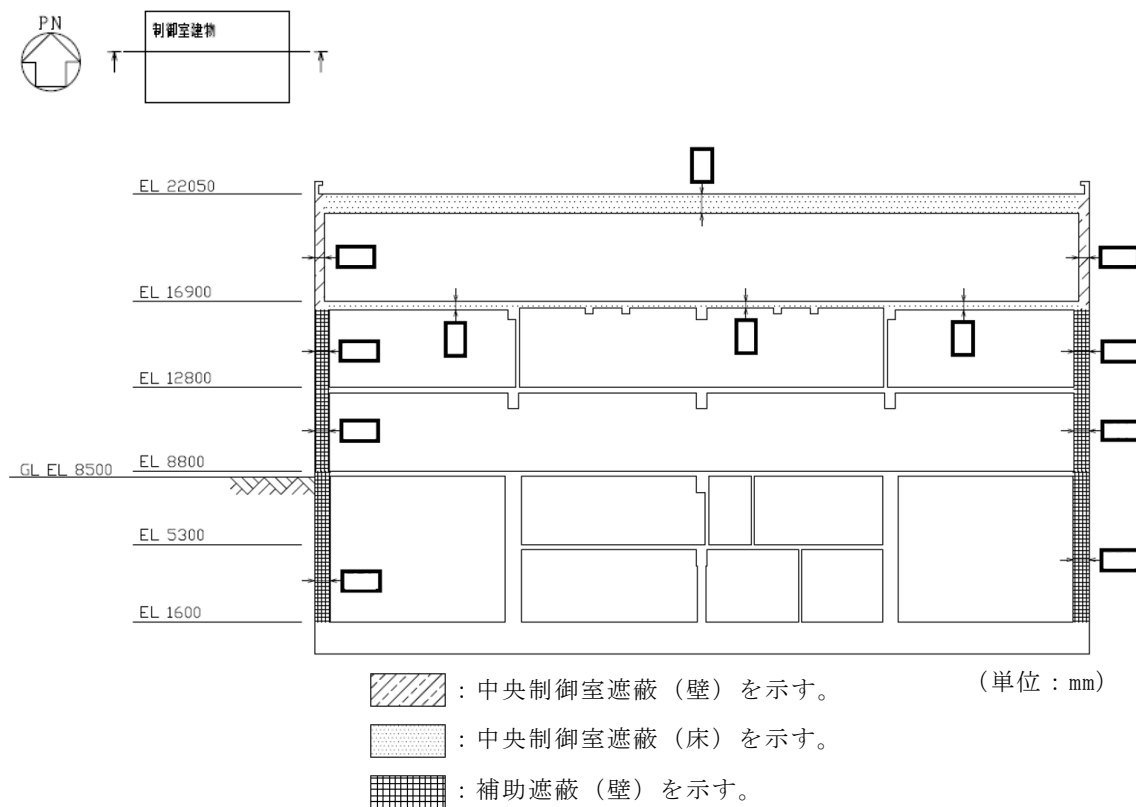


図 2-3(2) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略断面図（E W方向）

2.3 評価方針

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。また、補助遮蔽（制御室建物）は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む耐震壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 S_d 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行う。

中央制御室遮蔽の評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁についてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては耐震壁、天井スラブ及び床スラブについて断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

それぞれの評価は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

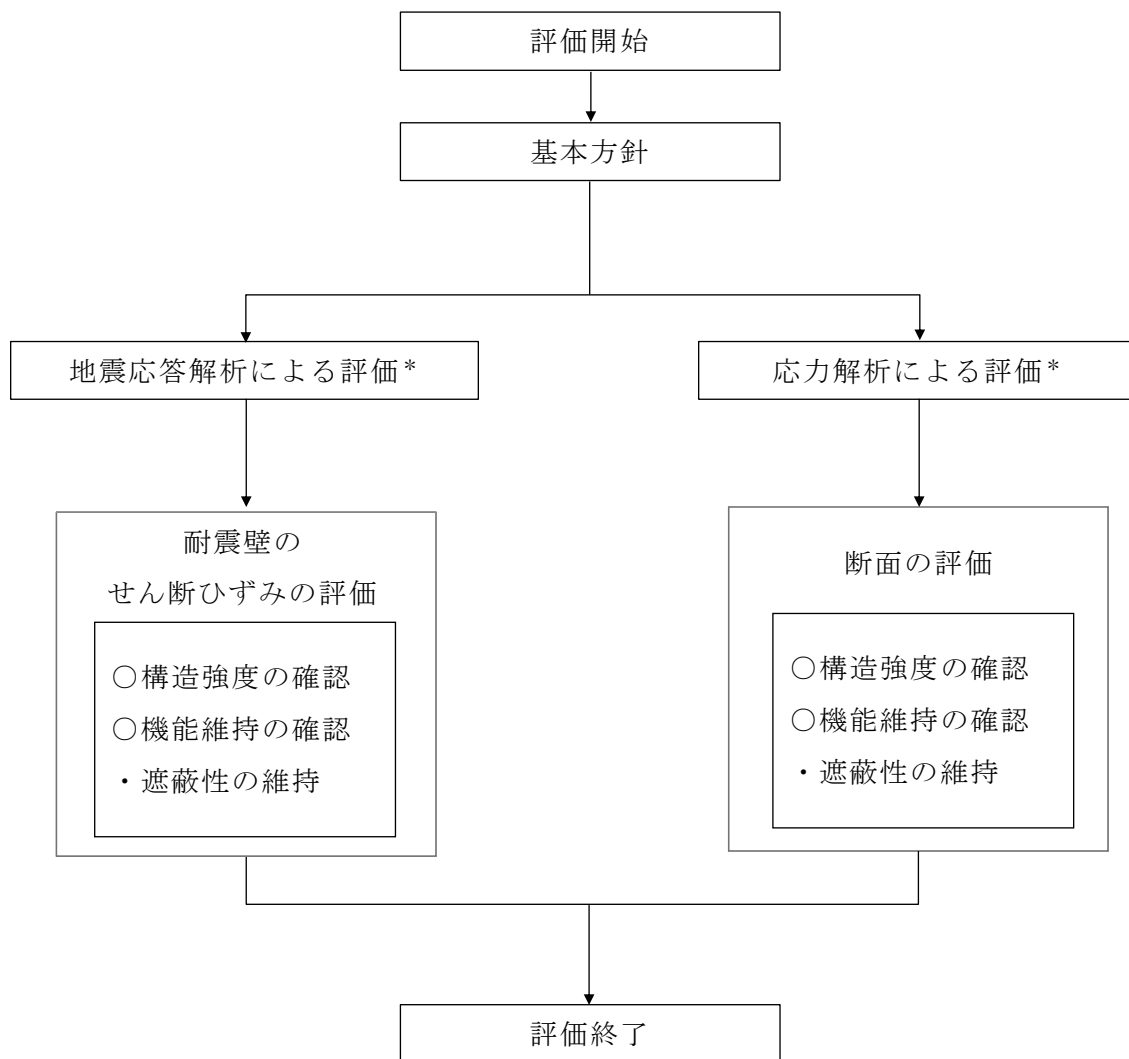
なお、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、中央制御室遮蔽が制御室建物の一部であることを踏まえ、中央制御室遮蔽を含む制御室建物全体としての評価結果をVI-2-2-6「制御室建物の耐震性についての計算書」に示す。

また、中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の重大事故等対処施設としての評価においては、 S_s 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、制御室建物では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート 剛性	地盤物性	備考
ケース 1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース 2 (地盤物性 + σ)	設計基準強度	標準地盤 + σ (+10%, +20%)	
ケース 3 (地盤物性 - σ)	設計基準強度	標準地盤 - σ (-10%, -20%)	
ケース 4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮



注記* : VI-2-2-5 「制御室建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 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)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)

3. 地震応答解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の構造強度についてはVI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果に基づき、材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また、遮蔽性の維持については、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	耐震壁*	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S _s	耐震壁* (中央制御室遮蔽)	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

注記*：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	耐震壁*	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S _s	耐震壁* (中央制御室遮蔽及び補助遮蔽(制御室建物))	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

注記*：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

4. 応力解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

4.1 評価対象部位及び評価方針

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の応力解析による評価対象部位は、中央制御室遮蔽を構成する天井スラブ及び床スラブ並びに中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を構成する耐震壁とし、弾性応力解析により評価を行う。弾性応力解析にあたっては、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

4.1.1 天井スラブ及び床スラブ

(1) S_d地震時に対する評価

S_d地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した弾性設計用地震動 S_d による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「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。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) S_s地震時に対する評価

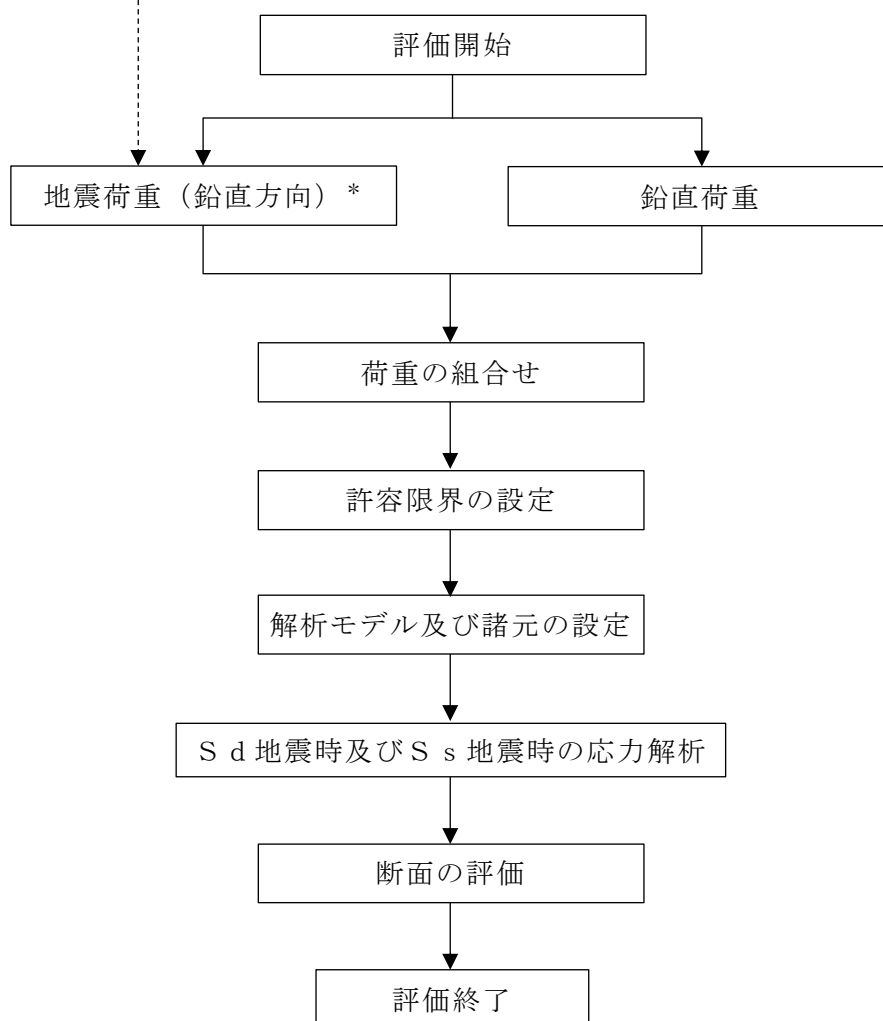
S_s地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

評価については、各断面についてスラブの検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4-1 に、選定した部材を図 4-2 に示す。

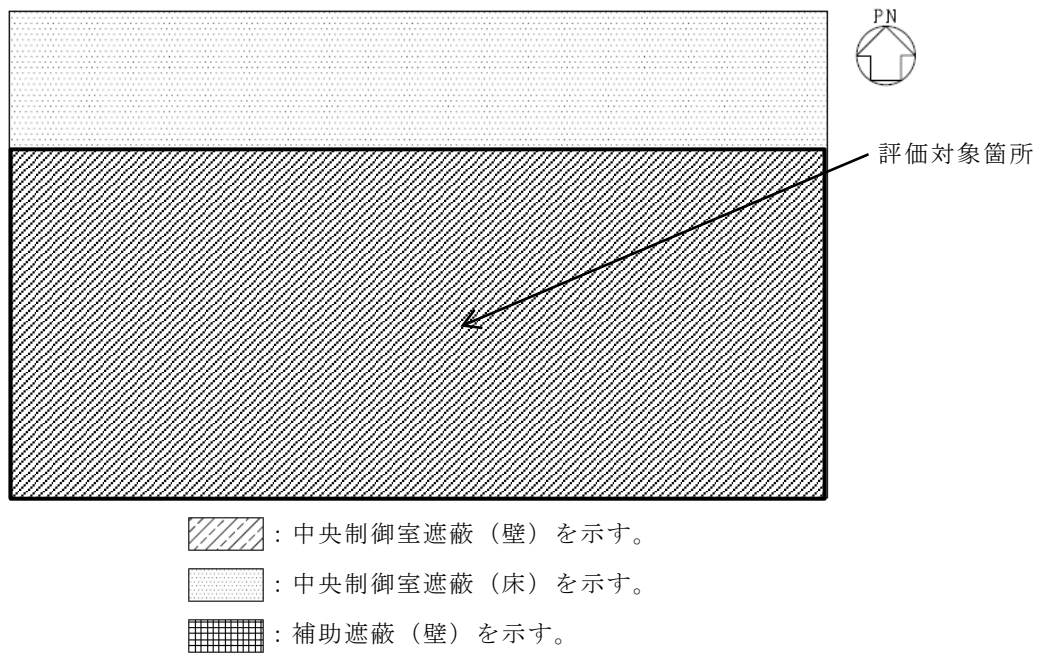
なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、地震応答解析による評価に含まれる。

VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」

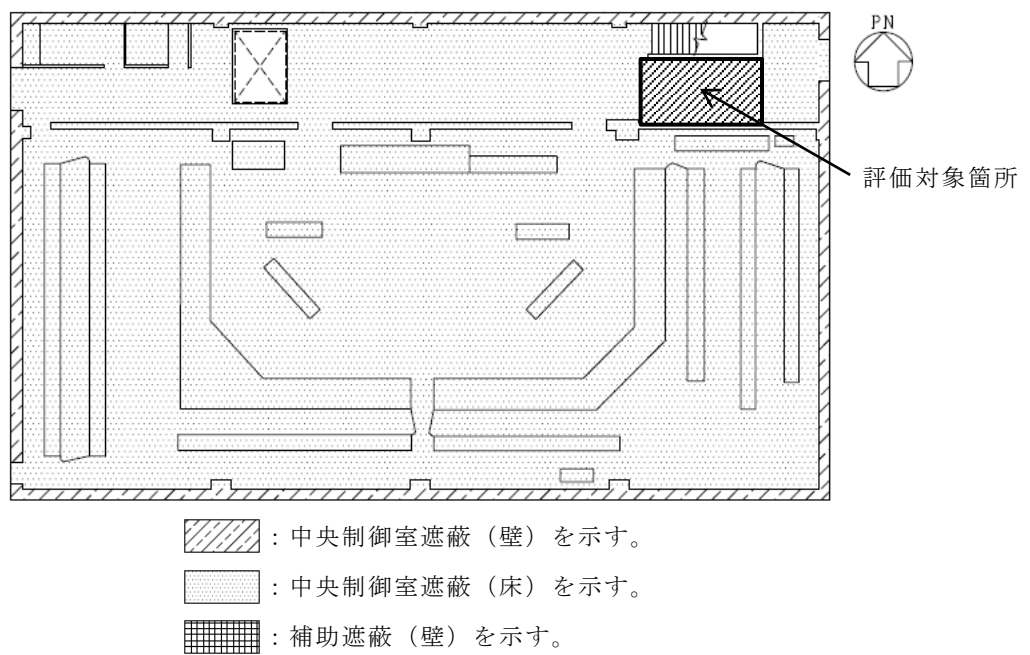


注記*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 天井スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー



(a) 天井スラブ (EL 22.05m)



(b) 床スラブ (EL 16.9m)

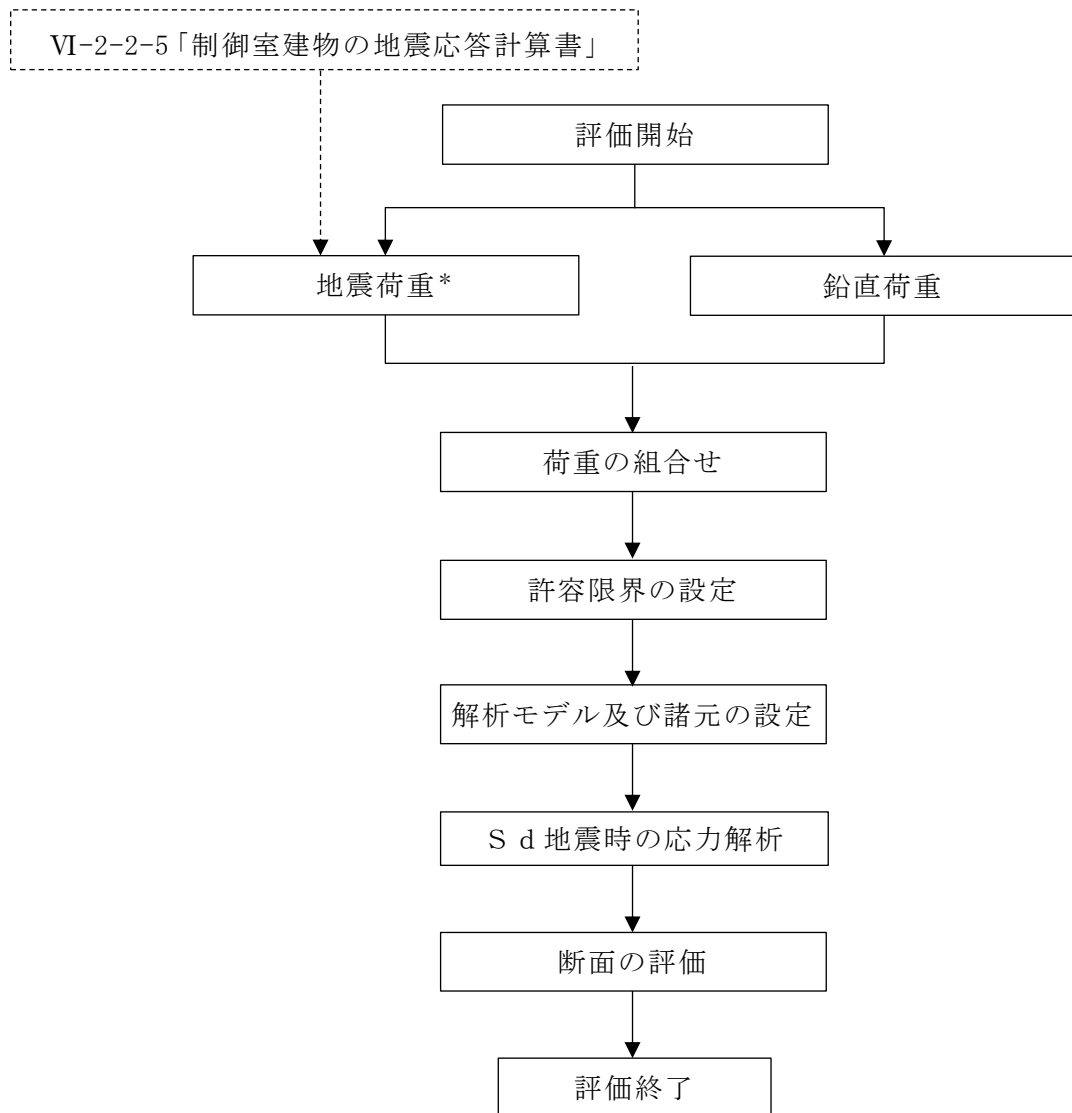
図 4-2 天井スラブ及び床スラブの評価を記載する部材の位置

4.1.2 耐震壁

(1) S d 地震時に対する評価

S d 地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した弾性設計用地震動 S d による地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「R C-N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。評価については、耐震壁の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4-3 に、選定した部材を図 4-4 に示す。



注記*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-3 耐震壁の応力解析による評価フロー

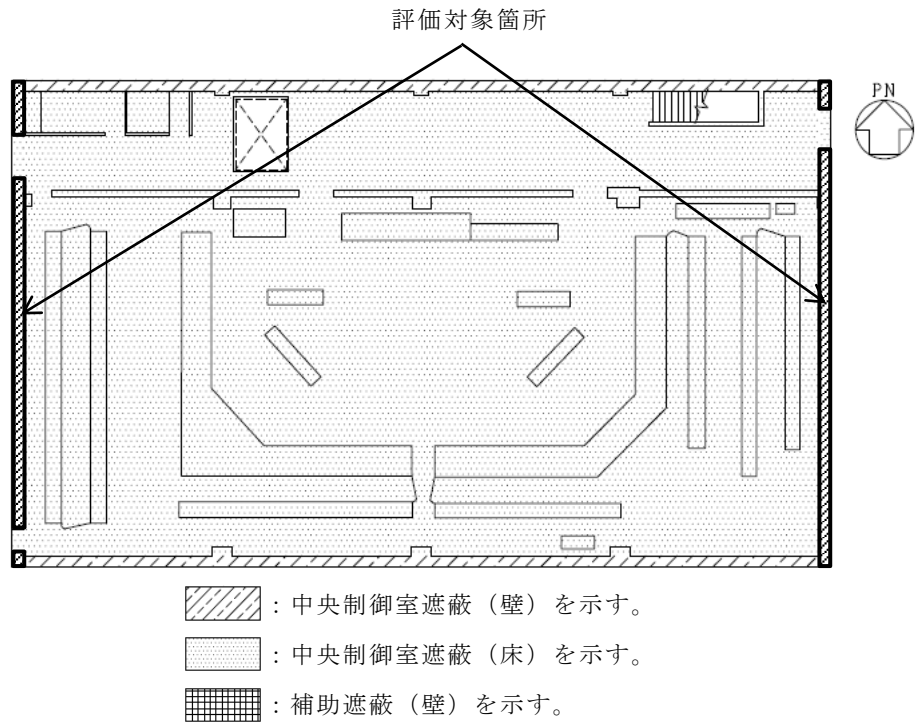


図 4-4 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (EL 16.9m)

4.2 荷重及び荷重の組合せ

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

4.2.1 天井スラブ及び床スラブ

(1) 荷重

a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）、積載荷重（P）及び積雪荷重（SNL）を考慮する。積雪荷重（SNL）は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとし、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

b. 地震荷重（S_d、S_s）

地震荷重（S_d）は、静的地震力に対する鉛直震度と弾性設計用地震動S_dに対する質点系モデルの各レベルの鉛直方向最大応答加速度による鉛直震度を包絡した震度を算定する。また、地震荷重（S_s）は基準地震動S_sに対する質点系モデルの各レベルの鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表4-1に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + P + SNL* + S _s
S _d 地震時	G + P + SNL* + S _d

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

S_s : 地震荷重（S_s地震時）

S_d : 地震荷重（S_d地震時）

注記* : 積雪荷重（SNL）は、積雪荷重が作用する屋外に面する天井スラブに対して考慮する。

4.2.2 耐震壁

(1) 荷重

a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）及び積載荷重（P）を考慮する。

b. 地震荷重

(a) 地震荷重

地震荷重（ S_d ）は、静的地震力と弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析により算定される動的地震力を包絡した荷重とする。このとき、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4-2～表 4-4 に示す。

表 4-2(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, N S 方向)

EL (m)	要素 番号	せん断力 ($\times 10^4$ kN)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	3.05	2.17	3.05

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

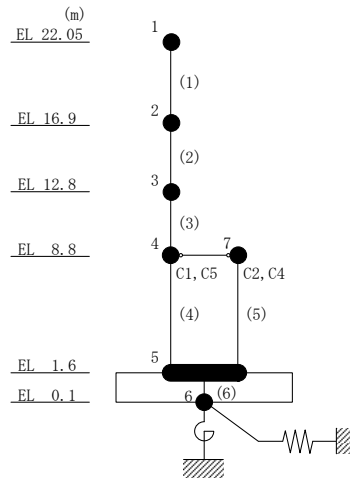


表 4-2(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, E W 方向)

EL (m)	要素 番号	せん断力 ($\times 10^4$ kN)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	3.31	1.96	3.31

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

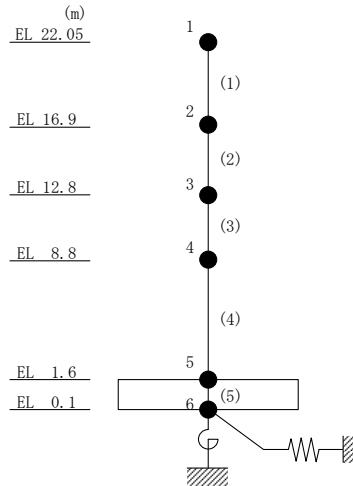


表 4-3(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, N S 方向)

EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ($\times 10^5$ kN·m)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	0.00	0.00	—
		1.57	1.12	1.57

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

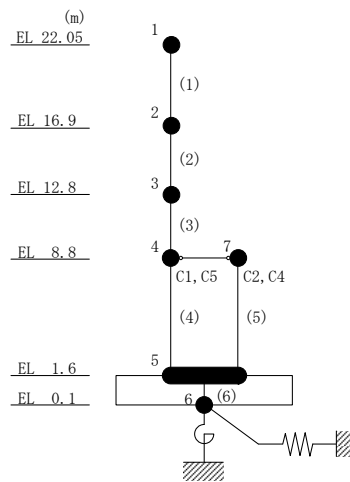


表 4-3(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, E W 方向)

EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ($\times 10^5$ kN \cdot m)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	0.00	0.00	—
		1.70	1.01	1.70

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

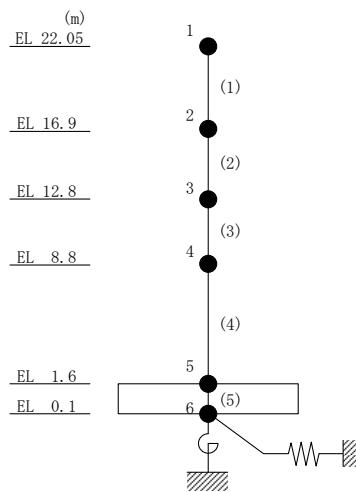
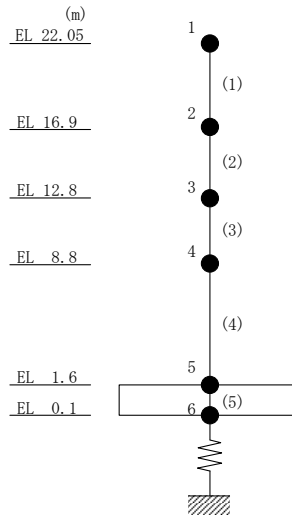


表 4-4 地震荷重

(弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力による鉛直震度)

EL (m)	鉛直震度			
	S_d	$0.4 \times S_d$	静的	包絡値
22.05~16.9	0.51	0.20	0.24	0.24

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S_d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。



(b) 地震時土圧

地震時土圧荷重は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）」に基づき算出し、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。なお、制御室建物の周囲にはタービン建物，廃棄物処理建物，1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物が隣接しており，側面地盤と接する外壁はないため，地震時土圧荷重を考慮しない。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	G + P + S d

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S d : 地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表4-6及び表4-7のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表4-8及び表4-9に示す。

表4-6 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力*
		弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	中央制御室遮蔽の耐震壁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ					
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S_s	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力*
		弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力	中央制御室遮蔽の耐震壁	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ					

注記*：曲げモーメントに対する評価については、「平12建告第2464号」に基づき、鉄筋の基準強度を1.1倍とする。せん断力に対する評価については、短期許容応力度を適用する。

表 4-7 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力*
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S _s	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力*

注記*：曲げモーメントに対する評価については、「平 12 建告第 2464 号」に基づき、鉄筋の基準強度を 1.1 倍とする。せん断力に対する評価については、短期許容応力度を適用する。

表 4-8 コンクリートの短期許容応力度

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F _c	圧縮	せん断
22.1	14.6	1.06

表 4-9 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

種別	引張及び 圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345*	345

注記*：S s 地震時に対する評価においては、材料強度は許容応力度（引張及び圧縮）を 1.1 倍して算定する。

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 天井スラブ及び床スラブ

(1) モデル化の基本方針

天井スラブ及び床スラブは、天井スラブ及び床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して、両端固定はり、三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-10 に示す。

表 4-10 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
22.1	2.20×10^4	0.2

4.4.2 耐震壁

(1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」に基づき評価する。

地震時土圧に対する地下外壁の応力解析は、図4-5に示すように、基礎スラブ上端で固定、各床位置をピン支承とする一方向版として行う。

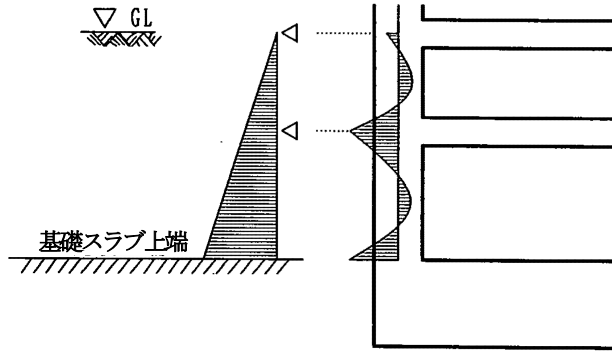


図4-5 地下外壁の応力解析モデル

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表4-11に示す。

表4-11 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
22.1	2.20×10^4	0.2

4.5 応力評価方法

4.5.1 天井スラブ及び床スラブ

(1) 荷重ケース

S_d地震時及びS_s地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表4-12に示す。静的地震力に対する鉛直震度は表4-12(1)に包絡される。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S_{NL} : 積雪荷重
- S_{sUD} : S_s地震荷重（鉛直方向）
- S_{dUD} : S_d地震荷重（鉛直方向）

表4-12(1) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度（S_d地震時）

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s ²)	鉛直震度
22.05	S _d -N2 (ケース2)	494	0.51
16.9	S _d -N2 (ケース2)	434	0.45

表4-12(2) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度（S_s地震時）

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s ²)	鉛直震度
22.05	S _s -N2 (ケース2)	972	1.00
16.9	S _s -N2 (ケース2)	861	0.88

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-13 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-13 荷重の組合せケース (天井スラブ及び床スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + P + S _{NL} * + 1.0 S _{sUD}
S _d 地震時	G + P + S _{NL} * + 1.0 S _{dUD}

注記* : 積雪荷重 (S_{NL}) は、積雪荷重が作用する屋外に面する天井スラブに対して考慮する。

(3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また、等分布荷重を受ける三辺固定・一辺自由版の曲げモーメント及びせん断力は、計算図表 (引用文献(1)参照) を用いて求める。

(両端固定はり)

・ 端部曲げモーメント (M_E)

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

・ 中央部曲げモーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

・ 端部せん断力 (Q_E)

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで、

l : 有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m)

(四辺固定版)

- 短辺方向の端部曲げモーメント (M_{X1})

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向の中央部曲げモーメント (M_{X2})

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向のせん断力 (Q_X)

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- 長辺方向の端部曲げモーメント (M_{Y1})

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向の中央部曲げモーメント (M_{Y2})

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向のせん断力 (Q_Y)

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

l_X : 短辺有効スパン (m)

l_Y : 長辺有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m²)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

4.5.2 耐震壁

(1) 地震時面内せん断応力度

地震荷重に対する耐震壁の面内せん断力に対して、耐震壁の有効せん断断面積により面内せん断応力度を評価する。

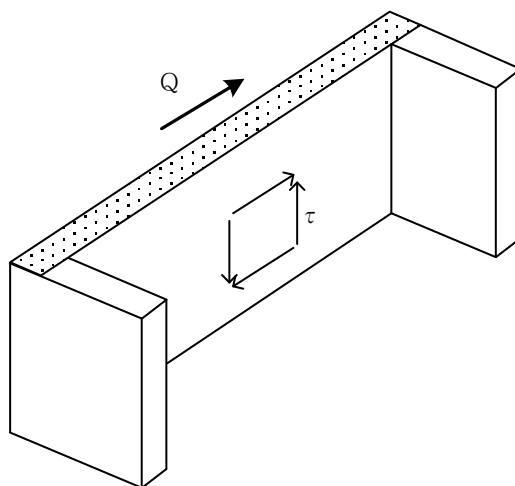
$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで、

τ : 面内せん断応力度 (N/mm²)

Q : 面内せん断力 (N)

A_s : 有効せん断断面積 (mm²)



(2) 地震時曲げモーメント及び軸力

a. 鉄筋比により評価する場合

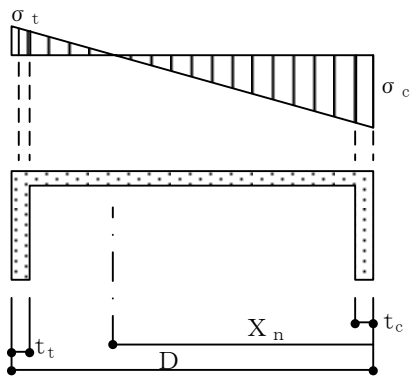
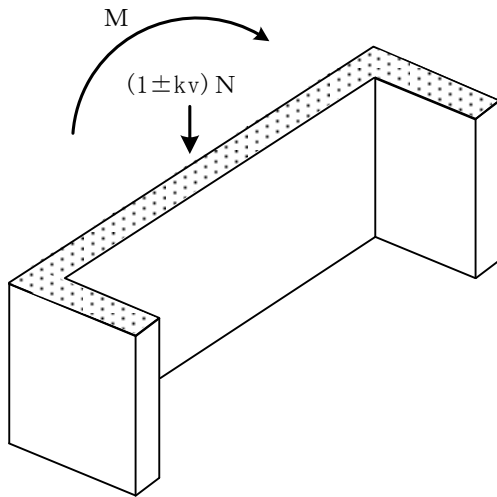
地震時曲げモーメント及び軸力に対して、耐震壁の有効断面二次モーメントにより軸方向応力度を評価する。なお、鉛直荷重に対しては、鉛直震度を考慮する。

$$\sigma_c = (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} (X_n - t_c) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} X_n \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$

$$\sigma_t = (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - t_t) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - \frac{t_t}{2}) \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$



ここで、

σ_c : 軸方向最大圧縮応力度 (N/mm²)

σ_t : 軸方向最大引張応力度 (N/mm²)

σ_o : 鉛直荷重による平均軸圧縮応力度 (N/mm²)

M : 地震時曲げモーメント (kN・m)

N : 長期軸力 (kN)

k_v : 鉛直震度

I : 耐震壁の断面二次モーメント (m⁴)

X_n : 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離 (m)

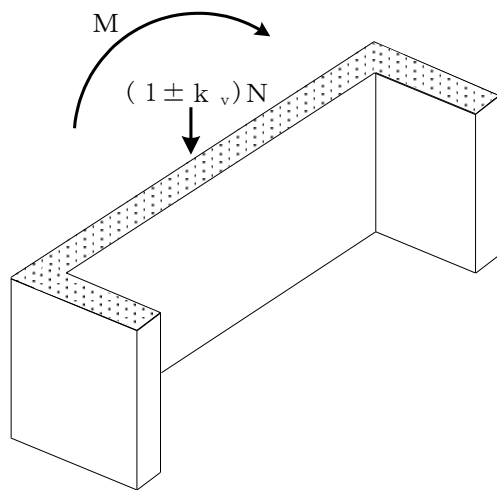
D : 曲げ材のせい (m)

t_c : 圧縮側フランジ部分の厚さ (m)

t_t : 引張側フランジ部分の厚さ (m)

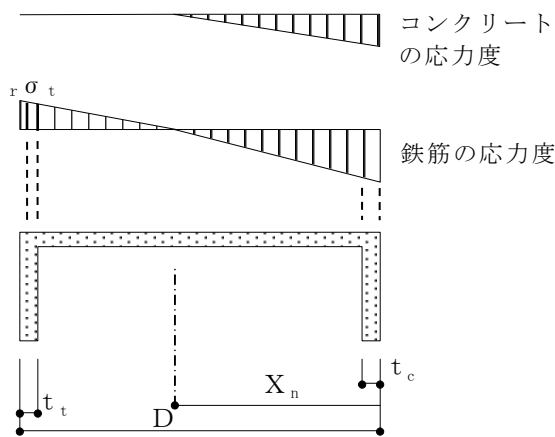
b. 応力度により評価する場合

鉄筋比により健全性が確認できなかった場合、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて地震時曲げモーメント及び軸力に対する耐震壁の鉄筋の応力度を評価する。なお、鉛直荷重に対しては、鉛直震度を考慮する。



ここで、

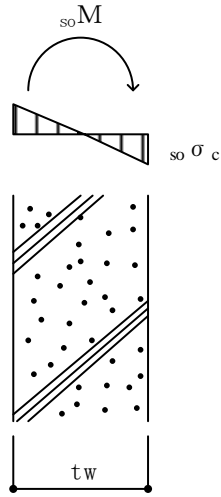
- $r \sigma_t$: 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度 (N/mm^2)
- M : 地震時曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$)
- N : 長期軸力 (kN)
- k_v : 鉛直震度
- X_n : 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離 (m)
- D : 曲げ材のせい (m)
- t_c : 圧縮側フランジ部分の厚さ (m)
- t_t : 引張側フランジ部分の厚さ (m)



(3) 地震時土圧による面外応力度

耐震壁で地震時土圧による面外曲げモーメントの生じる部分については、下式によりそれぞれコンクリートの最大圧縮応力度及び鉄筋の最大引張応力度を評価する。

$$s_o \sigma_c = \frac{s_o M}{Z}$$

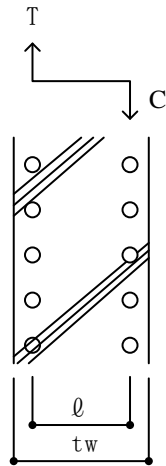


$$a_t = \frac{s_o M}{f_t \cdot \ell}$$

$$P_{s_o} = \frac{2}{b} \cdot \frac{a_t}{t_w}$$

ここで、

- $s_o \sigma_c$: コンクリートの最大圧縮応力度 (N/mm²)
- $s_o M$: 土圧による面外曲げモーメント (kN・m)
- Z : 単位幅あたりの壁の面外断面係数 (m³)
 $\left(= \frac{b \cdot t_w^2}{6} \right)$
- b : 単位幅 (m)
- t_w : 壁の厚さ (m)



ここで、

- a_t : 片側必要鉄筋断面積 (m²)
- ℓ : 鉄筋の重心間距離 (m)
- f_t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)
- b : 耐震壁の幅 (m)
- P_{s_o} : 土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比

4.6 断面の評価方法

4.6.1 天井スラブ及び床スラブ

天井スラブ及び床スラブの評価対象箇所は、中央制御室遮蔽の範囲の天井スラブ及び床スラブとし、断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

(1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

σ_t : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

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

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

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

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-8 に示す値
(N/mm²)

$w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-9 に示す値
(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm²)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

(なお、天井スラブ及び床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

4.6.2 耐震壁

耐震壁の断面評価の評価フローを図 4-6 に示す。

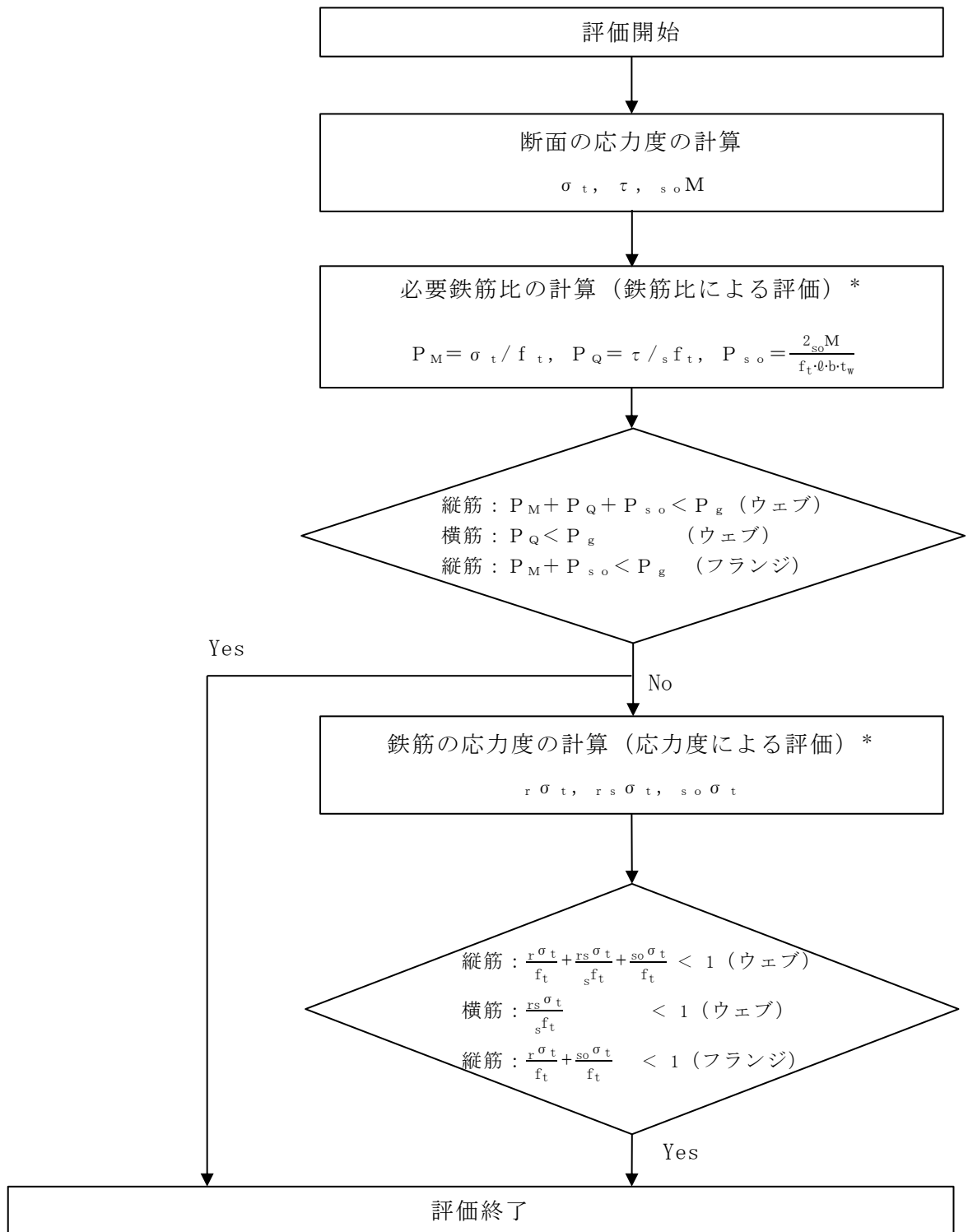
ここで、図中の記号は以下による。

- σ_t : 軸方向最大引張応力度
- τ : 面内せん断応力度
- $s_o \sigma_t$: 土圧による鉄筋の最大引張応力度
- f_t : 鉄筋の許容引張応力度
- $s f_t$: 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度
- P_g : 設計鉄筋比
- P_Q : 面内せん断力による必要鉄筋比
- P_{s_o} : 土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比
- P_M : 曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比
- $s_o M$: 土圧による面外曲げモーメント
- $r \sigma_t$: 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度
- $r_s \sigma_t$: 面内せん断力による鉄筋の最大引張応力度
- b : 耐震壁の幅
- t_w : 耐震壁の厚さ
- ℓ : 鉄筋の重心間距離

耐震壁の断面評価は、「4.5 応力評価方法」に示す方法により地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに土圧による面外応力度によってそれぞれ計算される必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を上回る場合には、地震時曲げモーメント及び軸力に対して、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて鉄筋の応力度を算定し、地震時面内せん断応力度及び地震時土圧による面外応力度を組み合わせた応力度が鉄筋の許容応力度を超えないことを確認する。

各部の評価において考慮する応力度は次のとおりとする。ウェブの評価においては、地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに常時土圧による面外応力度を考慮するものとする。フランジにおいては、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに地震時土圧による面外応力度を考慮するものとする。なお、フランジのうちウェブと交差する箇所は、地震時面内せん断応力度も考慮するものとする。



注記* : 「4.5.2 耐震壁」による。

図 4-6 耐震壁の評価フロー

5. 評価結果（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

5.1 地震応答解析による評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 S_s 地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは 0.60×10^{-3} （NS方向， S_s-D ，ケース 2，要素番号 3）であり，許容限界（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認した。各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5-1 に示す。各表において，各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について，せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5-1 に示す。

表 5-1(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (N S 方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
22.05~16.9	1	0.33	2.0
16.9~12.8	2	0.43	
12.8~8.8	3	0.60	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

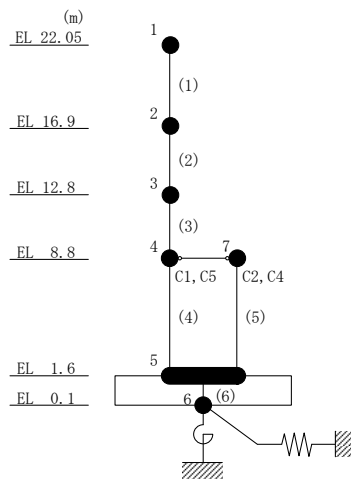
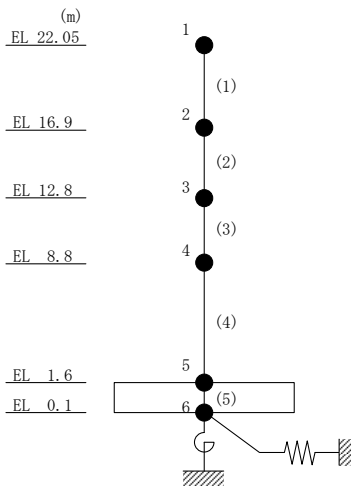
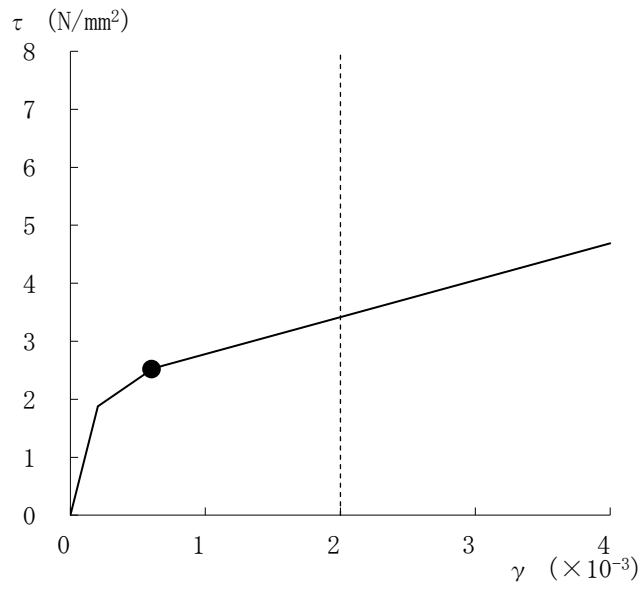


表 5-1(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (E W 方向)

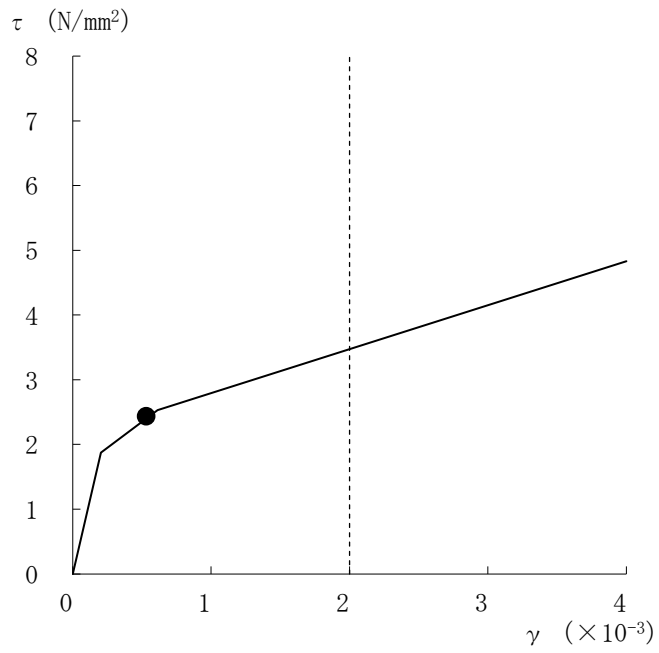
EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
22.05~16.9	1	0.16	2.0
16.9~12.8	2	0.40	
12.8~8.8	3	0.53	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。





(a) NS方向 (S s -D, ケース 2, 要素番号 3)



(b) EW方向 (S s -D, ケース 1, 要素番号 3)

図 5-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

5.2 応力解析による評価結果

5.2.1 天井スラブ及び床スラブの評価結果

天井スラブ及び床スラブの評価結果を表5-2～表5-5に示す。

天井スラブ及び床スラブについては、S_d地震時及びS_s地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表5-2 評価結果（天井スラブ）（S_d地震時）


方向		短辺（N S）方向
EL (m)		22.05
厚さ t (mm)		
有効せい d (mm)		
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D29@150 (4280 mm ² /m)
	下ば筋	D29@100 (6420 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	866.4
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	260
	許容限界 (N/mm ²)	345
	検定値	0.76
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	342.0
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.04
	許容限界 (kN/m)	858.4
	検定値	0.40
判定		可

表 5-3 評価結果 (床スラブ) (S d 地震時)

方向		短辺 (NS) 方向	長辺 (EW) 方向
EL (m)		16.9	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D16@200 (995 mm ² /m)	D16@150 (1327 mm ² /m)
	下ば筋	D16@200 (995 mm ² /m)	D16@150 (1327 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	30.8	43.2
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	104	120
	許容限界 (N/mm ²)	345	345
	検定値	0.31	0.35
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	45.2	53.5
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.33	1.11
	許容限界 (kN/m)	419.4	319.1
	検定値	0.11	0.17
判定		可	可

表 5-4 評価結果 (天井スラブ) (S s 地震時)



方向		短辺 (N S) 方向
EL (m)		22.05
厚さ t (mm)		
有効せい d (mm)		
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D29@150 (4280 mm ² /m)
	下ば筋	D29@100 (6420 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	1147.5
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	344
	許容限界 (N/mm ²)	379
	検定値	0.91
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	453.0
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.04
	許容限界 (kN/m)	858.4
	検定値	0.53
判定		可

表 5-5 評価結果 (床スラブ) (S_s地震時)


方向		短辺 (NS) 方向	長辺 (EW) 方向
EL (m)		16.9	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D16@200 (995 mm ² /m)	D16@150 (1327 mm ² /m)
	下ば筋	D16@200 (995 mm ² /m)	D16@150 (1327 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	39.9	56.0
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	135	156
	許容限界 (N/mm ²)	379	379
	検定値	0.36	0.42
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	58.6	69.3
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.33	1.11
	許容限界 (kN/m)	419.4	319.1
	検定値	0.14	0.22
判定		可	可

5.2.2 耐震壁の評価結果

耐震壁の評価結果を表 5-6 に示す。

対象部位において、鉄筋比による評価を実施した結果、S d 地震時に曲げモーメント及び軸力並びに面内せん断力による必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

表 5-6 評価結果 (耐震壁)

EL (m)		16.9~22.05
壁位置 (通り)		c1, c5
壁厚 (mm)		
せん断断面積 (m ²)		19.74
配筋	縦筋配筋	2-D19@200
	縦筋設計鉄筋比 P _g (%)	0.574
	横筋配筋	2-D19@200
	横筋設計鉄筋比 P _g (%)	0.574
せん断に対する検討	せん断力 Q (×10 ⁴ kN)	3.05
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	1.55
	面内せん断力による 必要鉄筋比 P _Q (%)	0.448
曲げモーメントに対する検討	曲げモーメント M (×10 ⁵ kN・m)	1.57
	軸力 N (×10 ³ kN)	18.3
	曲げモーメント及び軸力 による必要鉄筋比 P _M (%)	0.071
(P _Q + P _M) / P _g		0.91
判定		可

6. 基本方針（中央制御室バウンダリ）

6.1 位置

中央制御室バウンダリは、制御室建物及び廃棄物処理建物の一部を構成している。中央制御室バウンダリを含む制御室建物及び廃棄物処理建物の位置を図 6-1 に示す。

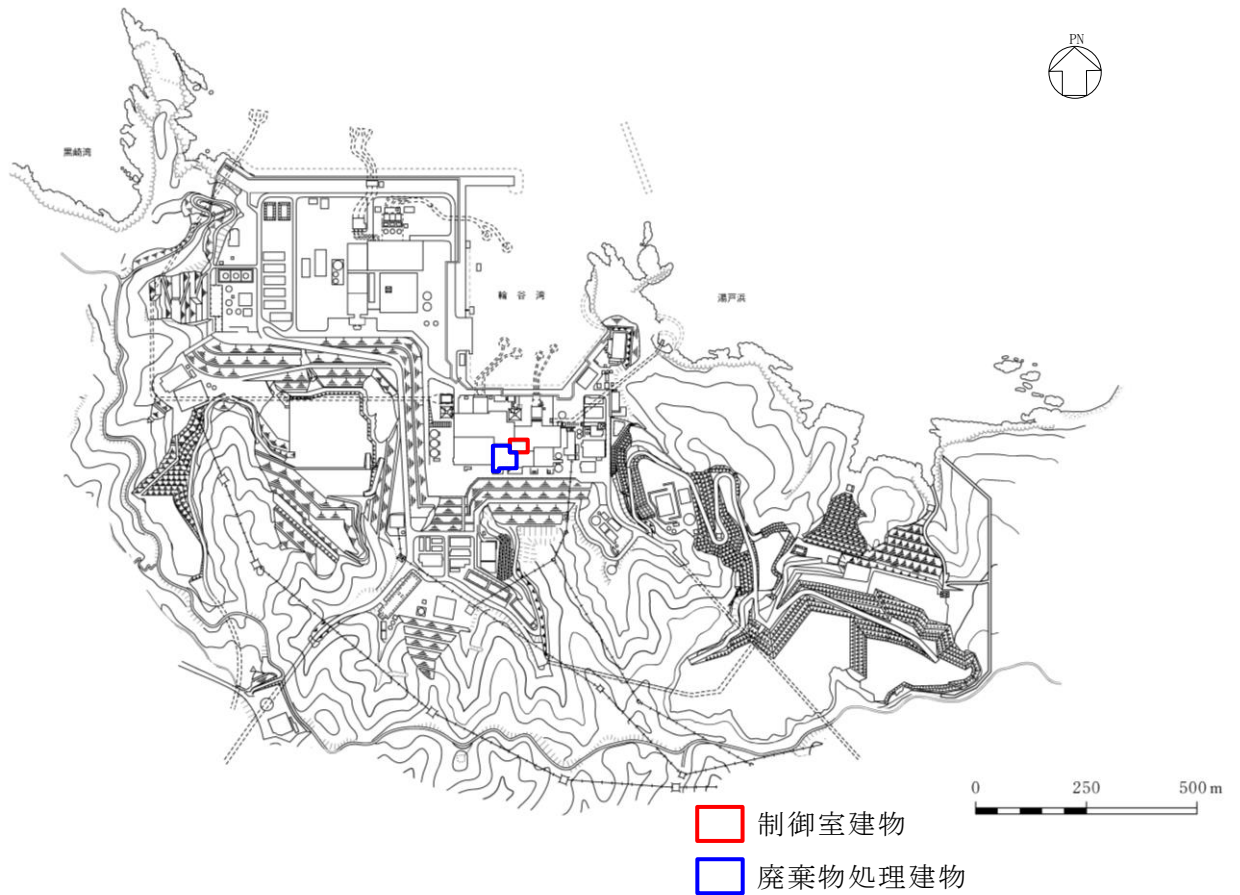


図 6-1 中央制御室バウンダリを含む制御室建物及び廃棄物処理建物の設置位置

6.2 構造概要

制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

制御室建物の平面寸法は、22.0m* (N S) × 37.0m* (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは 21.95m である。また、制御室建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

制御室建物の基礎は厚さ 1.5m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

また、廃棄物処理建物は、地上 5 階、地下 2 階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

廃棄物処理建物の平面寸法は、54.9m (一部 37.86m) * (N S) × 56.97m (一部 40.5m) * (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは 42.0m である。また、廃棄物処理建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

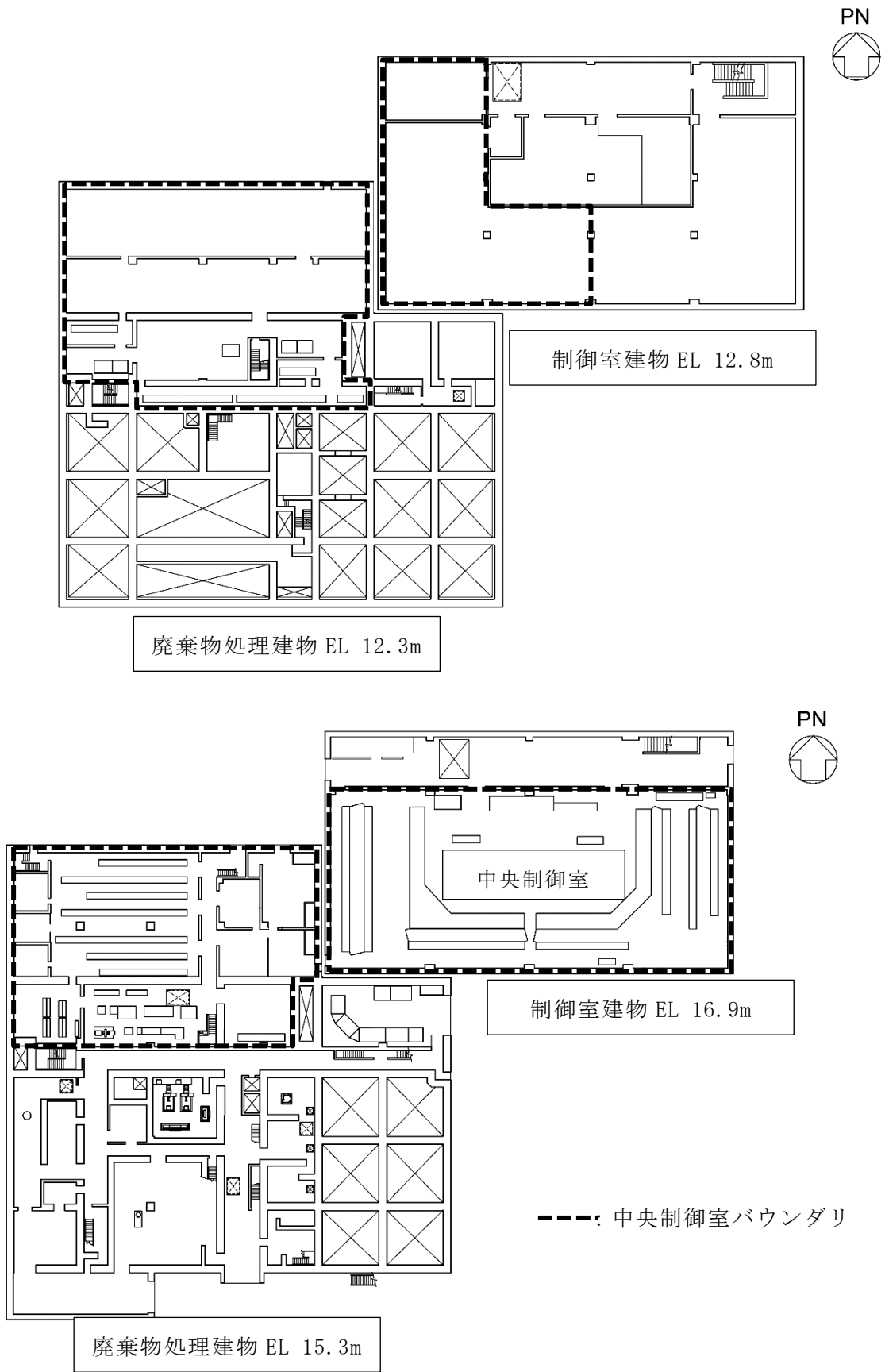
廃棄物処理建物の基礎は厚さ 3.0m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

中央制御室は制御室建物の EL 16.9m~EL 22.05m に位置する。平面規模は、22.0m (N S) × 37.0m (E W) である。中央制御室バウンダリは、中央制御室を取り囲む制御室建物及び廃棄物処理建物の壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、壁の厚さは cm ~ cm, 天井スラブ及び床スラブの厚さは cm ~ cm である。

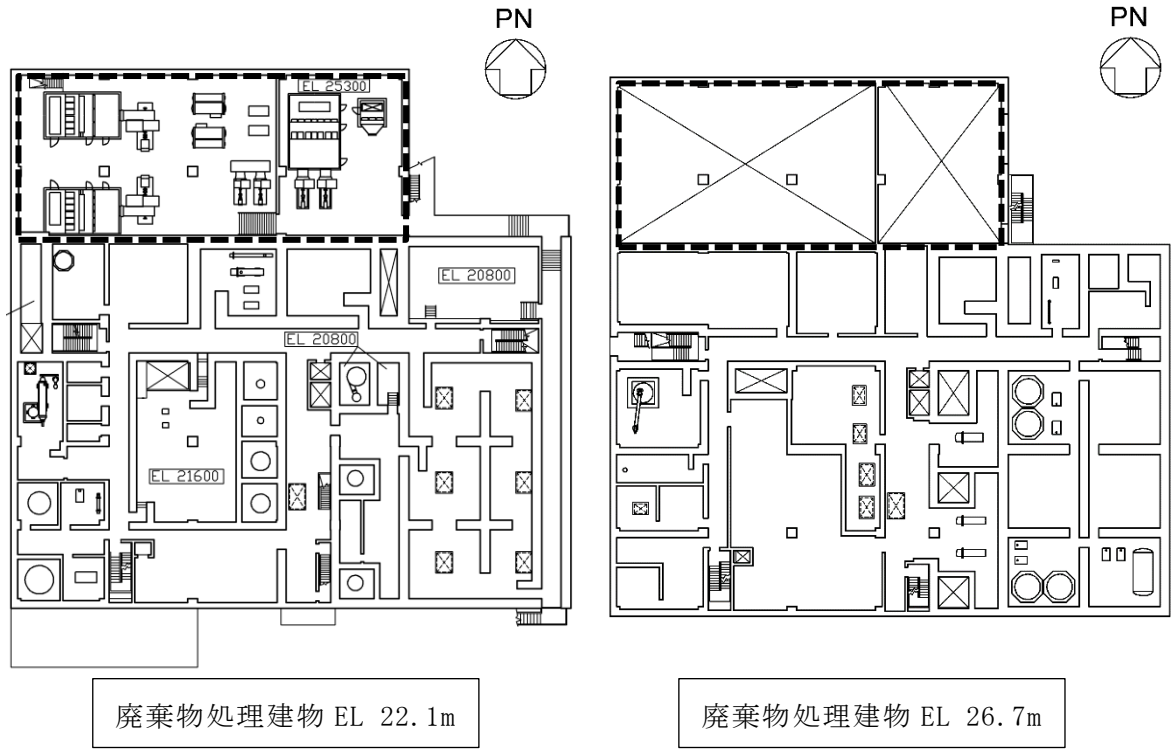
中央制御室バウンダリの範囲を図 6-2 に示す。

注記* : 建物寸法は壁外面寸法とする。



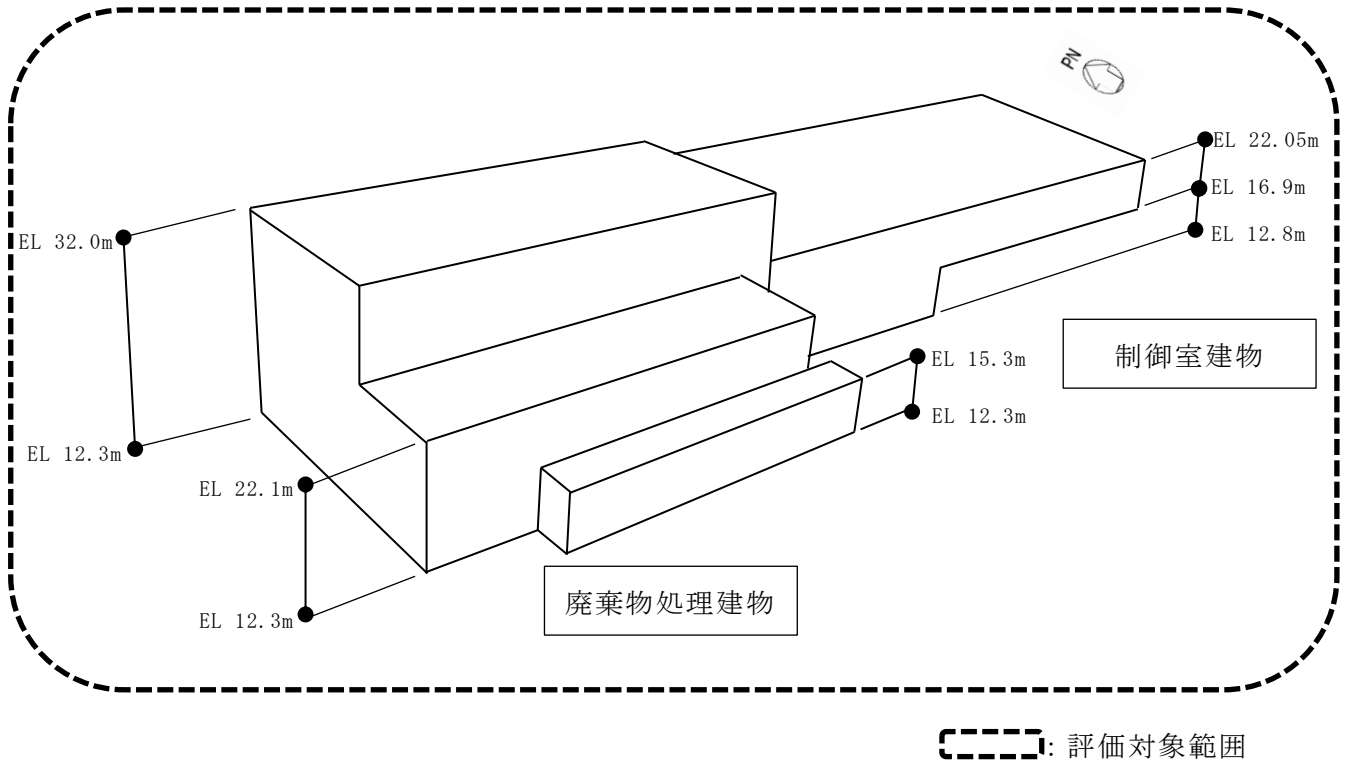
(a) 平面図 (EL 12.3m~EL 16.9m)

図 6-2(1) 中央制御室バウンダリの範囲



-----: 中央制御室バウンダリ

(b) 平面図 (EL 22.1m~EL 26.7m)



-----: 評価対象範囲

(c) 中央制御室バウンダリの概要

図 6-2(2) 中央制御室バウンダリの範囲

6.3 評価方針

中央制御室バウンダリは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すとおり、換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。なお、重大事故対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

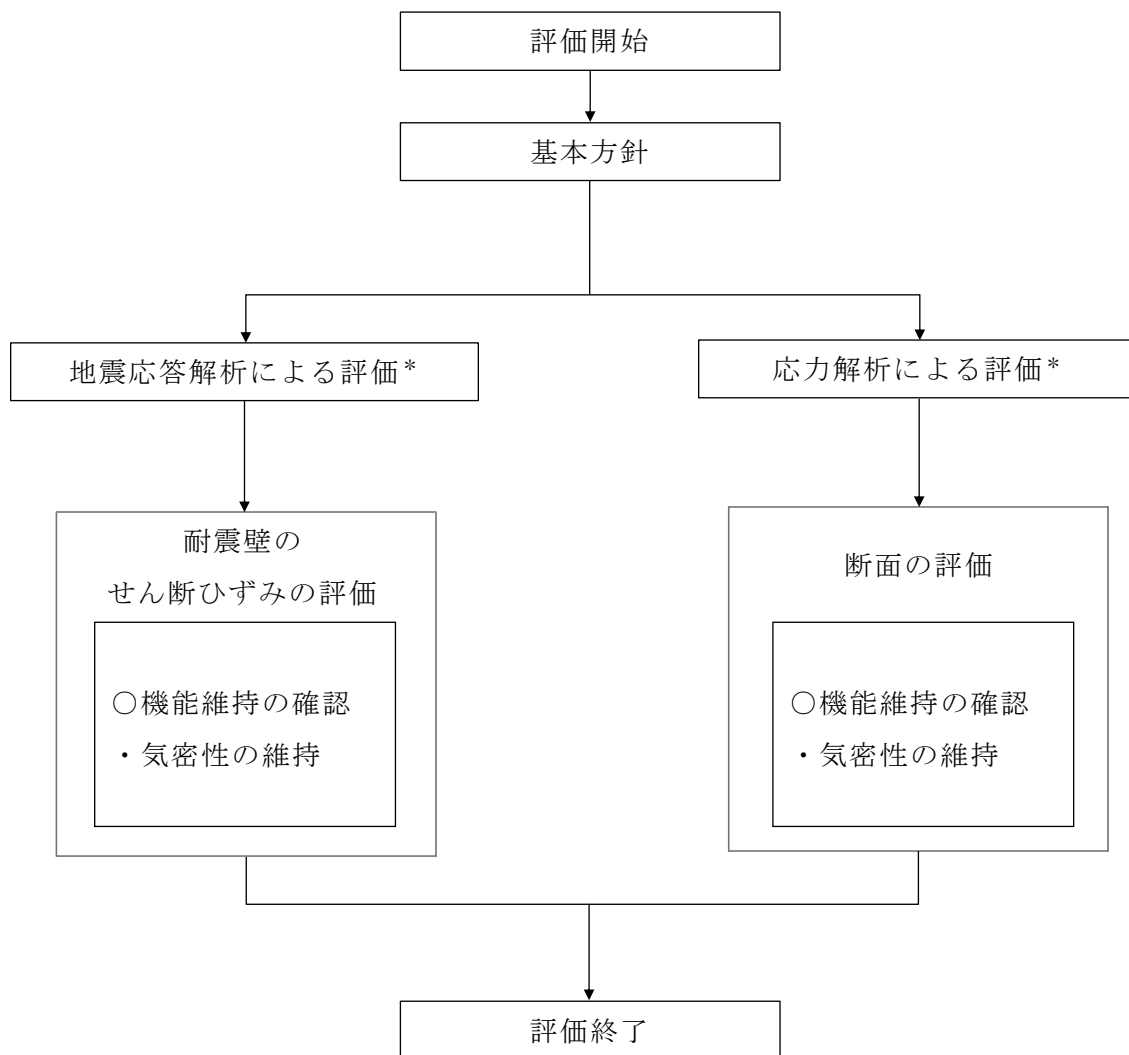
中央制御室バウンダリは、中央制御室を取り囲む制御室建物及び廃棄物処理建物の壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、設計基準対象施設としての評価においては、S s地震時に対する評価を行う。

中央制御室バウンダリの評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁についてせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては天井スラブ及び床スラブについて断面の評価を行うことで、地震時の機能維持の確認を行う。機能維持の確認において、建物・構築物の構造強度の許容限界であるせん断ひずみを用いて算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ることによって必要な気密性を維持する設計とする（「別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書」参照）。

それぞれの評価は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。

重大事故等対処施設としての評価においては、S s地震時に対する評価を行う。ここで、中央制御室バウンダリでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室バウンダリの評価フローを図 6-3 に示す。



注記* : VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 6-3 中央制御室バウンダリの評価フロー

6.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 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)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)

7. 地震応答解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）

中央制御室バウンダリの気密性の維持については、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における中央制御室バウンダリの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表7-1及び表7-2のとおり設定する。

表7-1 地震応答解析による評価における許容限界
（設計基準対象施設としての評価）

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S _s	耐震壁 ^{*1}	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³ ^{*2}

注記*1：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2：事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。耐震壁の気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙1 中央制御室の気密性に関する計算書」に示す。

表 7-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	基準地震動 S s	耐震壁*1	最大応答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	せん断ひずみ 2.0×10^{-3} *2

注記*1: 建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2: 事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。耐震壁の気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書」に示す。

8. 応力解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）

8.1 評価対象部位及び評価方針

中央制御室バウンダリの応力解析による評価対象部位は、中央制御室バウンダリを構成する天井スラブ及び床スラブとし、弾性応力解析により評価を行う。弾性応力解析にあたっては、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

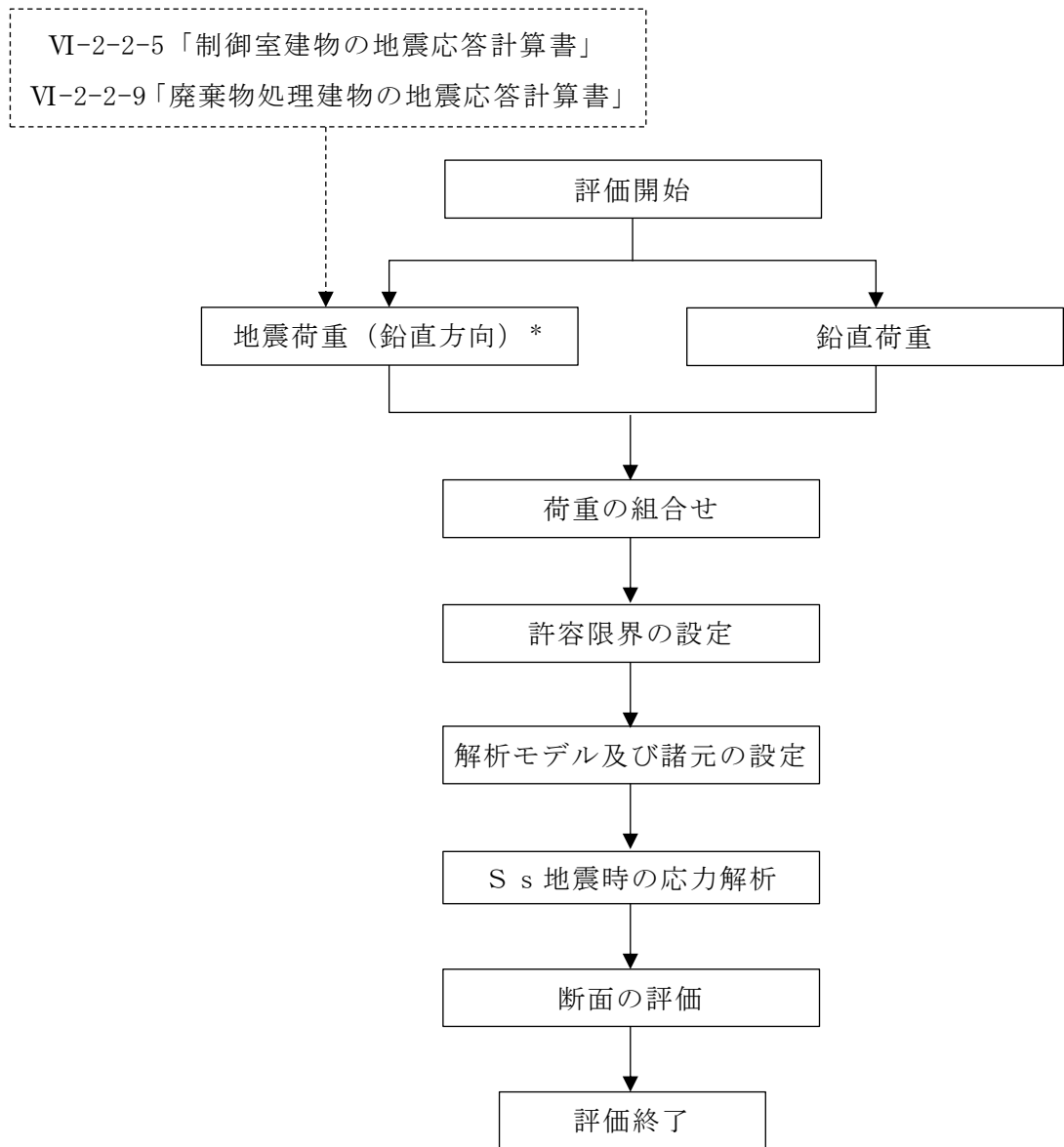
(1) S_s 地震時に対する評価

S_s 地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

評価については、各断面についてスラブの検定値が最も大きい部材を選定して示す。

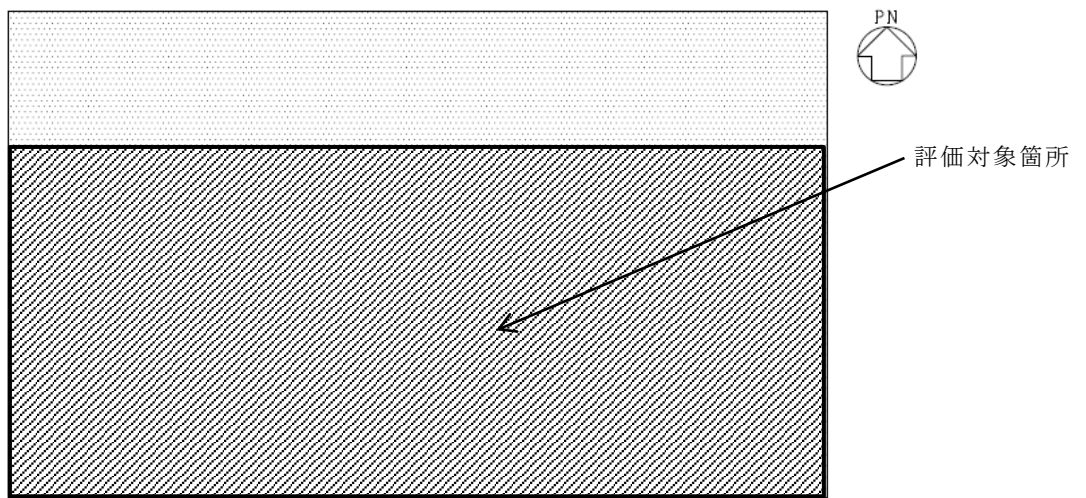
応力解析による評価フローを図 8-1 に、選定した部材を図 8-2 に示す。

なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、地震応答解析による評価に含まれる。

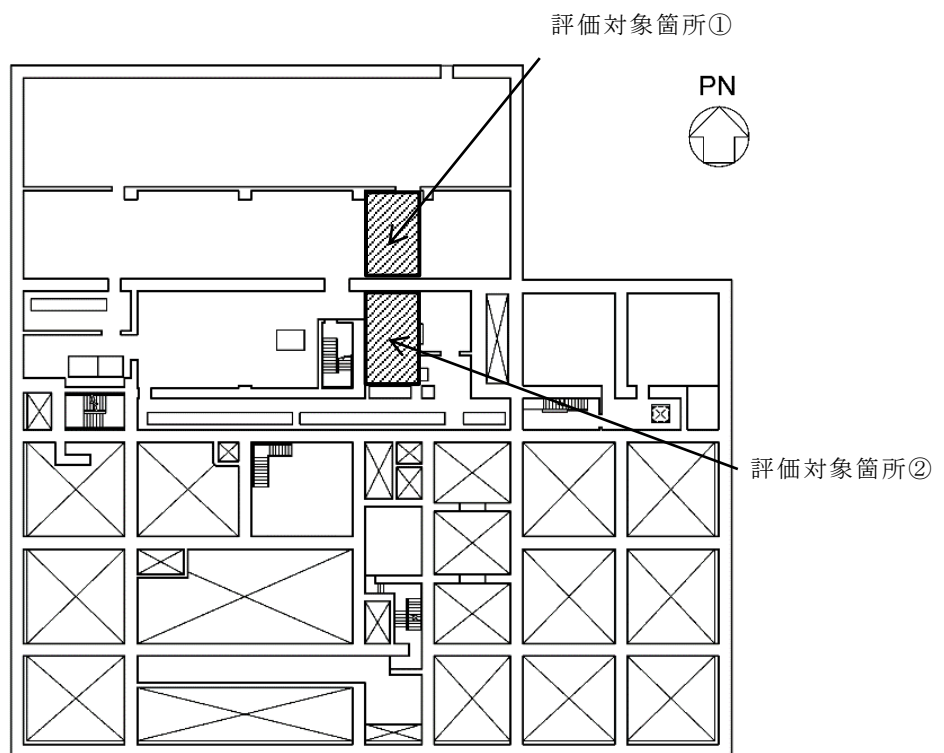


注記*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 8-1 天井スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー



(a) 天井スラブ (EL 22.05m)
(制御室建物)



(b) 床スラブ (EL 12.3m)
(廃棄物処理建物)

図 8-2 天井スラブ及び床スラブの評価を記載する部材の位置

8.2 荷重及び荷重の組合せ

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

(1) 荷重

a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）、積載荷重（P）及び積雪荷重（SNL）を考慮する。積雪荷重（SNL）は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとし、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

b. 地震荷重（S_s）

地震荷重（S_s）は基準地震動S_sに対する制御室建物及び廃棄物処理建物の質点系モデルの各レベルの鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとす。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表8-1に示す。

表 8-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + P + SNL* + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

S_s : 地震荷重

注記* : 積雪荷重（SNL）は、積雪荷重が作用する屋外に面する天井スラブに対して考慮する。

8.3 許容限界

応力解析による評価における中央制御室バウンダリの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能維持の基本方針に基づき、表 8-2 及び表 8-3 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 8-4 及び表 8-5 に示す。

表 8-2 応力解析による評価における許容限界

(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*

注記*：曲げモーメントに対する評価については、「平 12 建告第 2464 号」に基づき、鉄筋の基準強度を 1.1 倍とする。せん断力に対する評価については、短期許容応力度を適用する。

表 8-3 応力解析による評価における許容限界

(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S s	天井スラブ 床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*

注記*：曲げモーメントに対する評価については、「平 12 建告第 2464 号」に基づき、鉄筋の基準強度を 1.1 倍とする。せん断力に対する評価については、短期許容応力度を適用する。

表 8-4 コンクリートの短期許容応力度

(a) 制御室建物

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F _c	圧縮	せん断
22.1	14.6	1.06

(b) 廃棄物処理建物

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F _c	圧縮	せん断
23.5	15.6	1.08

表 8-5 鉄筋の許容応力度（制御室建物及び廃棄物処理建物）

(単位：N/mm²)

種別	引張及び 圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345*	345

注記*：材料強度は許容応力度（引張及び圧縮）を 1.1 倍して算定する。

8.4 解析モデル及び諸元

(1) モデル化の基本方針

天井スラブ及び床スラブは、天井スラブ及び床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して、両端固定はり、三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 8-6 に示す。

表 8-6 使用材料の物性値

(a) 制御室建物

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
22.1	2.20×10^4	0.2

(b) 廃棄物処理建物

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
23.5	2.25×10^4	0.2

8.5 応力評価方法

(1) 荷重ケース

S s 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」による。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 8-7 に示す。

- G : 固定荷重
 P : 積載荷重
 S N L : 積雪荷重
 S s U D : S s 地震荷重 (鉛直方向)

表 8-7(1) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度 (制御室建物)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s^2)	鉛直震度
22.05	S s - N 2 (ケース 2)	972	1.00
16.9	S s - N 2 (ケース 2)	861	0.88
12.8	S s - N 2 (ケース 2)	760	0.78

表 8-7(2) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度 (廃棄物処理建物)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s^2)	鉛直震度
32.0	S s - D (ケース 4)	944	0.97
22.1	S s - D (ケース 2)	898	0.92
15.3	S s - D (ケース 1)	752	0.77
12.3	S s - D (ケース 1)	680	0.70

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 8-8 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 8-8 荷重の組合せケース (天井スラブ及び床スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	G + P + S N L * + 1.0 S s U D

注記* : 積雪荷重 (S N L) は、積雪荷重が作用する屋外に面する天井スラブに対して考慮する。

(3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また、等分布荷重を受ける三辺固定・一边自由版の曲げモーメント及びせん断力は、計算図表 (引用文献(1)参照) を用いて求める。

(両端固定はり)

- ・ 端部曲げモーメント (M_E)

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 中央部曲げモーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 (Q_E)

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで、

l : 有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m)

(四辺固定版)

- 短辺方向の端部曲げモーメント (M_{X1})

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向の中央部曲げモーメント (M_{X2})

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向のせん断力 (Q_X)

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- 長辺方向の端部曲げモーメント (M_{Y1})

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向の中央部曲げモーメント (M_{Y2})

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向のせん断力 (Q_Y)

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

l_X : 短辺有効スパン (m)

l_Y : 長辺有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m²)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

8.6 断面の評価方法

天井スラブ及び床スラブの評価対象箇所は、中央制御室バウンダリの範囲の天井スラブ及び床スラブとし、断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

(1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

- σ_t : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)
- M : 曲げモーメント (N・mm)
- a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)
- j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

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

ここで、

- Q_A : 許容面外せん断力 (N)
- b : 断面の幅 (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
- α : 許容せん断力の割増し係数
(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

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

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- Q : せん断力 (N)
- d : 断面の有効せい (mm)
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 8-4 に示す値 (N/mm²)

$f_{t w}$: せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 8-5 に示す値
(N/mm^2)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm^2)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

(なお、天井スラブ及び床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

9. 評価結果（中央制御室バウンダリ）

9.1 地震応答解析による評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、制御室建物及び廃棄物処理建物における S_s 地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。

制御室建物の材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは 0.43×10^{-3} (NS方向, $S_s - D$, ケース 1, 要素番号 2) であり, 許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。

また, 廃棄物処理建物の材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは 0.42×10^{-3} (NS方向, $S_s - D$, ケース 2, 要素番号 7) であり, 許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。

各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 9-1 及び表 9-2 に示す。各表において, 各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 9-1 及び図 9-2 に示す。

表9-1(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (制御室建物) (NS方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
22.05~16.9	1	0.33	2.0
16.9~12.8	2	0.43	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

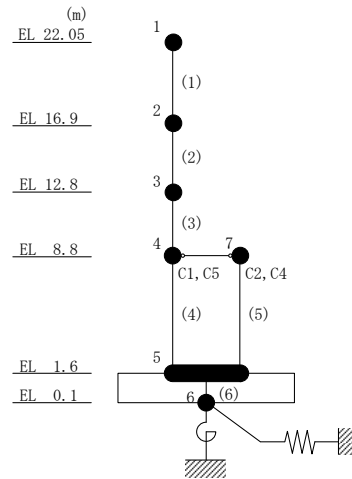


表9-1(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (制御室建物) (EW方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
22.05~16.9	1	0.16	2.0
16.9~12.8	2	0.40	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

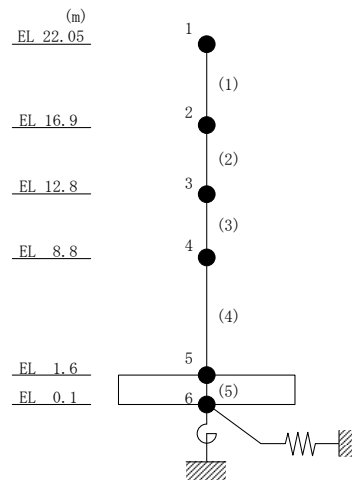


表 9-2(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (廃棄物処理建物) (N S 方向)

EL (m)	要素 番号	最大応答せん断 ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
32.0~26.7	3	0.17	2.0
26.7~22.1	4	0.20	
22.1~16.9	5	0.27	
16.9~15.3	6	0.40	
15.3~12.3	7	0.42	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

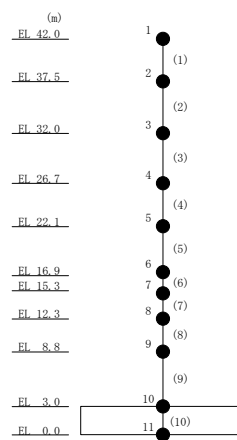
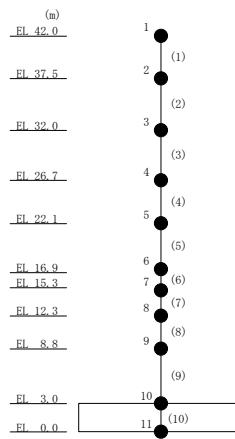
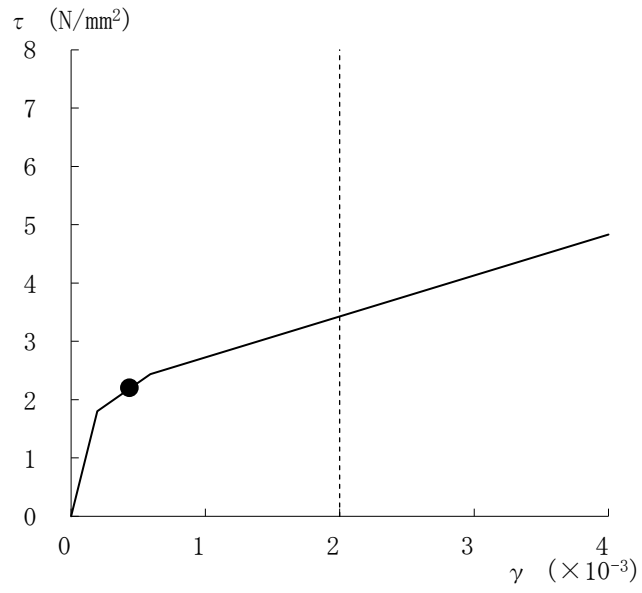


表9-2(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (廃棄物処理建物) (E W方向)

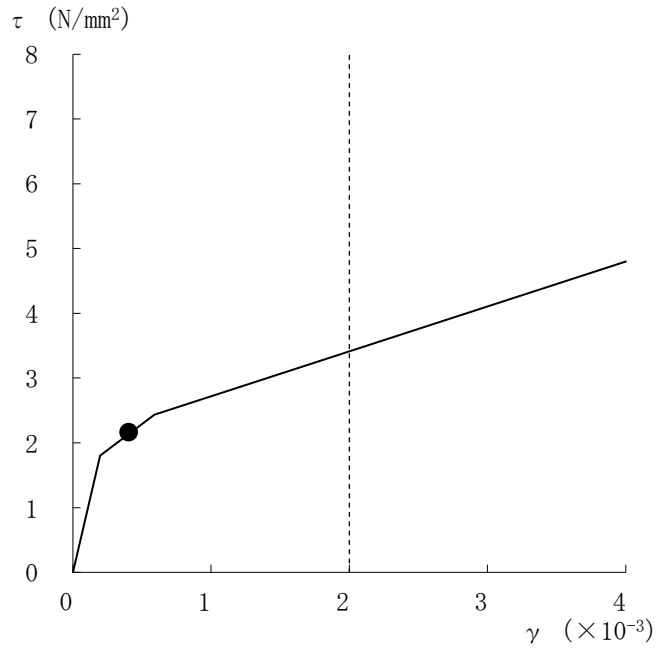
EL (m)	要素 番号	最大応答せん断 ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
32.0~26.7	3	0.15	2.0
26.7~22.1	4	0.28	
22.1~16.9	5	0.31	
16.9~15.3	6	0.34	
15.3~12.3	7	0.21	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。



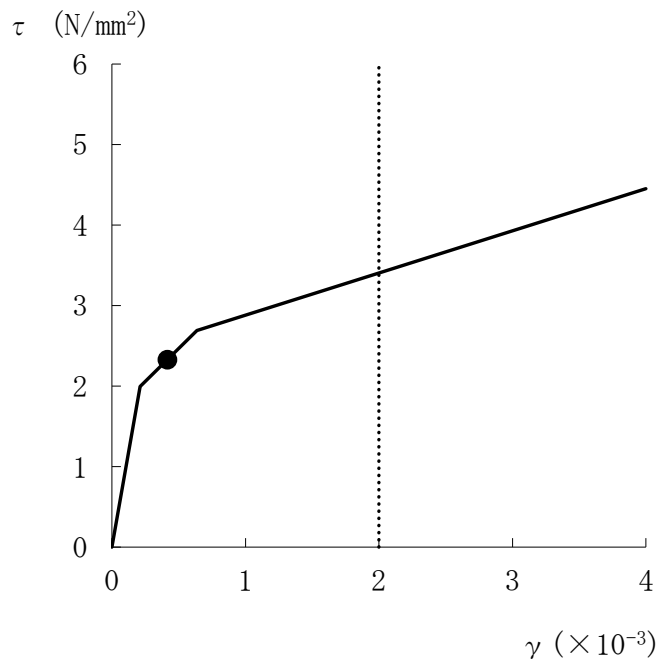


(a) NS方向 (S s -D, ケース 1, 要素番号 2)

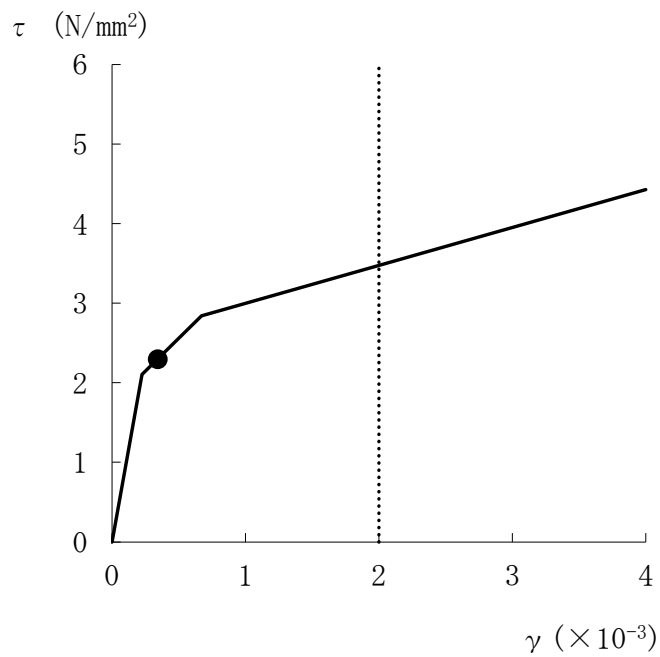


(b) EW方向 (S s -D, ケース 3, 要素番号 2)

図9-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ
(制御室建物)



(a) NS方向 (S_s-D, ケース 2, 要素番号 7)



(b) EW方向 (S_s-D, ケース 2, 要素番号 6)

図9-2 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ
(廃棄物処理建物)

9.2 応力解析による評価結果

天井スラブ及び床スラブの評価結果を表 9-3 及び表 9-4 に示す。

天井スラブ及び床スラブについては、S s 地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 9-3 評価結果（天井スラブ（制御室建物））



方向		短辺（N S）方向
EL (m)		22.05
厚さ t (mm)		
有効せい d (mm)		
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D29@150 (4280 mm ² /m)
	下ば筋	D29@100 (6420 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	1147.5
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	344
	許容限界 (N/mm ²)	379
	検定値	0.91
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	453.0
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.04
	許容限界 (kN/m)	858.4
	検定値	0.53
判定		可

表 9-4(1) 評価結果 (床スラブ① (廃棄物処理建物))

方向		短辺 (EW) 方向	長辺 (NS) 方向
EL (m)		12.3	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D13@200 (635 mm ² /m)	D13@200 (635 mm ² /m)
	下ば筋	D13@200 (635 mm ² /m)	D13@200 (635 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	42.1	28.3
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	316	243
	許容限界 (N/mm ²)	379	379
	検定値	0.84	0.65
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	76.9	68.0
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.22	1.34
	許容限界 (kN/m)	276.6	265.9
	検定値	0.28	0.26
判定		可	可

表 9-4(2) 評価結果 (床スラブ② (廃棄物処理建物))

方向		短辺 (EW) 方向	長辺 (NS) 方向
EL (m)		12.3	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D22@200 (1935 mm ² /m)	D19@200 (1435 mm ² /m)
	下ば筋	D22@200 (1935 mm ² /m)	D19@200 (1435 mm ² /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	69.7	39.2
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	172	149
	許容限界 (N/mm ²)	379	379
	検定値	0.46	0.40
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	108.6	96.1
	せん断スパン比による 割増し係数 α	1.09	1.36
	許容限界 (kN/m)	247.2	269.8
	検定値	0.44	0.36
判定		可	可

10. 引用文献

- (1) 「鉄筋コンクリート構造計算用資料集」 ((社) 日本建築学会, 2002 年)

別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書

目 次

1. 概要	1
2. 既往の知見等の整理	1
3. 中央制御室バウンダリにおける空気漏えい量に対する影響検討.....	3
3.1 検討方針	3
3.2 空気漏えい量の算定結果	6
3.2.1 壁面からの漏えい量	6
3.3 空気流入率の比較	8
3.4 検討結果	8
4. まとめ	8

1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和53年9月制定）」におけるAクラスの施設の気密性について、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。）では、 S_1 地震動に対し弾性範囲であることを確認することで、機能が維持されるとしている。

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の機能維持の設計方針では、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本とした上で、おおむね弾性状態を超える場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ること必要な気密性を維持する設計としている。その場合、気密性を要求される施設に対し、基準地震動 S_s による鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界をせん断ひずみ 2.0×10^{-3} としている。

中央制御室遮蔽の地震応答解析による評価において、耐震壁の許容限界として設定したせん断ひずみ 2.0×10^{-3} の適用性について確認するために、耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往の知見を整理するとともに、中央制御室空調換気系の処理対象となるバウンダリ（以下「中央制御室バウンダリ」という。）における空気漏えい量に対する影響を評価する。

2. 既往の知見等の整理

（財）原子力発電技術機構は、「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告書*1」において、「J E A G 4 6 0 1 -1987」による許容限界の目安値（ S_2 地震時に対してせん断変形角 $2/1000\text{rad}$ 、静的地震力に対して $\tau = \tau_u/1.5$ ）において想定されるひび割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入率を算出し、気圧差維持のためにファン容量と比較することで、空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留ひび割れからの外気侵入量は、ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明らかになった」としている。

また、（財）原子力発電技術機構は、「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書*2」において、耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が、十分に実機への適用性があることを確認している。更に、開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており、「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる」としている。

したがって、中央制御室バウンダリを構成する壁が鉄筋コンクリート造であり、壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に示される壁厚と同程度であることから、同文献にて提案されている各評価式を用い、中央制御室バウンダリにおける空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \dots\dots\dots (2. 1)$$

ここで,

- Q : 単位面積あたりの流量 (L/min/m²)
- C : 定数
(中央値は 2.24×10⁶, 95%非超過値は 1.18×10⁷, 5%非超過値は 4.21×10⁵)
- γ : 最大応答せん断ひずみ
- ΔP : 差圧 (mmAq)
- T : 壁厚 (cm)

$$\Delta Q = \left\{ (\alpha^2 - 1) \cdot \left(\frac{Q'}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \dots\dots\dots (2. 2)$$

ここで,

- ΔQ : 通気量割増率
- α : 通気量割増範囲 (=3)
- $\frac{Q'}{Q_0}$: 定数
(中央値とみなされる評価法では 1.81, 安全側とみなされる評価法では 7.41)
- β : 壁の見付け面積に対する開口の総面積の比

注記*1: 財団法人 原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建屋総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書 (その2) 平成8年度」

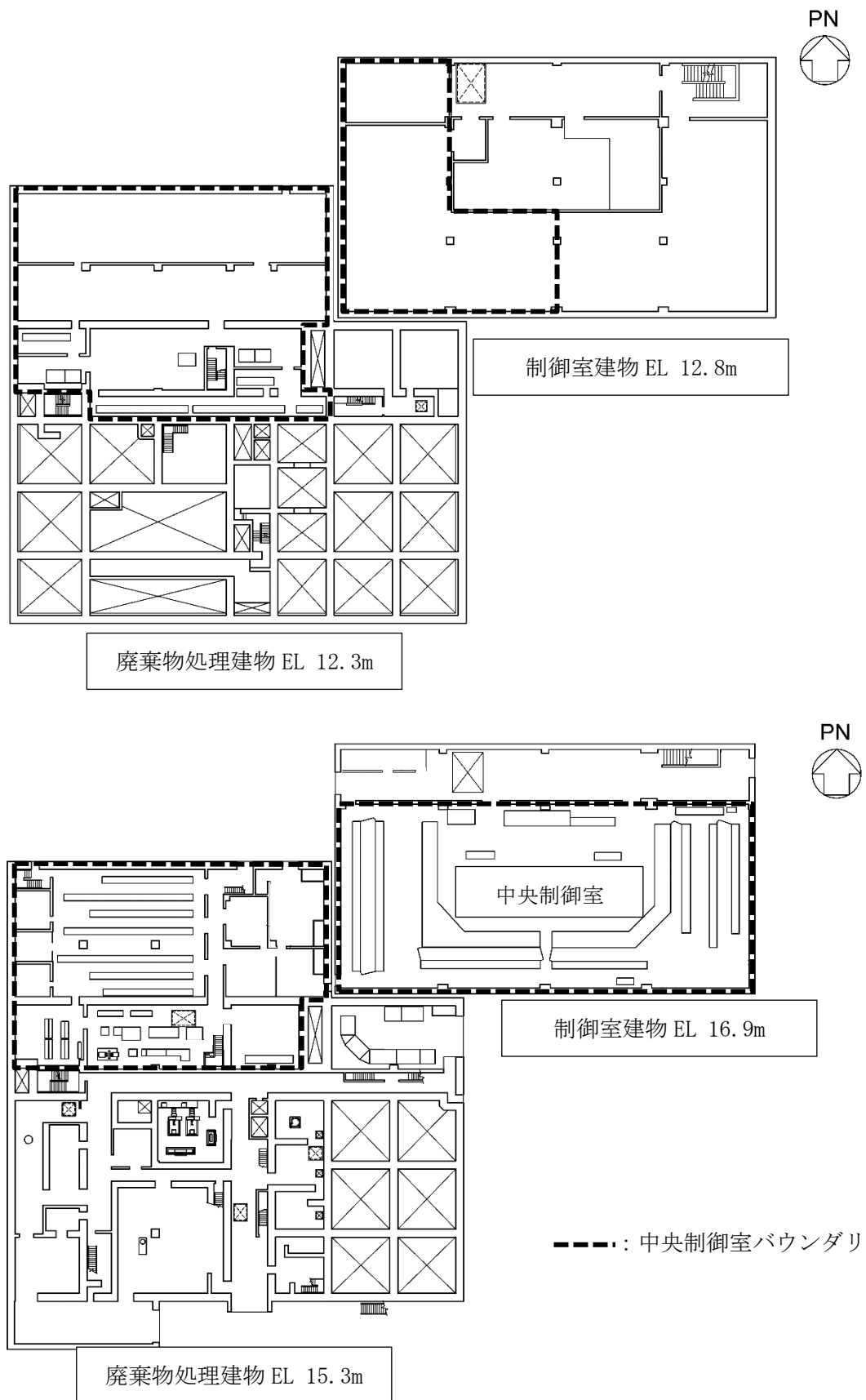
*2: 財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

3. 中央制御室バウンダリにおける空気漏えい量に対する影響検討

3.1 検討方針

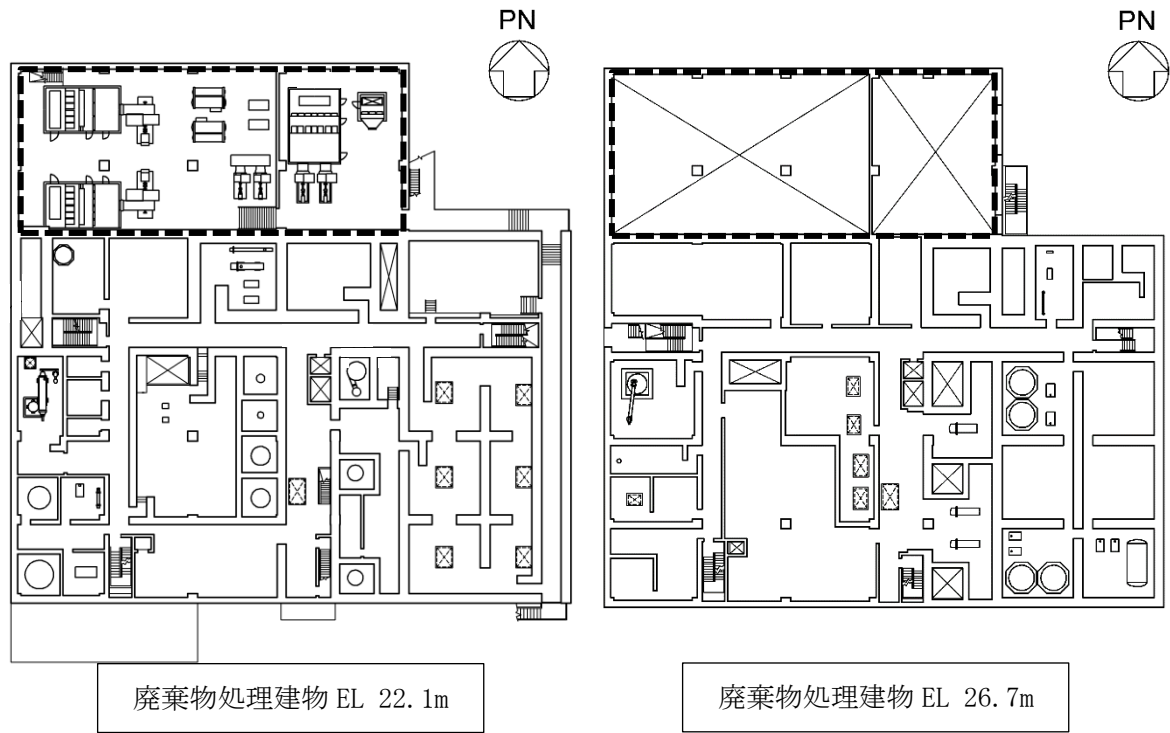
「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき、式(2.1)及び式(2.2)により、中央制御室バウンダリを構成する壁の最大応答せん断ひずみが許容限界(2.0×10^{-3})に達したときの空気漏えい量を算定し、空気漏えい量から算出した空気流入率が、被ばく評価に用いる空気流入率(0.5回/h)を超えないことを確認する。ここで中央制御室バウンダリ内体積は 17150m^3 とする。

中央制御室バウンダリの範囲を図3-1に示す。中央制御室バウンダリ(EL 12.3m~EL 32.0m)を構成する壁の壁厚は約 cm から約 cm である。



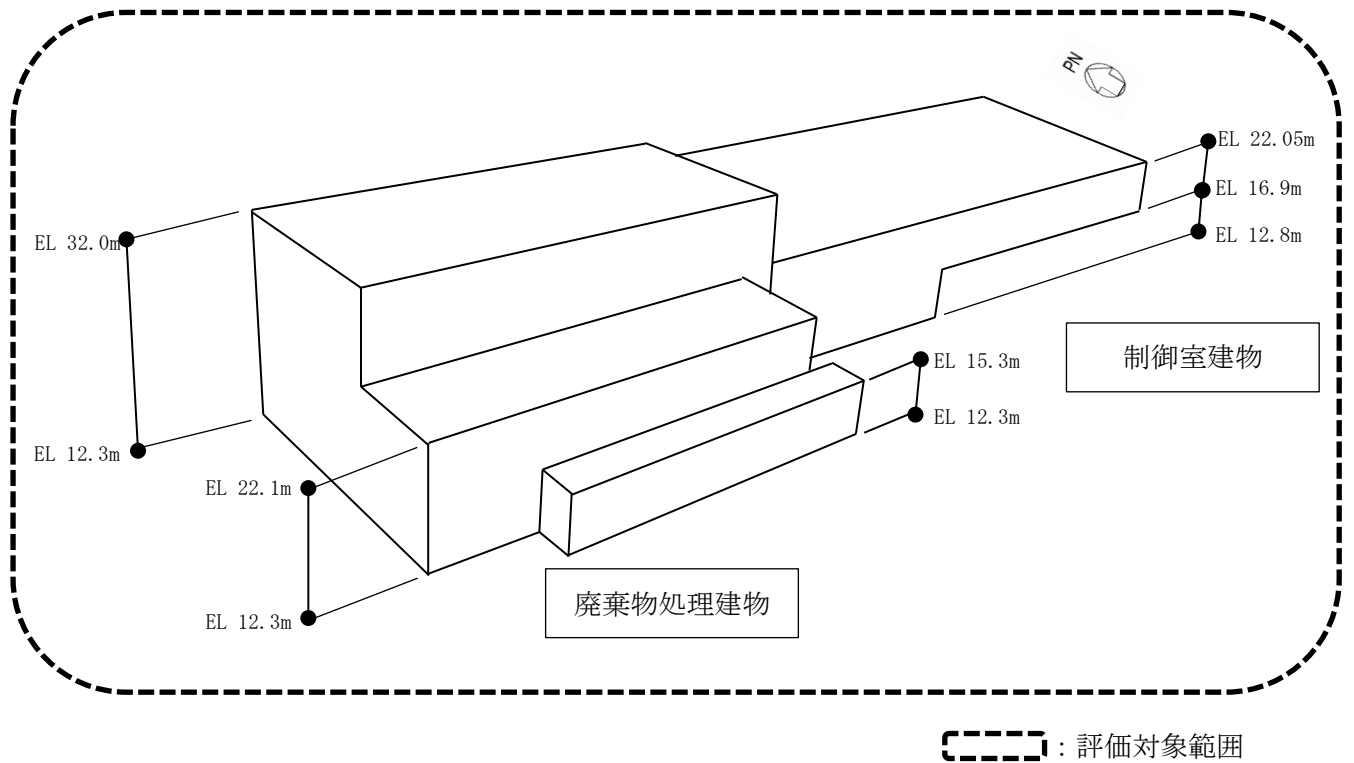
(a) 平面図 (EL 12.3m~EL 16.9m)

図 3-1(1) 中央制御室バウンダリの範囲



-----: 中央制御室バウンダリ

(b) 平面図 (EL 22.1m~EL 26.7m)



-----: 評価対象範囲

(c) 中央制御室バウンダリの概要

図 3-1(2) 中央制御室バウンダリの範囲

3.2 空気漏えい量の算定結果

3.2.1 壁面からの漏えい量

中央制御室バウンダリの壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、地震応答解析における耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ 2.0×10^{-3} を用いることの適用性を確認することが目的であることから、評価式における定数について、安全側の値を用いた。算定結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 算定結果（中央制御室バウンダリ）

EL (m)	壁厚 T (cm)	定数		*1 最大応答 せん断 ひずみ γ	*2 差圧 ΔP (mmAq)	*3 壁の 見付面積 A (m^2)	漏えい量 Q (L/min/ m^2)	壁の見付面 積に対する 開口の総面 積の比 β	通気量 割増率 ΔQ	総漏えい量 $Q \times A \times \Delta Q$ (L/min)
		C	$\frac{Q'}{Q_0}$							
12.3		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	16	0.27	0.000	1.00	5
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	359	0.14	0.136	7.84	395
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	55	0.11	0.000	1.00	7
12.8		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	87	0.91	0.387	20.46	1620
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	111	0.27	0.024	2.21	67
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	86	0.20	0.170	9.55	165
15.3		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	9	0.27	0.000	1.00	3
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	38	0.17	0.000	1.00	7
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	138	0.14	0.052	3.61	70
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	24	0.11	0.000	1.00	3
16.9		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	185	0.46	0.089	5.47	466
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	527	0.27	0.033	2.66	379
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	426	0.14	0.053	3.66	219
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	77	0.11	0.000	1.00	9
22.1		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	182	0.23	0.000	1.00	42
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	78	0.20	0.000	1.00	16
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	78	0.17	0.000	1.00	14
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	83	0.15	0.000	1.00	13
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	99	0.10	0.009	1.45	15
26.7		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	23	0.46	0.157	8.89	95
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	209	0.23	0.032	2.61	126
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	90	0.20	0.256	13.87	250
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	90	0.17	0.234	12.77	196
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	146	0.15	0.102	6.13	135
		1.18×10 ⁷	7.41	2.0×10 ⁻³	10.0	41	0.10	0.022	2.11	9
								合計	4326	

注記*1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し、評価する。

*2：中央制御室空気流入率測定試験結果に基づいた保守的な値とする。

*3：中央制御室バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

3.3 空気流入率の比較

総漏えい量から算出した空気流入率及び被ばく評価に用いる空気流入率の比較を表 3-2 に示す。中央制御室バウンダリについて総漏えい量から算出した空気流入率は、被ばく評価に用いる空気流入率の 4%程度であることを確認した。

表 3-2 総漏えい量から算出した空気流入率及び被ばく評価に用いる空気流入率の比較

総漏えい量から算出した空気流入率 (回/h)	被ばく評価用に用いる空気流入率 (回/h)
0.02*	0.5

注記*：空気漏えい量の合計値を中央制御室バウンダリ内体積で除した数値
(中央制御室バウンダリ内体積は 17150m³とする。)

3.4 検討結果

中央制御室バウンダリについて総漏えい量から算出した空気流入率は、被ばく評価に用いる空気流入率を超えないことを確認した。

よって、中央制御室バウンダリは、耐震壁の許容限界をせん断ひずみ 2.0×10^{-3} とした場合において、換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有している。

4. まとめ

中央制御室バウンダリは、耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ 2.0×10^{-3} を適用した場合において、換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有していることを確認した。

以上より、中央制御室遮蔽の地震応答解析による評価において、換気設備とあいまって気密性を維持するために設定する許容限界として、せん断ひずみ 2.0×10^{-3} を用いることの適用性を確認した。

VI-2-9 原子炉格納施設の耐震性に関する説明書

VI-2-9-1 原子炉格納施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1

1. 概要

本資料は、原子炉格納施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉格納施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

原子炉格納施設の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載することとする。

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (1/30)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器	S	有	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5
		機器搬入口	S	無	VI-2-9-2-6	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-6
		逃がし安全弁搬出ハッチ	S	無	VI-2-9-2-7	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-7
		制御棒駆動機構搬出ハッチ	S	無	VI-2-9-2-8	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-8
		サプレッションチェンバアクセスハッチ	S	—*2	VI-2-9-2-9	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-9
		所員用エアロック	S	有	VI-2-9-2-10	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-10
		原子炉格納容器配管貫通部	S	無	VI-2-9-2-11	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-11
		原子炉格納容器電気配線貫通部	S	有	VI-2-9-2-12	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-9-2-12

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (2/30)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	原子炉建屋	原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）	S	有	VI-2-9-3-1	常設／緩和	無	VI-2-9-3-1
		原子炉建物機器搬出入口	S	—*2	VI-2-9-3-2	常設／緩和	無	VI-2-9-3-2
		原子炉建物エアロック	S	—*2	VI-2-9-3-3	常設／緩和	無	VI-2-9-3-3
		原子炉建物基礎スラブ	—	有	VI-2-9-3-4	—	—	—
	圧力低減設備その他の安全設備	真空破壊装置	S	無	VI-2-9-4-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-1
		ダウンカマ	S	有	VI-2-9-4-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-2
		ベント管	S	有	VI-2-9-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-2
		ベントヘッド	S	有	VI-2-9-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-3

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (3/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	(残留熱除去系(格納容器冷却モード)) 原子炉格納容器スプレイ設備	残留熱除去系熱交換器 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-1
				残留熱除去ポンプ*3 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-2
				残留熱除去系ストレーナ*4 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-3 VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-4-1-6 VI-2-5-4-1-7
				主配管 (A-ドライウェルス スプレイ管)	S	—*2	VI-2-9-4-4-1-1	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-9-4-4-1-1
				主配管 (B-ドライウェルス スプレイ管)	S	—*2	VI-2-9-4-4-1-1	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-9-4-4-1-1
				主配管 (サブプレッションチ ェンバススプレイ管)	S	有	VI-2-9-4-4-1-2	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-9-4-4-1-2

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (4/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備 原子炉格納容器スプレイ設備 (残留熱除去系(格納容器冷却モード))	主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-4
			原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (5/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	原子炉格納容器スプレイ設備 (残留熱除去系(サブプレッションプール水冷却モード))	残留熱除去系熱交換器 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-1
				残留熱除去ポンプ*3 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-2
				残留熱除去系ストレーナ*4 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-3 VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-4-1-6 VI-2-5-4-1-7
				主配管 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-4

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (6/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	原子炉格納容器スプレイ設備 (残留熱除去系(サブプレッションプール水冷却モード))	原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB拡張)	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10
				原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB拡張)	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (7/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	格納容器代替スプレイ系	低圧原子炉代替注水ポンプ (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-1
				低圧原子炉代替注水槽 (低圧原子炉代替注水系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-2-33
				主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-2-1
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-2

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (8/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	格納容器代替スプレイ系	主配管 (A-ドライウェルス スプレイ管) (原子炉格納容器スプレイ 設備 (残留熱除去系 (格納 容器冷却モード)) に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1
				主配管 (B-ドライウェルス スプレイ管) (原子炉格納容器スプレイ 設備 (残留熱除去系 (格納 容器冷却モード)) に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1
				原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-10
				原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (9/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	ペDESTAL代替注水系	低圧原子炉代替注水ポンプ (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-1
				低圧原子炉代替注水槽 (低圧原子炉代替注水系に 記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-2-33
				主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-3-1
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-2

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (10/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ペDESTアル代替注水系	主配管(A-ドライウェルス プレイ管) (原子炉格納容器スプレイ 設備(残留熱除去系(格納 容器冷却モード))に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1
			原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-10
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (11/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	残留熱代替除去系	炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
				原子炉圧力容器 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-2
				低圧注水系配管 (原子炉圧 力容器内部) (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-8
				残留熱除去系熱交換器*5 (原子炉冷却系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-1
				残留熱代替除去ポンプ	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-4-1

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (12/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	残留熱代替除去系	残留熱除去系ストレーナ*6 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-3 VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-4-1-6 VI-2-5-4-1-7
				主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-4-2
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4
				主配管 (格納容器代替スプレイ系 に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-2-1
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-2

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (13/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所		
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	残留熱代替除去系	主配管 (B-ドライウェルス プレイ管) (原子炉格納容器スプレイ 設備 (残留熱除去系 (格納 容器冷却モード)) に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1
				原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10
				原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (14/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	高圧原子炉代替注水系	炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
				原子炉圧力容器 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-2
				給水スパーージャ (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-6
				高圧原子炉代替注水ポンプ (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-3-1
				残留熱除去系ストレーナ*7 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-3 VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-4-1-6 VI-2-5-4-1-7

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (15/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	高圧原子炉代替注水系	主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-3-1-2
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-3-2-1
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-4-1-4
				主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-3-2

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (16/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	高圧原子炉代替注水系	主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-6-1-3
				原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-9
				原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (17/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	低圧原子炉代替注水系	炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
				原子炉圧力容器 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-2
				低圧注水系配管 (原子炉圧 力容器内部) (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-8
				低圧原子炉代替注水ポンプ (原子炉冷却系統施設に記 載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-1

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (18/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	低圧原子炉代替注水槽	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-2-33
			主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-4-1-4
			主配管 (原子炉冷却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-5-2
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (19/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	ほう酸水注入系	炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
				原子炉压力容器 (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-2
				差圧検出・ほう酸水注入系 配管 (ティーより N11 ノズ ルまでの外管) (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-2-5
				差圧検出・ほう酸水注入系 配管 (原子炉压力容器内部) (原子炉本体に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-10

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (20/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器安全設備	ほう酸水注入系	ほう酸水注入ポンプ (計測制御系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-1
				ほう酸水貯蔵タンク (計測制御系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-2
				主配管 (計測制御系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-3
				原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (21/30)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所		
原子炉格納施設	可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 圧力低減設備その他の安全設備 放射性物質濃度制御設備及び	非常用ガス処理系	主要弁	S	有	VI-2-9-4-5-1-1	—	—	—
		主配管	S	有	VI-2-9-4-5-1-1	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-1	
		非常用ガス処理系排風機	S	無	VI-2-9-4-5-1-2	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-2	
		非常用ガス処理系前置ガス 処理装置フィルタ	S	有	VI-2-9-4-5-1-3	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-3	
		非常用ガス処理系後置ガス 処理装置フィルタ	S	有	VI-2-9-4-5-1-3	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-3	
		ブローアウトパネル閉止装 置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-1-4	

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (22/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備 可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 放射性物質濃度制御設備及び	非常用ガス処理系	原子炉建物原子炉棟（二次格納施設） （原子炉建屋 原子炉建物 原子炉棟に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-1
			原子炉建物機器搬出入口 （原子炉建屋 原子炉建物 機器搬出入口に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-2
			原子炉建物エアロック （原子炉建屋 原子炉建物 エアロックに記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-3
			排気筒 （放射性廃棄物の廃棄施設 に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-7-4

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (23/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備 可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 放射性物質濃度制御設備及び	可燃性ガス濃度制御系	主要弁	S	有	VI-2-9-4-5-2-1	—	—	—
		可燃性ガス濃度制御系	主配管	S	有	VI-2-9-4-5-2-1	—	—	—
		可燃性ガス濃度制御系	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ	S	無	VI-2-9-4-5-2-2	—	—	—
		可燃性ガス濃度制御系	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置	S	無	VI-2-9-4-5-2-2	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (24/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備 可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 放射性物質濃度制御設備及び	原子炉建物水素濃度抑制設備	静的触媒式水素処理装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-3-1
			原子炉建物原子炉棟（二次格納施設） （原子炉建屋 原子炉建物 原子炉棟に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-1
			原子炉建物機器搬出入口 （原子炉建屋 原子炉建物 機器搬出入口に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-2
			原子炉建物エアロック （原子炉建屋 原子炉建物 エアロックに記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-3
	室素ガス代替注入系	主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-4-1	
		原子炉格納容器 （原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-10	
		原子炉格納容器配管貫通部 （原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-11	

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (25/30)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所		
原子炉格納施設	可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 圧力低減設備その他の安全設備 放射性物質濃度制御設備及び	格納容器フィルタベント系	第1ベントフィルタスクラバ 容器 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2
		第1ベントフィルタ銀ゼオラ イト容器 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-3	
		主要弁 (原子炉格納容器調気設備 窒素ガス制御系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1	
		主要弁 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1	
		主配管 (原子炉格納容器調気設備 窒素ガス制御系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1	
		主配管 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1	

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (26/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 圧力低減設備その他の安全設備 放射性物質濃度制御設備及び	格納容器フィルタベント系	原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-10
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-11
			圧力開放板 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1
			遠隔手動弁操作設備 (圧力逃がし装置 格納容 器フィルタベント系に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-4

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (27/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備 原子炉格納容器調気設備 その他の安全設備	窒素ガス制御系	主要弁	S	有	VI-2-9-4-6-1-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-9-4-6-1-1	—	—	—
	圧力低減設備 圧力逃がし装置 その他の安全設備	格納容器フィルタベント系	原子炉格納容器 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-10
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-11

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (28/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備 圧力逃がし装置	格納容器 フィルタベント系	第1ベントフィルタスクラ バ容器	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2
			第1ベントフィルタ銀ゼオ ライト容器	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-3
			主要弁 (原子炉格納容器調気設 備 窒素ガス制御系に記 載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1
			主要弁	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1
			圧力開放板	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (29/30)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備 圧力逃がし装置	格納容器 フィルタベント系	主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1
			主配管 (放射性物質濃度制御設備 及び可燃性ガス濃度制御設 備並びに格納容器再循環設 備 非常用ガス処理系に記 載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-1-1
			主配管 (原子炉格納容器調気設備 窒素ガス制御系に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1
			遠隔手動弁操作設備	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-4

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (30/30)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉 格納 施設	そ の 他	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル	—	—*2	—	常設/防止	—	VI-2-9-3-1-1
		原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-3-1-2

注記*1：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，
「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設/防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外

*3：A，B-残留熱除去ポンプが対象

*4：A，B-残留熱除去系ストレーナが対象

*5：B-残留熱除去系熱交換器が対象

*6：B-残留熱除去系ストレーナが対象

*7：C-残留熱除去系ストレーナが対象

VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

VI-2-9-2-3 ベント管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	19
4.5 設計用地震力	25
4.6 計算方法	32
4.7 計算条件	34
4.8 応力の評価	34
5. 評価結果	35
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	35
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	41
6. 参照図書	47

図 表 目 次

図 2-1	ベント管の耐震評価フロー	3
図 3-1	ベント管の形状及び主要寸法	7
図 4-1	ベント系の解析モデル	16
図 4-2	ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデル	18
図 4-3	振動モード図（設計基準対象施設）	21
図 4-4	振動モード図（重大事故等対処設備）	24
図 4-5	ベント管の応力評価点	33
表 2-1	構造計画	2
表 2-2	表示する数値の丸め方	6
表 3-1	使用材料表	7
表 4-1	荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）	9
表 4-2	荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）	10
表 4-3	クラスMC容器の許容応力	11
表 4-4	使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）	12
表 4-5	使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）	12
表 4-6	ベント系の解析モデルの諸元	17
表 4-7	ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデルの諸元	18
表 4-8(1)	固有周期（設計基準対象施設）（ベントヘッド端部対称条件）	19
表 4-8(2)	固有周期（設計基準対象施設）（ベントヘッド端部反対称条件）	20
表 4-9(1)	固有周期（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部対称条件）	22
表 4-9(2)	固有周期（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部反対称条件）	23
表 4-10(1)	設計用地震力（設計基準対象施設）（ベントヘッド端部対称条件）	26
表 4-10(2)	設計用地震力（設計基準対象施設）（ベントヘッド端部反対称条件）	27
表 4-11	ドライウエルに加わる鉛直方向荷重（設計基準対象施設）	28
表 4-12	水平方向地震荷重（設計基準対象施設）	28
表 4-13(1)	設計用地震力（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部対称条件）	29
表 4-13(2)	設計用地震力（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部反対称条件）	30
表 4-14	ドライウエルに加わる鉛直方向荷重（重大事故等対処設備）	31
表 4-15	水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）	31
表 4-16	応力評価点	32
表 5-1	許容応力状態Ⅲ _A Sに対する評価結果（D+P+M+S _d ）	36
表 5-2	許容応力状態Ⅳ _A Sに対する評価結果（D+P+M+S _s ）	38
表 5-3	許容応力状態Ⅲ _A Sに対する疲労評価結果	40
表 5-4	許容応力状態Ⅳ _A Sに対する疲労評価結果	40
表 5-5(1)	許容応力状態Ⅴ _A Sに対する評価結果（D+P _{SAL} +M _{SAL} +S _d ）	42
表 5-5(2)	許容応力状態Ⅴ _A Sに対する評価結果（D+P _{SALL} +M _{SALL} +S _s ）	44

表 5-6(1)	許容応力状態 V_{AS} に対する疲労評価結果 ($D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$)	46
表 5-6(2)	許容応力状態 V_{AS} に対する疲労評価結果 ($D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$)	46

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ベント管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるベント管の評価は、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ベント管は、ドライウェルに支持され、ベントヘッダ及びダウンカマを支持する。</p> <p>ベント管の水平方向及び鉛直方向地震荷重はドライウェルを介して原子炉建物に伝達される。</p> <p>ベント管は、サプレッションチェンバとベント管ベローズを介して接続されているが、ベント管ベローズにより振動が伝達しない構造であり、地震による振動は、ドライウェルからベント管に入力される。</p>	<p>ベント管は、内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm 及び <input type="text"/> mm の鋼製円筒構造物である。</p>	
		(単位 : mm)

2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すベント管の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベント管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

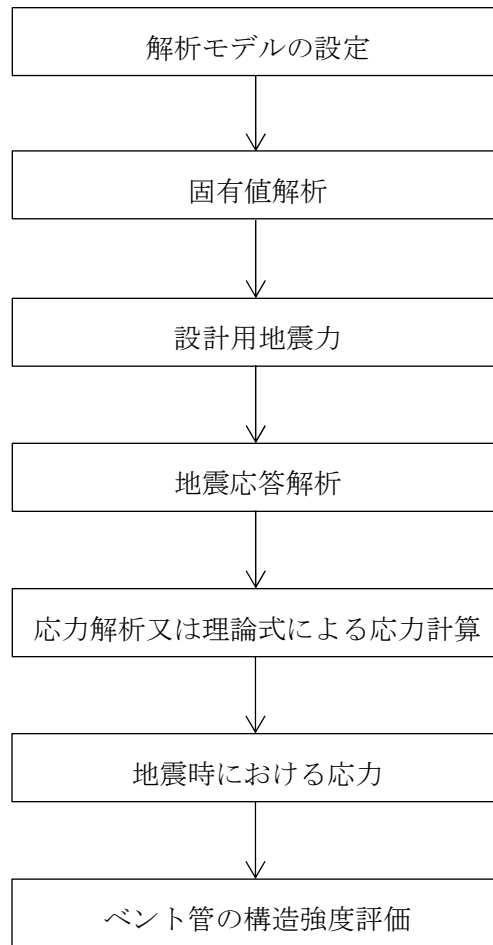


図 2-1 ベント管の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_i	地震層せん断力係数	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D_1	ベント管円筒胴ドライウェル結合部近傍の外径	mm
D_i	ベント管の内径	mm
D_o	ベント管円筒胴の外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
K_e	弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数	—
l	ベント管の長さ	mm
m_o	機器質量	kg
m_1	水質量	kg
N_a	地震時の許容繰返し回数	—
N_c	地震時の実際の繰返し回数	—
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表3に定める値	MPa
S_ℓ	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_{\ell'}$	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S_n	地震動による応力振幅	MPa
S_p	地震荷重のみにおける一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
t_1	ベント管円筒胴の厚さ	mm
t_2	ベント管円筒胴ドライウェル結合部近傍の厚さ	mm
t_3	ドライウェルの厚さ	mm
T	温度	°C
T_{SAL}	温度 (SA後長期温度)	°C
T_{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	°C
ν	ポアソン比	—

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
刺激係数	—	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
力	N	有効数字 5 桁	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
ポアソン比	—	—	—	小数点以下第 1 位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

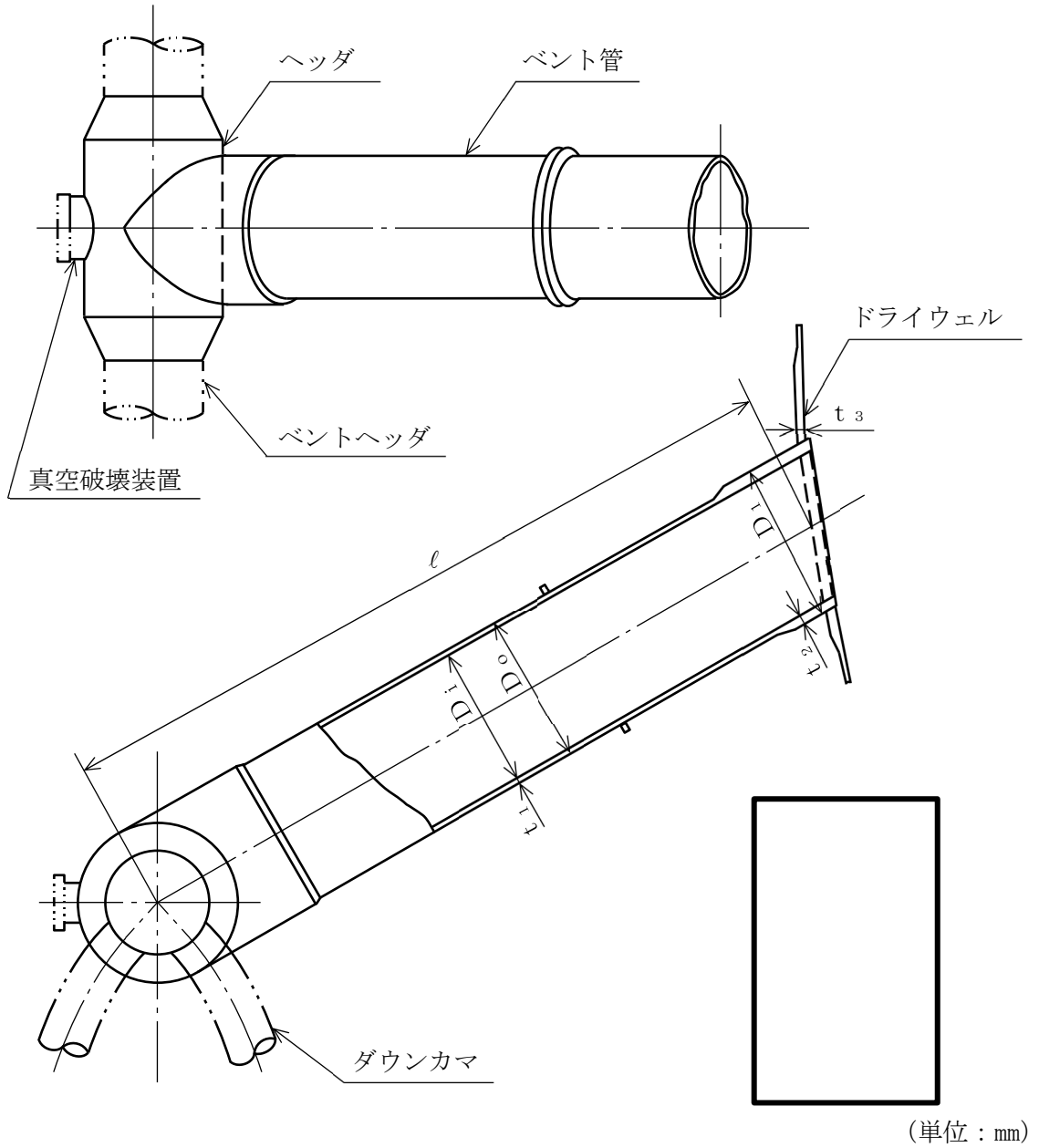
注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力、設計降伏点及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び評価部位を表 3-1 に示す。



(単位：mm)

図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ベント管	SGV49	SGV480 相当
ヘッド	SGV49	SGV480 相当
ドライウエル	SPV50	SPV490 相当

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ベント管は、ドライウエルに支持された構造であり、ベント管の水平方向及び鉛直方向地震荷重はドライウエルを介して原子炉建物に伝達される。

ベント管は、サプレッションチェンバとベント管ベローズを介して接続されているが、ベント管ベローズにより振動が伝達しない構造であり、地震による振動は、ドライウエルからベント管に入力される。

ベント管の耐震評価として、ベント管に作用する荷重による応力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」から求められる、固有周期に応じた応答加速度に基づき、スペクトルモーダル解析を用いて算出する。また、ドライウエルに作用する荷重による応力は、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された荷重を用いて算出し、構造強度評価を行う。

- (2) 水平2方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せは、S R S S法を適用する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 概略構造図を表2-1に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ベント管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ベント管の許容応力はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-3に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ベント管	S	クラスMC容器	D + P + M + S _d *	(10)	Ⅲ _A S
						(11)	
						(14)	
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ベント管	S	クラスMC容器	D + P + M + S _s	(12)	Ⅳ _A S
						(13)	
						(15)	
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ベント管	S	クラスMC容器	D + P _L + M _L + S _d **2	(17) *3	Ⅳ _A S

注記*1：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-2の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

*3：ベント管に対しては、荷重の組合せD + P_{SAL} + M_{SAL} + S_dに包絡されるため、評価しない。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ*2		許容応力状態*3
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ベント管	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *4	(V (L) -1)	V _A S
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V (LL) -1)	V _A S

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

*2：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*3：V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

*4：重大事故等後の最高内圧と最高温度との組合せを考慮する。

表4-3 クラスMC容器の許容応力*1

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ _A S	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の α 倍の値*2	$3 \cdot S$ *3	*4, *5 S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、Ⅱにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は $0.6 \cdot S_u$ 、不連続な部分は S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は $2 \cdot S$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方、不連続な部分は $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の α 倍の値*2	S_d 又は S_s 地震動のみによる応力振幅について評価する。	
V _A S*6				

注記*1：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*2：設計・建設規格 PVB-3111に準じる場合は、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*3： $3 \cdot S$ を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、 S_m は S と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*4：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「 S_d 又は S_s 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*5：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*6：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
ベント管及びヘッド	SGV49*1	周囲環境温度	171	131	229	423	—
ドライウエル	SPV50*2	周囲環境温度	171	167	429	550	—

注記*1：SGV480 相当

*2：SPV490 相当

表4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
ベント管及びヘッド	SGV49*1	周囲環境温度	200*2	131	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	131	248	453	—
ドライウエル	SPV50*4	周囲環境温度	200*2	167	417	545	—
		周囲環境温度	70*3	167	478	581	—

注記*1：SGV480 相当

*2：S A後長期温度

*3：S A後長々期温度

*4：SPV490 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である、圧力、最高使用温度、死荷重及び水学的動荷重は、以下のとおりとする。

a. 圧力及び最高使用温度

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧） 327 kPa

外圧 14 kPa

温度（最高使用温度） 171 °C

b. 死荷重

(a) ベント系

ベント管、ベントヘッド、ダウンカメラ及び真空破壊装置の自重を死荷重とする。

死荷重 N

設計基準対象施設の評価におけるサプレッションチェンバ水位は、H. W. L. (EL mm) に対して保守的な条件として以下のとおりとする。

水位 EL mm

(b) ドライウエルの自重

ベント管開口部より上部のドライウエルの自重及び付加物の重量を死荷重とする。

c. 水学的動荷重（プールスウェル時ベント系に加わる衝撃荷重）

ベント管に対して、水面が上昇する際には、参照図書(1)に示す衝撃荷重が作用する。荷重の大きさは以下のとおりである。

最大値 3.236×10^3 N/本

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

重大事故等対処設備としての設計荷重である、評価圧力、評価温度、死荷重及び水学的動荷重は、以下のとおりとする。

a. 評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備の評価における圧力及び温度は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」より、以下のとおりとする。

内圧 P_{SAL} 660 kPa (SA後長期)

内圧 P_{SALL} 380 kPa (SA後長々期)

温度 T_{SAL} 200 °C (SA後長期)

温度 T_{SALL} 70 °C (SA後長々期)

b. 死荷重

(a) ベント系

ベント管、ベントヘッド、ダウンカメラ及び真空破壊装置の自重を死荷重とする。

死荷重 N

重大事故等対処設備の評価におけるサプレッションチェンバ水位は、VI-1-8-1

「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」より、以下のとおりとする。

水位 EL mm

(b) ドライウェルの自重

ベント管開口部より上部のドライウェルの自重及び付加物の重量を死荷重とする。

c. 水力的動荷重（プールスウェル時ベント系に加わる衝撃荷重）

ベント管に対して、水面が上昇する際には、参照図書(1)に示す衝撃荷重が作用する。荷重の大きさは以下のとおりである。

最大値 3.236×10^3 N/本

4.3 解析モデル及び諸元

4.3.1 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、ベント管、ベントヘッダ及びダウンカメラ質量並びにサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮して固有値解析及び地震応答解析（スペクトルモーダル解析）を実施する。

(1) ベント系の解析モデル

- a. ベント管、ベントヘッダ及びダウンカメラは、各機器の挙動が相互に影響しあうことを考慮し、構造及び荷重の対称性を踏まえ、ベント系全体の1/2モデルとする。
- b. ベント系の解析モデルは、3次元シェル要素及び3次元はり要素によりモデル化した有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、解析モデルの諸元について表4-6に示す。
- c. ベント系の死荷重は、シェル要素及びはり要素に等分布質量を設定する。

d.



- e. サプレッションチェンバ内部水の影響を考慮するため、ダウンカメラの内包する水の質量及び水中振動に伴い各部に作用する付加質量を没水部範囲に付加する。水中振動に伴い各部に作用する付加質量は、没水する各部の形状を考慮して算出する。なお、ベント系に蒸気が流入した際、ダウンカメラ水位は低下するものの、水位低下を考慮せず、保守的にサプレッションチェンバの水位をダウンカメラ内水位として設定する。
- f. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、荷重及び応力を求める。なお、

評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) ベント管とドライウェルとの結合部の解析モデル

- a. ベント管とドライウェルとの結合部は、3次元シェル要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-2に、解析モデルの諸元について表4-7に示す。
- b. ベント系の自重及び地震荷重に対し、ベント管先端に単位荷重を負荷する。

c.



- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.3.2 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元は、設計基準対象施設と同じとする。

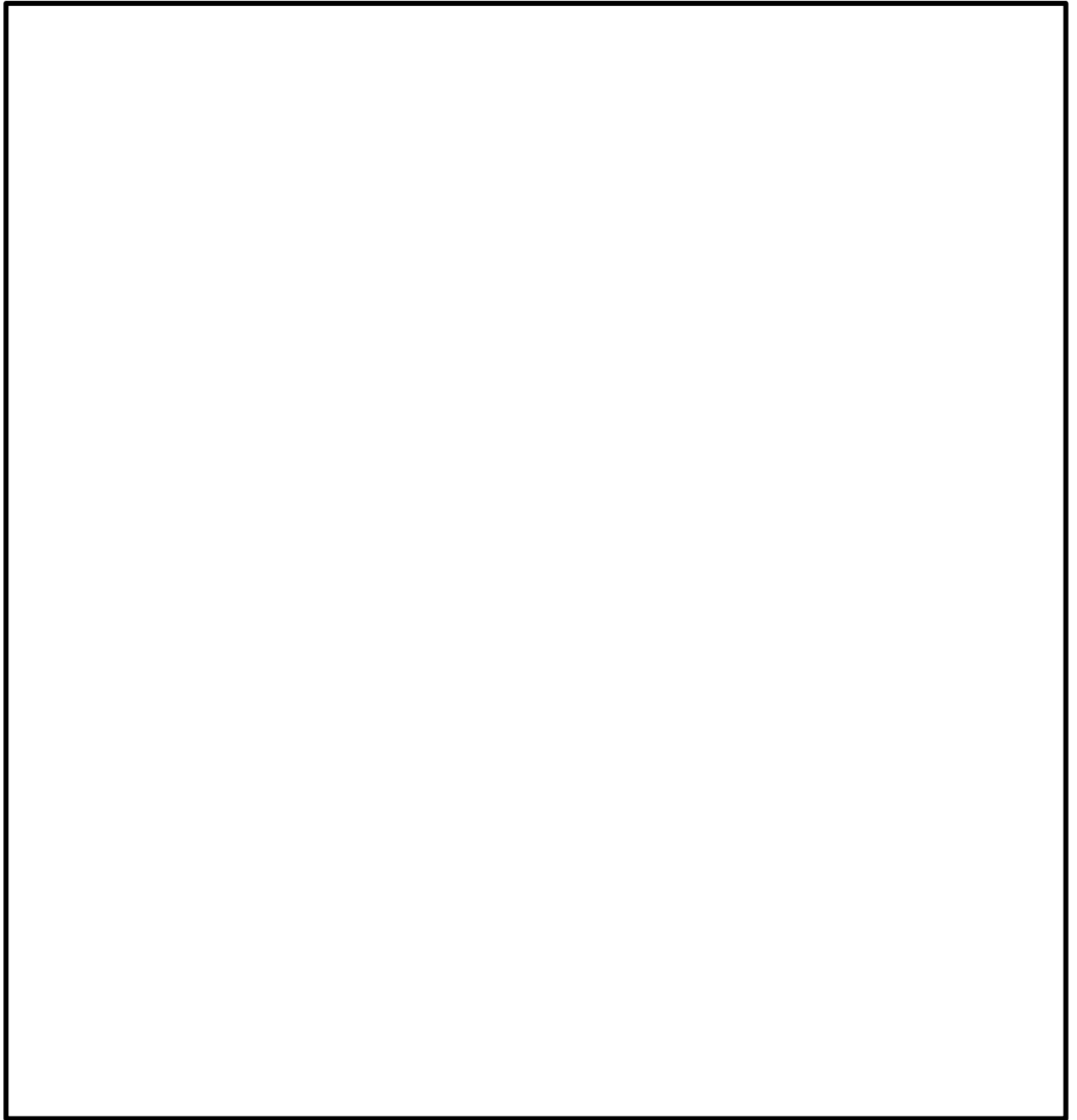


図 4-1 ベント系の解析モデル

表 4-6 ベント系の解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SGV49 (SGV480相当) STS42 (STS410相当) STS480
機器質量	m_0	kg	<input type="text"/>
水質量 (内部水)	m_1	kg	<input type="text"/>
温度条件	T	°C	57
縦弾性係数	E	MPa	201000 (SGV49, STS42) 199000 (STS480)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	—	<input type="text"/>
節点数	—	—	<input type="text"/>

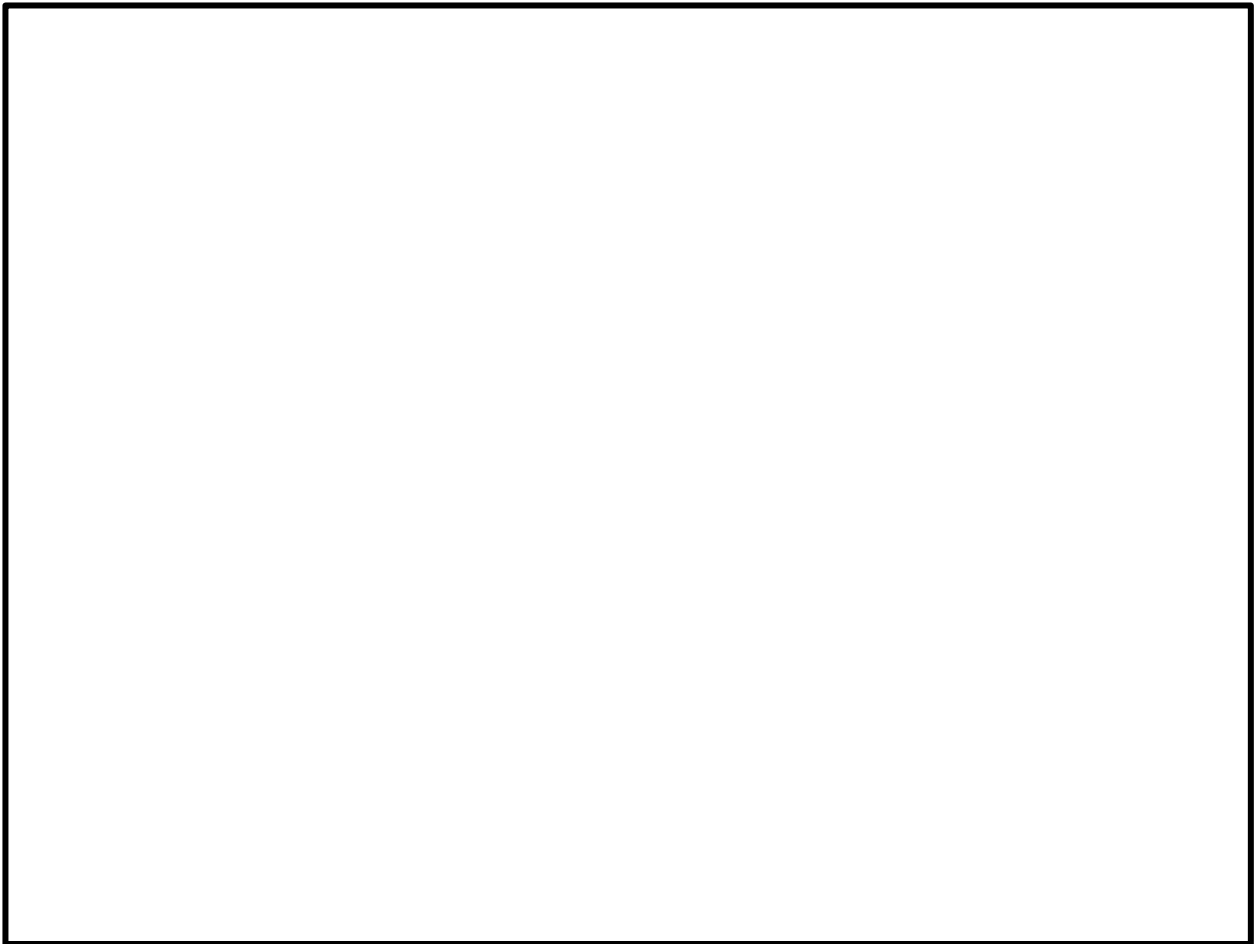


図 4-2 ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデル

表 4-7 ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SPV50 (SPV490相当) SGV49 (SGV480相当)
機器質量	m ₀	kg	—*
温度条件	T	℃	57
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	—	<input type="text"/>
節点数	—	—	<input type="text"/>

注記*：単位荷重による解析のため，質量は定義不要

4.4 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設の固有周期は、サプレッションチェンバ内部水の影響を考慮し、図 4-1 に示す解析モデルにより算出する。固有周期を表 4-8 に、振動モード図を代表して図 4-3 に示す。水平方向（X 方向及び Y 方向）に対し、固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向（Z 方向）に対し、固有周期は 0.05 秒以下（ 秒）であり、剛構造であることを確認した。

表 4-8(1) 固有周期（設計基準対象施設）（ベントヘッド端部対称条件）

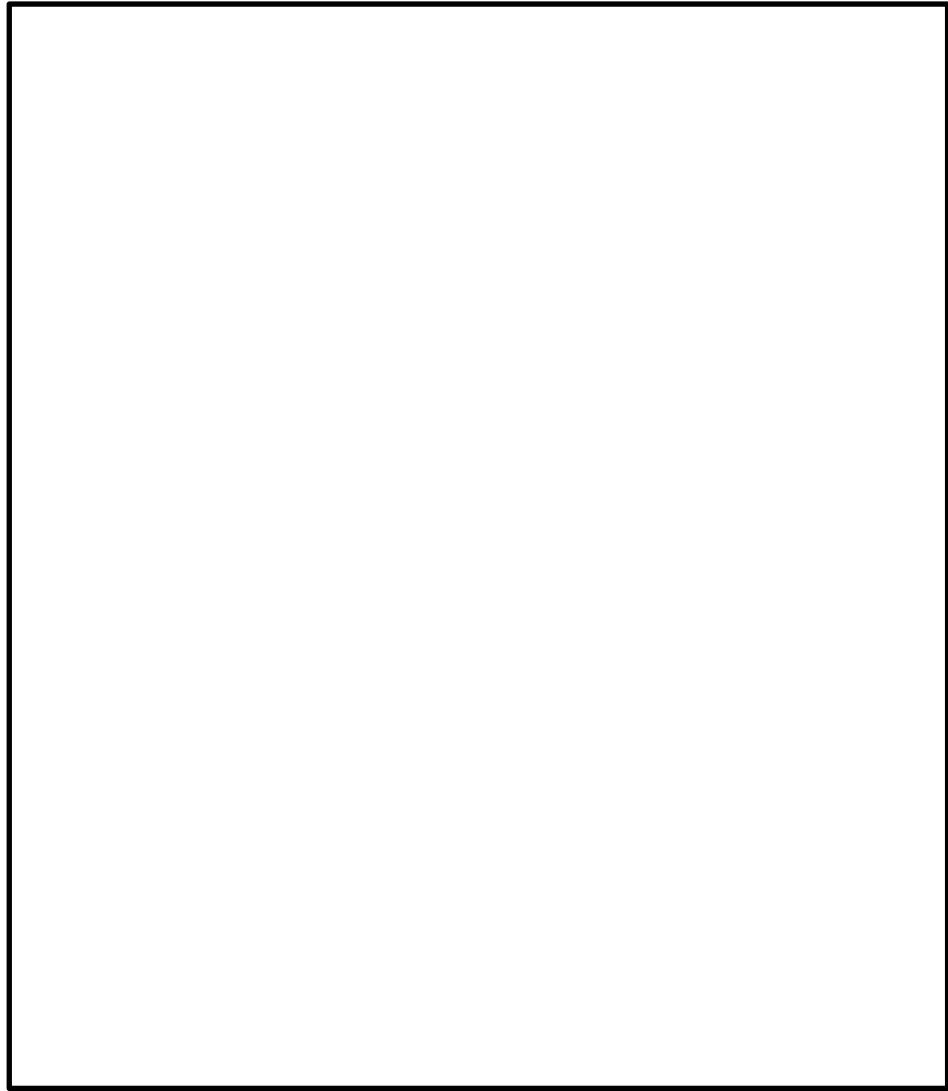
モード	固有周期 (s)	刺激係数*1		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
8次				
12次				
14次				
20次				
23次				
26次				
27次				
29次				
35次				
36次				
37次				
43次				
47次				
52次				

注記*1：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

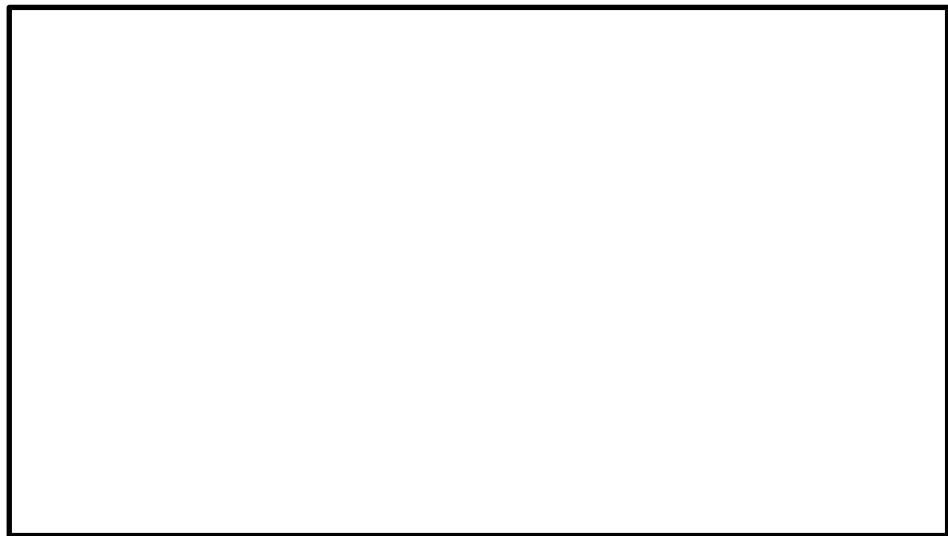
表 4-8(2) 固有周期 (設計基準対象施設) (ベントヘッド端部反対称条件)

モード	固有周期 (s)	刺激係数* ¹		
		X方向	Y方向	Z方向
2次				
6次				
12次				
13次				
19次				
20次				
22次				
24次				
25次				
33次				
35次				
38次				
44次				
47次				
51次				

注記*1：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。



(a) ベントヘッド端部対称条件



(b) ベントヘッド端部反対称条件

図 4-3 振動モード図 (設計基準対象施設)

(2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備における固有周期を表 4-9 に、振動モード図を代表して図 4-4 に示す。水平方向（X 方向及び Y 方向）に対し、固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向（Z 方向）に対し、固有周期は 0.05 秒以下（ 秒）であり、剛構造であることを確認した。

表 4-9(1) 固有周期（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部対称条件）

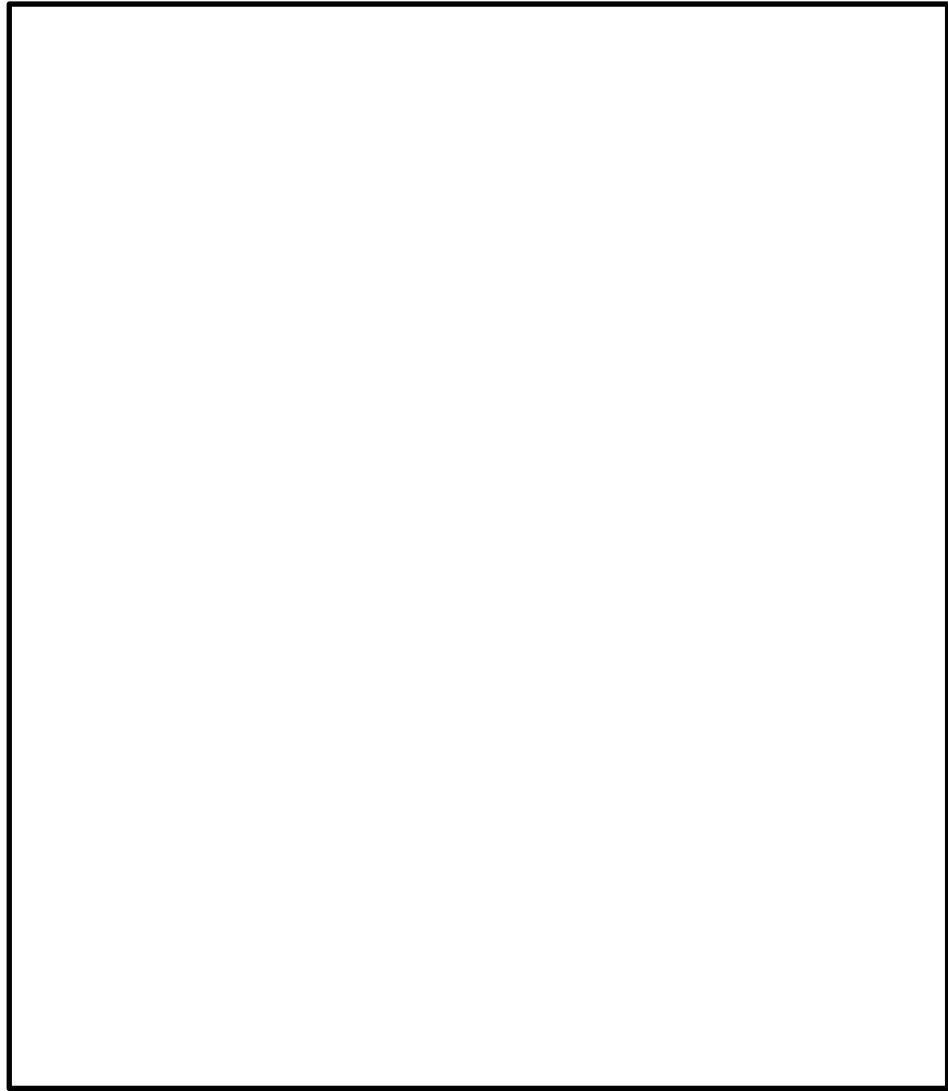
モード	固有周期 (s)	刺激係数*1		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
8次				
12次				
14次				
20次				
23次				
26次				
27次				
29次				
35次				
36次				
37次				
43次				
47次				
52次				

注記*1：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

表 4-9(2) 固有周期 (重大事故等対処設備) (ベントヘッド端部反対称条件)

モード	固有周期 (s)	刺激係数* ¹		
		X方向	Y方向	Z方向
2次				
6次				
12次				
13次				
19次				
20次				
22次				
24次				
25次				
33次				
35次				
38次				
44次				
47次				
51次				

注記*1：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。



(a) ベントヘッド端部対称条件



(b) ベントヘッド端部反対称条件

図 4-4 振動モード図（重大事故等対処設備）

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-10～表 4-15 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」により求めた地震力を設定する。また、減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

また、ドライウエルのベント管との結合部に作用する地震荷重は、VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた地震荷重を上回る荷重を設定する。また、燃料交換時の鉛直地震荷重については、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」により求めた鉛直震度を用いて算出した鉛直地震荷重を上回る荷重を設定する。

(1) 設計基準対象施設としての設計用地震力

a. ベント管

設計基準対象施設としてベント管の応力計算に用いる設計用地震力を表 4-10 に示す。

b. ドライウエル

設計基準対象施設としてベント管の応力計算に用いる，ドライウエルに加わる鉛直方向荷重を表 4-11 に，水平方向地震荷重を表 4-12 に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての設計用地震力

a. ベント管

重大事故等対処設備としてベント管の応力計算に用いる設計用地震力を表 4-13 に示す。

b. ドライウエル

重大事故等対処設備としてベント管の応力計算に用いる，ドライウエルに加わる鉛直方向荷重を表 4-14 に，水平方向地震荷重を表 4-15 に示す。

表 4-10(1) 設計用地震力 (設計基準対象施設) (ベントヘッド端部対称条件)

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉格納容器 EL 					
減衰定数 (%)		水平 : 1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次			—	—		—	—
8次			—	—		—	—
12次			—	—		—	—
14次			—	—		—	—
20次			—	—		—	—
23次			—	—		—	—
26次			—	—		—	—
27次			—	—		—	—
29次			—	—		—	—
35次			—	—		—	—
36次			—	—		—	—
37次			—	—		—	—
43次			—	—		—	—
47次			—	—		—	—
52次			—	—		—	—
動的地震力* ⁴		 	—	 	 	—	
静的地震力* ⁵		 	—	 	—	—	—

注記*1: ベント管, ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため, VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

*2: 設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3: 設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度及び設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度

*5: 静的震度 (3.0・C_i及び1.0・C_v) を上回る設計震度を示す。

表 4-10(2) 設計用地震力 (設計基準対象施設) (ベントヘッド端部反対称条件)

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉格納容器 EL 					
減衰定数 (%)		水平 : 1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
2次		—		—	—		—
6次		—		—	—		—
12次		—		—	—		—
13次		—		—	—		—
19次		—		—	—		—
20次		—		—	—		—
22次		—		—	—		—
24次		—		—	—		—
25次		—		—	—		—
33次		—		—	—		—
35次		—		—	—		—
38次		—		—	—		—
44次		—		—	—		—
47次		—		—	—		—
51次		—		—	—		—
動的地震力* ⁴		—		—	—		—
静的地震力* ⁵		—		—	—	—	—

注記*1: ベント管, ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため, VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

*2: 設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3: 設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) を上回る設計震度及び設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度

*5: 静的震度 (3.0・C_i及び1.0・C_v) を上回る設計震度を示す。

表 4-11 ドライウェルに加わる鉛直方向荷重 (設計基準対象施設)

(単位 : N)

通常運転時			燃料交換時		
死荷重	地震荷重		死荷重及び 活荷重	地震荷重	
	S d *	S s		S d *	S s

表 4-12 水平方向地震荷重 (設計基準対象施設)

弾性設計用地震動 S d * による地震荷重		基準地震動 S s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
2.740×10^7	4.780×10^{11}	6.270×10^7	1.060×10^{12}

表 4-13(1) 設計用地震力（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部対称条件）

据付場所及び 設置高さ(m)		原子炉格納容器 EL 					
減衰定数(%)		水平：1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S d			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次			—	—		—	—
8次			—	—		—	—
12次			—	—		—	—
14次			—	—		—	—
20次			—	—		—	—
23次			—	—		—	—
26次			—	—		—	—
27次			—	—		—	—
29次			—	—		—	—
35次			—	—		—	—
36次			—	—		—	—
37次			—	—		—	—
43次			—	—		—	—
47次			—	—		—	—
52次			—	—		—	—
動的地震力* ⁴		 	—	 	 	—	

注記*1：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

*2：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計震度及び設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

表 4-13(2) 設計用地震力（重大事故等対処設備）（ベントヘッド端部反対称条件）

据付場所及び 設置高さ(m)		原子炉格納容器 EL 					
減衰定数(%)		水平：1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S d			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
2次		—		—	—		—
6次		—		—	—		—
12次		—		—	—		—
13次		—		—	—		—
19次		—		—	—		—
20次		—		—	—		—
22次		—		—	—		—
24次		—		—	—		—
25次		—		—	—		—
33次		—		—	—		—
35次		—		—	—		—
38次		—		—	—		—
44次		—		—	—		—
47次		—		—	—		—
51次		—		—	—		—
動的地震力* ⁴		—		—	—		—

注記*1：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

*2：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*4：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計震度及び設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

表 4-14 ドライウェルに加わる鉛直方向荷重（重大事故等対処設備）

（単位：N）

死荷重	地震荷重	
	S d	S s

表 4-15 水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

弾性設計用地震動 S d による地震荷重		基準地震動 S s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
2.740×10^7	4.780×10^{11}	6.270×10^7	1.060×10^{12}

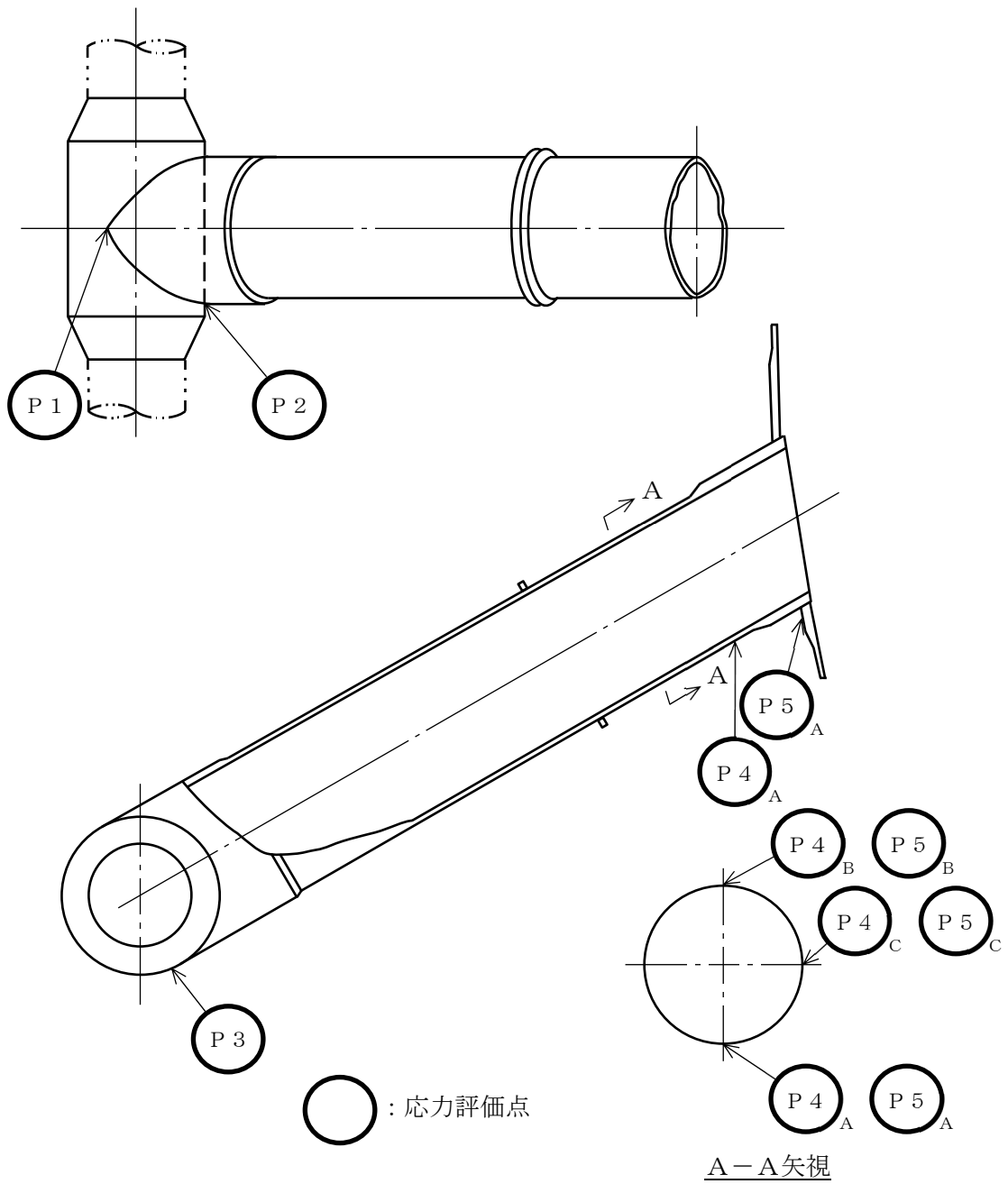
4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

ベント管の応力評価点は、ベント管を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-16 及び図 4-5 に示す。

表 4-16 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ヘッド接続部
P 2	ヘッド接続部
P 3	ヘッド接続部
P 4	ベント管円筒胴 (P 4-A~P 4-C)
P 5	ベント管とドライウエルとの結合部 (P 5-A~P 5-C)



P 5 は、ドライウェル側を示す。

図 4-5 ベント管の応力評価点

4.6.2 応力計算方法

ベント管の応力計算方法について、以下に示す。

(1) 設計基準対象施設としての応力計算

a. ヘッダ接続部（応力評価点 P 1～P 3）に生じる応力

各荷重による応力は、4.3 項のベント系の解析モデルにて算出する。

b. ベント管円筒胴（応力評価点 P 4）に生じる応力

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

c. ベント管とドライウエルとの結合部（応力評価点 P 5）に生じる応力

(a) ベント管に作用する荷重による応力

ベント管に作用する死荷重及び地震荷重による応力は、4.3 項のベント管とドライウエルとの結合部の解析モデルにて算出する。

(b) ドライウエルに作用する荷重による応力

ドライウエルに作用する圧力、死荷重及び地震荷重による応力は、参照図書(1)において算出された応力に荷重比を乗じて算出する。

(c) 応力の組合せ

応力評価点 P 5 の応力は、(a) 項で求めたベント管に作用する荷重による応力と、(b) 項で求めたドライウエルに作用する荷重による応力を組み合わせることで算出する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力計算方法は、設計基準対象施設と同じとする。

4.7 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が表 4-3 で定める許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。また、 S_m はSと読み替える。）に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ベント管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-2 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である。

(2) 疲労評価結果

疲労評価結果を表 5-3 及び表 5-4 に示す。

表 5-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 1	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	133	344	○	(10)	
			一次+二次応力	662	393	×*	(10)	
			疲労評価	0.843	1.0	○		単位なし
	P 2	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	58	344	○	(10)	
			一次+二次応力	480	393	×*	(10)	
			疲労評価	0.206	1.0	○		単位なし
	P 3	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	140	344	○	(10)	
			一次+二次応力	678	393	×*	(10)	
			疲労評価	0.931	1.0	○		単位なし
	P 4-A	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	45	229	○	(10)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	45	344	○	(10)	
			一次+二次応力	88	393	○	(10)	
	P 4-B	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	49	229	○	(10)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	49	344	○	(10)	
			一次+二次応力	92	393	○	(10)	
P 4-C	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	61	229	○	(10)		
		一次膜応力+一次曲げ応力	61	344	○	(10)		
		一次+二次応力	118	393	○	(10)		

注記* : P 1, P 2 及び P 3 の一次+二次応力評価は許容値を満足しないが, 設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い, 十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 5-A	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	114	495	○	(11)	
			一次+二次応力	306	501	○	(10), (11)	
	P 5-B	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	102	495	○	(11)	
			一次+二次応力	274	501	○	(11)	
	P 5-C	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	114	495	○	(11)	
			一次+二次応力	332	501	○	(11)	

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果 (D+P+M+Ss) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 1	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	164	380	○	(12)	
			一次+二次応力	784	393	×*	(12)	
			疲労評価	0.817	1.0	○		単位なし
	P 2	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	67	380	○	(12)	
			一次+二次応力	564	393	×*	(12)	
			疲労評価	0.215	1.0	○		単位なし
	P 3	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	171	380	○	(12)	
			一次+二次応力	798	393	×*	(12)	
			疲労評価	0.871	1.0	○		単位なし
	P 4-A	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	55	253	○	(12)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	55	380	○	(12)	
			一次+二次応力	108	393	○	(12)	
	P 4-B	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	59	253	○	(12)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	59	380	○	(12)	
			一次+二次応力	112	393	○	(12)	
P 4-C	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	75	253	○	(12)		
		一次膜応力+一次曲げ応力	75	380	○	(12)		
		一次+二次応力	146	393	○	(12)		

注記* : P 1, P 2 及び P 3 の一次+二次応力評価は許容値を満足しないが, 設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い, 十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果 (D+P+M+Ss) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P5-A	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	186	495	○	(13)	
			一次+二次応力	472	501	○	(12), (13)	
	P5-B	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	166	495	○	(13)	
			一次+二次応力	430	501	○	(13)	
	P5-C	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	182	495	○	(13)	
			一次+二次応力	492	501	○	(13)	

表 5-3 許容応力状態ⅢA S に対する疲労評価結果

評価部位	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ (MPa)	S _{ℓ'} * (MPa)	N _a (回)	N _c (回)	疲労累積係数 N _c /N _a
P 1	662							0.843
P 2	480							0.206
P 3	678							0.931

注記* : S_ℓに $(2.07 \times 10^5 / E)$ を乗じた値である。

$$E = 1.93 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表 5-4 許容応力状態ⅣA S に対する疲労評価結果

評価部位	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ (MPa)	S _{ℓ'} * (MPa)	N _a (回)	N _c (回)	疲労累積係数 N _c /N _a
P 1	784							0.817
P 2	564							0.215
P 3	798							0.871

注記* : S_ℓに $(2.07 \times 10^5 / E)$ を乗じた値である。

$$E = 1.93 \times 10^5 \text{ MPa}$$

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-5 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である。

(2) 疲労評価結果

疲労評価結果を表 5-6 に示す。

表 5-5(1) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 1	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	186	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	662	393	×*	(V (L) -1)	
			疲労評価	0.433	1.0	○	(V (L) -1)	単位なし
	P 2	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	187	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	480	393	×*	(V (L) -1)	
			疲労評価	0.106	1.0	○	(V (L) -1)	単位なし
	P 3	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	187	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	678	393	×*	(V (L) -1)	
			疲労評価	0.479	1.0	○	(V (L) -1)	単位なし
	P 4-A	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	74	253	○	(V (L) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	74	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	88	393	○	(V (L) -1)	
	P 4-B	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	78	253	○	(V (L) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	78	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	92	393	○	(V (L) -1)	
	P 4-C	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	90	253	○	(V (L) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	90	379	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	118	393	○	(V (L) -1)	

注記* : P 1, P 2 及び P 3 の一次+二次応力評価は許容値を満足しないが, 設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い, 十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-5(1) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 ($D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 5 - A	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	202	490	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	306	501	○	(V (L) -1)	
	P 5 - B	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	195	490	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	268	501	○	(V (L) -1)	
	P 5 - C	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	215	490	○	(V (L) -1)	
			一次+二次応力	324	501	○	(V (L) -1)	

表 5-5(2) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 ($D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 1	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	192	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	784	393	×*	(V (LL) -1)	
			疲労評価	0.753	1.0	○	(V (LL) -1)	単位なし
	P 2	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	141	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	564	393	×*	(V (LL) -1)	
			疲労評価	0.197	1.0	○	(V (LL) -1)	単位なし
	P 3	ヘッダ接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	197	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	798	393	×*	(V (LL) -1)	
			疲労評価	0.808	1.0	○	(V (LL) -1)	単位なし
	P 4-A	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	71	272	○	(V (LL) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	71	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	108	393	○	(V (LL) -1)	
	P 4-B	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	75	272	○	(V (LL) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	75	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	112	393	○	(V (LL) -1)	
	P 4-C	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	91	272	○	(V (LL) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	91	408	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	146	393	○	(V (LL) -1)	

注記* : P 1, P 2 及び P 3 の一次+二次応力評価は許容値を満足しないが, 設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い, 十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-5(2) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 ($D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 5-A	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	193	523	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	472	501	○	(V (LL) -1)	
	P 5-B	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	187	523	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	418	501	○	(V (LL) -1)	
	P 5-C	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	217	523	○	(V (LL) -1)	
			一次+二次応力	478	501	○	(V (LL) -1)	

表 5-6(1) 許容応力状態 VAS に対する疲労評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d)

評価部位	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ (MPa)	S _{ℓ'} * (MPa)	N _a (回)	N _c (回)	疲労累積係数 N _c /N _a
P 1	662							0.433
P 2	480							0.106
P 3	678							0.479

注記* : S_ℓに (2.07×10⁵/E) を乗じた値である。

$$E = 1.91 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表 5-6(2) 許容応力状態 VAS に対する疲労評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s)

評価部位	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ (MPa)	S _{ℓ'} * (MPa)	N _a (回)	N _c (回)	疲労累積係数 N _c /N _a
P 1	784							0.753
P 2	564							0.197
P 3	798							0.808

注記* : S_ℓに (2.07×10⁵/E) を乗じた値である。

$$E = 2.00 \times 10^5 \text{ MPa}$$

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-11 「ベント管の強度計算書」

VI-2-9-3 原子炉建物の耐震性についての計算書

VI-2-9-3-4 原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 地震応答解析による評価方法	10
4. 応力解析による評価方法	11
4.1 評価方針	11
4.2 荷重及び荷重の組合せ	13
4.2.1 荷重	13
4.2.2 荷重の組合せ	17
4.3 許容限界	18
4.4 解析モデル及び諸元	21
4.4.1 モデル化の基本方針	21
4.4.2 解析諸元	24
4.4.3 材料構成則	25
4.5 評価方法	27
4.5.1 応力解析方法	27
4.5.2 断面の評価方法	30
5. 地震応答解析による評価結果	32
6. 応力解析による評価結果	33
7. 引用文献	41

1. 概要

原子炉建物基礎スラブは、二次格納施設にあたる原子炉建物原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の基礎及び原子炉建物付属棟（以下「付属棟」という。）の基礎で構成される。

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建物基礎スラブの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉建物基礎スラブは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該施設が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

原子炉建物基礎スラブを含む原子炉建物の設置位置を図 2-1 に示す。

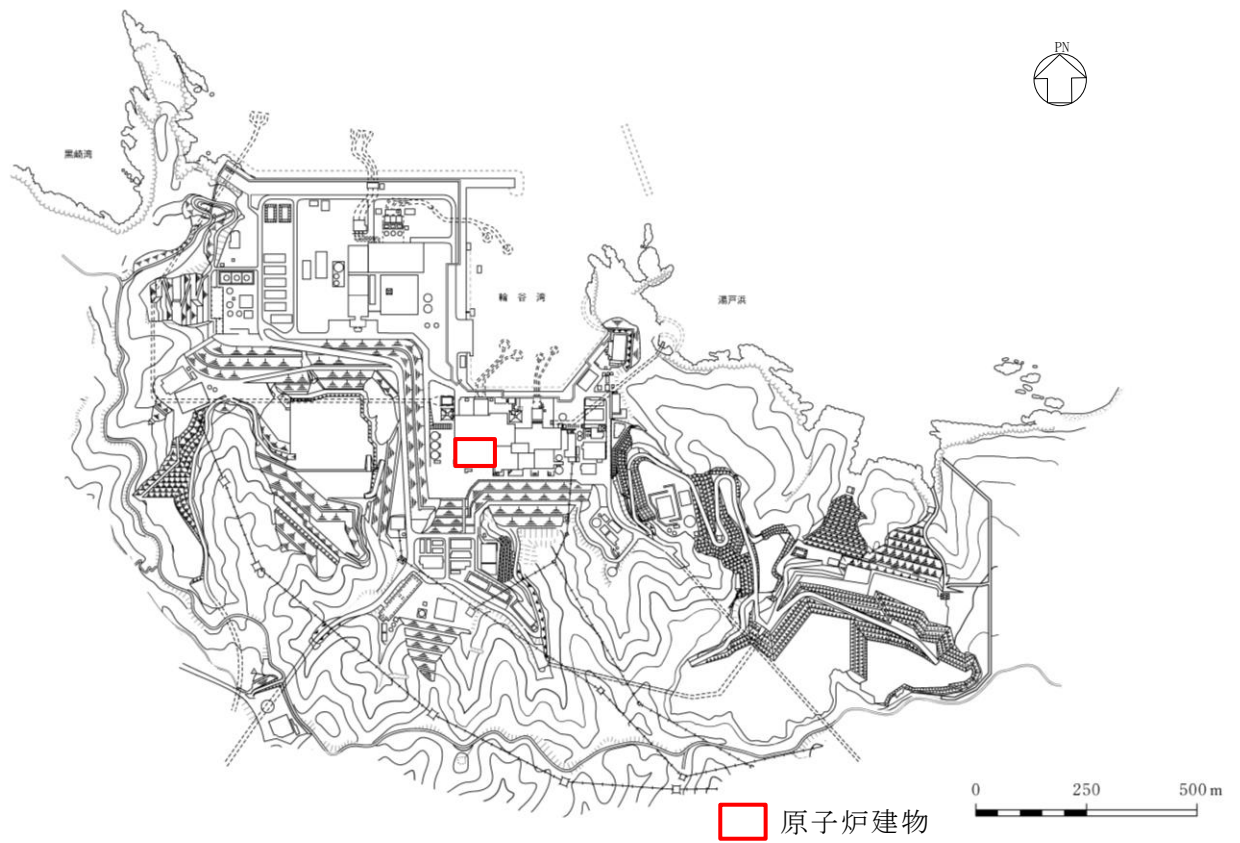


図 2-1 原子炉建物基礎スラブを含む原子炉建物の設置位置

2.2 構造概要

原子炉建物基礎スラブは、その上部構造である原子炉本体の基礎、原子炉格納容器、その周囲の壁（以下「ドライウエル外側壁」という。）、原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁」という。）及び付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁」という。）を支持する鉄筋コンクリート造の基礎スラブである。

原子炉建物基礎スラブの平面寸法は、70.0m (N S) × 89.4m (E W)、厚さは6.0mで、岩盤に直接設置している。

原子炉建物基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

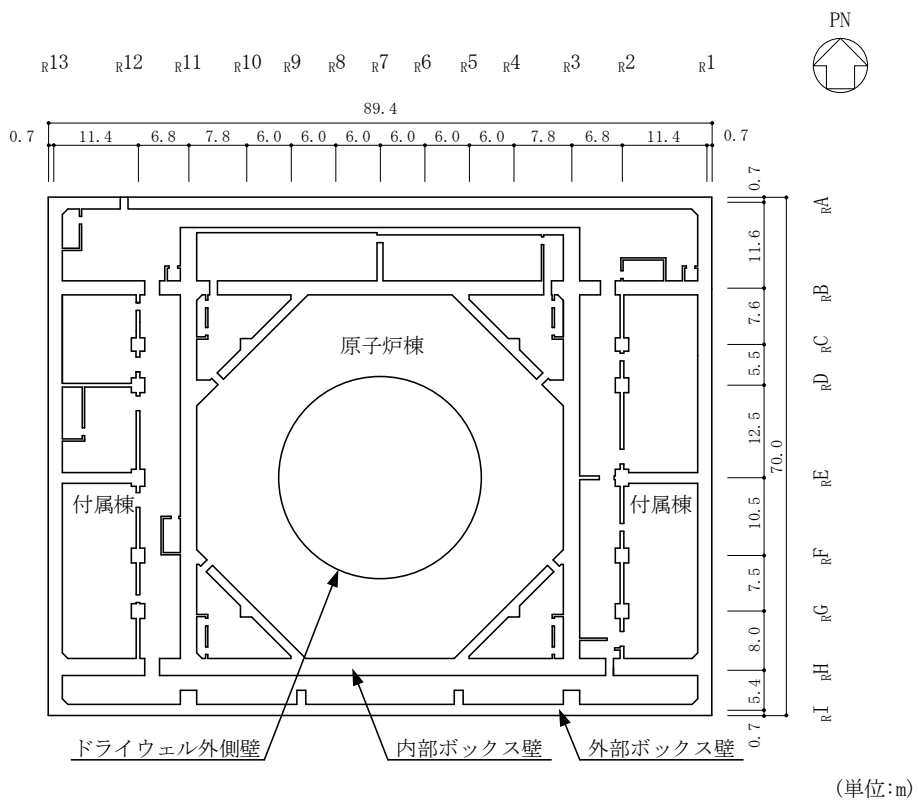


図 2-2 原子炉建物基礎スラブの概略平面図 (EL 1.3m*)

注記* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

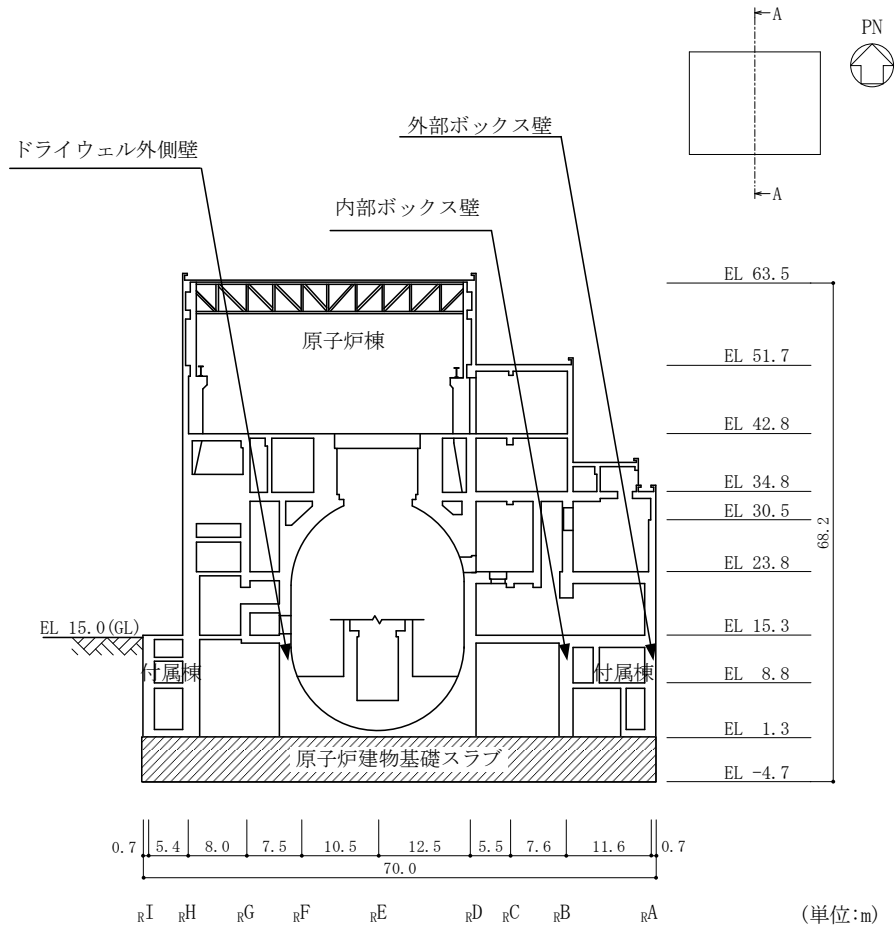


図 2-3(1) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図 (A-A断面, NS方向)

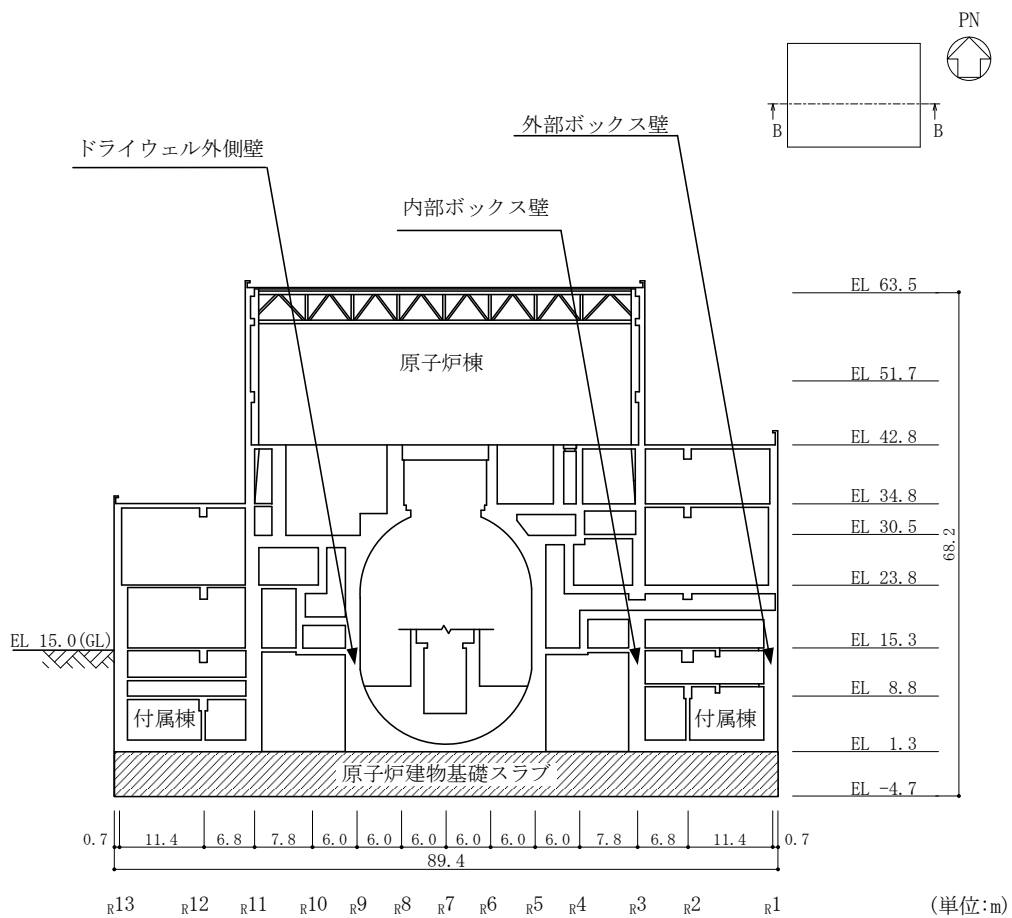


図 2-3(2) 原子炉建物基礎スラブの概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.3 評価方針

原子炉建物基礎スラブは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該施設が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）の間接支持構造物」に分類される。

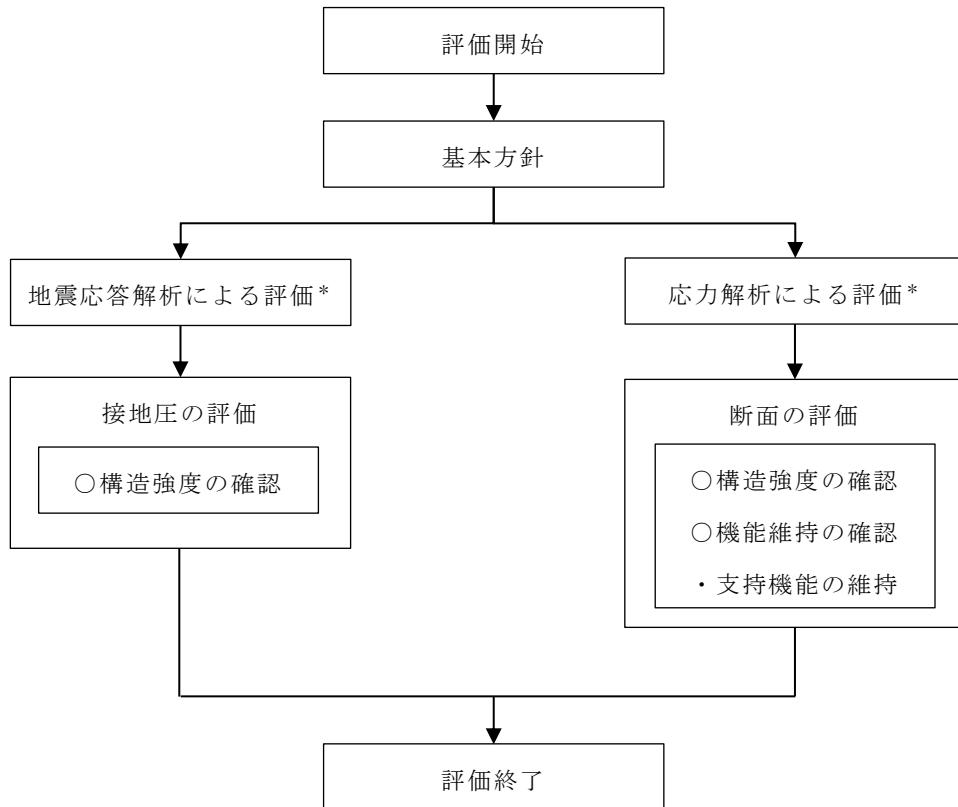
原子炉建物基礎スラブの設計基準対象施設としての評価においては、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととし、評価は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。原子炉建物基礎スラブの評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉建物基礎スラブの地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行うこととする。ここで、原子炉建物基礎スラブでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

原子炉建物基礎スラブの評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート剛性	地盤物性	備考
ケース 1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース 2 (地盤物性 + σ)	設計基準強度	標準地盤 + σ (+10%, +20%)	
ケース 3 (地盤物性 - σ)	設計基準強度	標準地盤 - σ (-10%, -20%)	
ケース 4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮



注記* : VI-2-2-2 「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 原子炉建物基礎スラブの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 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)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社) 日本機械学会, 2003)

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、原子炉建物基礎スラブの構造強度については、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉建物基礎スラブの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度* ($9.8 \times 10^3 \text{kN/m}^2$)

注記*：支持地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

表3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度* ($9.8 \times 10^3 \text{kN/m}^2$)

注記*：支持地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

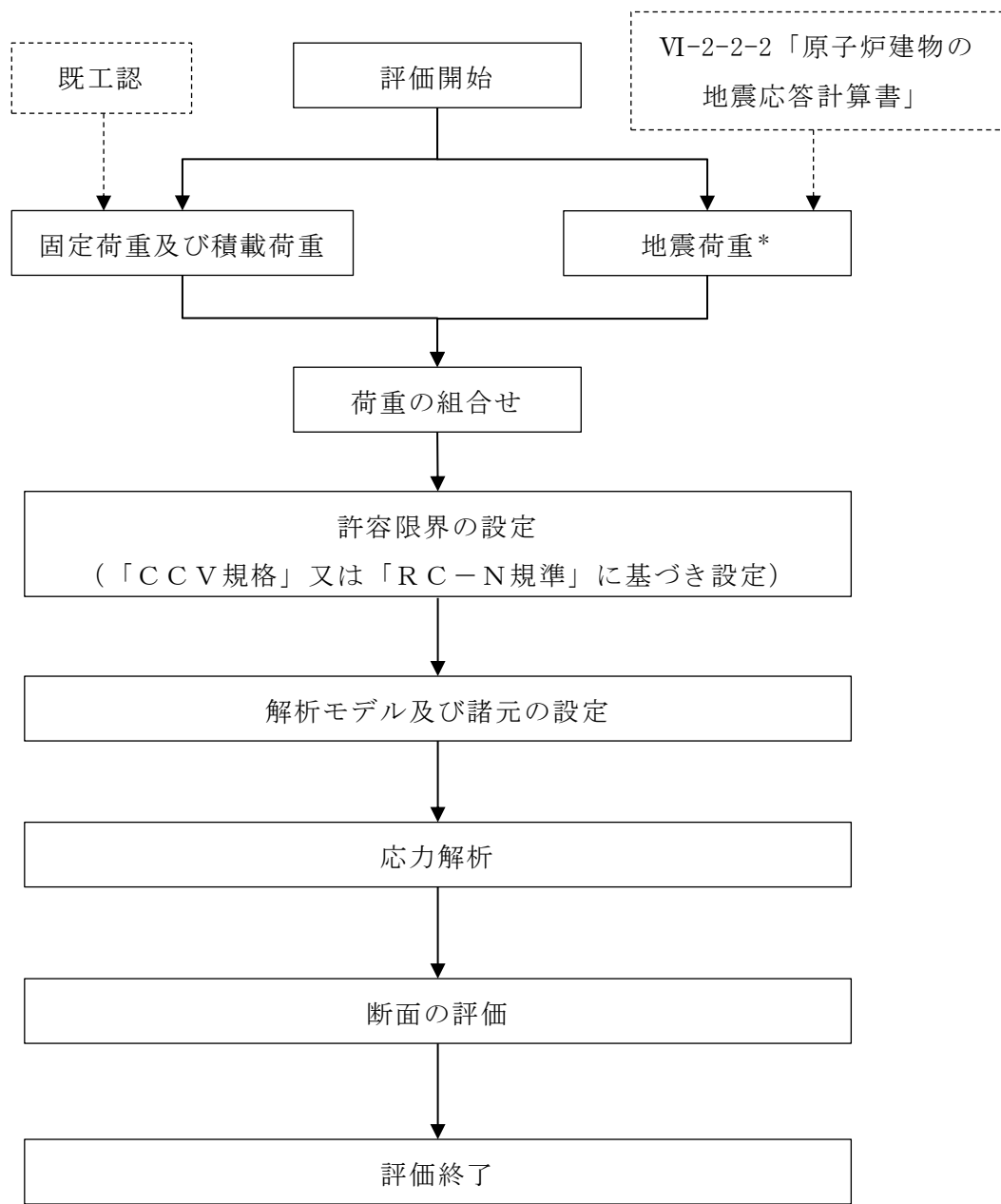
4. 応力解析による評価方法

4.1 評価方針

原子炉建物基礎スラブの応力解析による評価は、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析により評価を行う。

Ss地震時に対する評価は、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力又はひずみが、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」（以下「CCV規格」という。）又は「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。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析にあたっては、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」及び昭和59年2月24日付け58資庁第15180号にて認可された工事計画のIV-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」（以下「既工認」という。）による荷重を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4-1に示す。



注記*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

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

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重及び積載荷重

固定荷重及び積載荷重は，既工認に基づき，次のものを考慮する。

- ・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・24kN/m³
- ・ドライウエル外側壁，内部ボックス壁，外部ボックス壁，柱等から作用する上部構造物の自重並びに機器及び配管の重量
- ・基礎スラブ上の機器，配管等の重量
- ・逃がし安全弁作動時にサプレッションチェンバを支持するトールササポートから基礎スラブに伝わる荷重
- ・浮力・・・7.8kN/m²

(2) 地震荷重

a. 地震荷重

水平地震力及び鉛直地震力は，基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び軸力係数より設定する。このとき，基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び軸力係数は，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4-1～表 4-3 に示す。

表 4-1 地震荷重 (せん断力)

(a) N S 方向

部 位	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S s
外部ボックス壁 (r_1 通り)	325
外部ボックス壁 (r_{13} 通り)	319
内部ボックス壁 (r_3 通り)	432
内部ボックス壁 (r_{11} 通り)	431
ドライウエル外側壁	308

(b) E W 方向

部 位	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S s
外部ボックス壁 (r_A 通り)	304
外部ボックス壁 (r_I 通り)	236
内部ボックス壁 (r_B 通り)	426
内部ボックス壁 (r_H 通り)	573
ドライウエル外側壁	231

表 4-2 地震荷重 (曲げモーメント)

(a) N S 方向

部 位	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN} \cdot \text{m}$)
	S s
外部ボックス壁 (R1 通り)	861
外部ボックス壁 (R13 通り)	742
内部ボックス壁 (R3 通り)	1290
内部ボックス壁 (R11 通り)	1270
ドライウエル外側壁	628

(b) E W 方向

部 位	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN} \cdot \text{m}$)
	S s
外部ボックス壁 (RA 通り)	842
外部ボックス壁 (RI 通り)	337
内部ボックス壁 (RB 通り)	1710
内部ボックス壁 (RH 通り)	1740
ドライウエル外側壁	519

表 4-3 地震荷重 (軸力係数)

部 位		軸力係数
		S s
上部 構造物	外部ボックス壁	0.96
	内部ボックス壁	0.80
	ドライウエル外側壁	0.91
基礎スラブ		0.16

b. 地震時土圧荷重

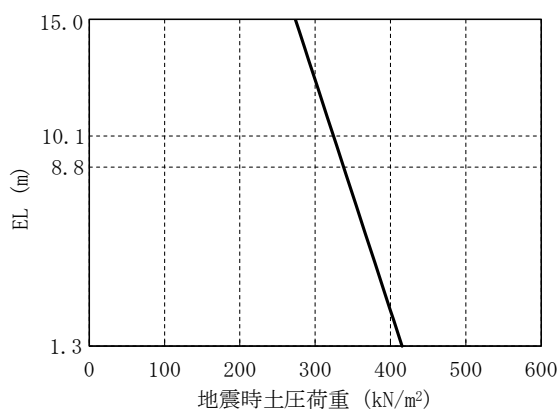
地震時土圧荷重は，地震時土圧により地下外壁を介して作用する荷重として，「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）」に基づき算出し，常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。地震時土圧荷重を表 4-4 に，地震時土圧による荷重分布を図 4-2 に示す。なお，北側はタービン建物，東側は廃棄物処理建物及びタービン建物が隣接しているため，地震時土圧荷重を考慮しない。

表 4-4 地震時土圧荷重

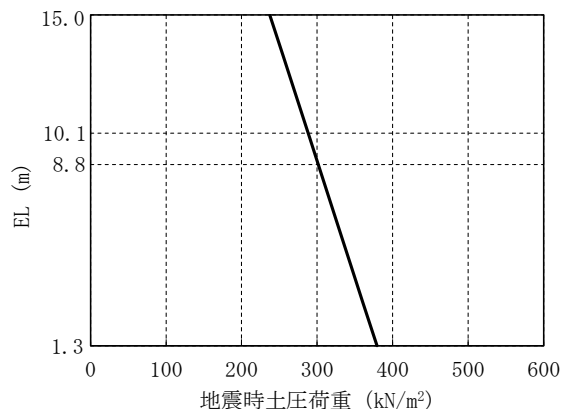
EL (m)	地震時土圧荷重 (kN/m ²)	
	南側	西側
15.0~1.3	$273.6 + 0.5 \cdot \gamma \cdot h$	$237.4 + 0.5 \cdot \gamma \cdot h$

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

h : 地表面からの深さ (m)



(a) 南側



(b) 西側

図 4-2 地震時土圧による荷重分布

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)

4.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉建物基礎スラブの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 4-6 及び表 4-7 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-8 及び表 4-9 に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 4-10 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	原子炉建物 基礎スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ*¹ コンクリート 3.0×10⁻³ (圧縮) 鉄筋 5.0×10⁻³ (圧縮及び引張) ・面外せん断力*² 短期許容せん断力*³
支持機能* ⁴	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	原子炉建物 基礎スラブ	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ*¹ コンクリート 3.0×10⁻³ (圧縮) 鉄筋 5.0×10⁻³ (圧縮及び引張) ・面外せん断力*² 短期許容せん断力*³

注記*1: 「CCV規格」に基づく。

*2: 「RC-N規準」に基づく。

*3: 許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容せん断力とする。

*4: 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-7 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S s	原子炉建物 基礎スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> • ひずみ*¹ コンクリート 3.0×10⁻³ (圧縮) 鉄筋 5.0×10⁻³ (圧縮及び引張) • 面外せん断力*² 短期許容せん断力*³
支持機能* ⁴	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S s	原子炉建物 基礎スラブ	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> • ひずみ*¹ コンクリート 3.0×10⁻³ (圧縮) 鉄筋 5.0×10⁻³ (圧縮及び引張) • 面外せん断力*² 短期許容せん断力*³

注記*1: 「CCV規格」に基づく。

*2: 「RC-N規準」に基づく。

*3: 許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容せん断力とする。

*4: 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-8 コンクリートの短期許容応力度
(単位：N/mm²)

設計基準強度 F_c	せん断
23.5	1.08

表 4-9 鉄筋の短期許容応力度
(単位：N/mm²)

種別	引張及び圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345	345

表 4-10 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
0.003	0.005

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とする。解析には、解析コード「ABAQUS」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎スラブについては、EL-4.7m～EL 1.3mをモデル化する。上部構造については、EL 1.3m～EL 42.8mをモデル化し、剛性を考慮する。応力解析における評価対象部位は、基礎スラブであるが、各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。解析モデルを図4-3に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、基礎スラブについては積層シェル要素とする。基礎スラブより立ち上がっている壁については、EL 1.3m～EL 15.3mを積層シェル要素、EL 15.3m～EL 42.8mをはり要素として剛性を考慮する。また、EL 8.8m、EL 10.3m、EL 12.5m及びEL 15.3mの床スラブについては、積層シェル要素として剛性を考慮する。基礎スラブの積層シェル要素は、鉄筋層をモデル化した異方性材料による要素である。

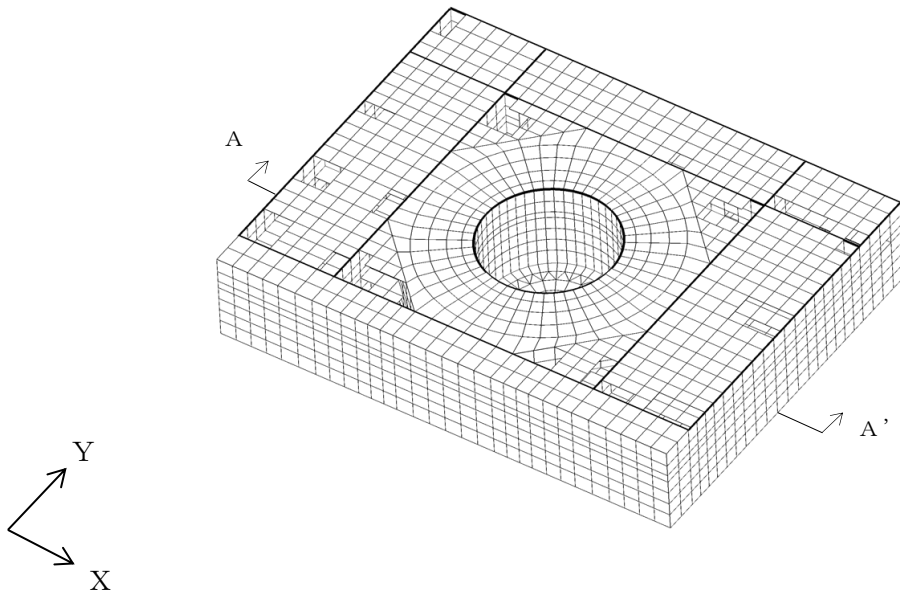
各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は5538、要素数は7931である。

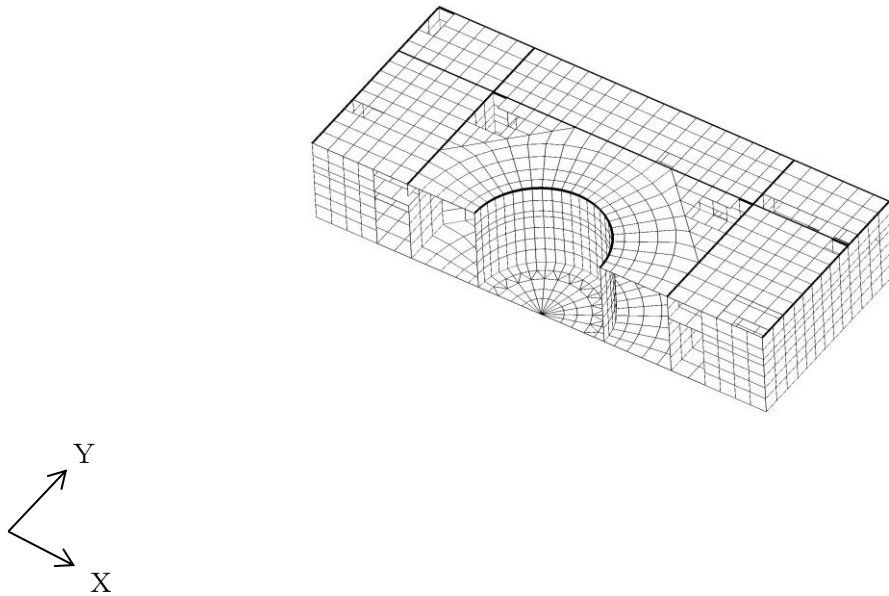
(3) 境界条件

3次元FEMモデルの基礎スラブ底面に、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元FEMモデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

なお、基礎スラブ底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

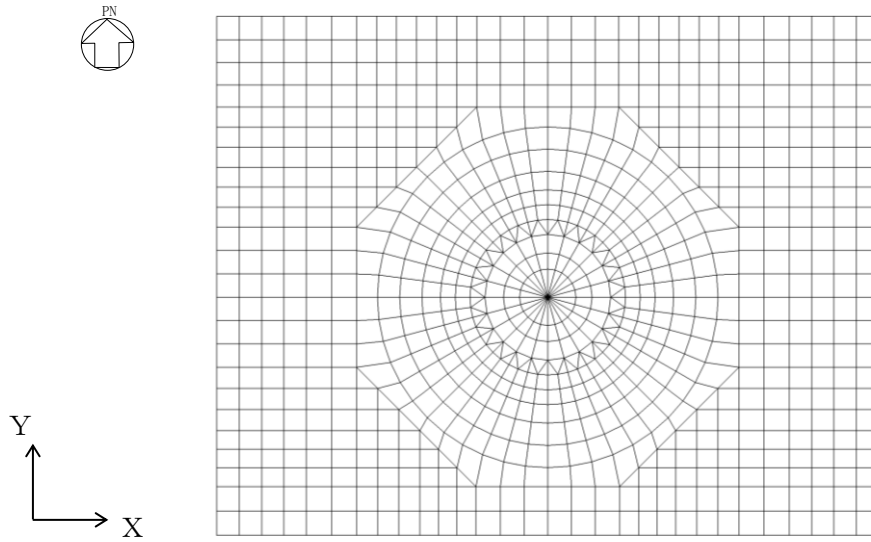


(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体鳥瞰断面図 (A-A' 断面)

図 4-3(1) 解析モデル



(c) 基礎スラブ要素分割図

図 4-3(2) 解析モデル

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-11 及び表 4-12 に示す。

表 4-11 コンクリートの物性値

部 位	設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
基礎スラブ・壁・ 床スラブ	23.5	2.25×10^4	0.2

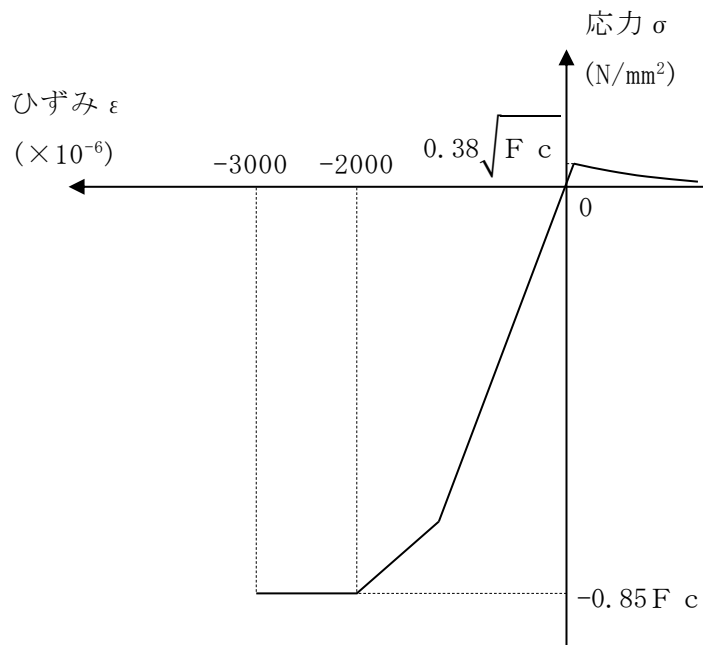
表 4-12 鉄筋の物性値

部 位	鉄筋の種類	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
基礎スラブ	SD35 (SD345 相当)	345	2.05×10^5

4.4.3 材料構成則

材料構成則を図 4-4 に示す。

コンクリートのヤング係数及び圧縮強度については，設計基準強度に基づき算定した値とする。



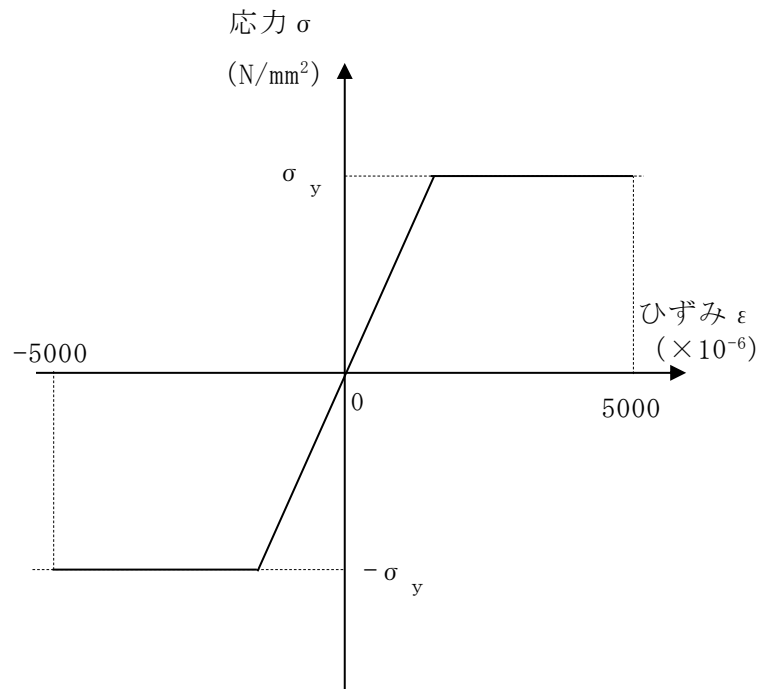
F_c : コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	$\sigma_c = -0.85 F_c$ (「CCV規格」)
終局圧縮ひずみ	-3000×10^{-6} (「CCV規格」)
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code に基づき設定 (引用文献(1)参照)
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか (1987) による式 ($c = 0.4$) (引用文献(2)参照)
引張強度	$\sigma_t = 0.38 \sqrt{F_c}$ (鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 一許容応 力度設計法一 ((社) 日本建築学会, 1999 改定))

注：引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

図 4-4(1) 材料構成則



σ_y : 鉄筋の降伏応力

項目	設定
鉄筋の構成則	バイリニア型 (「CCV規格」)
終局ひずみ	$\pm 5000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)

注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

図 4-4(2) 材料構成則

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

原子炉建物基礎スラブについて、 S_s 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

S_s 地震時の応力は、次の荷重を組み合わせる。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重
S_{SSN}	: S→N方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SNS}	: N→S方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SEW}	: E→W方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SWE}	: W→E方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SUD}	: 鉛直方向 (下向き) S_s 地震荷重
S_{SDU}	: 鉛直方向 (上向き) S_s 地震荷重

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-13 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008 ((社) 日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。

表 4-13 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _s 地震時	1-1	$G + P + 1.0 S_{sN} + 0.4 S_{sUD}$
	1-2	$G + P + 1.0 S_{sN} + 0.4 S_{sDU}$
	1-3	$G + P + 1.0 S_{sNS} + 0.4 S_{sUD}$
	1-4	$G + P + 1.0 S_{sNS} + 0.4 S_{sDU}$
	1-5	$G + P + 1.0 S_{sEW} + 0.4 S_{sUD}$
	1-6	$G + P + 1.0 S_{sEW} + 0.4 S_{sDU}$
	1-7	$G + P + 1.0 S_{sWE} + 0.4 S_{sUD}$
	1-8	$G + P + 1.0 S_{sWE} + 0.4 S_{sDU}$
	1-9	$G + P + 0.4 S_{sN} + 1.0 S_{sUD}$
	1-10	$G + P + 0.4 S_{sN} + 1.0 S_{sDU}$
	1-11	$G + P + 0.4 S_{sNS} + 1.0 S_{sUD}$
	1-12	$G + P + 0.4 S_{sNS} + 1.0 S_{sDU}$
	1-13	$G + P + 0.4 S_{sEW} + 1.0 S_{sUD}$
	1-14	$G + P + 0.4 S_{sEW} + 1.0 S_{sDU}$
	1-15	$G + P + 0.4 S_{sWE} + 1.0 S_{sUD}$
	1-16	$G + P + 0.4 S_{sWE} + 1.0 S_{sDU}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

基礎スラブに上部構造物から作用する水平地震力については，上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントを基礎スラブの当該位置の節点に離散化して節点荷重として入力する。

基礎スラブに上部構造物から作用する鉛直地震力については，上部構造物からの軸力とし，鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点荷重として入力する。

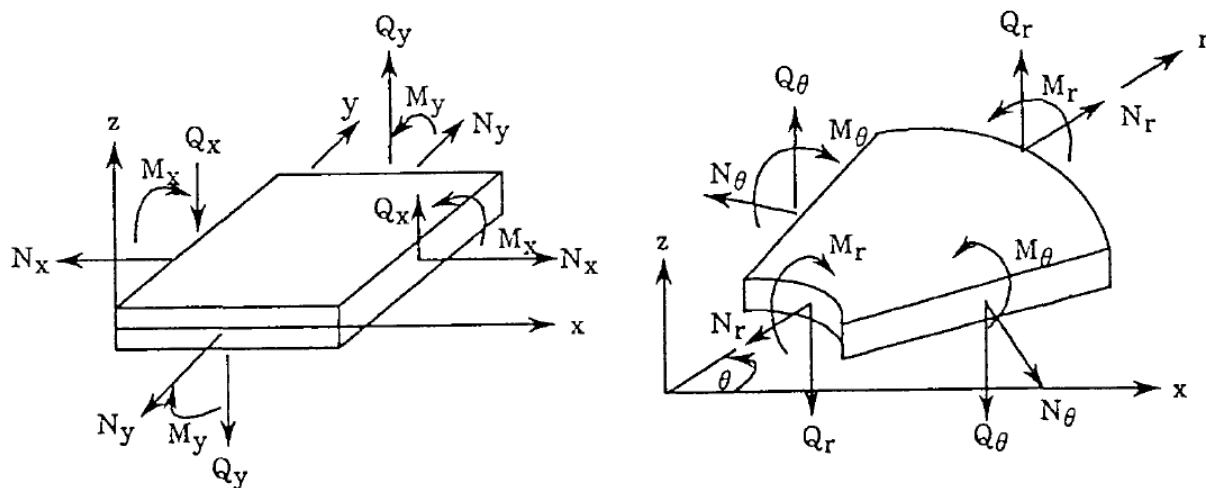
基礎スラブ内に作用する荷重については，地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差をFEMモデルの各要素の大きさに応じて分配し，節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については，FEMモデルの各節点又は各要素に，集中荷重又は分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認する。断面力成分を図4-5に示す。



M_x, M_y : 曲げモーメント $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

Q_x, Q_y : せん断力 kN/m

N_x, N_y : 軸力 kN/m

M_r, M_θ : 曲げモーメント $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

Q_r, Q_θ : せん断力 kN/m

N_r, N_θ : 軸力 kN/m

応力の符号 (矢印の方向を正とする。)

図4-5 断面力成分

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、「CCV規格」に基づき、表4-10に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

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

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。また、引張軸応力度が 2N/mm^2 を超える場合は1とする。)

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

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表4-8に示す値 (N/mm^2)

$w \cdot f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表4-9に示す値 (N/mm^2)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002以上とする。*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm^2)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

5. 地震応答解析による評価結果

S s 地震時の最大接地圧が、地盤の許容限界を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した地震時の最大接地圧が $2.01 \times 10^3 \text{kN/m}^2$ (S s - D, NS 方向, ケース 1) であることから、岩盤の極限支持力度 ($9.8 \times 10^3 \text{kN/m}^2$) を超えないことを確認した。

S s 地震時の最大接地圧を表 5-1 に示す。

表 5-1 S s 地震時の最大接地圧

検討ケース	NS 方向	EW 方向
	S s - D, ケース 1	S s - D, ケース 4
鉛直力 N ($\times 10^5 \text{kN}$)	22.8	22.8
転倒モーメント M ($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$)	62.1	66.4
最大接地圧 ($\times 10^3 \text{kN/m}^2$)	2.01	1.38

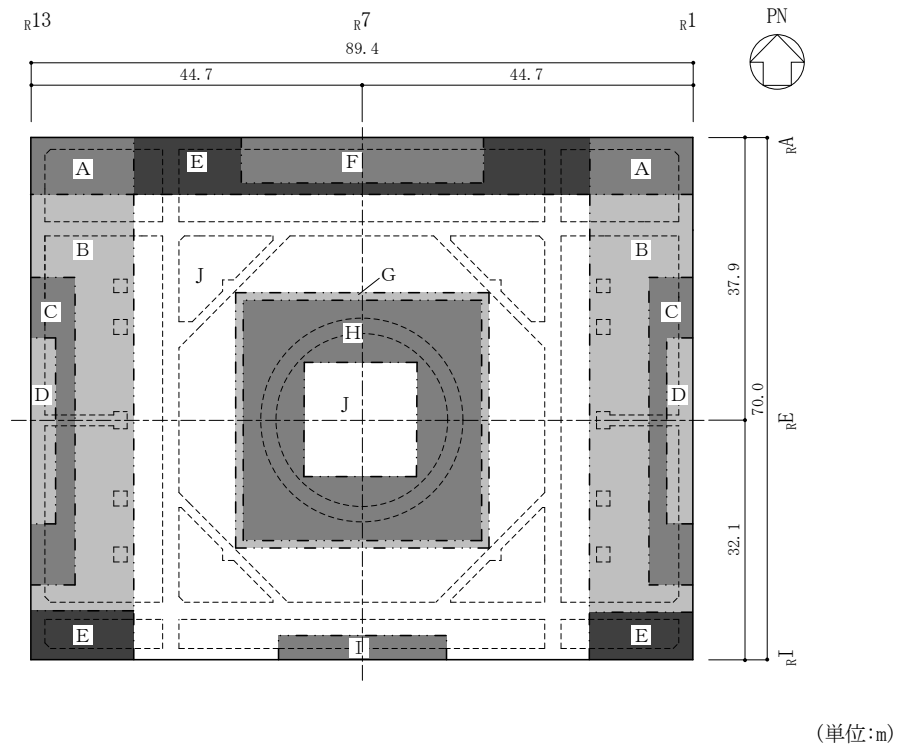
6. 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、3次元FEMモデルの配筋領域図を図6-1に、配筋一覧を表6-1に示す。

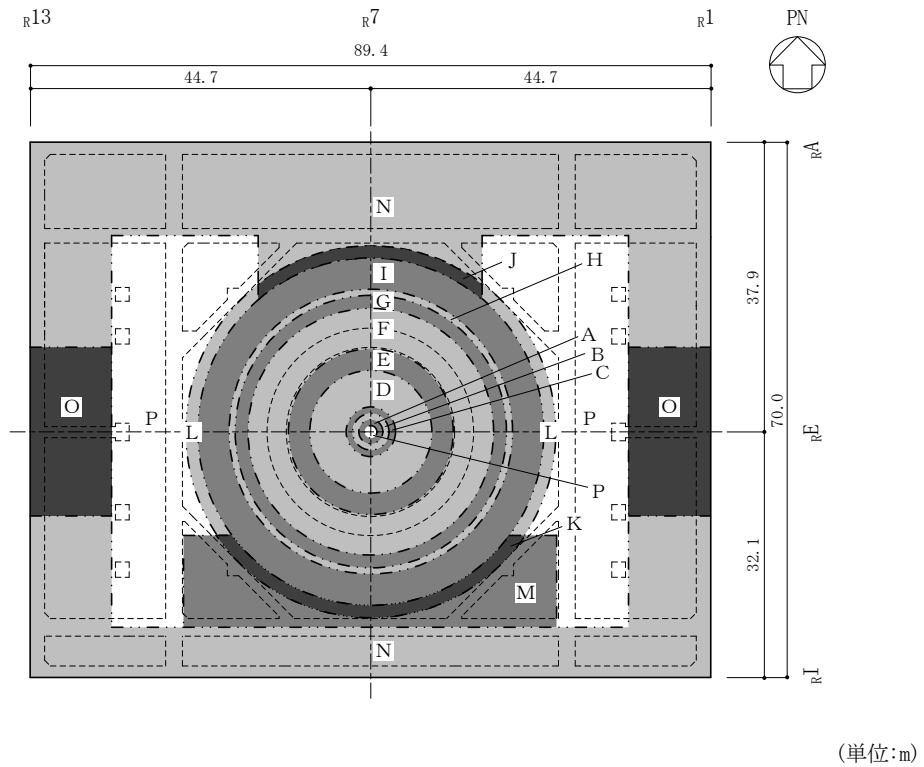
断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図6-2に、評価結果を表6-2に示す。

Ss地震時において、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認した。



(a) 主筋 (下ば筋)



(b) 主筋 (上ば筋)

図 6-1(1) 配筋領域図

表 6-1(1) 配筋一覧

(a) 主筋 (下ば筋)

領域	方向	配筋
A	N S	D38@200 + D38@400
	E W	D38@200 + D38@400
B	N S	2-D38@200
	E W	D38@200 + D38@400
C	N S	2-D38@200 + D38@400
	E W	D38@200 + D38@400 + D32@400
D	N S	3-D38@200 + D38@400
	E W	D38@200 + D38@400 + 2-D32@400
E	N S	D38@200 + D38@400
	E W	2-D38@200
F	N S	D38@200 + D38@400 + D32@400
	E W	2-D38@200 + D38@400
G	N S	2-D38@200 + D38@400
	E W	2-D38@200 + D38@400
H	N S	3-D38@200 + D32@400
	E W	3-D38@200 + D32@400
I	N S	2-D38@200 + D32@400
	E W	2-D38@200 + D38@400
J	N S	2-D38@200
	E W	2-D38@200

表 6-1(2) 配筋一覧

(b) 主筋（上ば筋）(1/2)

領域	方向	配筋
A	放射	48-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
	N S	D38@200
	E W	D38@200
B	放射	96-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
	N S	D38@200
	E W	D38@200
C	放射	96-D38 + 48-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
D	放射	192-D38 + 96-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
E	放射	384-D38 + 192-D35 / 周
	円周	D38@200 + D32@400
F	放射	384-D38 + 2 × 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
G	放射	384-D38 + 384-D35 + 192-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
H	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 + 192-D35 / 周
	円周	2-D38@200 + D32@400
I	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
J	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200 + D32@400
	E W	D38@200 + D32@400

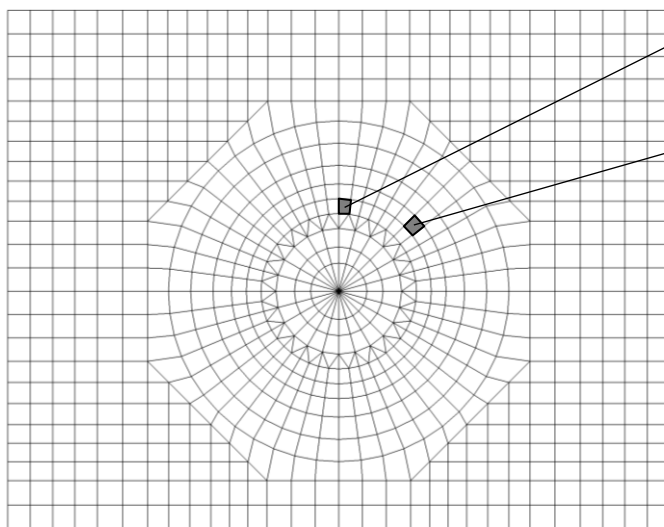
表 6-1(3) 配筋一覧

(c) 主筋（上ば筋）(2/2)

領域	方向	配筋
K	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200 + D32@400
	E W	2-D38@200
L	放射	384-D38, 384-D35 交互 + 384-D35 / 周
	円周	2-D38@200
	N S	D38@200
	E W	D38@200
M	N S	D38@200 + D32@400
	E W	2-D38@200
N	N S	D38@200 + D32@400
	E W	D38@200 + D32@400
O	N S	D38@200 + D38@400
	E W	D38@200 + D32@400
P	N S	D38@200
	E W	D38@200

(d) せん断補強筋

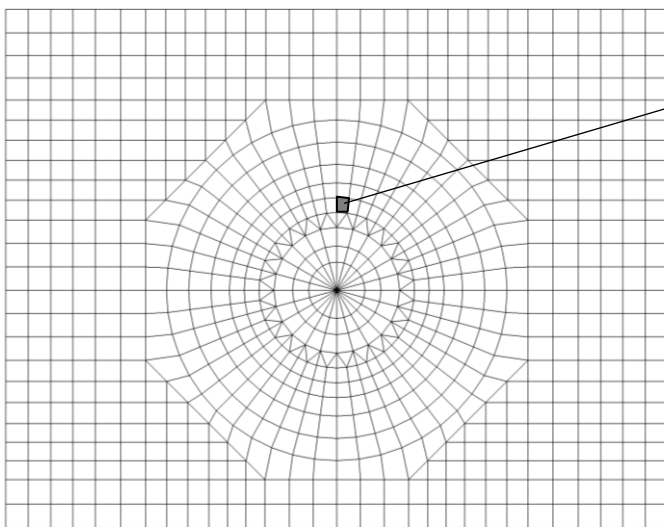
領域	配筋
a	D29@400 × 96 / 周
b	D35@200 × 192 / 周
c	D29@400 × 192 / 周



要素番号 : 491
放射方向

要素番号 : 640
N S 方向

(a) 軸力+曲げモーメント



要素番号 : 491
N S 方向

(b) 面外せん断力

図 6-2 選定した要素の位置

表 6-2 評価結果

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	N S	640	1-2	0.297	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	491	1-2	0.221	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ($\times 10^3 \text{kN/m}$)	N S	491	1-1	7.79	10.4

7. 引用文献

- (1) Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE) ,
1993
- (2) 出雲淳一, 島弘, 岡村甫 : 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル,
コンクリート工学, Vol.25, No.9, 1987.9