V-2-6-6-1-1　管の耐震性についての計算書

目　次

1. 概要 …… 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図 …… 2
2.1 概略系統図 …… 2
2.2 鳥瞰図 …… 4
3. 計算条件 …… 9
3.1 荷重の組合せ及び許容応力 …… 9
3.2 設計条件 …… 10
3.3 材料及び許容応力 …… 18
3.4 設計用地震力 …… 19
4. 解析結果及び評価 …… 20
4.1 固有周期及び設計震度 …… 20
4.2 評価結果 …… 32
4.2.1 管の応力評価結果 …… 32
4.2.2 支持構造物評価結果 …… 33
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 …… 34
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 …… 35

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りである。

(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（裕度）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。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，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

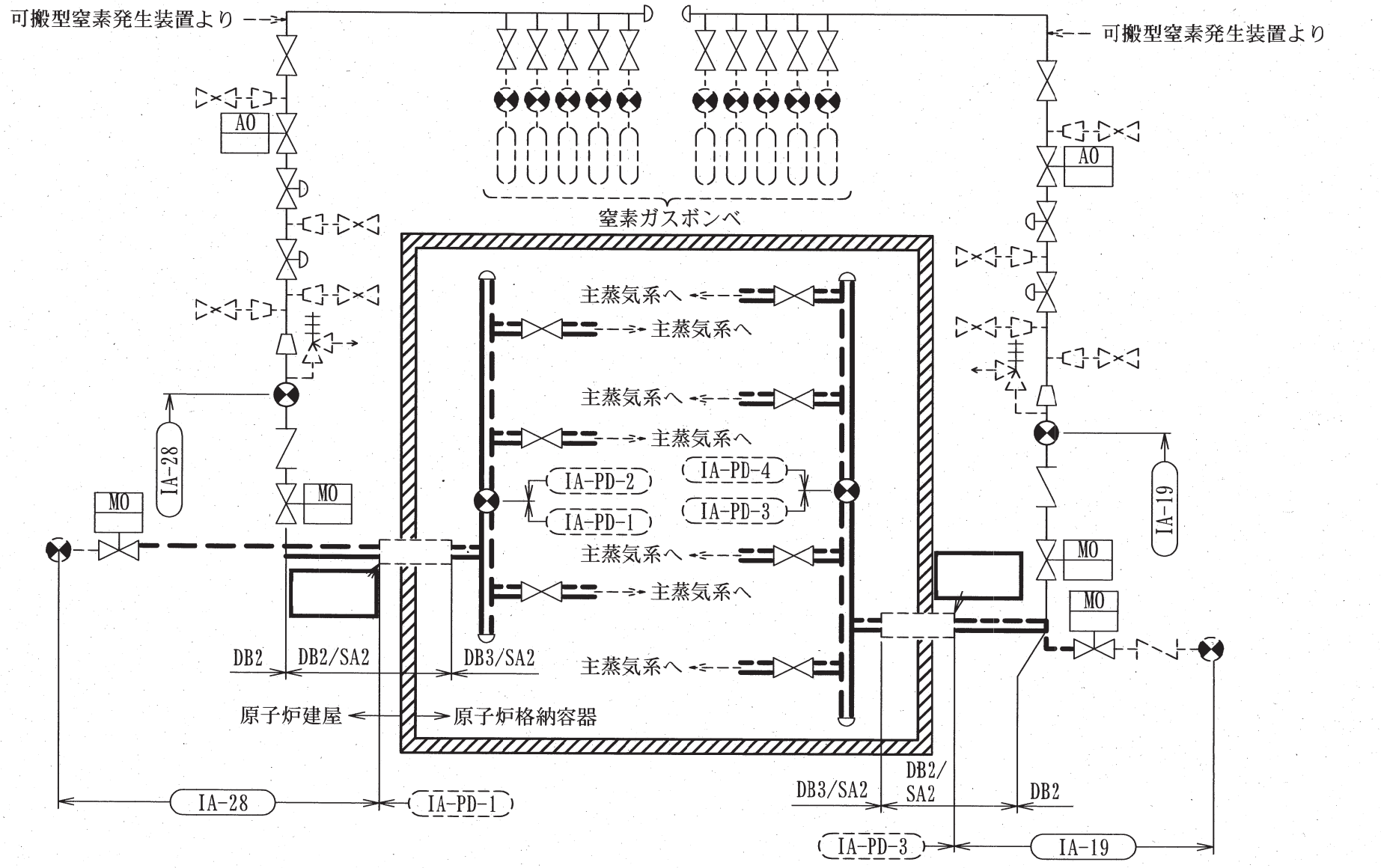
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

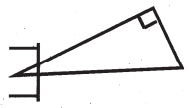
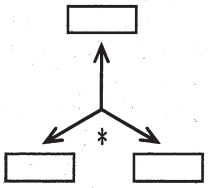
記　　号	内　　容
―――― （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
― ― ― （太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――― （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
[管クラス]	
DB1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

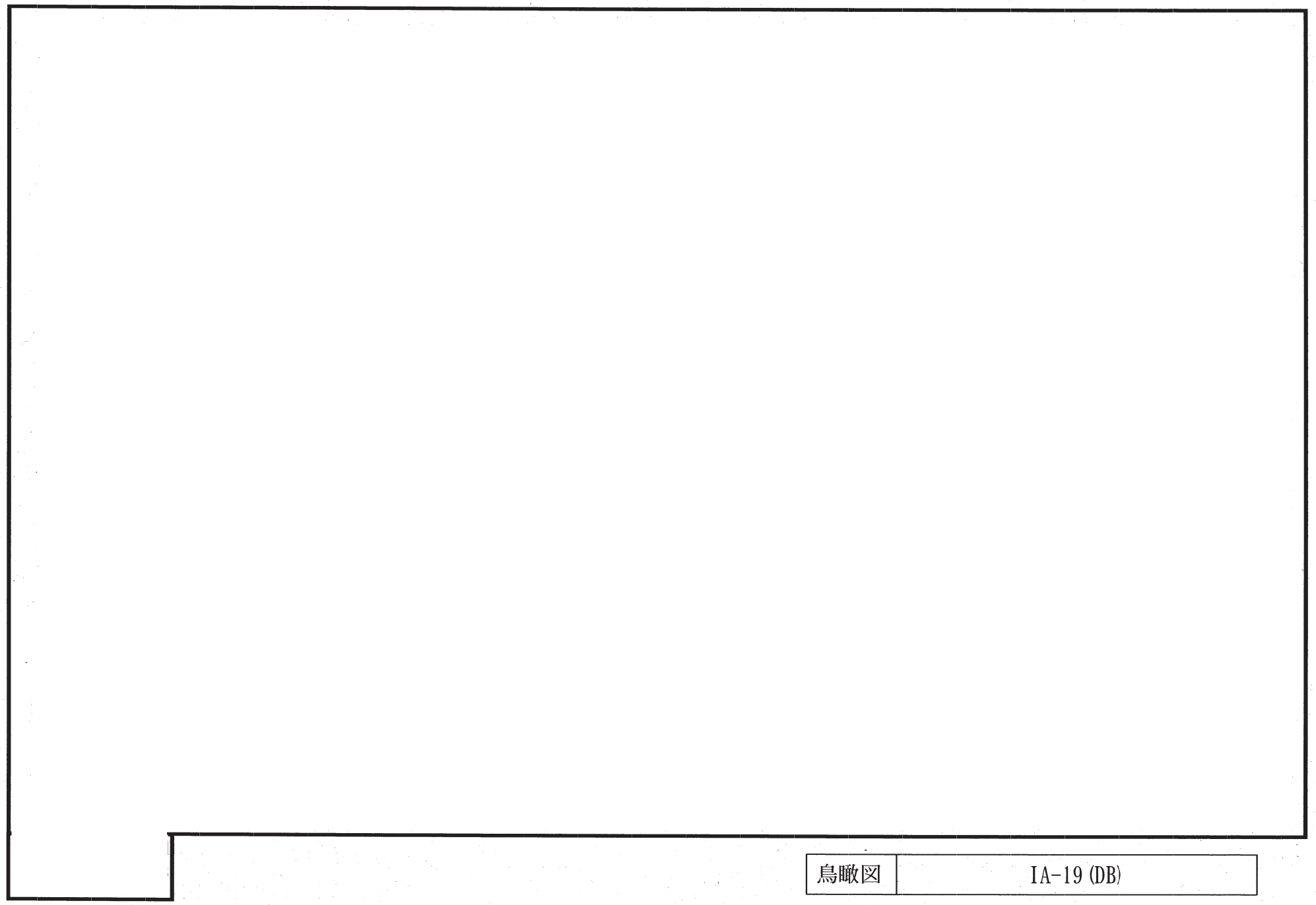

可搬型窒素発生装置より
可搬型窒素発生装置より
AO
AO
窒素ガスボンベ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
主蒸気系へ
IA-PD-2
IA-PD-1
IA-PD-4
IA-PD-3
IA-28
IA-19
MO
MO
MO
MO
DB2
DB2/SA2
DB3/SA2
DB3/SA2
DB2/SA2
DB2
原子炉建屋
原子炉格納容器
IA-28
IA-PD-1
IA-PD-3
IA-19

窒素供給系概略系統図

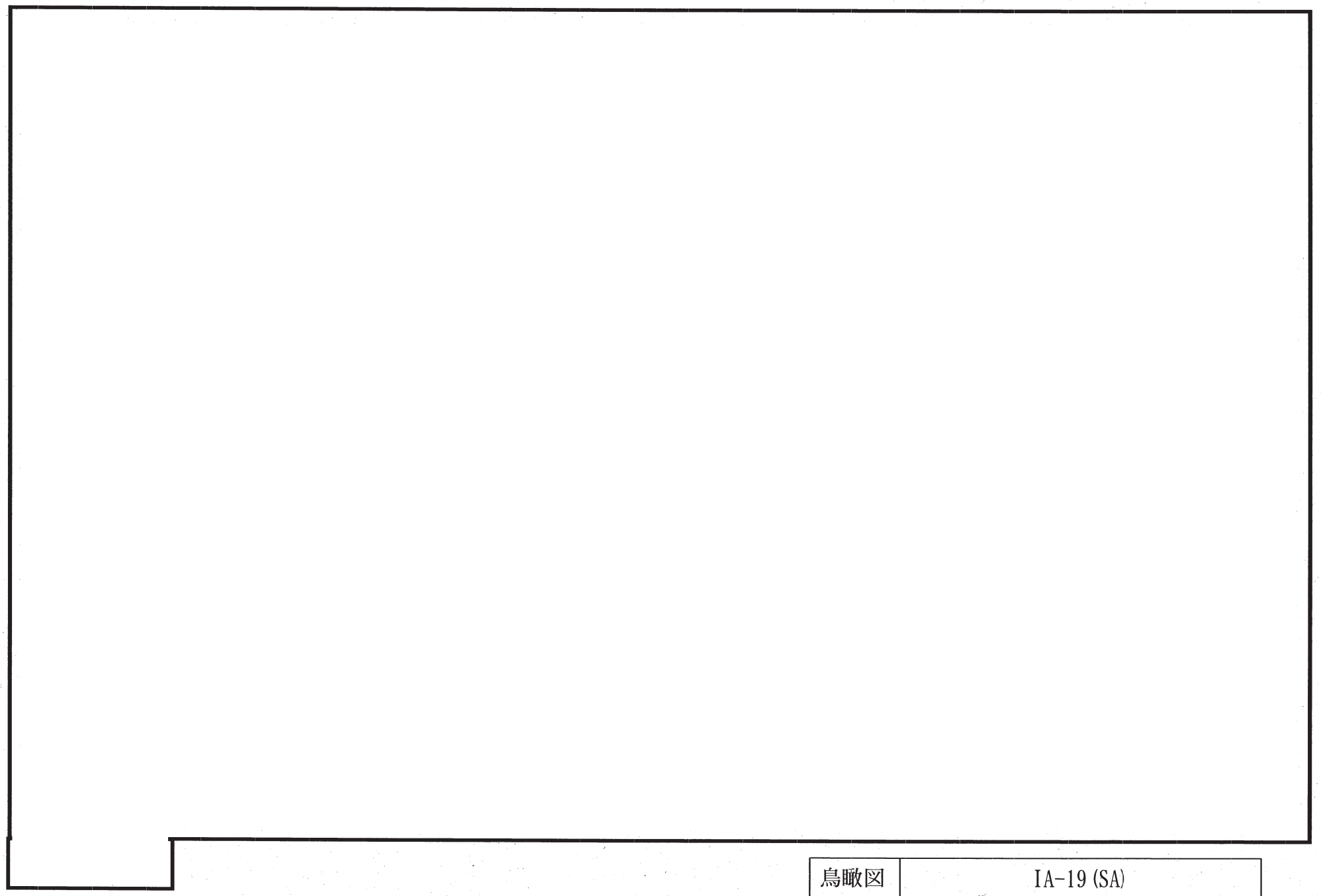
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

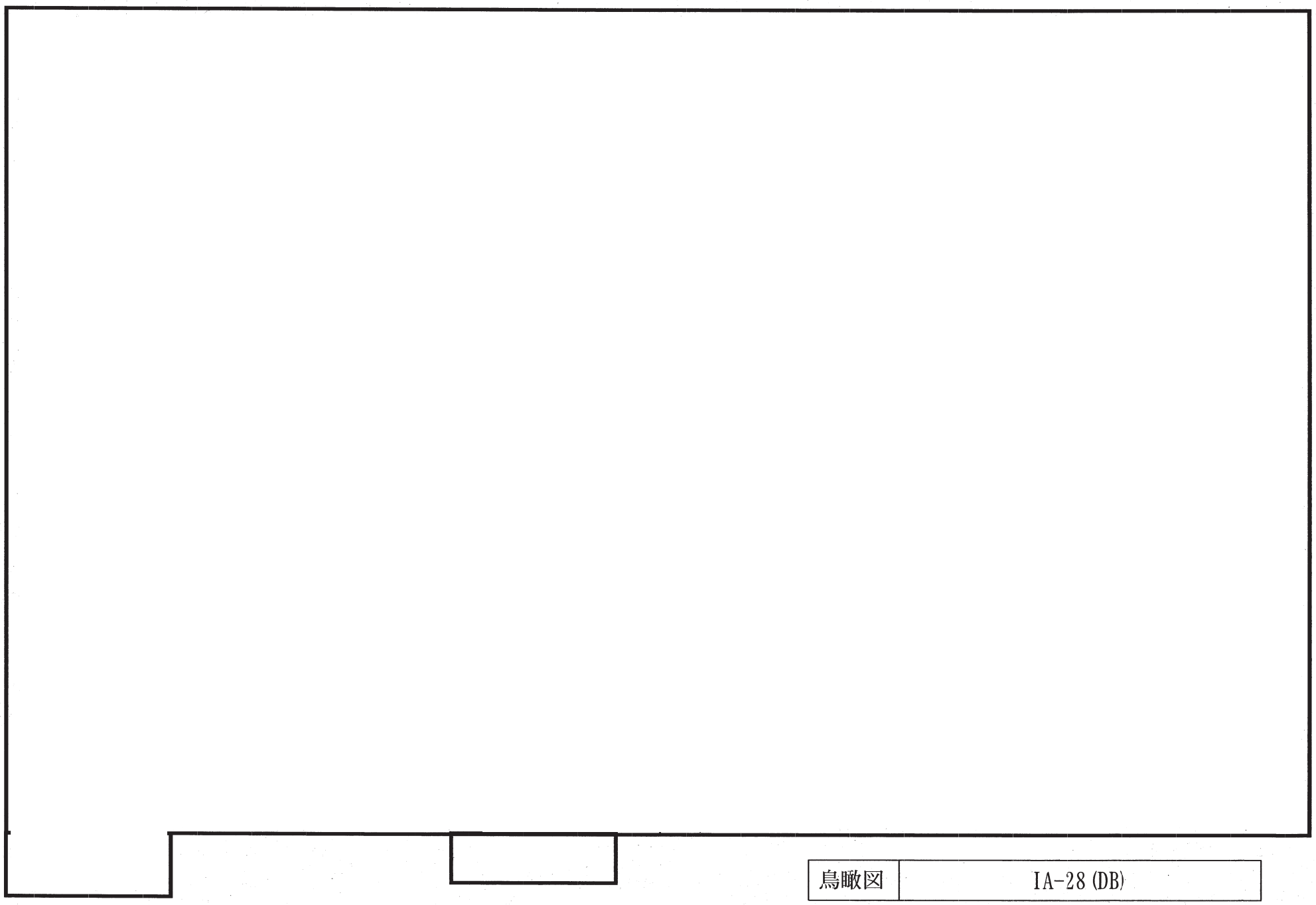
記　　号	内　　容
━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質　　点
⊗	ア　ン　カ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	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。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	IA-19 (DB)



鳥瞰図	IA-19 (SA)



鳥瞰図	IA-28 (DB)

鳥瞰図	IA-28 (SA)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

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	耐震設計上の重要度分類	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	窒素供給系	ＤＢ	―	クラス２管 クラス３管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
		非常用窒素供給系	ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	―	$V_L(L)+S_d$*6,7	V_AS
							$V_L(LL)+S_s$*6	
							V_L+S_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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3： 運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態，（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： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

＊7： 荷重の組合せV_L（Ｌ）＋S_dはV_L（ＬＬ）＋S_sに包絡されるため，評価を省略する。

3.2 設計条件

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

鳥 瞰 図 IA-19

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	98～102W, 106W～107W 108W～109A	1.38	66	60.5	3.9	SUS304TP	S	[redacted]
2	98～137W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	

弁部の寸法

鳥　瞰　図　IA-19

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
102W～103				103～104			
104～1041				1041～105			
103～106W				107W～108W			

弁部の質量

鳥　瞰　図　IA-19

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	107W～108W	[redacted]	102W, 106W
	103		104
	105		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　IA-19

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
9901						
103						
** 1041 **						
109A						
138N						
** 138N **						
** 138N **						

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　IA-28

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～2W, 7W～11	1.38	66	60.5	3.9	SUS304TP	S	[redacted]
2	11～26W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	[redacted]

弁部の寸法

鳥　瞰　図　IA-28

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2W～3				3～4			
4～6				3～7W			

弁部の質量

鳥　瞰　図　IA-28

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	2W, 7W	[redacted]	3
	4		6

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　IA-28

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						
3						
8						
** 8 **						
15						
19						
260N						
** 260N **						
** 260N **						

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材　料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	188	479	126
SUS304TP	171	—	150	413	113

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は添付資料「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付資料「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
IA-19	原子炉建屋		
IA-28	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 IA-19

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		Sd及び静的震度			Ss		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		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							
静 的 震 度							

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　IA-19

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				

代表的振動モード図

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

鳥瞰図	ＩＡ－１９

鳥瞰図	IA－19

鳥瞰図	ＩＡ－１９

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　IA-28

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		Sd及び静的震度			Ss		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		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							
動 的 震 度							
静 的 震 度							

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　IA-28

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				

代表的振動モード図

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

鳥瞰図	ＩＡ－２８

鳥瞰図	ＩＡ－２８

鳥瞰図	IA－28

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管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態（供用状態）	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_d）S_{prm}（S_s）	許容応力 S_y* $0.9S_u$	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
IA-19	III_AS	102W	S_{prm}（S_d）	74	188	－	－	－
IA-28	IV_AS	2W	S_{prm}（S_s）	127	431	－	－	－
IA-19	IV_AS	102W	S_n（S_s）	－	－	277	376	－

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

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(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNO-IA-R004	オイルスナッバ	SN-03	添付書類「V-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		3.1	4.5

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-IA-P005	アンカ	ラグ	SUS304	200	1.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	組合せ	46	111
RE-IA-R013	レストレイント	Uプレート	SUS304 STKR400	66	1.2	5.6	0	－	－	－	せん断	19	117
RH-IA-R009	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	66	0	1.5	0	－	－	－	圧縮	5	83

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 ($\times 9.8$ m/s^2)		機能確認済加速度 ($\times 9.8$ m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　（クラス２，３範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 III_AS					許容応力状態 IV_AS												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力					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	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	TA-19	102W	74	188	2.54	○	102W	125	431	3.44	—	102W	277	376	1.35	○	—	—	—
2	TA-28	2W	74	188	2.54	○	2W	127	431	3.39	○	2W	239	376	1.57	—	—	—	—
3	TA-PD-1	58W	28	150	5.35	—	58W	42	371	8.83	—	41W	174	300	1.72	—	—	—	—
4	TA-PD-2	104W	36	150	4.16	—	104W	51	371	7.27	—	48W	63	300	4.76	—	—	—	—
5	TA-PD-3	44W	35	150	4.28	—	46W	52	371	7.13	—	37W	183	300	1.63	—	—	—	—
6	TA-PD-4	98	31	150	4.83	—	94W	41	371	9.04	—	106	61	300	4.91	—	—	—	—

Ⅴ-2-6-6-2-1　管の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ····· 2
2.1　概略系統図 ····· 2
2.2　鳥瞰図 ····· 4
3.　計算条件 ····· 7
3.1　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 7
3.2　設計条件 ····· 8
3.3　材料及び許容応力 ····· 16
3.4　設計用地震力 ····· 17
4.　解析結果及び評価 ····· 18
4.1　固有周期及び設計震度 ····· 18
4.2　評価結果 ····· 30
4.2.1　管の応力評価結果 ····· 30
4.2.2　支持構造物評価結果 ····· 31
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ····· 32
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 33

1. 概要

本計算書は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」，「V-2-1-11　機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は以下に示す通りである。

(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５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（裕度）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。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，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

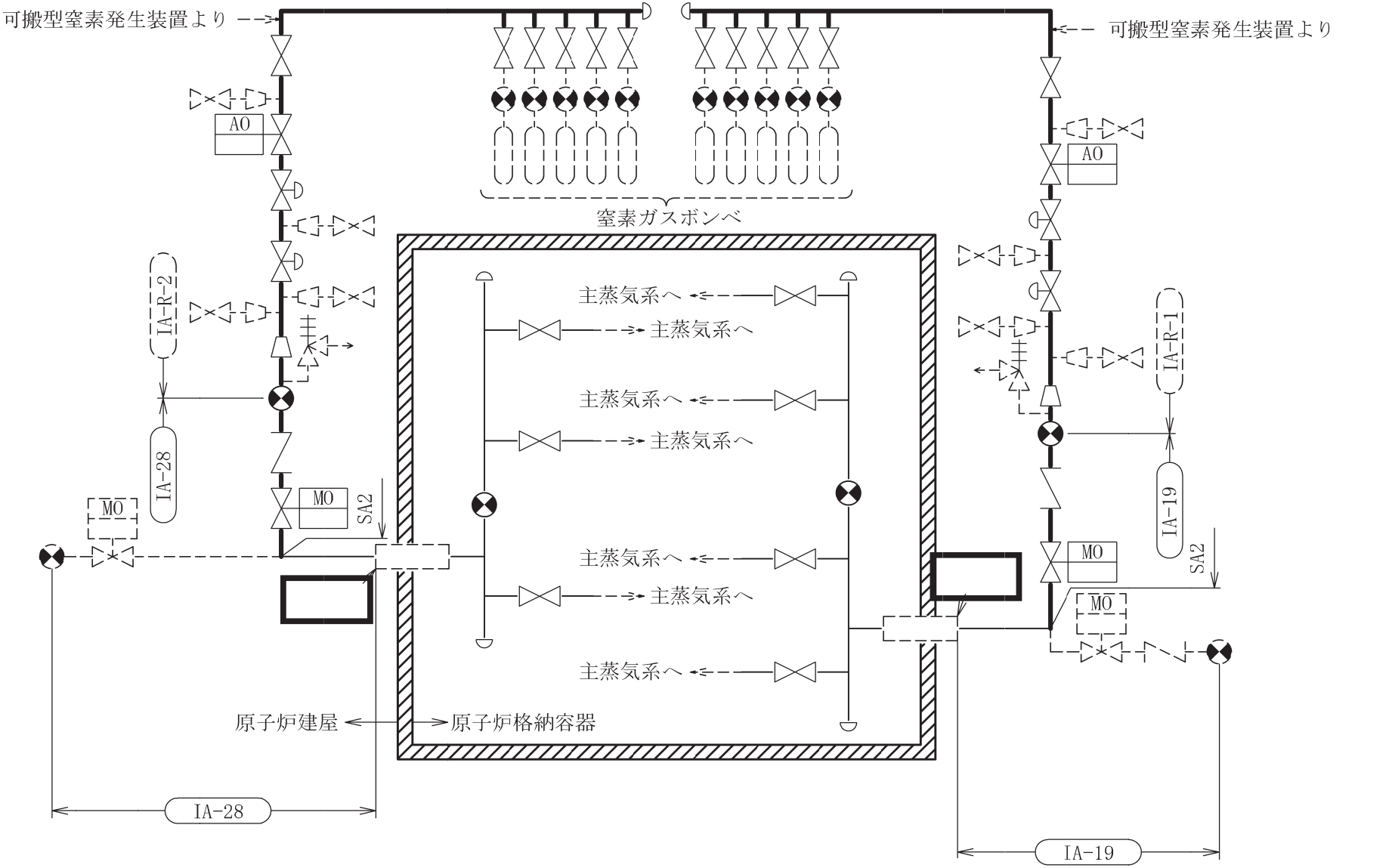
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

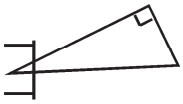
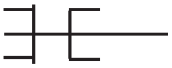
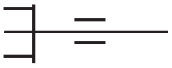
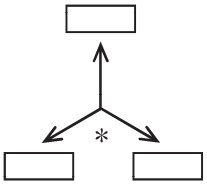
記　　号	内　　容
―――― （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
― ― ― （太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――― （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
［管クラス］	
DB1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



非常用窒素供給系概略系統図

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記　　号	内　　容
━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(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 （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	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。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図	IA-19(SA)

鳥瞰図	IA-28(SA)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

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	耐震設計上の重要度分類	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	非常用窒素供給系	ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	—	V_L（L）＋S_d*6,7	V_AS
							V_L（ＬＬ）＋S_s*6	
							V_L＋S_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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3：運転状態の添字Ｌは荷重，（L）は荷重が長期間作用している状態，（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$_A$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：プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

＊7：荷重の組合せV_L（L）＋S_dはV_L（ＬＬ）＋S_sに包絡されるため，評価を省略する。

3.2 設計条件

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

鳥 瞰 図 IA-19

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	74A～87W	1.38	66	60.5	5.5	SUS304TP	—	[redacted]
2	88W～92W,96W～98	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	—	

弁部の寸法

鳥　瞰　図　IA-19

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
87W～88W				92W～93			
93～94				94～9401			
9401～95				93～96W			

弁部の質量

鳥　瞰　図　IA-19

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	87W～88W	[redacted]	92W,96W
	93		94
	95		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　IA-19

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
74A						
77						
** 81 **						
** 81 **						
** 8401 **						
93						
** 9401 **						

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　IA-28

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	11～33W,37W～42W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	—	[redacted]
2	43W～65A	1.38	66	60.5	5.5	SUS304TP	—	

弁部の寸法

鳥　瞰　図　IA-28

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
33W～34				34～35			
35～36				34～37W			
42W～43W							

弁部の質量

鳥　瞰　図　IA-28

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	33W,37W	[redacted]	34
	35		36
	42W～43W		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　IA-28

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
32						
** 32 **						
34						
38						
** 38 **						
48						
57						
65A						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材　　料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	188	479	—
SUS304TP	171	—	150	413	—

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
IA-19	原子炉建屋		
IA-28	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 IA-19

耐震設計上の重要度分類		—		
適用する地震動等		S_s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1 次	[redacted]	[redacted]		
2 次				
3 次				
4 次				
動 的 震 度				

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　IA-19

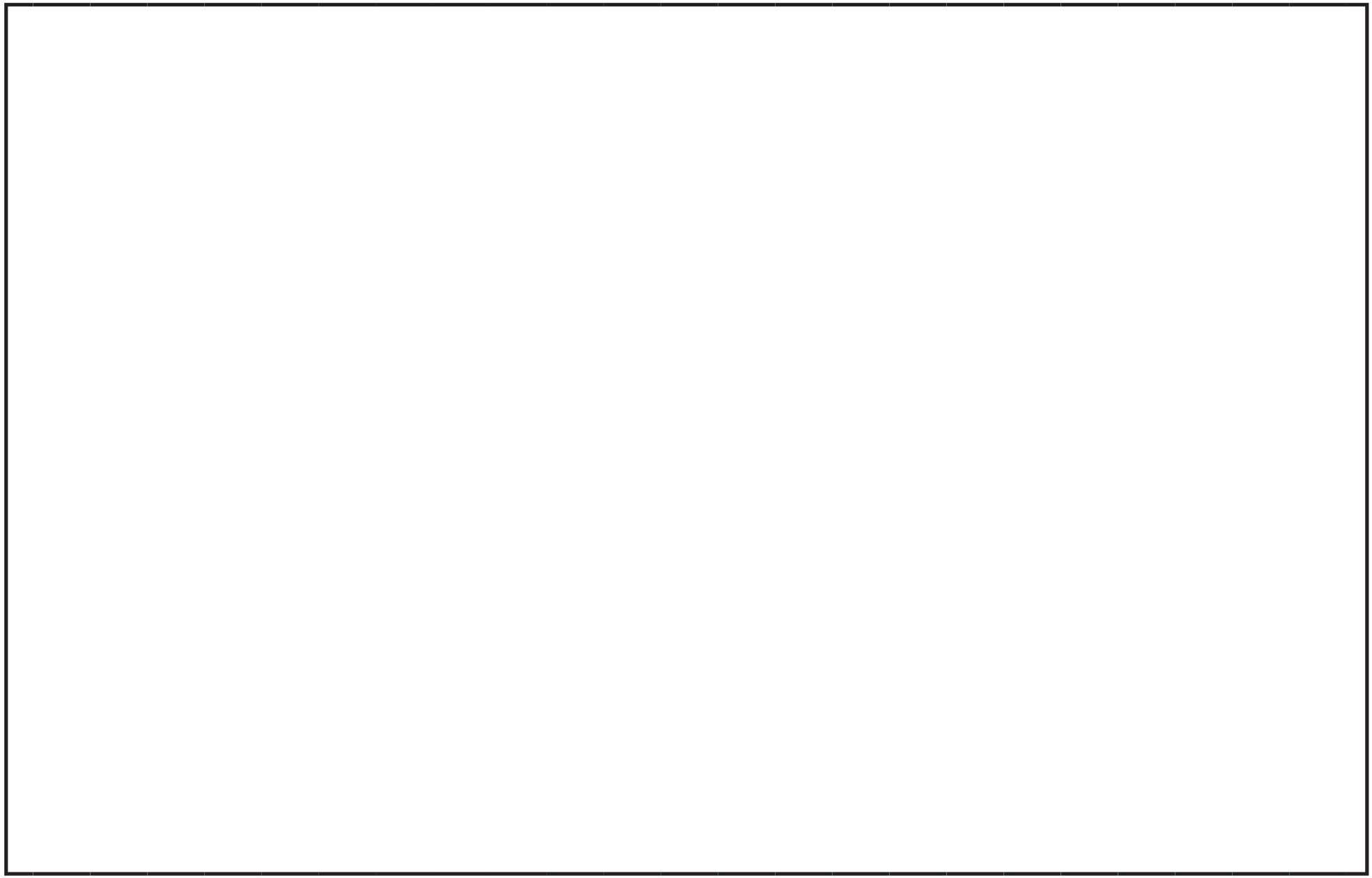
モード	固　有　周　期 (s)	刺　激　係　数		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				

代表的振動モード図

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

鳥瞰図	ＩＡ－１９

鳥瞰図	ＩＡ－１９



鳥瞰図	ＩＡ－１９

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　IA-28

耐震設計上の重要度分類		—		
適用する地震動等		S_s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
動 的 震 度				

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　IA-28

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				

代表的振動モード図

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

鳥瞰図	ＩＡ－２８

鳥瞰図	ＩＡ－２８

鳥瞰図	ＩＡ－２８

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

鳥瞰図	許容応力状態（供用状態）	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_s）	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
IA-28	V_AS	39W	S_{prm}（S_s）	144	371	—	—	—
IA-19	V_AS	96W	S_n（S_s）	—	—	274	300	—

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(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNO-IA-R001	オイルスナッバ	SN-03	「V-2-1-11機器・配管の耐震支持設計方針」参照		2.0	4.5

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-IA-R006	アンカ	ラグ	SUS304	66	1.1	0.6	2.2	0.2	0.4	0.3	組合せ	45	117
RE-IA-R018	レストレイント	Uプレート	SUS304	171	1.2	4.7	0	－	－	－	組合せ	28	201
RH-IA-R008	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	171	0	2.1	0	－	－	－	圧縮	7	67

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度*（×9.8 m/s^2）		機能確認済加速度（×9.8 m/s^2）		構造強度評価結果（MPa）	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

注記　＊：応答加速度は，打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					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	IA-19	92W	112	371	3.31	－	96W	274	300	1.09	○	－	－	－
2	IA-28	39W	144	371	2.57	○	37W	239	300	1.25	－	－	－	－
3	IA-R-1	3301	97	431	4.44	－	64W	138	376	2.72	－	－	－	－
4	IA-R-2	1431	83	431	5.19	－	109	147	376	2.55	－	－	－	－

Ⅴ-2-6-6-3-1　管の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 2
2.1　概略系統図 2
2.2　鳥瞰図 4
3.　計算条件 10
3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 10
3.2　設計条件 11
3.3　材料及び許容応力 20
3.4　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 28
4.2.1　管の応力評価結果 28
4.2.2　支持構造物評価結果 29
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 30
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 31

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果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４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（裕度）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。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，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

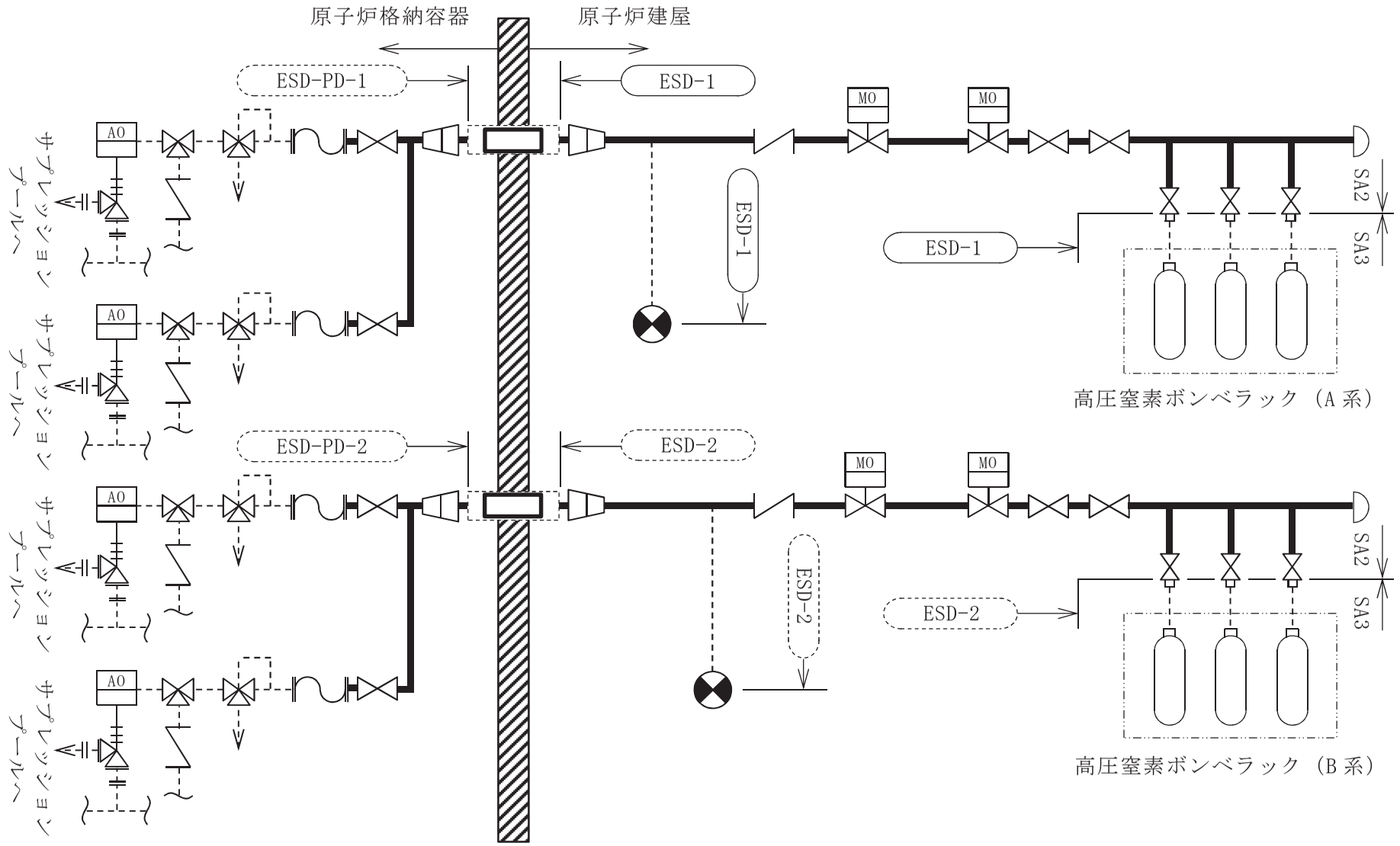
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

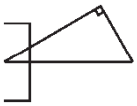
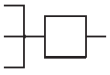
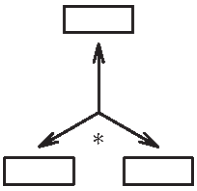
記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
━ ━ ━（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○－○－○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○－○－○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
	アンカ
［管クラス］	
DB1	クラス１管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

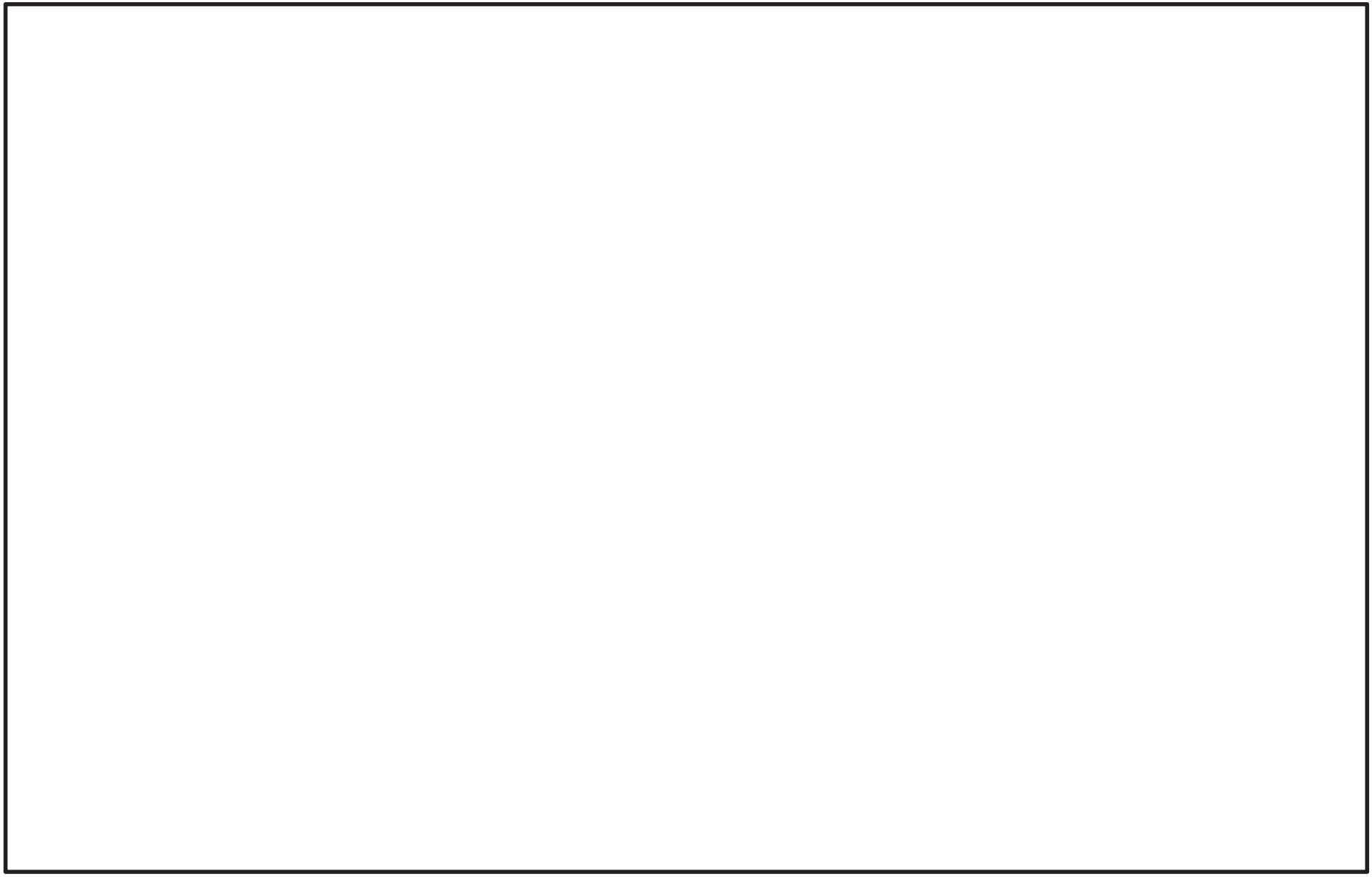


非常用逃がし安全弁駆動系概略系統図

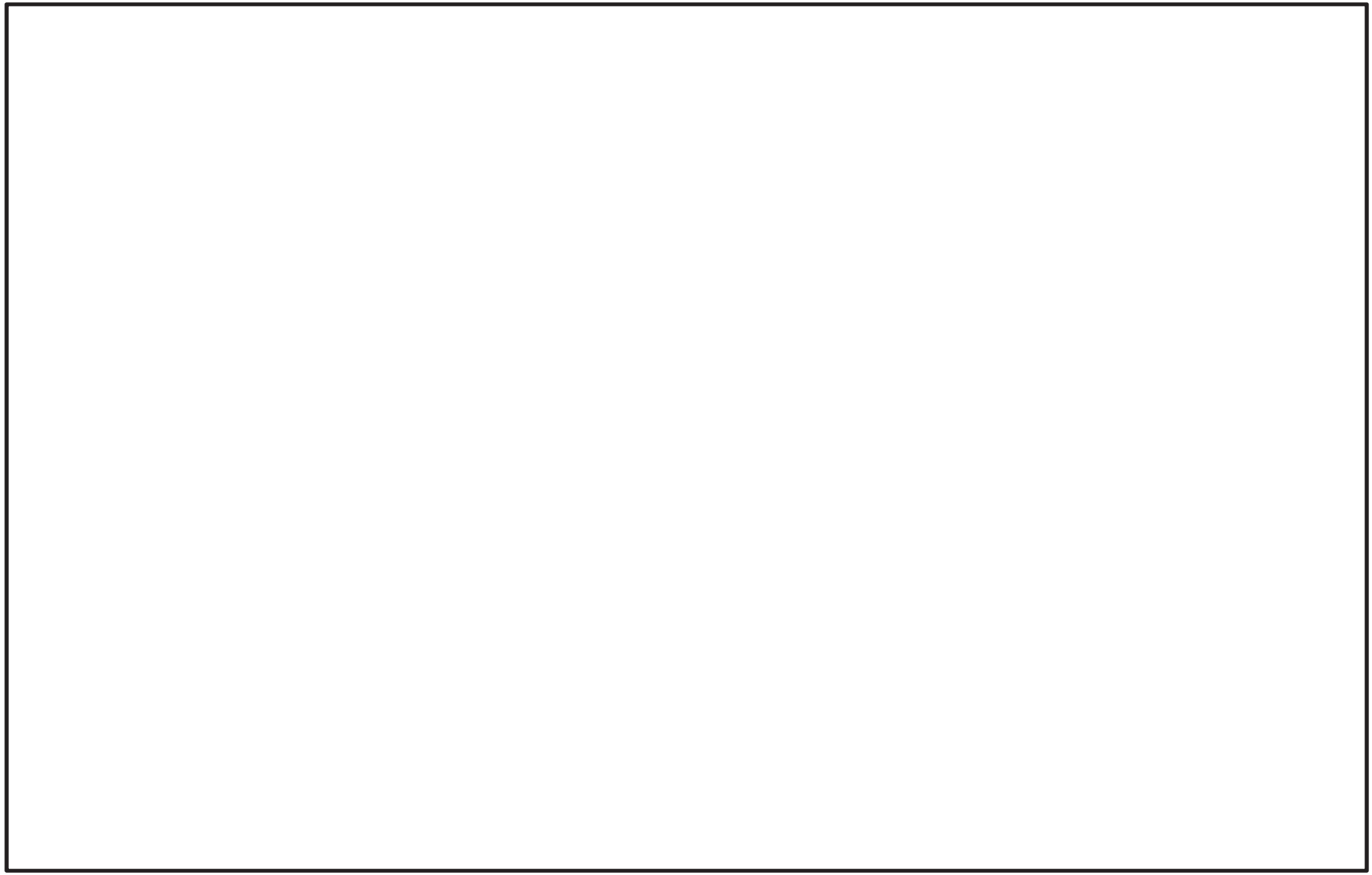
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

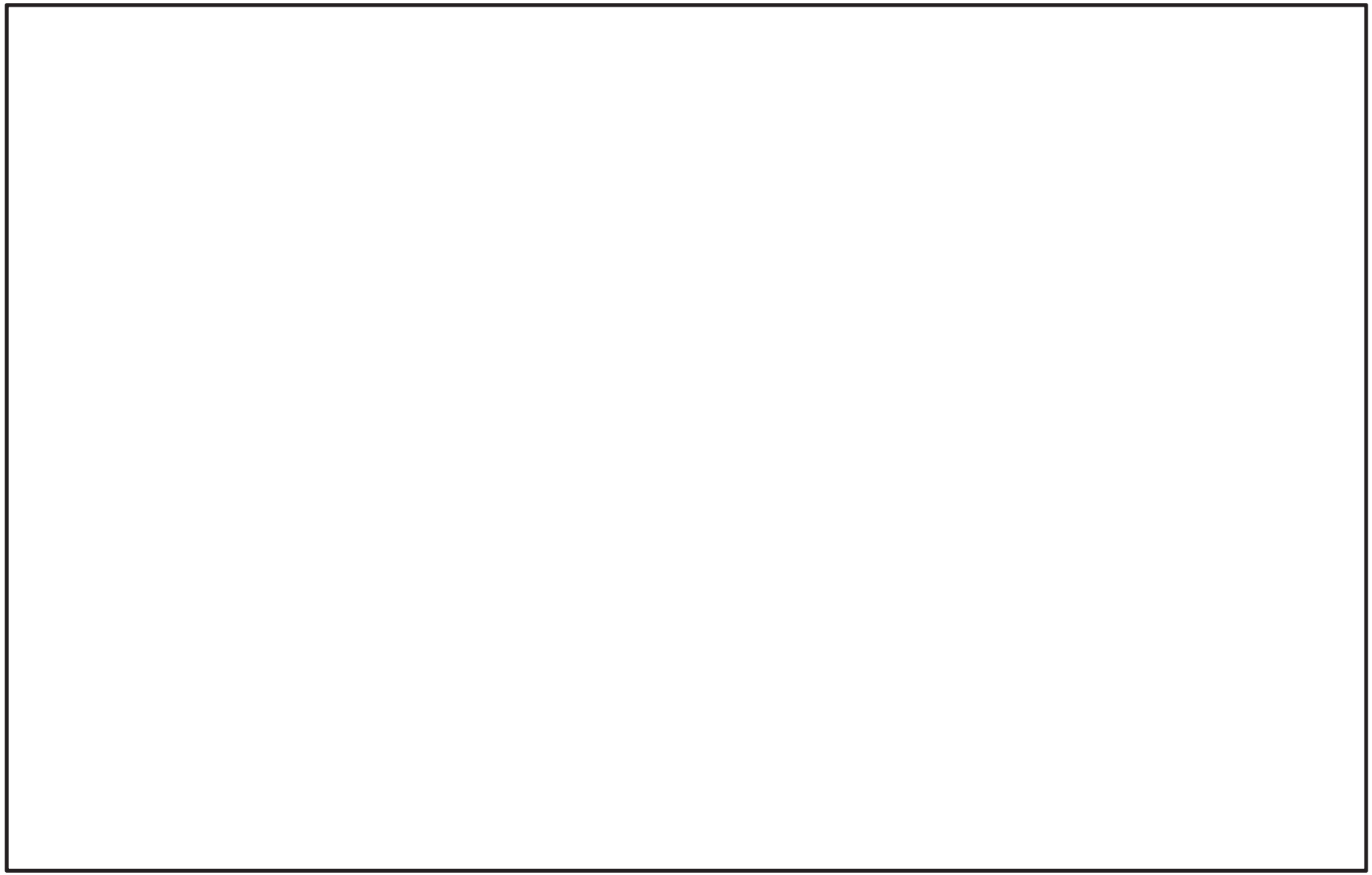
記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
○ ◎	節　　点 質　　点
	ア　ン　カ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	拘束点の地震による相対変位量（mm） （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。） 注：　鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



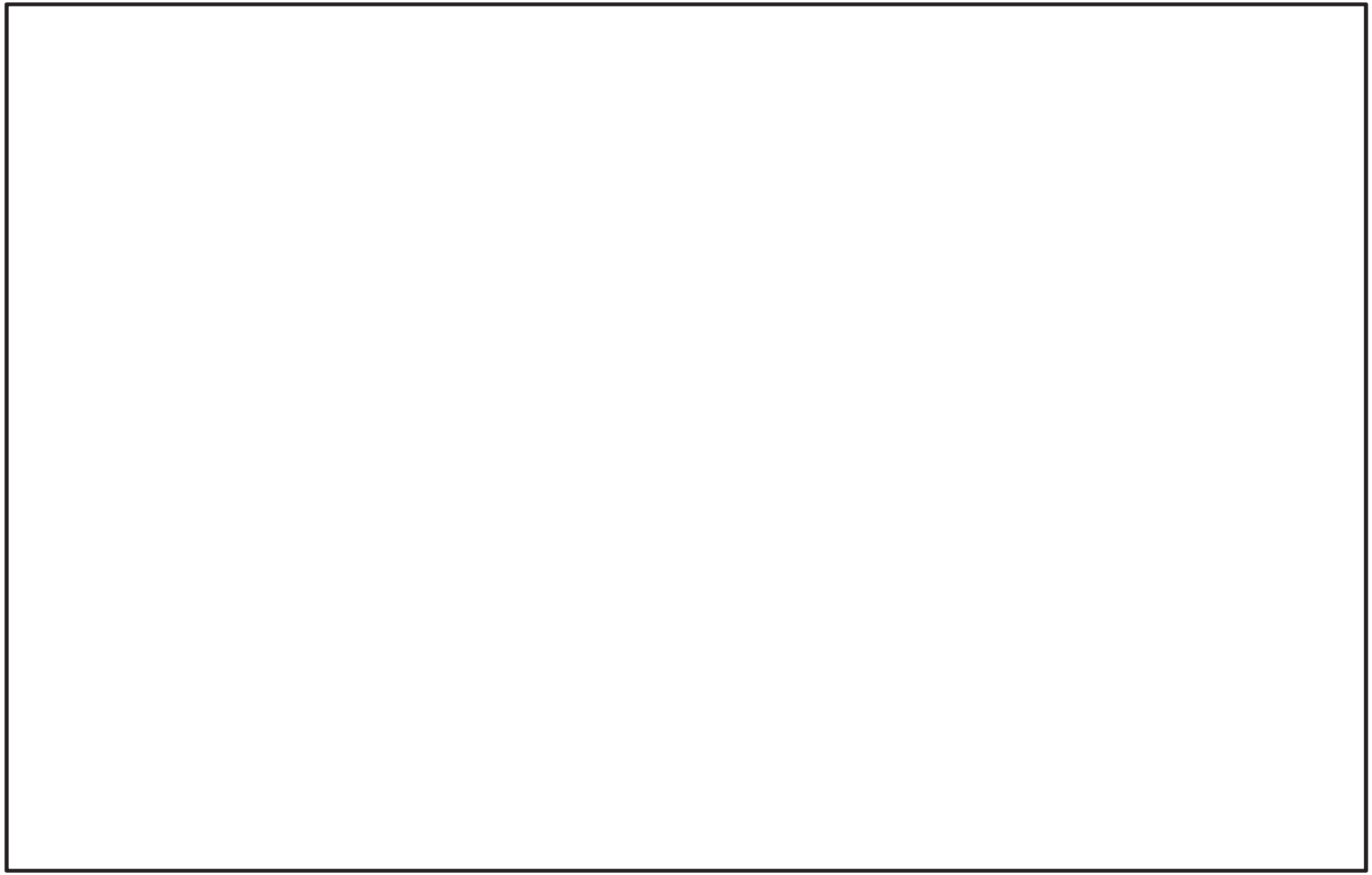
鳥瞰図	ESD-1（ＳＡ）（1／5）



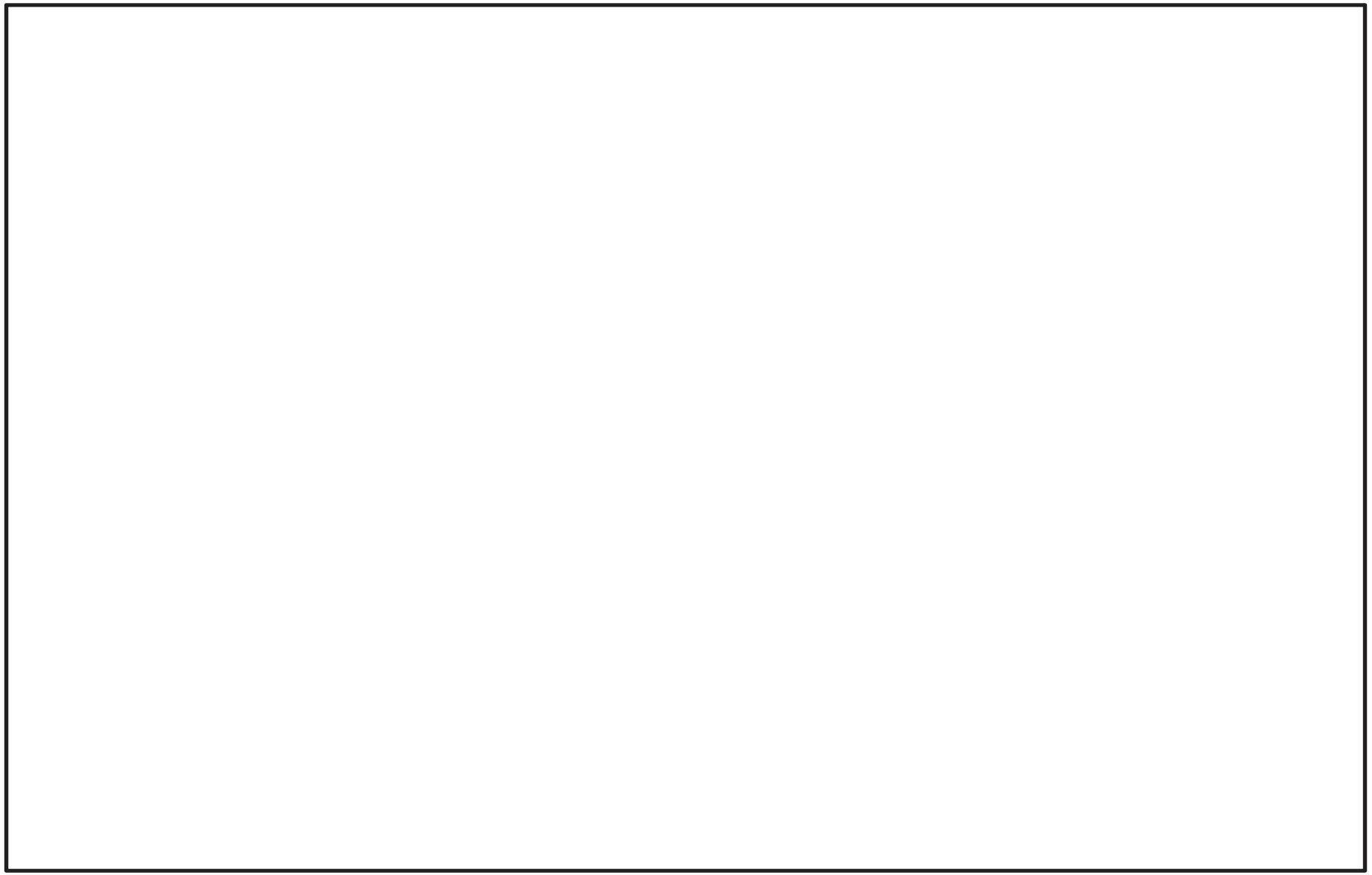
鳥瞰図	ESD-1（ＳＡ）（2／5）



鳥瞰図	ESD-1（ＳＡ）（3／5）



鳥瞰図	ESD-1（ＳＡ）（4／5）



鳥瞰図	ESD-1（ＳＡ）（5／5）

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	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	非常用逃がし安全弁駆動系	ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	－	V_L（Ｌ）＋S_d*6,7	$V_A S$
							V_L（ＬＬ）＋S_s*6	

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

＊3： 運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態，（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$V_A S$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： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

＊7： 荷重の組合せV_L（Ｌ）＋S_dはV_L（ＬＬ）＋S_sに包絡されるため，評価を省略する。

3.2　設計条件

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

鳥　瞰　図　ESD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	501, 412,411,413,600, 422 421, 423,601,432,431, 433 1, 3,602,311,901, 312 801, 442,441,443, 4, 6 321, 902,322, 7, 9, 802 331, 903,414,845,361, 906 362, 424,846,371,907, 372 434, 847,381,908,382	15.0	66	27.2	3.9	SUS304TP	－	[redacted]
2	903, 332,803, 10, 12, 13 15, 804,603, 16, 18, 805 19, 21,604,806, 22, 605 24, 807,606,808, 25, 27 809, 607,810, 28, 30, 608 31, 33,811, 34, 36, 609 812, 610,813, 37, 39, 611 814, 40, 42,612,815, 43	1.45	66	27.2	2.9	SUS304TP	－	[redacted]

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　ESD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
2	45, 613,816, 46, 48,614 817, 615, 49, 51,818, 52 54, 616, 55, 57,819,617 820, 618, 58, 60,821,619 822, 61, 63, 64, 66,620 823, 67, 69, 70, 72,621 824, 622, 73, 75, 76, 78 825, 79, 81,826,623,827 624, 828, 82, 84, 85, 87 625, 88, 90, 91, 93,829 626, 830,627,452,451,453 94, 96, 97, 99,831,100 102, 628,103,105,832,629 833, 630,834,631,106,108 835, 109,111,112,114,836 115, 117,632,118,120,837	1.45	66	27.2	2.9	SUS304TP	－	

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　ESD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
2	121，123,124,126,127,129 838，130,132,133,135,839 633，840,136,138,634,139 141，142,144,462,461,463 841，341,904	1.45	66	27.2	2.9	SUS304TP	－	[redacted]
3	904，342,842,351,905,352 635，474,471,472,145,147 148，150,636,843,151,153 844，154,156,637,211	2.28	171	27.2	2.9	SUS304TP	－	[redacted]
4	212	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	－	[redacted]
5	213，157	2.28	171	89.1	5.5	SUS304TP	－	[redacted]
6	157，158	2.28	171	89.1	5.5	SFVC2B	－	[redacted]

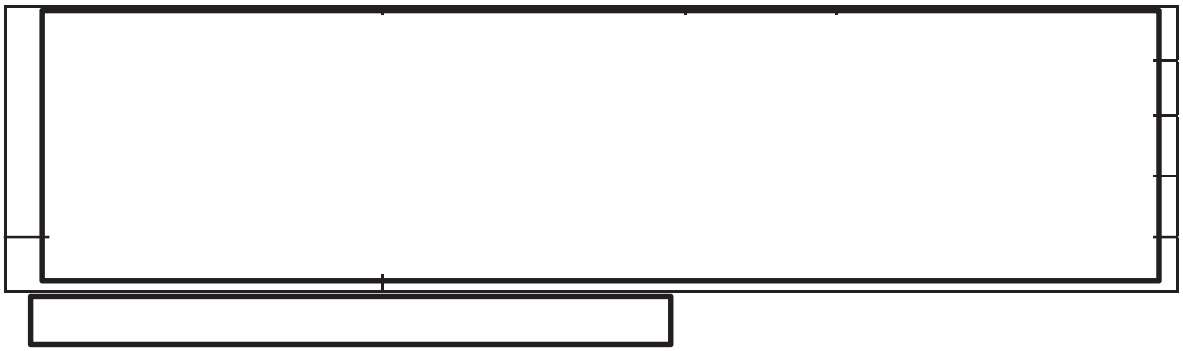
フランジ部の質量

鳥　瞰　図　ESD-1

質量	対応する評価点
[redacted]	501
	362,372,382

弁部の寸法

鳥　瞰　図　ESD-1



弁部の質量

鳥　瞰　図　ESD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	901,906,907,908	[redacted]	902
	903		953,954
	904		905

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　ESD-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
801						
902						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
** 816 **						
816						
817						
** 818 **						
818						
819						
820						
821						
822						

** 印は　斜め拘束を示す。　また，下段は方向余弦を示す。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　ESD-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
823						
824						
825						
826						
827						
828						
829						
830						
831						
832						
833						
834						
835						
836						
837						
838						
839						
840						
** 841 **						
841						
** 842 **						
842						
** 843 **						

** 印は　斜め拘束を示す。　また，下段は方向余弦を示す。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　ESD-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)
** 843 **		
843		
844		
845		
846		
847		
853		
** 854 **		
** 854 **		

** 印は　斜め拘束を示す。　また，下段は方向余弦を示す。

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	－	188	479	－
SUS304TP	171	－	150	413	－
SFVC2B	171	－	217	438	－

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
ESD-1	[redacted]	EL. 29.000 m	[redacted]
		EL. 20.300 m	
		EL. 14.000 m	
		EL. 8.200 m	
	[redacted]	EL. 24.422 m	
		EL. 21.420 m	

4.　解析結果及び評価

4.1　固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　ESD-1

耐震設計上の重要度分類	－		
適用する地震動等	S_s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度	応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
動的震度				

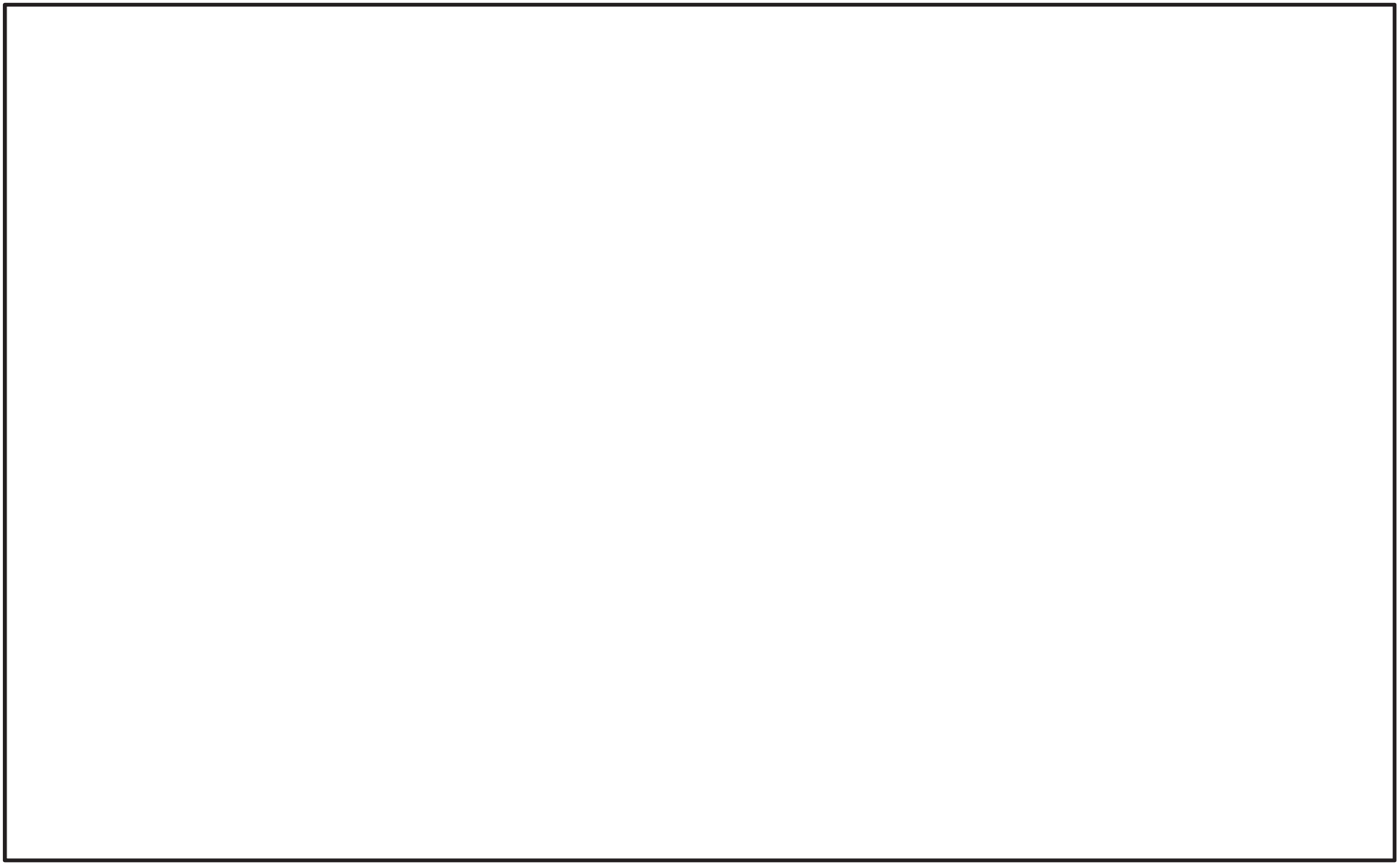
各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　ESD-1

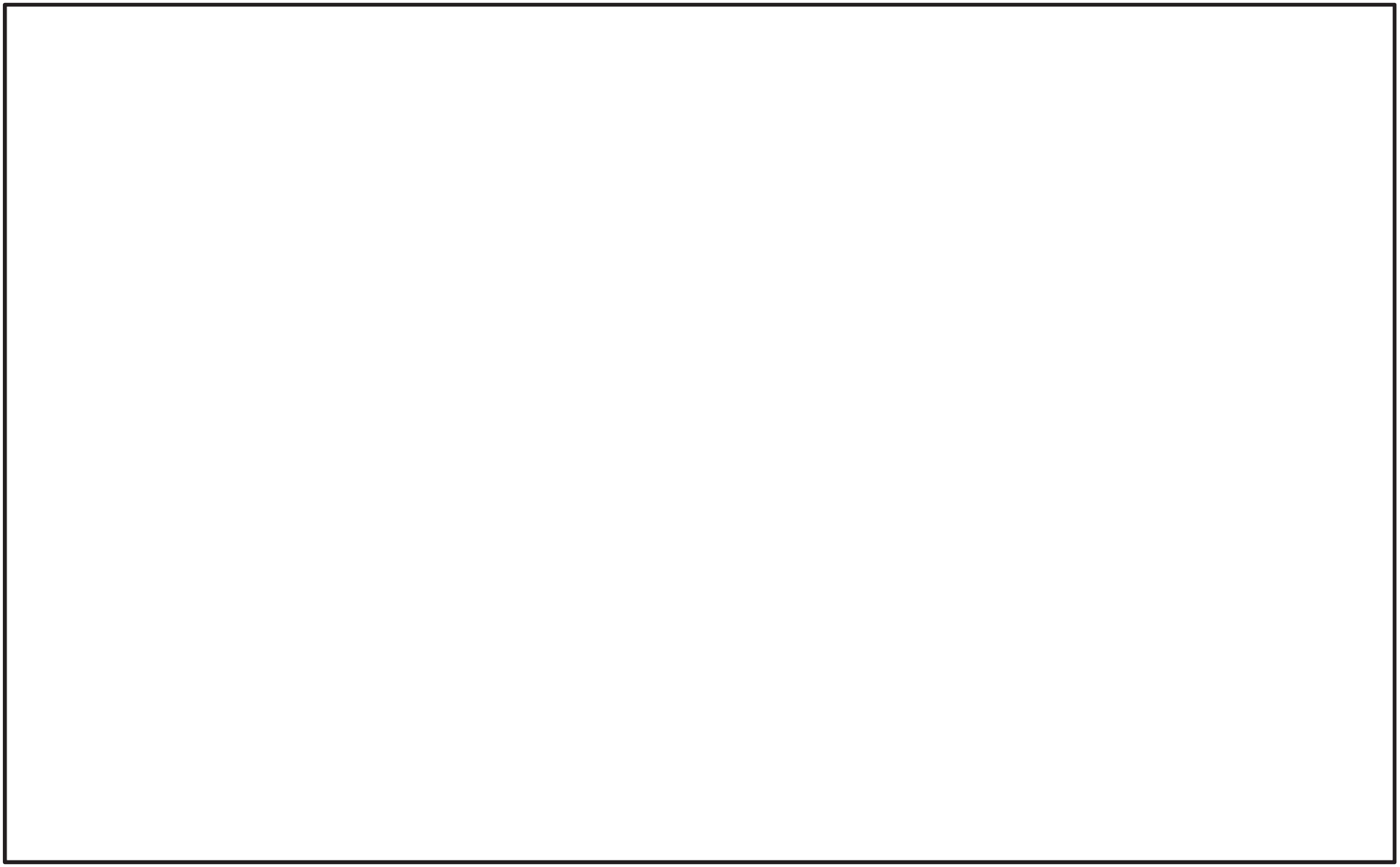
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向

代表的振動モード図

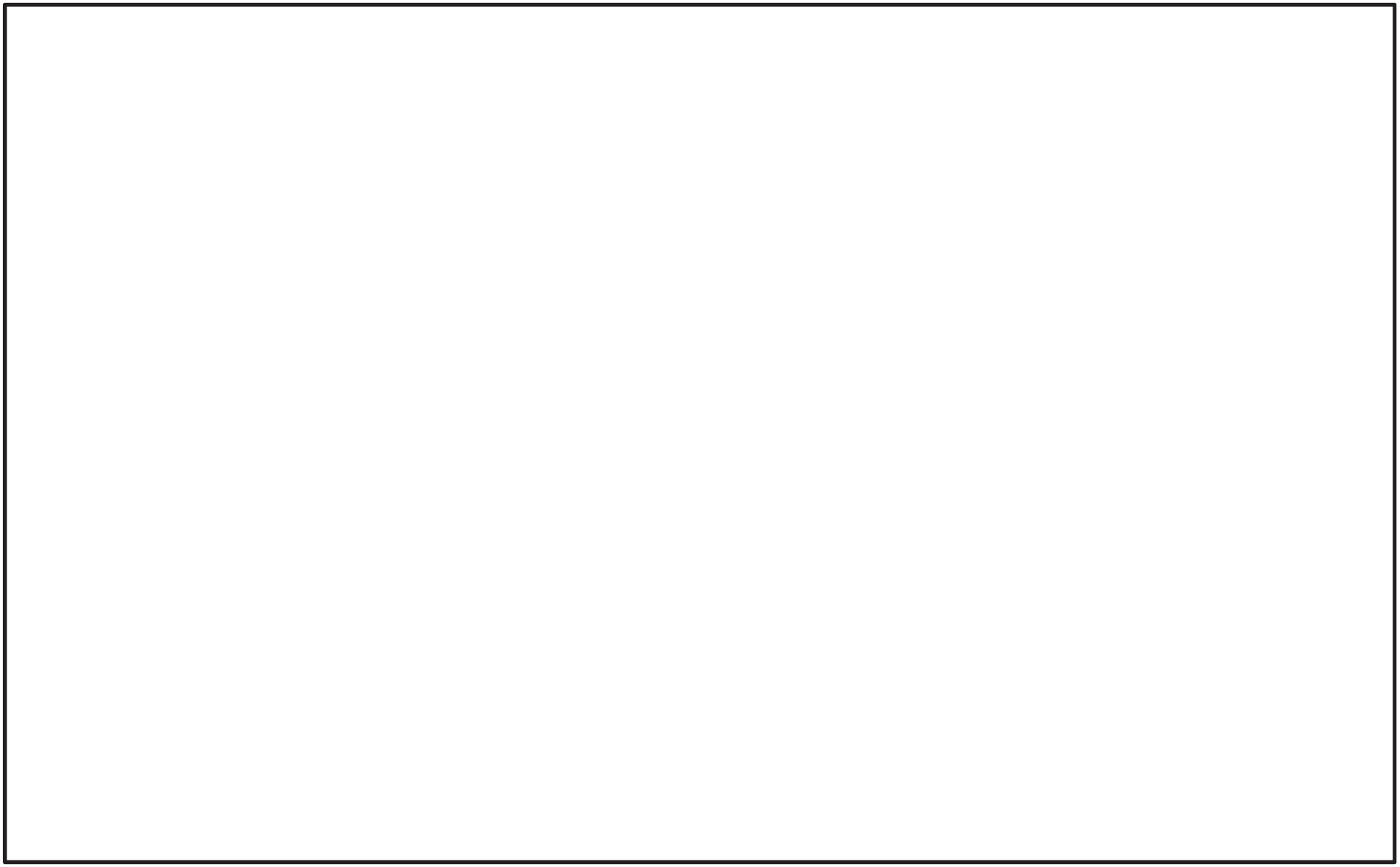
振動モード図は，3 次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。



鳥瞰図	ESD-1



鳥瞰図	ESD-1



鳥瞰図	ESD-1

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

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prm}(S_s)$	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
ESD-1	V_AS	903	$S_{prm}(S_s)$	207	431	－	－	－
ESD-1	V_AS	610	$S_n(S_s)$	－	－	294	376	－

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(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNO-ESD-2-001	オイルスナッバ	SN-03	添付書類「V-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		0.64	4.5
RO-ESD-2-004 RO-ESD-2-005	ロッドレストレイント	RTS-06			2.1	10.8

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-ESD-1-008	レストレイント	ビーム	SS400	66	—	5.1	—	—	—	—	曲げ	26	270
AN-ESD-2-003	アンカ	Uバンド	SS400	66	0.32	0.46	0.64	0.026	0.026	0.012	組合せ	13	283

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 ($\times 9.8$ m/s^2)		機能確認済加速度 ($\times 9.8$ m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２範囲）

No	配管モデル	許容応力状態　V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					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	ESD-1	903	207	431	2.08	○	610	294	376	1.27	○	－	－	－
2	ESD-PD-1	115	99	371	3.74	－	115	180	300	1.66	－	－	－	－
3	ESD-2	903	199	431	2.16	－	904	222	300	1.35	－	－	－	－
4	ESD-PD-2	78	132	371	2.81	－	69	225	300	1.33	－	－	－	－

Ⅴ-2-6-7-1　計測制御設備の盤の耐震性についての計算書

目　次

1.　計測制御設備の盤（ベンチ形）・・・

3.1　概要・・・

1.　計測制御設備の盤（ベンチ形）

1.1　概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，計測制御設備の盤（ベンチ形）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

計測制御設備の盤（ベンチ形）のうち原子炉制御操作盤は，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気的機能維持評価を示す。

なお，構造強度評価については，裕度（許容値／発生値）が厳しい条件となるものを代表として評価する。電気的機能維持評価については機能確認済加速度が最も低い器具を代表として評価する。

表 1-1　概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
緊急時炉心冷却系操作盤	Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 1-2　構造計画
所内電気操作盤		
原子炉補機操作盤		
原子炉制御操作盤（代表）		

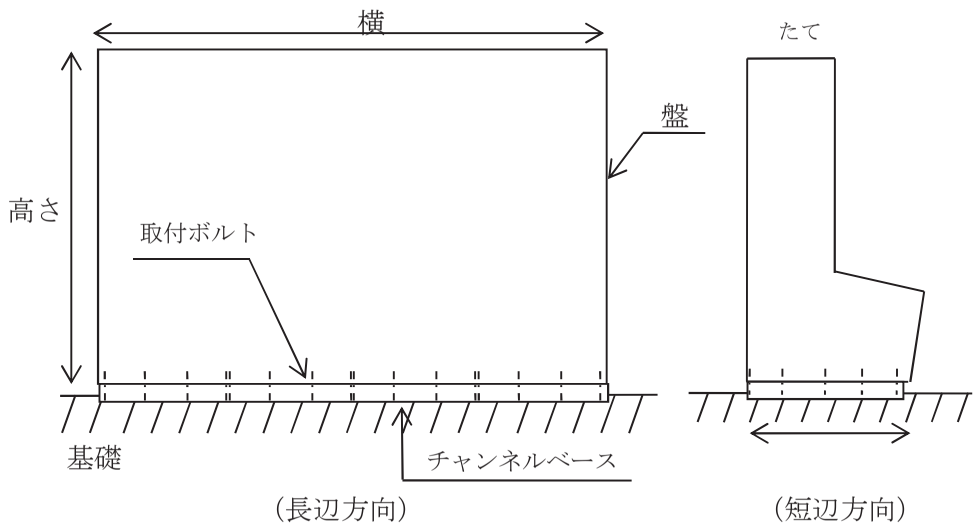
1.2　一般事項

原子炉制御操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

1.2.1　構造計画

原子炉制御操作盤の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉制御操作盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	ベンチ形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

	原子炉制御操作盤
たて	約 1525 mm
横	約 4410 mm
高さ	約 2286 mm

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により，当該盤に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録する。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した

固有周期を表 1-3 に示す。

表 1-3　固有周期（s）

機器名称	水平方向	鉛直方向
原子炉制御操作盤		

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

原子炉制御操作盤の構造はベンチ形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉制御操作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 1-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 1-5 に示す。

1.4.2.2　許容応力

原子炉制御操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉制御操作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 1-7 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-8 に示す。

表 1-4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	原子炉制御操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

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 1-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	原子炉制御操作盤	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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 1-6　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
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 1-7　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

表 1-8　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉制御操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉制御操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

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　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉制御操作盤	水平	
	鉛直	

1.6　評価結果

1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

原子炉制御操作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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉制御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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉制御操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	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	
原子炉制御操作盤	S	EL. 20.30*			C_H=0.78	C_V=0.54	C_H=1.34	C_V=1.01	

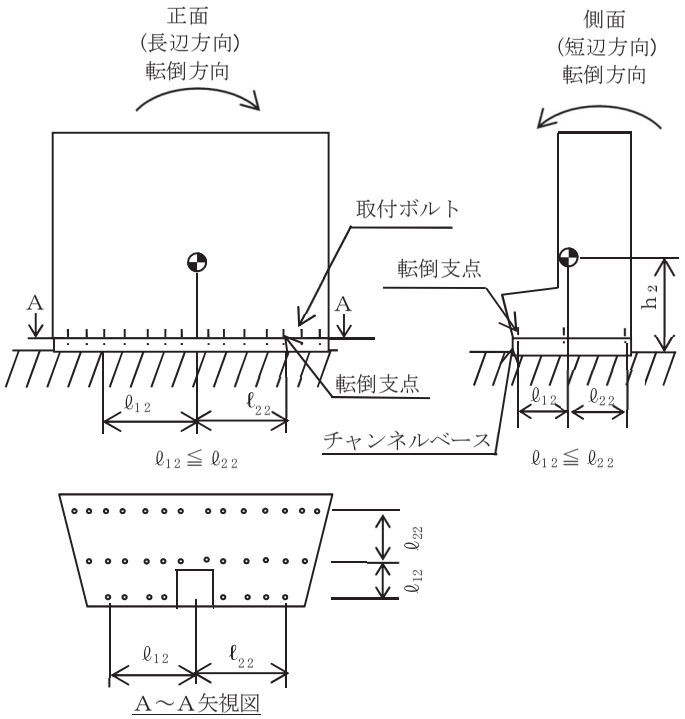
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i
取付ボルト (i=2)							8
							3

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。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	長辺方向



A～A矢視図

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
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
取付ボルト		引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176$*	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉制御操作盤	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度(1.0ZPA)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

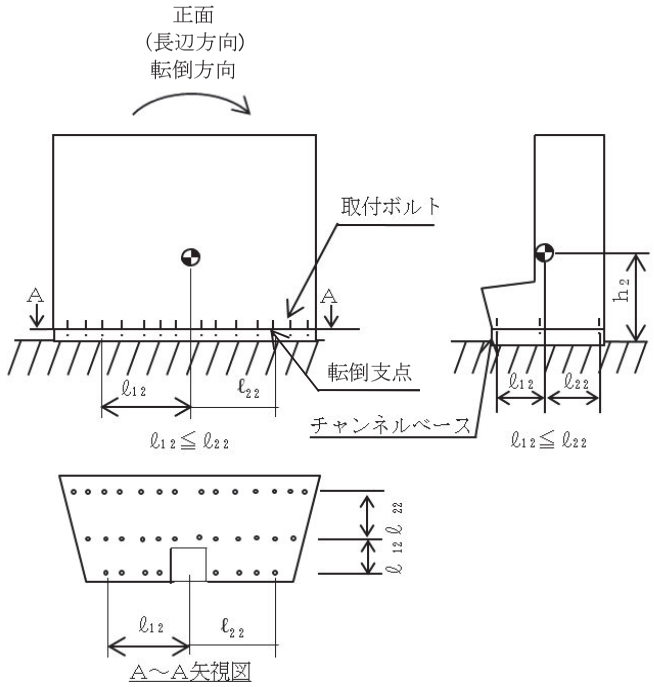
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉制御操作盤	常設耐震／防止	EL. 20. 30*			－	－	C_H＝1. 34	C_V＝1. 01	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i
取付ボルト (i＝2)							8
							3

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。



部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)				

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉制御操作盤	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2.　計測制御設備の盤（直立形）

2.1　概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，計測制御設備の盤（直立形）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

計測制御設備の盤（直立形）のうち格納容器雰囲気監視系操作盤は，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。

なお，構造強度評価については，裕度（許容値／発生値）が厳しい条件となるものを代表として評価する。電気的機能維持評価については機能確認済加速度が最も低い器具を代表として評価する。

表 2-1　概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
プロセス計装盤	Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-2　構造計画
タービン補機盤		
窒素置換－空調換気制御盤		
非常用ガス処理系,非常用ガス循環系操作盤		
タービン補機補助継電器盤		
プロセス放射線モニタ計装盤		
出力領域モニタ計装盤		
原子炉保護系継電器盤		
残留熱除去系（B），（C）補助継電器盤		
原子炉隔離時冷却系継電器盤		
原子炉格納容器隔離系継電器盤		
高圧炉心スプレイ系継電器盤		
自動減圧系継電器盤		
低圧炉心スプレイ系，残留熱除去系（A）補助継電器盤		
漏えい検出系操作盤		
プロセス放射線モニタ,起動時領域モニタ操作盤		
格納容器雰囲気監視系操作盤（代表）		
サプレッション・プール温度記録計盤		
原子炉保護系トリップユニット盤		

評価部位	評価方法	構造計画
緊急時炉心冷却系トリップユニット盤	Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-2　構造計画
高圧炉心スプレイ系トリップユニット盤		
ＲＣＩＣタービン制御盤		
原子炉遠隔停止操作盤		
ＳＡ設備新設盤		
安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）新設盤		

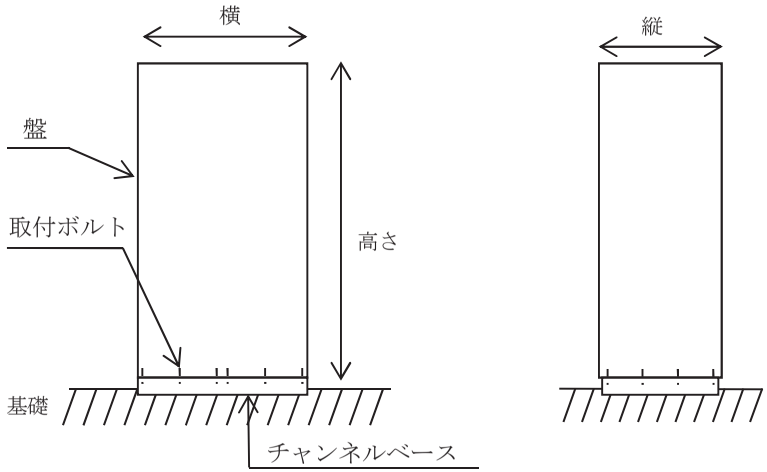
2.2　一般事項

格納容器雰囲気監視系操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.2.1　構造計画

格納容器雰囲気監視系操作盤の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>格納容器雰囲気監視系操作盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>


<table>
<tr><th></th><th>格納容器雰囲気監視系操作盤</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>約 914 mm</td></tr>
<tr><td>横</td><td>約 792 mm</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>約 2286 mm</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の算出方法

格納容器雰囲気監視系操作盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打診試験の結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 2-3 に示す。

表 2-3　固有周期（s）

機器名称	水平方向	鉛直方向
格納容器雰囲気監視系操作盤		

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

格納容器雰囲気監視系操作盤の構造はベンチ形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器雰囲気監視系操作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 2-4 に示す。

2.4.2.2　許容応力

格納容器雰囲気監視系操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

格納容器雰囲気監視系操作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 2-6 に示す。

表 2-4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	格納容器雰囲気監視系操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-5　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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 2-6　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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

格納容器雰囲気監視系操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

格納容器雰囲気監視系操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-7 に示す。

表 2-7　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気監視系操作盤	水平	
	鉛直	

2.6　評価結果

2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

格納容器雰囲気監視系操作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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気監視系操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	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	
格納容器雰囲気監視系操作盤	S	[redacted]	[redacted]		C_H=0.78	C_V=0.54	C_H=1.34	C_V=1.01	[redacted]

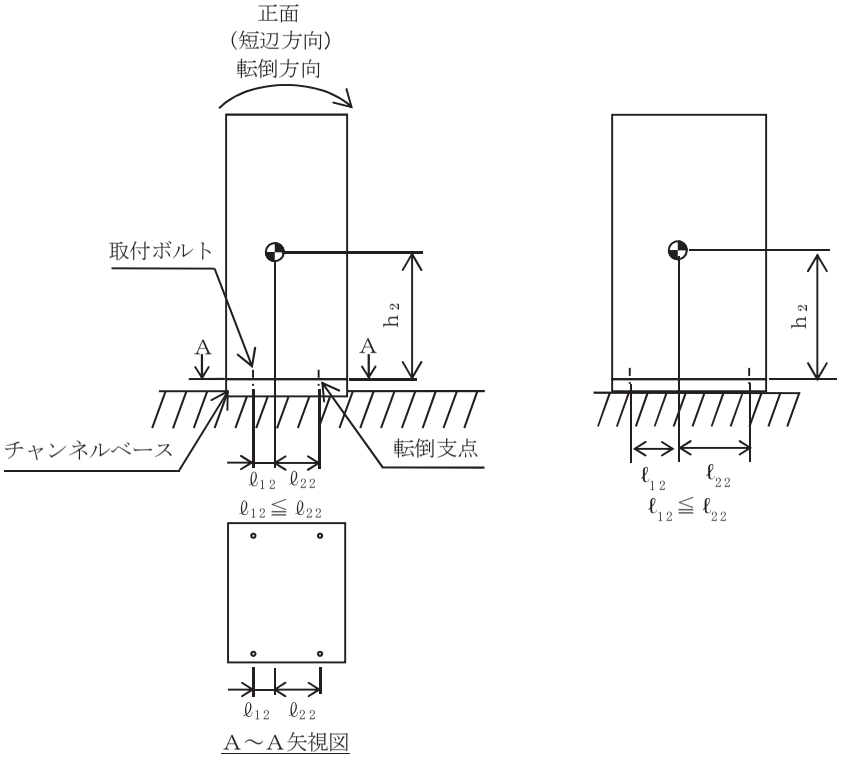
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}
取付ボルト (i=2)	[redacted]						2
							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。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

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
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
取付ボルト		引張り	σ_{b2}=43	f_{ts2}=176	σ_{b2}=82	f_{ts2}=210
		せん断	τ_{b2}=10	f_{sb2}=135	τ_{b2}=17	f_{sb2}=161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気監視系操作盤	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

3.　計測制御設備の盤（壁掛形）

3.1　概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，計測制御設備の盤（壁掛形）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

計測制御設備の盤（壁掛形）のうちほう酸水注入ポンプ操作盤は，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気的機能維持評価を示す。

なお，構造強度評価については，裕度（許容値／発生値）が厳しい条件となるものを代表として評価する。電気的機能維持評価については機能確認済加速度が最も低い器具を代表として評価する。

表 3-1　概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
ほう酸水注入ポンプ操作盤（代表）	Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 3-2　構造計画
ＳＡ設備新設盤		

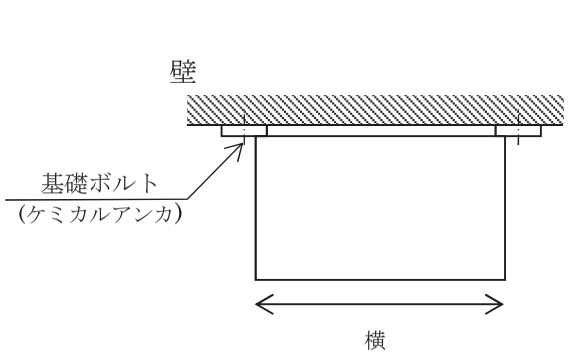
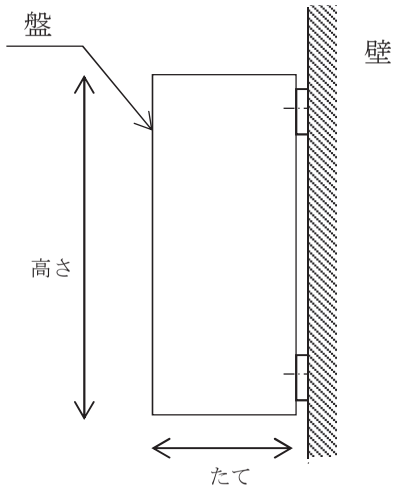
3.2　一般事項

ほう酸水注入ポンプ操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

3.2.1　構造計画

ほう酸水注入ポンプ操作盤の構造計画を表 3-2 に示す。

表 3-2　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ほう酸水注入ポンプ操作盤は，壁に基礎ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	 (長辺方向)  (短辺方向)

	ほう酸水注入ポンプ操作盤
たて	約 350 mm
横	約 500 mm
高さ	約 340 mm

3.3　固有周期

3.3.1　固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により，当該盤に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録する。試験の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-3 に示す。

表 3-3　固有周期（s）

機器名称	水平方向	鉛直方向
ほう酸水注入ポンプ操作盤		

3.4　構造強度評価

3.4.1　構造強度評価方法

ほう酸水注入ポンプ操作盤の構造はベンチ形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入ポンプ操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.4.2.2　許容応力

ほう酸水注入ポンプ操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 3-6 のとおりとする。

3.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入ポンプ操作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 3-7 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-8 に示す。

表 3-4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	ほう酸水注入ポンプ操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	ほう酸水注入ポンプ操作盤	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊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 3-6　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_s
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 3-7　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（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

表 3-8　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（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	－

3.5　機能維持評価

3.5.1　電気的機能維持評価方法

ほう酸水注入ポンプ操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

ほう酸水注入ポンプ操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-9 に示す。

表 3-9　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ほう酸水注入ポンプ 操作盤	水平	
	鉛直	

3.6　評価結果

3.6.1　設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入ポンプ操作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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

3.6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入ポンプ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入ポンプ操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

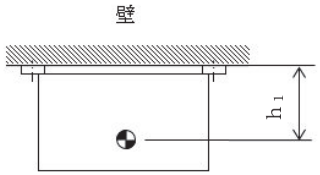
1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	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	
ほう酸水注入ポンプ操作盤	S	EL. 38.8*1 (EL. 46.5*2)			C_H=1.17	C_V=0.80	C_H=1.74	C_V=1.52	

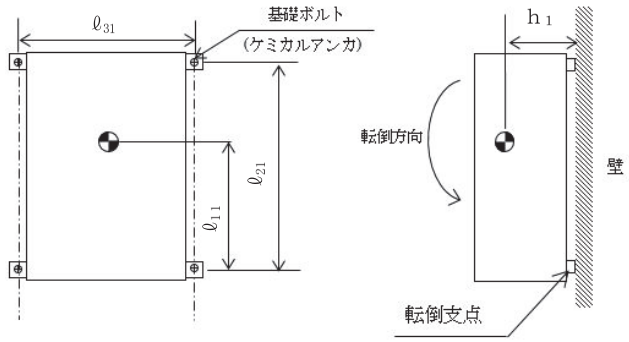
注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：壁掛形の盤なので，設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)								2	2



部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	245	280	鉛直方向	鉛直方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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		引張り	σ_{b1}=3	f_{ts1}=147*	σ_{b1}=5	f_{ts1}=168*
		せん断	τ_{b1}=2	f_{sb1}=113	τ_{b1}=3	f_{sb1}=129

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ほう酸水注入ポンプ操作盤	水平方向	1.10	
	鉛直方向	0.94	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

【ほう酸水注入ポンプ操作盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

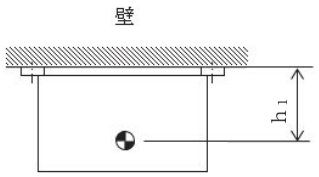
2.1 設計条件

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	
ほう酸水注入ポンプ操作盤	常設耐震／防止	EL. 38.8*1 (EL. 46.5*2)			－	－	C_H=1.74	C_V=1.52	

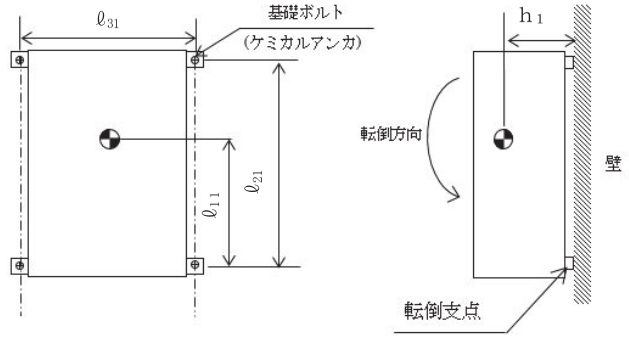
注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：壁掛形の盤なので，設置床上階の設計用地震力を使用する。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)								2	2



部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	234	385	－	270	－	鉛直方向



2.3 計算数値

2.3.1 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)				

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		引張り	－	－	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=161^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=124$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ほう酸水注入ポンプ操作盤	水平方向	1.10	
	鉛直方向	0.94	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 3
3. 評価部位 3
4. 機能維持評価 4
4.1 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

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

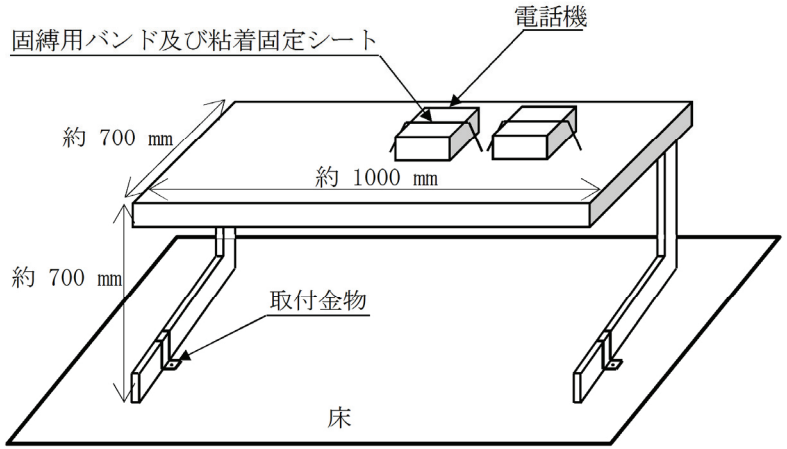
衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は，設計基準対象施設においてはCクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（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	
電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛する。 机は取付金物を使用し，ボルトで床に固定する。	電話機	

2.2　評価方針

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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

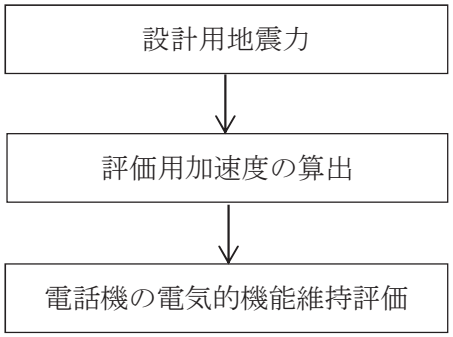


図 2-1　衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は，電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では，衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電気的機能維持評価について示す。衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の評価部位を，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 評価用加速度

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は，電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机についても取付金物にて床に固定することから，設計用地震力は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す，衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の設置床における基準地震動S_sに基づく設備評価用床応答曲線とし，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を適用する。

評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価用加速度 （×9.8 m/s^2）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	方向	基準地震動S_s 評価用加速度
	EL. 18.00 (EL. 20.30*)	水平	0.89
		鉛直	0.67

注記 ＊：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能確認済加速度について以下に示す。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は，「2.1　構造計画」に示す実機の据付状態を模擬し，机及び固縛を含め加振台上に設置した上で，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気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　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型）（中央制御室）	水平	1.79
	鉛直	1.66

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		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	0.89	1.79
	鉛直方向	0.67	1.66

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-2-2　屋外アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 6
3. 評価部位 7
4. 構造強度評価 7
4.1 構造強度評価 7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 7
4.3 解析モデル及び諸元 11
4.4 固有周期 14
4.5 設計用地震力 14
4.6 計算方法 15
4.7 計算条件 17
4.8 応力の評価 17
5. 機能維持評価 18
5.1 電気的機能維持評価方法 18
6. 評価結果 18
6.1 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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，屋外アンテナ（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

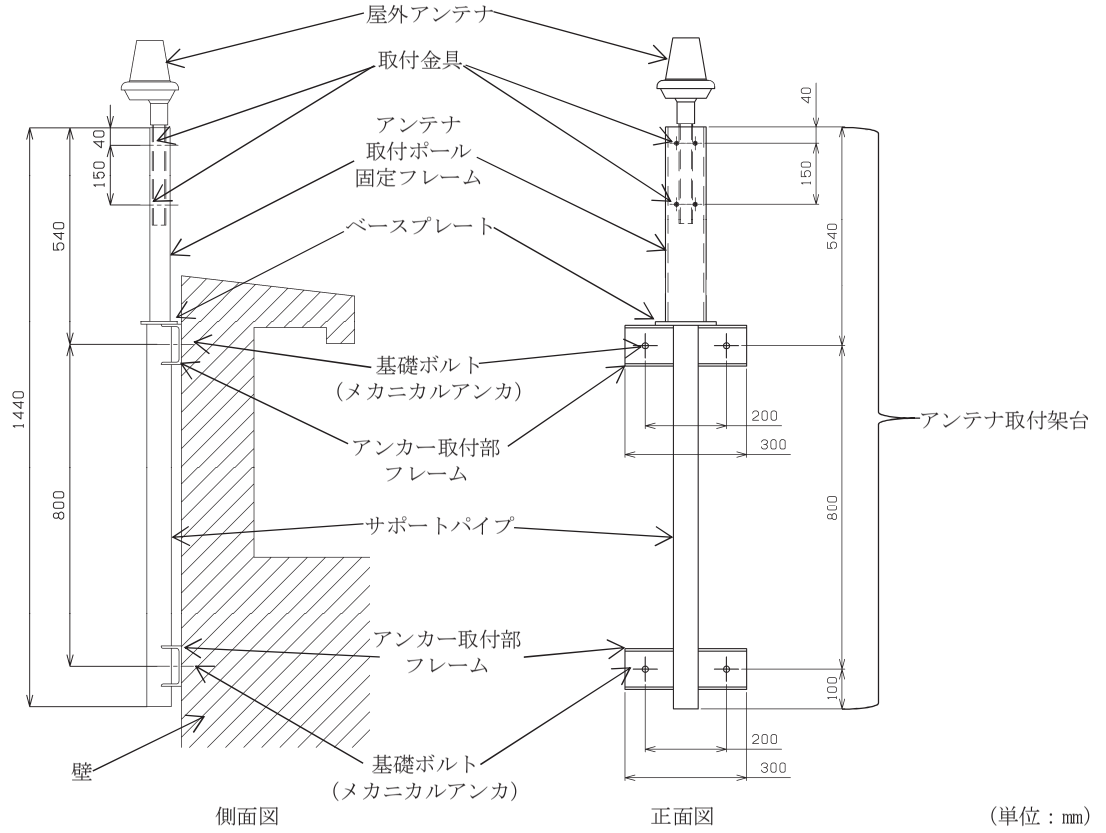
屋外アンテナ（中央制御室）は，設計基準対象施設においてはCクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

屋外アンテナ（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 アンテナ取付架台は，アンテナ取付ポール固定フレーム，ベースプレート，サポートパイプ及びアンカー取付け部フレームより構成する。 アンテナ取付架台は，基礎ボルトにて壁に固定する。	屋外アンテナ	

2.2　評価方針

屋外アンテナ（中央制御室）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す屋外アンテナ（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，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　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，屋外アンテナ（中央制御室）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

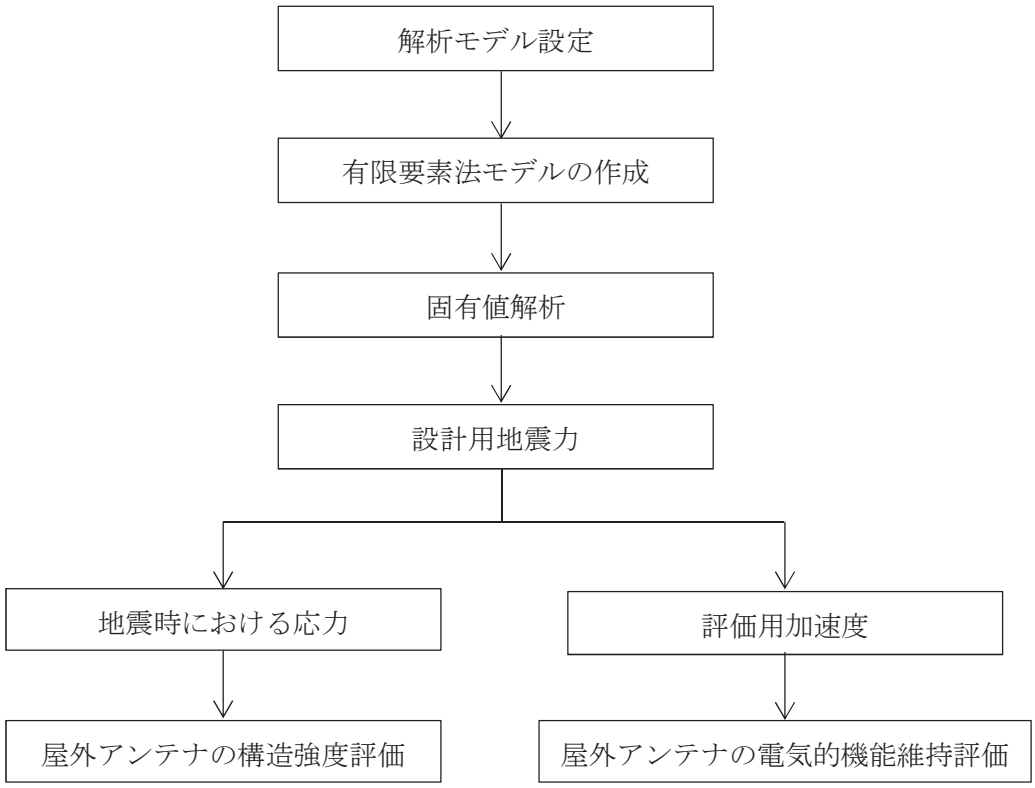


図 2-1　屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（雰囲気温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa
A	アンテナ取付架台の断面積	mm^2
I_y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント（Y軸）	mm^4
I_z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント（Z軸）	mm^4
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm^4
A_y	アンテナ取付架台の有効せん断面積（Y軸）	mm^2
A_z	アンテナ取付架台の有効せん断面積（Z軸）	mm^2
Z_y	アンテナ取付架台の断面係数（Y軸）	mm^3
Z_z	アンテナ取付架台の断面係数（Z軸）	mm^3
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Q_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
Q_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
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（f_s^*を1.5倍した値）	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	MPa
σ_{bt}	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
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
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

屋外アンテナ（中央制御室）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。屋外アンテナ（中央制御室）の評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価

(1) 固有周期及び荷重を求めるため，アンテナ取付架台をはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行う。固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した上で，1.2 倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。

(2) 屋外アンテナは，建屋の壁面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3) 解析モデルの質量には，屋外アンテナの質量とアンテナ取付架台の質量を考慮する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（中央制御室）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

屋外アンテナ（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 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

4.2.5 積雪荷重

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

注記　＊：積雪量 1cm ごとに 1m^2 あたり 20N であることを示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和 その他	－*2	$D+P_D+M_D+S_s+P_k+P_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_k+P_s$	V_AS （V_ASとして，$Ⅳ_AS$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，「その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊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 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	
	引張り	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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

表 4-4　基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m^2)
アンテナ取付架台	1808.3

表 4-5　積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの諸元を表 4-6，外形図を図 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

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

(3)　拘束条件として，図 4-1 の△の節点について，基礎ボルトにて壁面に固定されるため，XYZ 並進方向を拘束する。かつ，アンカー取付部フレームと壁面が接していることから，X 軸回りの回転を拘束する。

(4)　部材の機器要目を表 4-7 に示す。

(5)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-49　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

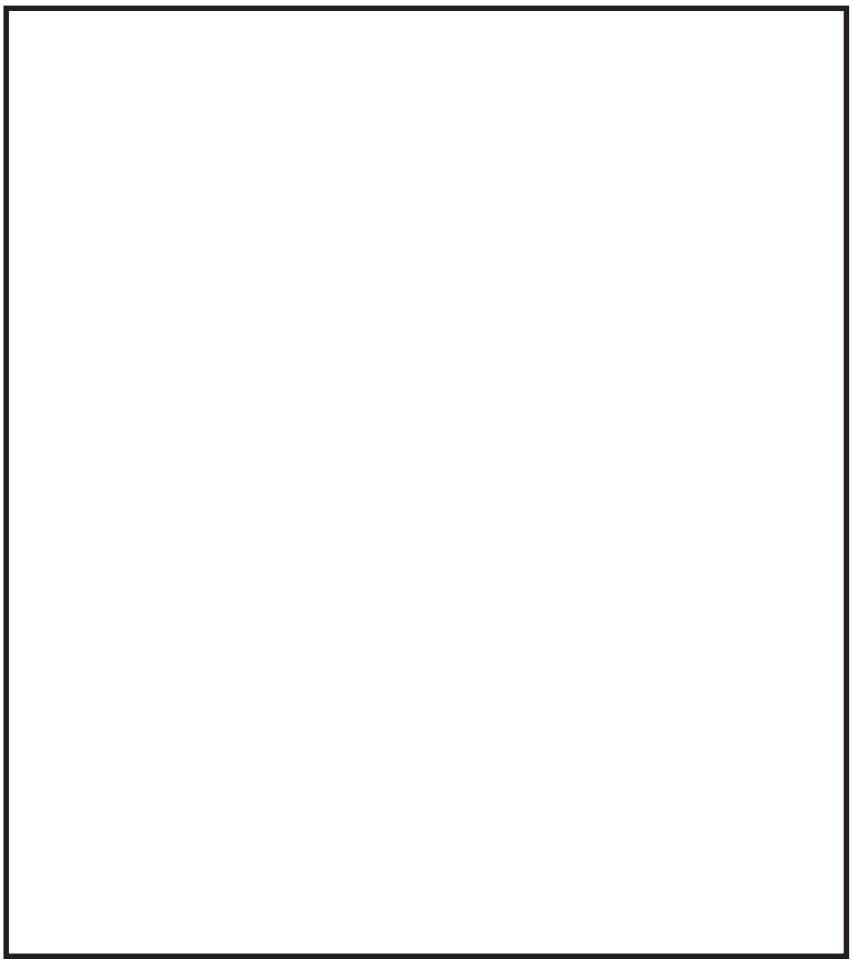


図 4-1　解析モデル図

表 4-6　解析モデルの諸元

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

表 4-7 部材の機器要目

機器名称			屋外アンテナ（中央制御室）			
対象要素			アンカー取付部 フレーム	サポート パイプ	ベースプレート	アンテナ取付 ポールフレーム
材料						
断面形状						
寸法		mm				
断面積	A	mm^2				
断面二次モーメント	I_z	mm^4				
	I_y	mm^4				
ねじり定数	J	mm^4				
せん断面積	A_y	mm^2				
	A_z	mm^2				
断面係数	Z_y	mm^3				
	Z_z	mm^3				

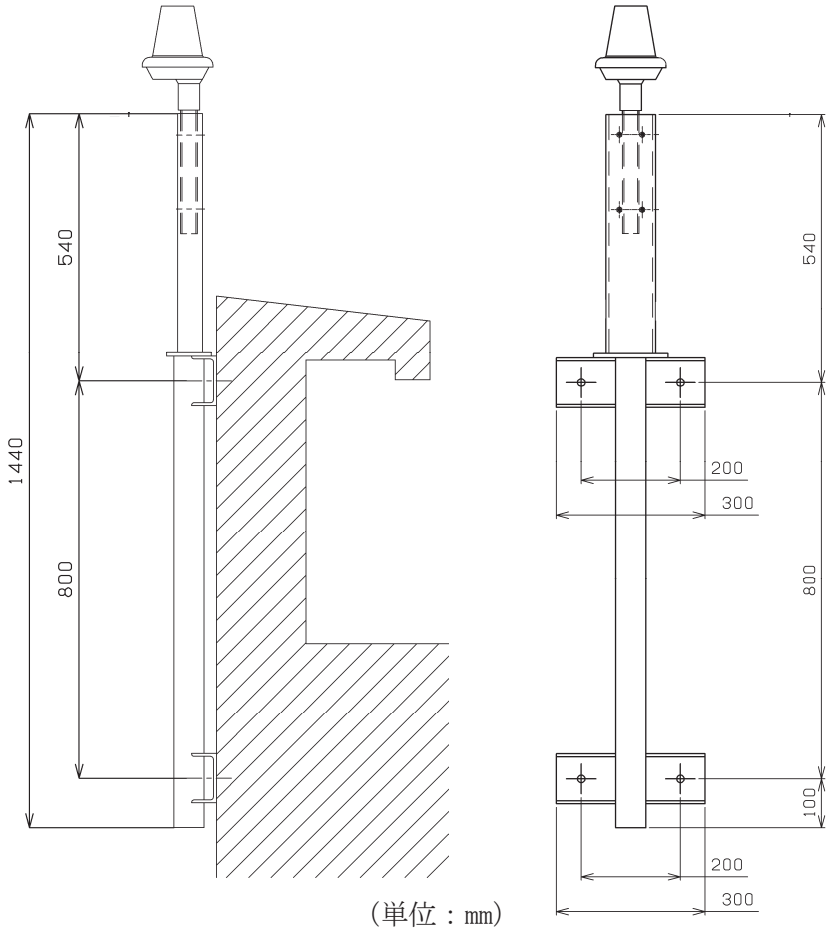


図 4-2　屋外アンテナ（中央制御室）外形図

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4-8 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-8　固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 に示す。

表 4-9　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)		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
[redacted] EL. 63.65*1	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝2.45	C_V＝1.88

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

4.6　計算方法

ＦＥＭ解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-10 の式により最大応力を算出する。なお，風荷重について，表 4-4 に示す基準速度圧が，壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい，0 度，45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。雪荷重ついては，表 4-5 に示す積雪荷重が，鉛直方向から常時作用するものとして解析を行い，最も応力の厳しい値を評価結果とする。最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-10　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，

基礎ボルトに作用するせん断力　$Q_b=\sqrt{Q_y^2+Q_z^2}$

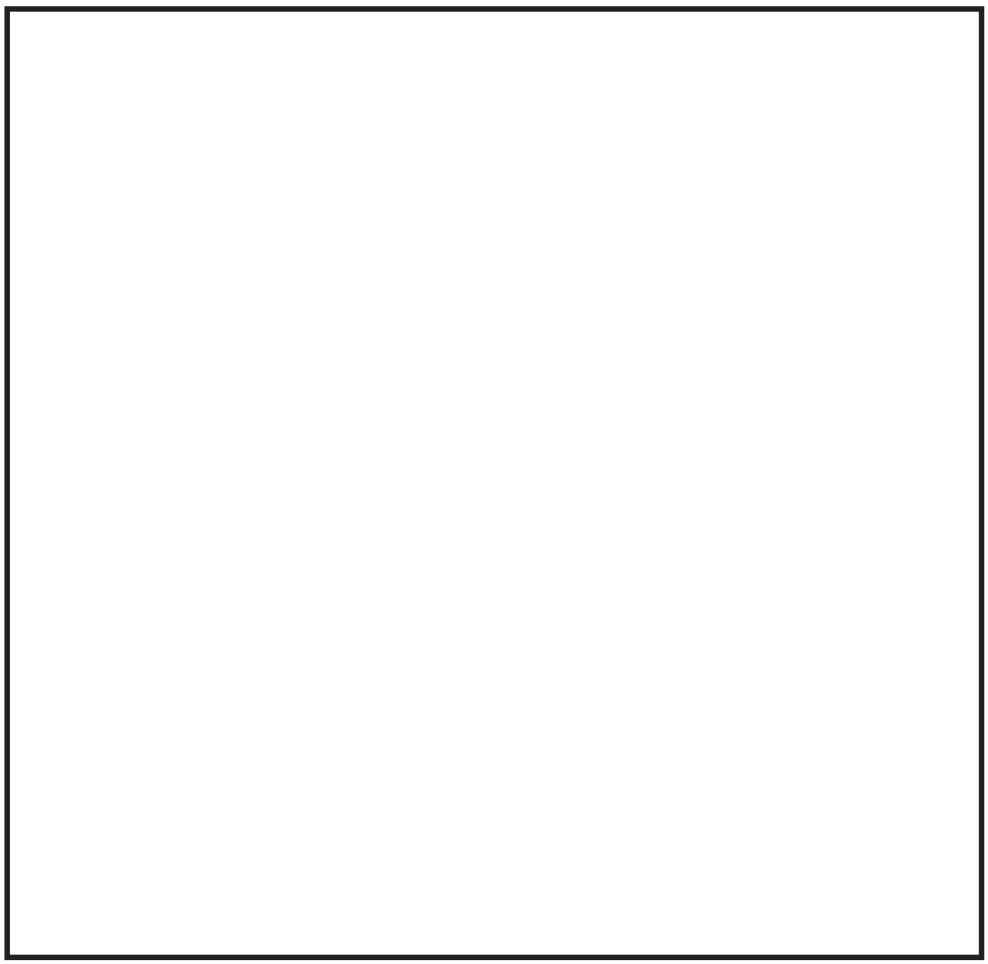


図 4-3　最大応力発生部位

4.7　計算条件

(1)　基礎ボルト

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	489.8
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N	170.7
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N	644.3
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N	666.5
A_b	基礎ボルトの断面積（M12 ボルト）	mm^2	113.1
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa	246

4.8　応力の評価

4.8.1　基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{bt}は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受ける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}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

屋外アンテナ（中央制御室）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

屋外アンテナ(中央制御室)の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
屋外アンテナ（中央制御室）	水平	8.24
	鉛直	8.16

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【屋外アンテナ（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)		基準地震動Ｓｓ		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	
	常設／防止 常設／緩和 その他	EL. 63.65*1		0.05 以下*2	C_H＝2.45	C_V＝1.88	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1.2 機器要目

4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

4.7 項に示すとおり。

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	σ_{bt}＝ 5	f_{ts}＝ 147*
		せん断	τ_b＝ 6	f_{sb}＝ 113

すべて許容応力以下である。 ＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
屋外アンテナ （中央制御室）	水平方向	2.04	8.24
	鉛直方向	1.56	8.16

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 7
3. 評価部位 8
4. 構造強度評価 8
4.1 構造強度評価 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 12
4.4 固有周期 15
4.5 設計用地震力 15
4.6 計算方法 16
4.7 計算条件 19
4.8 応力の評価 20
5. 機能維持評価 22
5.1 電気的機能維持評価方法 22
6. 評価結果 22
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 22

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

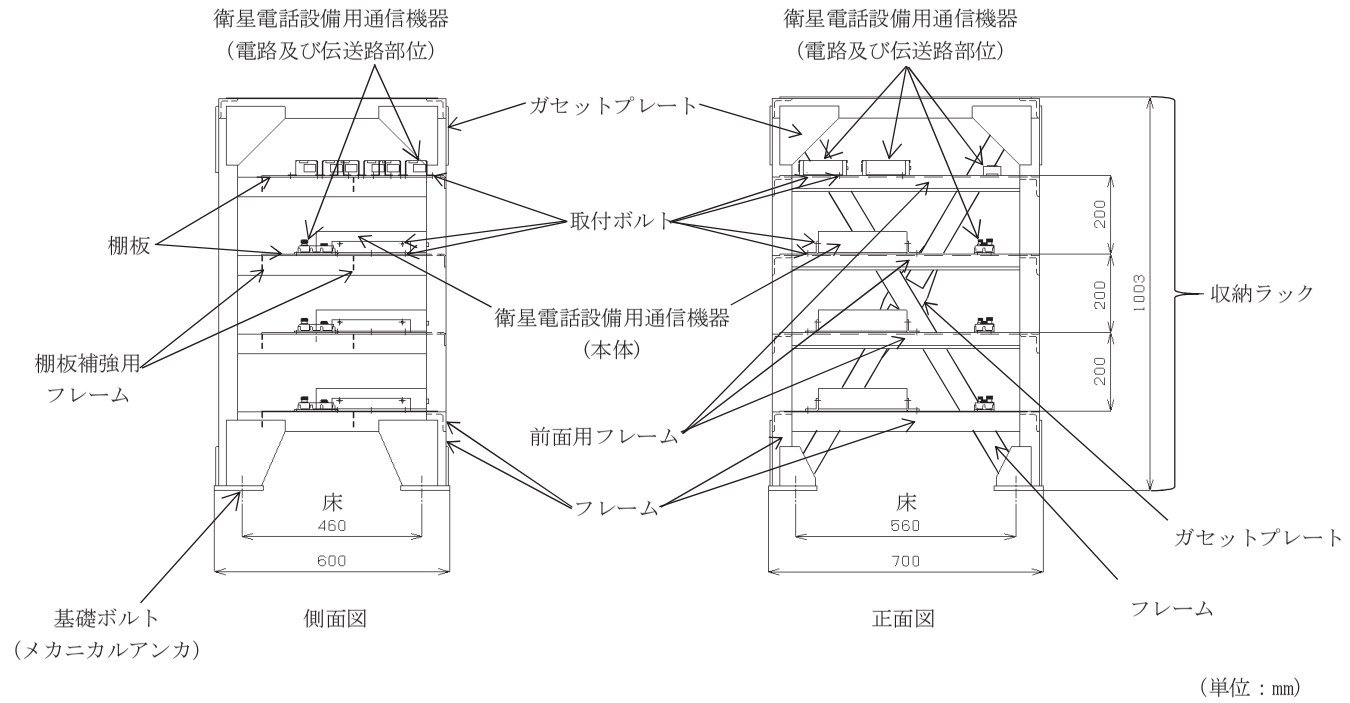
衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
フレームは，基礎ボルトにて床に固定する。 棚板及びガセットプレートは，溶接にてフレームに固定する。 衛星電話設備用通信機器は，棚板に取付金物及び取付ボルトにて固定する。	直立形 （衛星電話設備用通信機器を開放型のラックに収納する。）	

2.2　評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の部位を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　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，衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

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

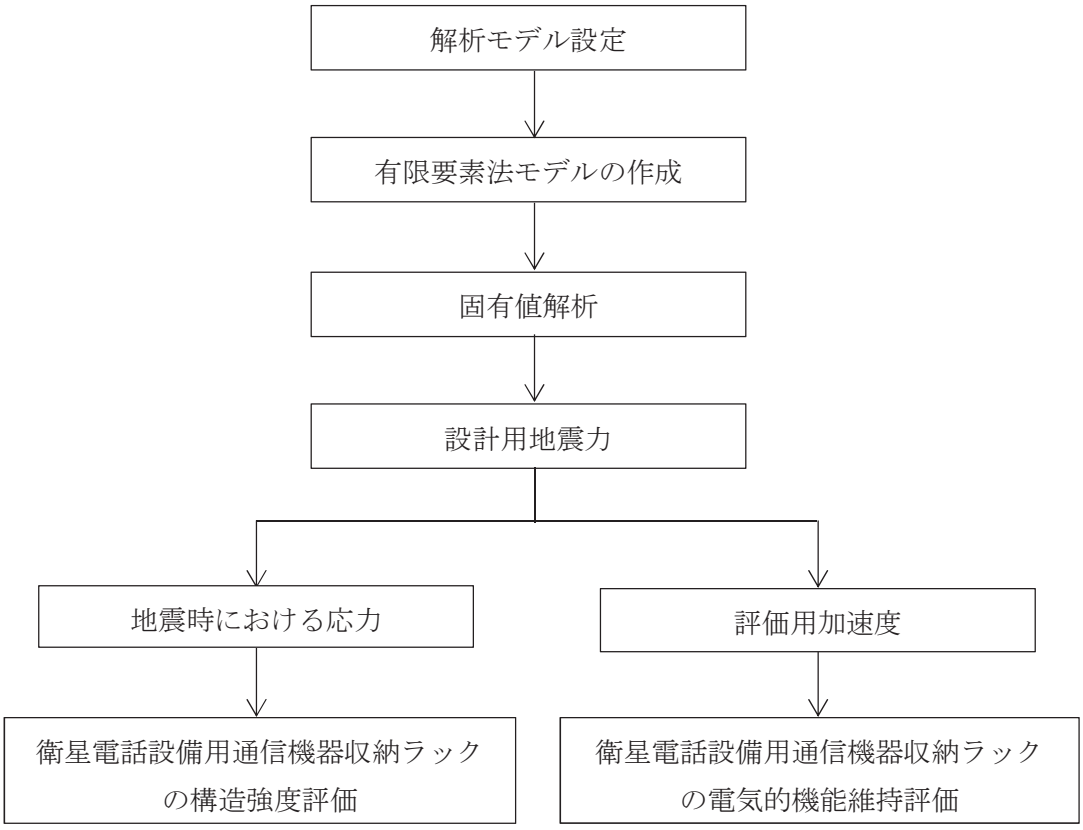


図 2-1　衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（雰囲気温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
フレームの応力計算に使用する記号		
A	フレームの断面積	mm^2
I_y	フレームの断面二次モーメント（Y軸）	mm^4
I_z	フレームの断面二次モーメント（Z軸）	mm^4
J	フレームのねじり定数	mm^4
A_y	フレームの有効せん断断面積（Y軸）	mm^2
A_z	フレームの有効せん断断面積（Z軸）	mm^2
Z_y	フレームのY軸周りの断面係数	mm^3
Z_z	フレームのZ軸周りの断面係数	mm^3
F_t	フレームに作用する引張力	N
F_c	フレームに作用する圧縮力	N
F_y	フレームに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	フレームに作用するZ軸方向のせん断力	N
M_y	フレームに作用するY軸周りの曲げモーメント	N･mm
M_z	フレームに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N･mm
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2
f_t	フレームの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_s	フレームの許容せん断応力（f_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_c	フレームの許容圧縮応力（f_c^*を1.5倍した値）	MPa
f_b	フレームの許容曲げ応力（f_b^*を1.5倍した値）	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
基礎ボルトの応力計算に使用する記号		
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N

Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
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（f_s^*を1.5倍した値）	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	MPa
σ_{bt}	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 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
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
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*1
	フレームの厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 位
面積*2		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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなるフレーム及び基礎ボルトを対象に選定する。衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価

(1) 固有周期及び荷重を求めるため，ラックを構成する鋼材をはり要素及びシェル要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行う。固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した上で，1.2 倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。

(2) 衛星電話設備用通信機器収納ラックは，建屋の床面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3) 解析モデルの質量には，ラックの質量と取付器具の質量を考慮する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の使用材料の許容応力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。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）				許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として，$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）						

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

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

表 4-3　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
フレーム	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルを図 4-1，解析モデルの諸元を表 4-4，外形図を図 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

(2)　拘束条件として，図 4-1 の△の節点について，基礎ボルト位置において XYZ 並進方向を拘束する。

(3)　取付器具の質量は取付位置での中心に付加する。フレームの質量は，はり要素の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。

(4)　部材の機器要目を表 4-5 に示す。

(5)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-49　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

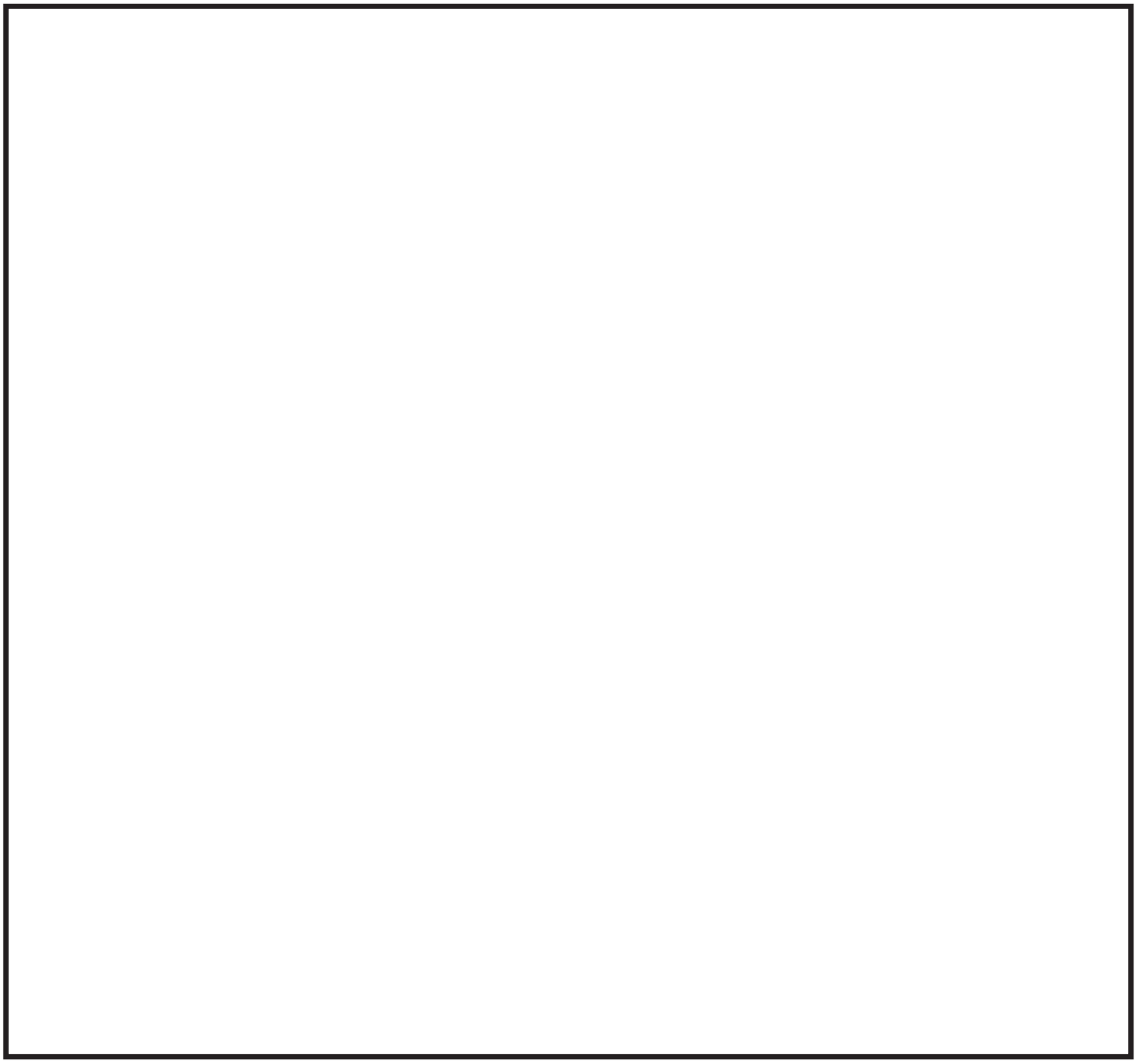


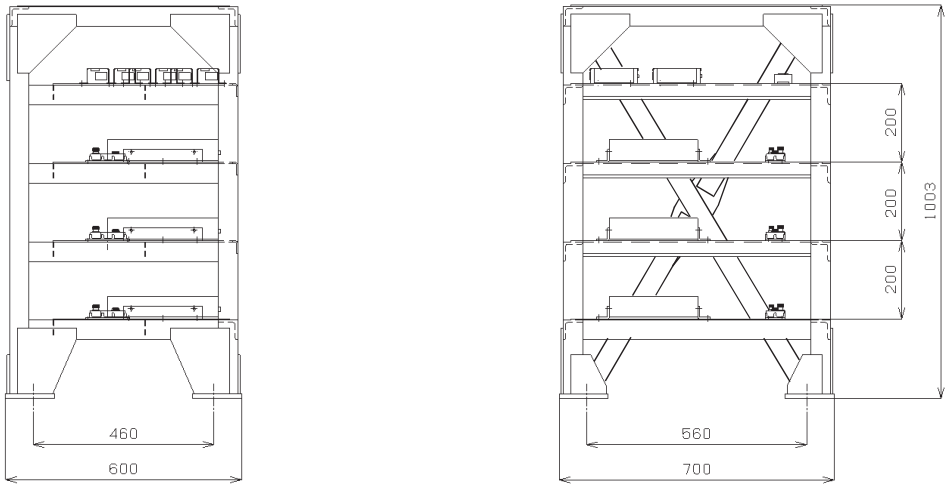
図 4-1　解析モデル図

表 4-4　解析モデルの諸元

項　目	単位	入力値
材料	－	
温度条件(雰囲気温度)	℃	
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	－	
寸法	－	図 4-2
要素数	個	
節点数	個	
質量（収納ラック）	kg	
質量（器具）	kg	

表 4-5 部材の機器要目

機器名称			衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）		
対象要素			フレーム	前面用フレーム	棚板補強用フレーム
材料					
断面形状					
寸法		mm			
断面積	A	mm^2			
断面二次モーメント	I_z	mm^4			
	I_y	mm^4			
ねじり定数	J	mm^4			
せん断面積	A_y	mm^2			
	A_z	mm^2			
断面係数	Z_y	mm^3			
	Z_z	mm^3			



（単位：mm）

側面図　　正面図

図 4-2　衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）外形図

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-6　固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 に示す。

表 4-7　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)		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
[redacted] EL. 18.00 (EL. 20.30*1)	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝1.34	C_V＝1.01

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

4.6　計算方法

4.6.1　フレームの応力評価

ＦＥＭ解析の結果から得られるフレーム部分のはり要素の荷重，モーメントを用いて，表 4-8 の式により最大応力を算出する。また，最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-8　応力計算式

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力　σ_t		MPa	$\frac{F_t}{A_t}$
せん断応力　τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y}$ ，$\frac{F_z}{A_z}$
圧縮応力　σ_c		MPa	$\frac{F_c}{A_c}$
曲げ応力　σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}$ ，$\frac{M_z}{Z_z}$
組合せ	引張＋曲げ	－	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$
	圧縮＋曲げ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$

4.6.2　基礎ボルトの応力評価

ＦＥＭ解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-9 の式により最大応力を算出する。また，最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-9　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，

基礎ボルトに作用するせん断力　$Q_b=\sqrt{Q_y^2+Q_z^2}$

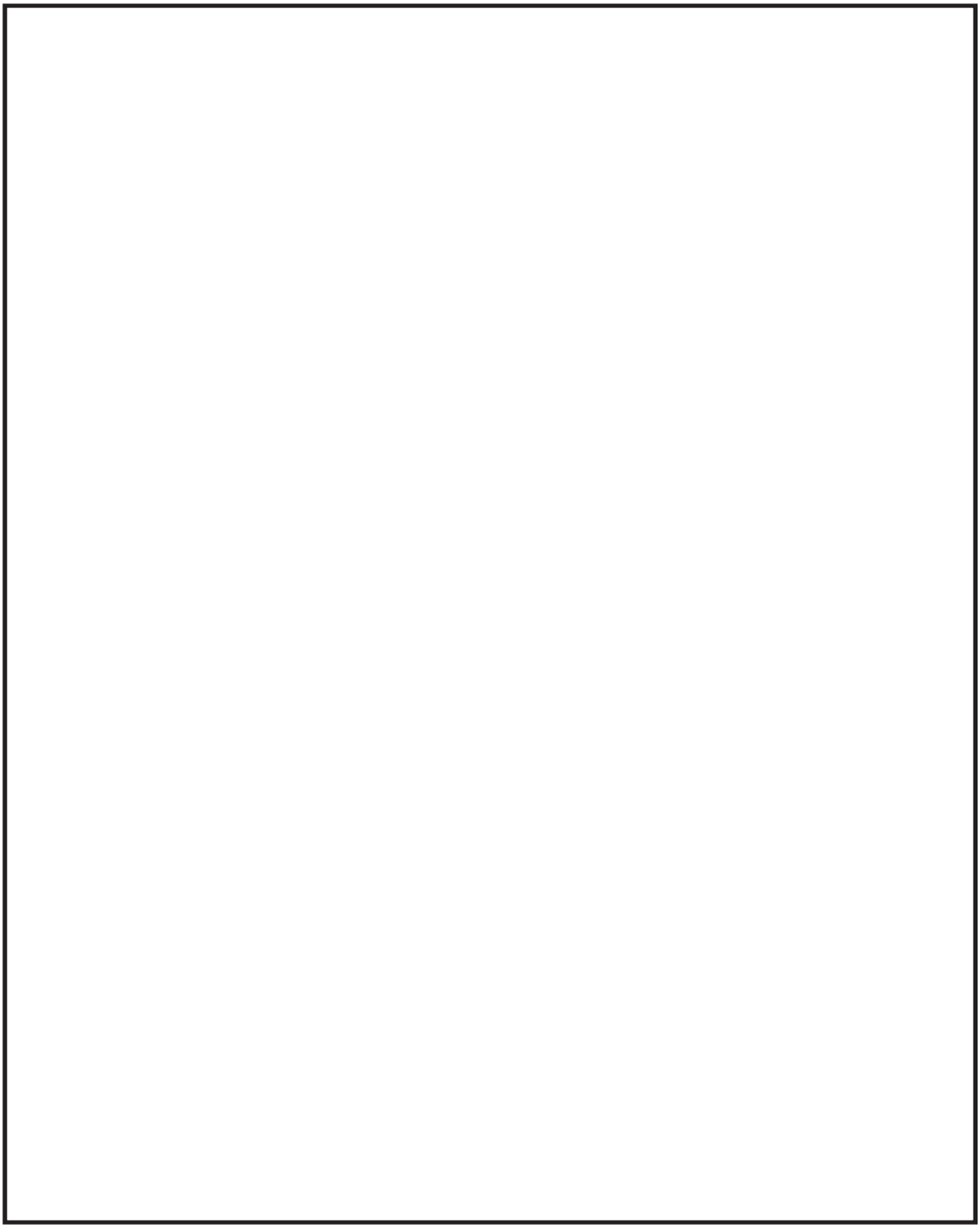


図 4-3　最大応力発生部位

4.7　計算条件

(1)フレーム

（前後＋鉛直）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	344.4
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	938.1
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	114.0
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	564.4
F_y	フレームに作用するＹ軸方向のせん断力	N	440.4
A_y	フレームの有効せん断断面積（Ｙ軸）	mm^2	246.9
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	9.043×10^4
Z_z	フレームのＺ軸周りの断面係数	mm^3	3.540×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	246

（左右＋鉛直）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	354.2
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	1.371×10^3
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	114.0
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	564.4
F_z	フレームに作用するＺ軸方向のせん断力	N	381.6
A_z	フレームの有効せん断断面積（Ｚ軸）	mm^2	246.9
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	7.151×10^4
Z_z	フレームのＺ軸周りの断面係数	mm^3	3.540×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	246

(2)基礎ボルト

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	2.236×10^3
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N	562.6
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N	209.7
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N	522.1
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2	113.1
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa	246

4.8　応力の評価

4.8.1　フレームの応力評価

(1)　4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし，許容組合せ応力は f_t 以下であること。

		基準地震動Ｓ$_s$による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t		$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s		$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	($\lambda \leqq \Lambda$)	$\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F^*}{\nu}\cdot 1.5$
	($\lambda > \Lambda$)	$0.277\cdot F^*\cdot\left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2\cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b		$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$

ただし，

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

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

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

(2)　引張力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$$

(3)　圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

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

4.8.2　基礎ボルトの応力評価

4.6.2項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{bt}は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受ける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}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）は，実機の据付状態を模擬した上で，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用 通信機器収納ラック （中央制御室）	水平	1.84
	鉛直	1.67

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備用通信機器収納ラック（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

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)		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	
	常設／防止 常設／緩和 その他	EL. 18.00 (EL. 20.30*1)		0.05 以下*2	C_H＝1.34	C_V＝1.01	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1.2 機器要目

4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

4.7 項に示すとおり。

1.4　結論

1.4.1　応力

部材	材料	応力	加速度の方向	基準地震動Ｓｓ	
				算出応力	許容応力
フレーム	□	引張り	前後+上下	$\sigma_t = 3$	$f_t = 246$
			左右+上下	$\sigma_t = 4$	
		せん断	前後+上下	$\tau = 2$	$f_s = 142$
			左右+上下	$\tau = 2$	
		圧縮	前後+上下	$\sigma_c = 2$	$f_c = 185$
			左右+上下	$\sigma_c = 3$	
		曲げ	前後+上下	$\sigma_b = 26$	$f_b = 246$
			左右+上下	$\sigma_b = 21$	
		引張＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$	
			前後+上下	0.11（無次元）	
			左右+上下	0.09（無次元）	
		圧縮＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$	
			前後+上下	0.11（無次元）	
			左右+上下	0.09（無次元）	
基礎ボルト	□	引張り	－	$\sigma_{bt} = 20$	$f_{ts} = 147^*$
		せん断		$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 113$

すべて許容応力以下である。

＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
衛星電話設備用 通信機器収納ラック （中央制御室）	水平方向	0.89	1.84
	鉛直方向	0.67	1.67

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要……1
2. 一般事項……1
2.1 構造計画……1
2.2 評価方針……3
2.2 適用基準……3
3. 評価部位……3
4. 機能維持評価……4
4.1 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

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

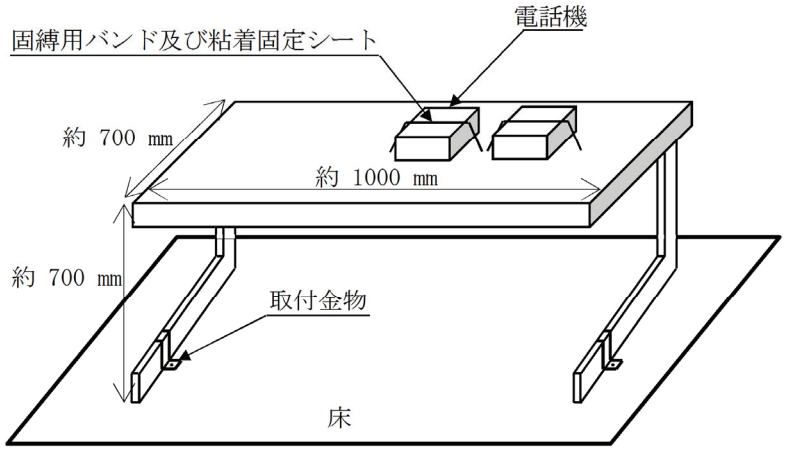
衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（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	
電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛する。 机は取付金物を使用し，ボルトで床に固定する。	電話機	

2.2　評価方針

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

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

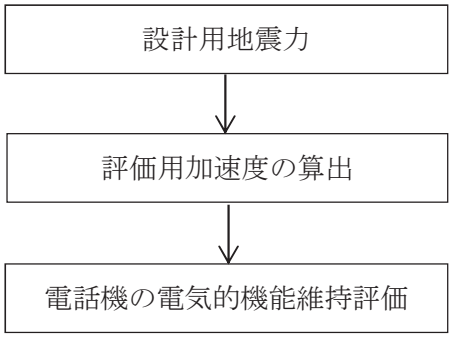


図 2-1　衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.2　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は，電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では，衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電気的機能維持評価について示す。衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の評価部位を，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 評価用加速度

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は，電話機を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机についても取付金物にて床に固定することから，設計用地震力は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す，衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の設置床における基準地震動Ｓｓに基づく設備評価用床応答曲線とし，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を適用する。

評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価用加速度 （×9.8 m/s^2）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	方向	基準地震動Ｓｓ 評価用加速度
衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）	[redacted] EL. 30.30	水平	0.67
		鉛直	0.61

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能確認済加速度について以下に示す。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は，「2.1　構造計画」に示す実機の据付状態を模擬した上で，机及び固縛を含め加振台上に設置した上で，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気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　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）	水平	1.79
	鉛直	1.66

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
衛星電話設備 （固定型） （緊急時対策所）	水平方向	0.67	1.79
	鉛直方向	0.61	1.66

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 6
3. 評価部位 7
4. 構造強度評価 7
4.1 構造強度評価 7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 7
4.3 解析モデル及び諸元 11
4.4 固有周期 14
4.5 設計用地震力 14
4.6 計算方法 15
4.7 計算条件 17
4.8 応力の評価 17
5. 機能維持評価 18
5.1 電気的機能維持評価方法 18
6. 評価結果 18
6.1 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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，屋外アンテナ（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

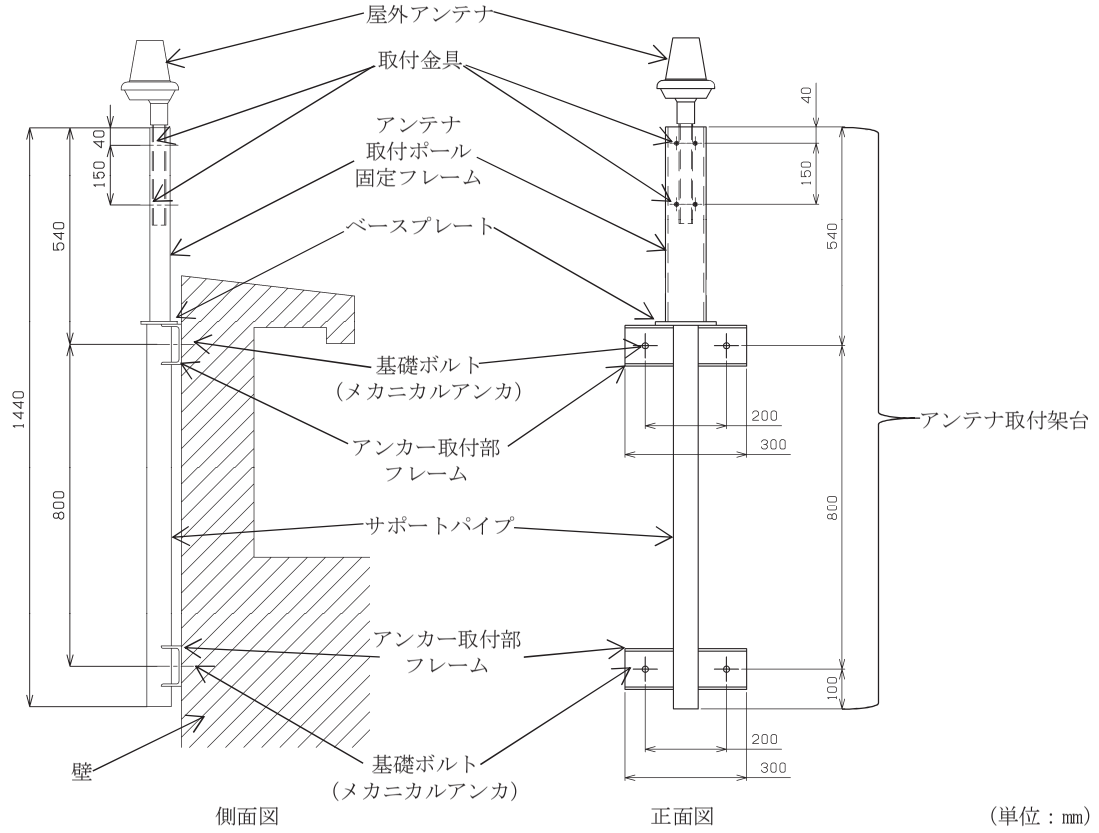
屋外アンテナ（緊急時対策所）は，設計基準対象施設においてはCクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

屋外アンテナ（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 アンテナ取付架台は，アンテナ取付ポール固定フレーム，ベースプレート，サポートパイプ及びアンカー取付け部フレームより構成する。 アンテナ取付架台は，基礎ボルトにて壁に固定する。	屋外アンテナ	

2.2　評価方針

屋外アンテナ（緊急時対策所）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す屋外アンテナ（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，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　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，屋外アンテナ（緊急時対策所）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

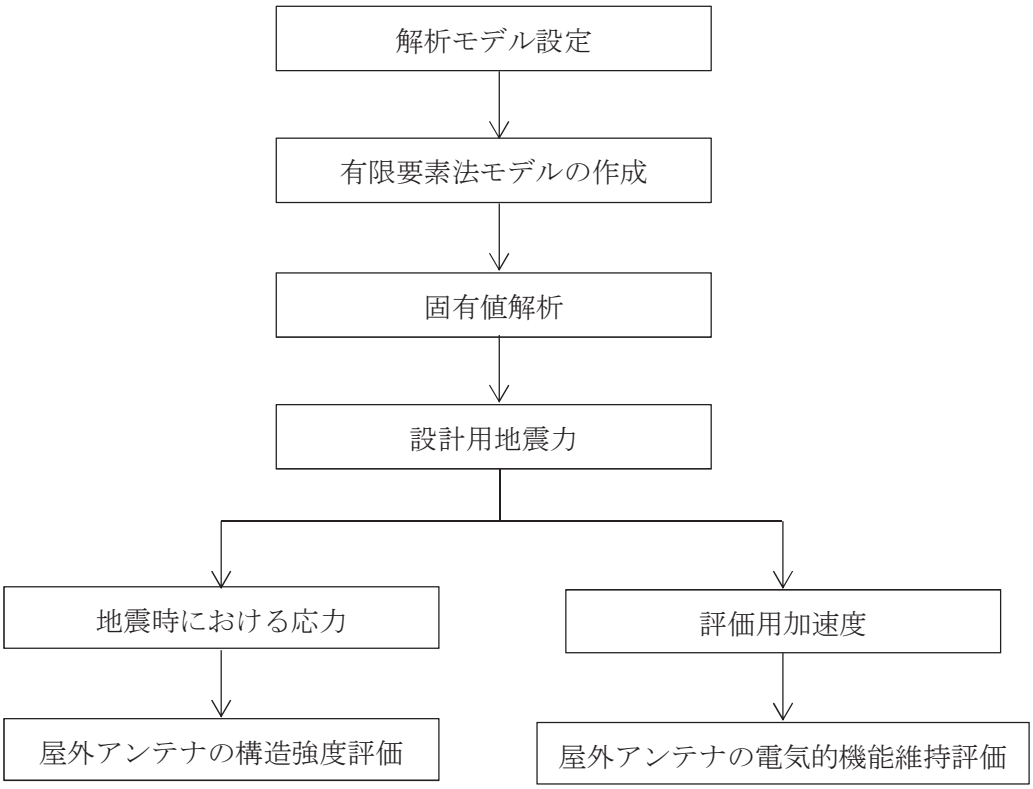


図 2-1　屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（雰囲気温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa
A	アンテナ取付架台の断面積	mm^2
I_y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント（Y軸）	mm^4
I_z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント（Z軸）	mm^4
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm^4
A_y	アンテナ取付架台の有効せん断面積（Y軸）	mm^2
A_z	アンテナ取付架台の有効せん断面積（Z軸）	mm^2
Z_y	アンテナ取付架台の断面係数（Y軸）	mm^3
Z_z	アンテナ取付架台の断面係数（Z軸）	mm^3
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Q_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
Q_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
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（f_s^*を1.5倍した値）	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	MPa
σ_{bt}	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
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
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

屋外アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。屋外アンテナ（緊急時対策所）の評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価

(1) 固有周期及び荷重を求めるため，アンテナ取付架台をはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行う。固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した上で，1.2 倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。

(2) 屋外アンテナは，建屋の壁面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3) 解析モデルの質量には，屋外アンテナの質量とアンテナ取付架台の質量を考慮する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

屋外アンテナ（緊急時対策所）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

屋外アンテナ（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 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

4.2.5 積雪荷重

積雪荷重は，単位荷重 20 N/cm/m^2 *を使用し，屋外アンテナ（緊急時対策所）の架台形状を踏まえ，作用する積雪荷重を算出する。算出した積雪荷重を表 4-5 に示す。

注記　＊：積雪量 1 cm ごとに 1 m^2 あたり 20 N であることを示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	屋外アンテナ（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和 その他	－*2	$D+P_D+M_D+S_s+P_k+P_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_k+P_s$	V_AS （V_ASとして，$Ⅳ_AS$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，「その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊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 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	
	引張り	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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

表 4-4　基準速度圧

作用する部位	基準速度圧 (N/m^2)
アンテナ取付架台	1533.6

表 4-5　積雪荷重

作用する部位	積雪荷重 (N)
アンテナ取付架台	9.502

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの諸元を表 4-6，外形図を図 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

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

(3)　拘束条件として，図 4-1 の△の節点について，基礎ボルトにて壁面に固定されるため，XYZ 並進方向を拘束する。かつ，アンカー取付部フレームと壁面が接していることから，X 軸回りの回転を拘束する。

(4)　部材の機器要目を表 4-7 に示す。

(5)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-49　計算機プログラム（解析コード）の概要　・ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

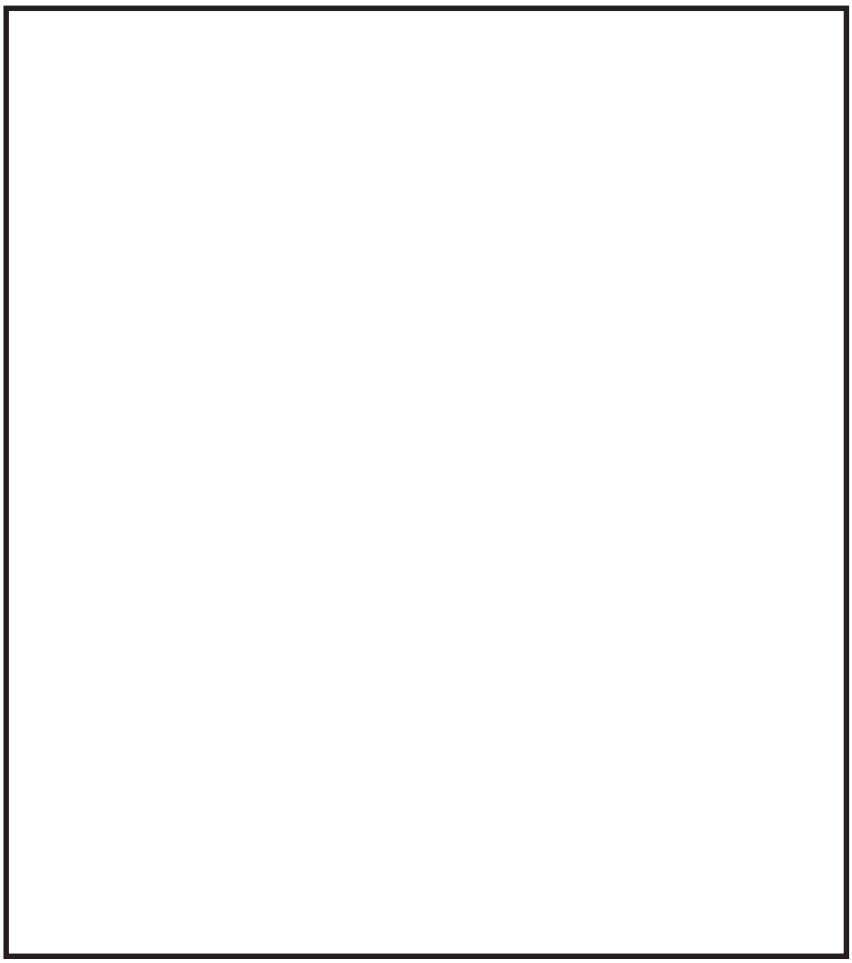


図 4-1　解析モデル図

表 4-6　解析モデルの諸元

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

表 4-7 部材の機器要目

機器名称			屋外アンテナ（緊急時対策所）			
対象要素			アンカー取付部 フレーム	サポート パイプ	ベースプレート	アンテナ取付 ポールフレーム
材料						
断面形状						
寸法		mm				
断面積	A	mm^2				
断面二次モーメント	I_z	mm^4				
	I_y	mm^4				
ねじり定数	J	mm^4				
せん断面積	A_y	mm^2				
	A_z	mm^2				
断面係数	Z_y	mm^3				
	Z_z	mm^3				

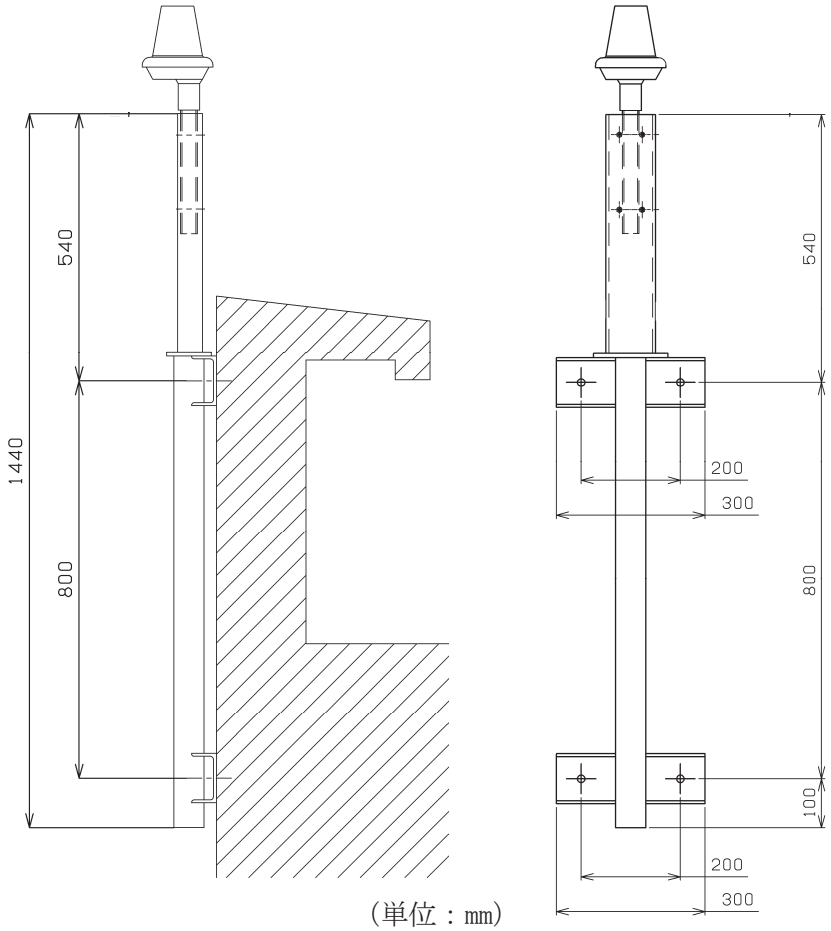


図 4-2　屋外アンテナ（緊急時対策所）外形図

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4-8 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-8　固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 に示す。

表 4-9　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)		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
[redacted] EL. 51.00*1	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝1.93	C_V＝1.45

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

4.6　計算方法

ＦＥＭ解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-10 の式により最大応力を算出する。なお，風荷重について，表 4-4 に示す基準速度圧が，壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい，0 度，45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。雪荷重の考慮については，表 4-5 に示す積雪荷重が，鉛直方向から常時作用するものとして解析を行い，最も応力の厳しい値を評価結果とする。最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-10　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，

基礎ボルトに作用するせん断力　$Q_b=\sqrt{Q_y^2+Q_z^2}$

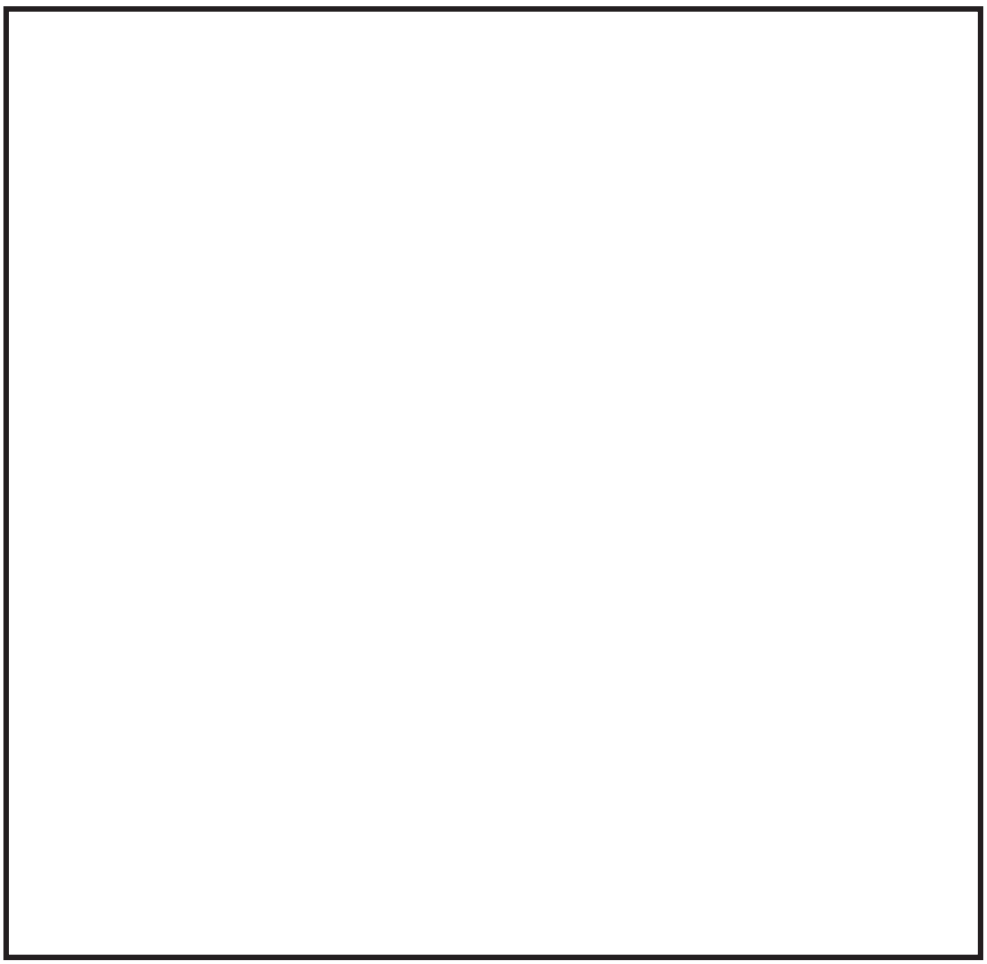


図 4-3　最大応力発生部位

4.7　計算条件

(1)　基礎ボルト

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	404.0
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N	136.1
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N	531.9
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断応力	N	549.0
A_b	基礎ボルトの断面積（M12 ボルト）	mm^2	113.1
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa	246

4.8　応力の評価

4.8.1　基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{bt}は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受ける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}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

屋外アンテナ（緊急時対策所）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

屋外アンテナ（緊急時対策所）の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
屋外アンテナ（緊急時対策所）	水平	8.24
	鉛直	8.16

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

屋外アンテナ（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【屋外アンテナ（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)		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	
屋外アンテナ (緊急時対策所)	常設／防止 常設／緩和 その他	EL. 51.00*1		0.05 以下*2	C_H＝1.93	C_V＝1.45	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1.2 機器要目

4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

4.7 項に示すとおり。

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	σ_{bt}＝ 4	f_{ts}＝ 147*
		せん断	τ_b＝ 5	f_{sb}＝ 113

すべて許容応力以下である。 ＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b, f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
屋外アンテナ (緊急時対策所)	水平方向	1.61	8.24
	鉛直方向	1.21	8.16

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 7
3. 評価部位 8
4. 構造強度評価 8
4.1 構造強度評価 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 12
4.4 固有周期 15
4.5 設計用地震力 15
4.6 計算方法 16
4.7 計算条件 19
4.8 応力の評価 20
5. 機能維持評価 22
5.1 電気的機能維持評価方法 22
6. 評価結果 22
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 22

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

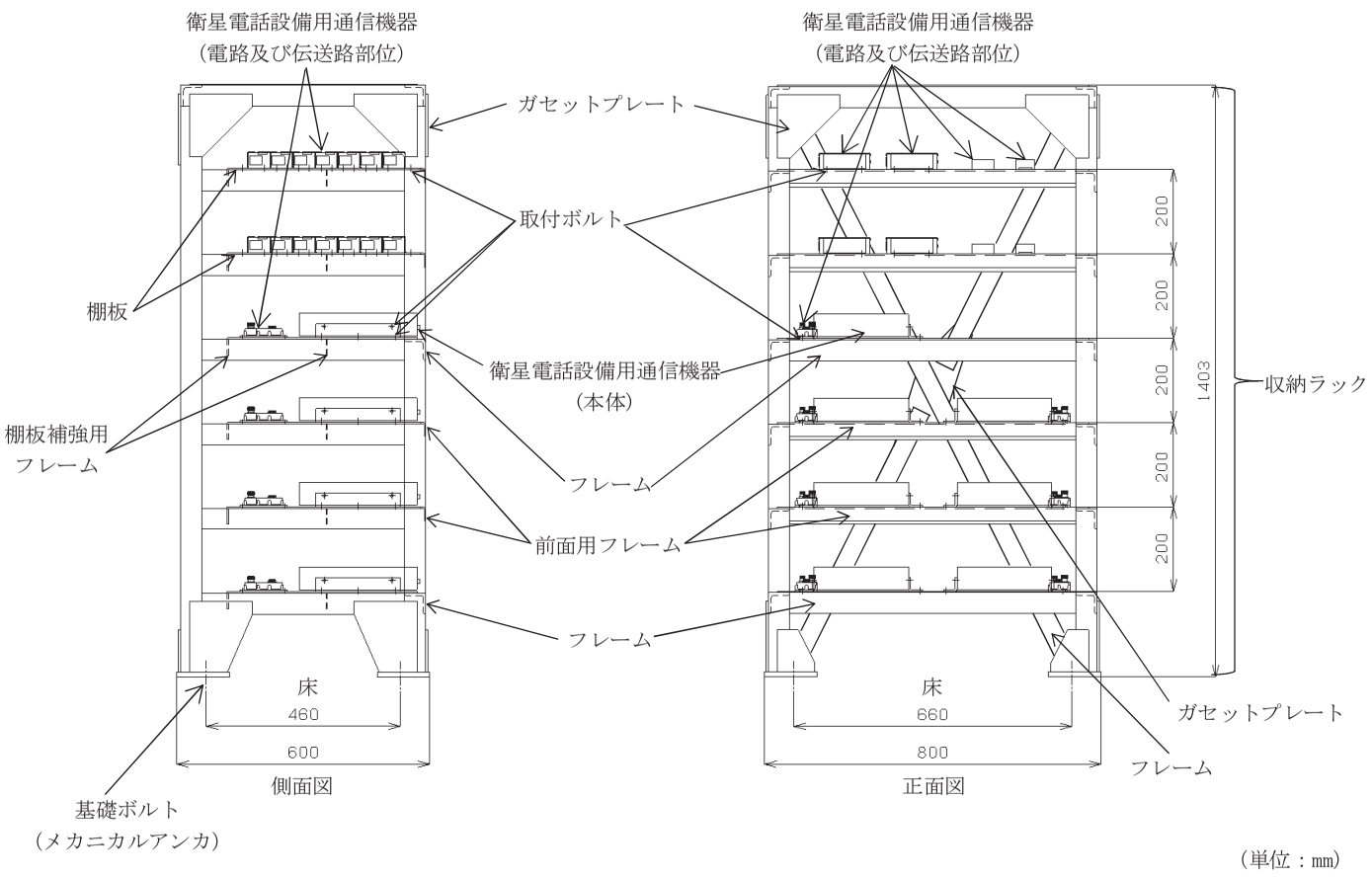
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
フレームは，基礎ボルトにて床に固定する。 棚板及びガセットプレートは，溶接にてフレームに固定する。 衛星電話設備用通信機器は，棚板に取付金物及び取付ボルトにて固定する。	直立形 （衛星電話設備用通信機器を開放型のラックに収納する。）	

2.2　評価方針

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の部位を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　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，衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

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

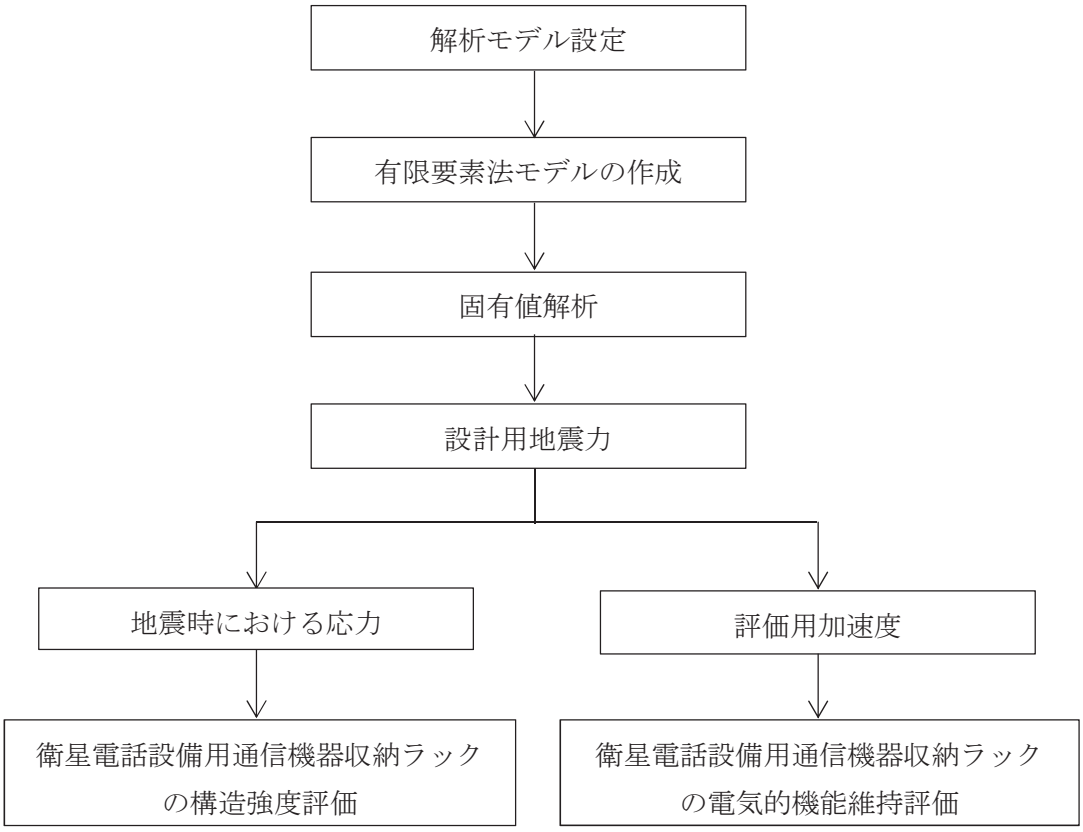


図 2-1　衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（雰囲気温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
フレームの応力計算に使用する記号		
A	フレームの断面積	mm^2
I_y	フレームの断面二次モーメント（Y軸）	mm^4
I_z	フレームの断面二次モーメント（Z軸）	mm^4
J	フレームのねじり定数	mm^4
A_y	フレームの有効せん断断面積（Y軸）	mm^2
A_z	フレームの有効せん断断面積（Z軸）	mm^2
Z_y	フレームのY軸周りの断面係数	mm^3
Z_z	フレームのZ軸周りの断面係数	mm^3
F_t	フレームに作用する引張力	N
F_c	フレームに作用する圧縮力	N
F_y	フレームに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	フレームに作用するZ軸方向のせん断力	N
M_y	フレームに作用するY軸周りの曲げモーメント	N･mm
M_z	フレームに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N･mm
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2
f_t	フレームの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_s	フレームの許容せん断応力（f_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_c	フレームの許容圧縮応力（f_c^*を1.5倍した値）	MPa
f_b	フレームの許容曲げ応力（f_b^*を1.5倍した値）	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
基礎ボルトの応力計算に使用する記号		
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N

Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
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（f_s^*を1.5倍した値）	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	MPa
σ_{bt}	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 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
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
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*1
	フレームの厚さ	mm	—	—	小数点以下第 1 位
面積*2		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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなるフレーム及び基礎ボルトを対象に選定する。衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価

(1) 固有周期及び荷重を求めるため，ラックを構成する鋼材をはり要素及びシェル要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行う。固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した上で，1.2 倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。

(2) 衛星電話設備用通信機器収納ラックは，建屋の床面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3) 解析モデルの質量には，ラックの質量と取付器具の質量を考慮する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2 許容応力

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の使用材料の許容応力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。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）				許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS（V_ASとして，$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）						

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

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

表 4-3　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（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
フレーム	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルを図 4-1，解析モデルの諸元を表 4-4，外形図を図 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。

(2)　拘束条件として，図 4-1 の△の節点について，基礎ボルト位置において XYZ 並進方向を拘束する。

(3)　取付器具の質量は取付位置での中心に付加する。フレームの質量は，はり要素の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。

(4)　部材の機器要目を表 4-5 に示す。

(5)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-49　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

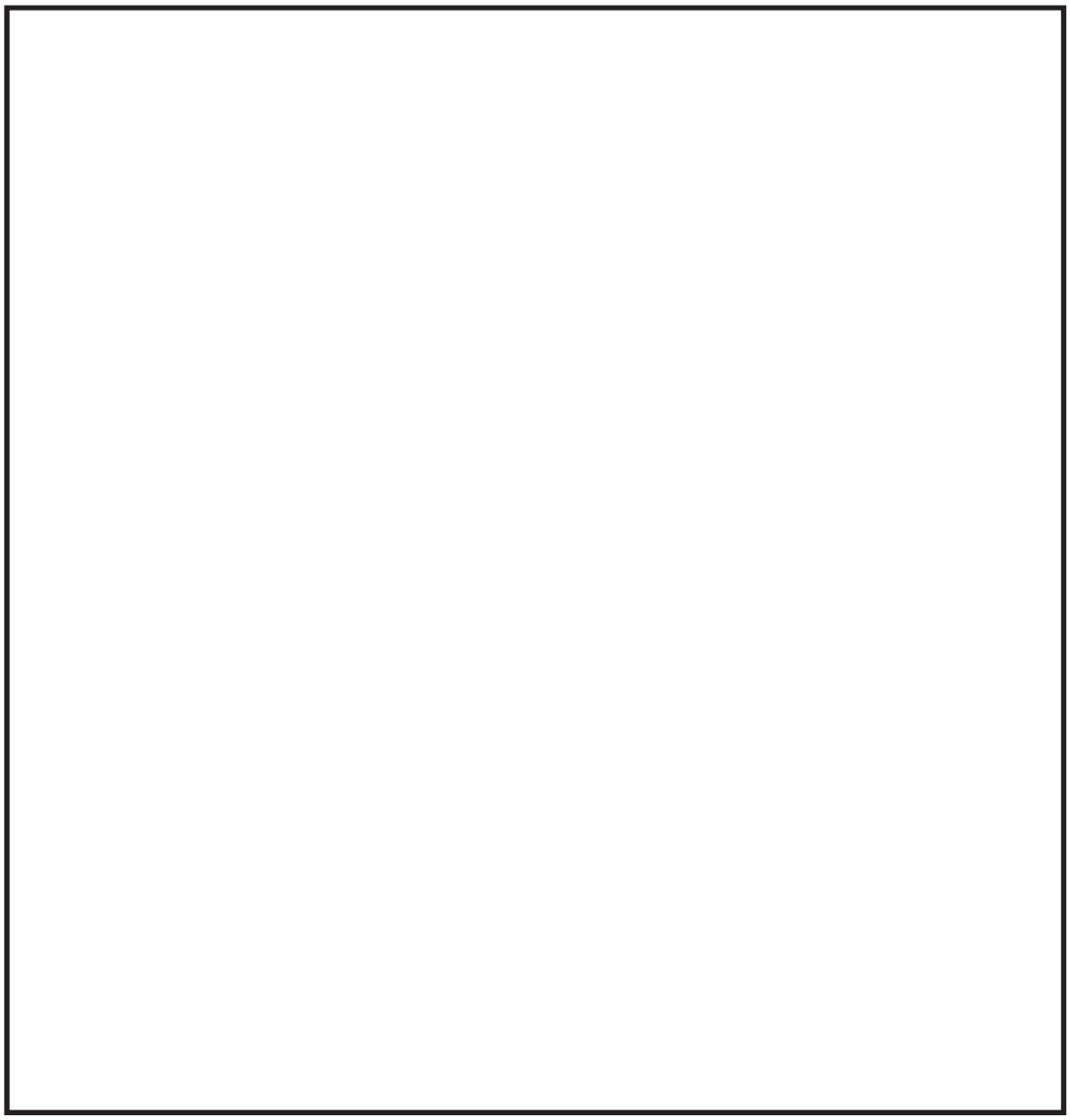


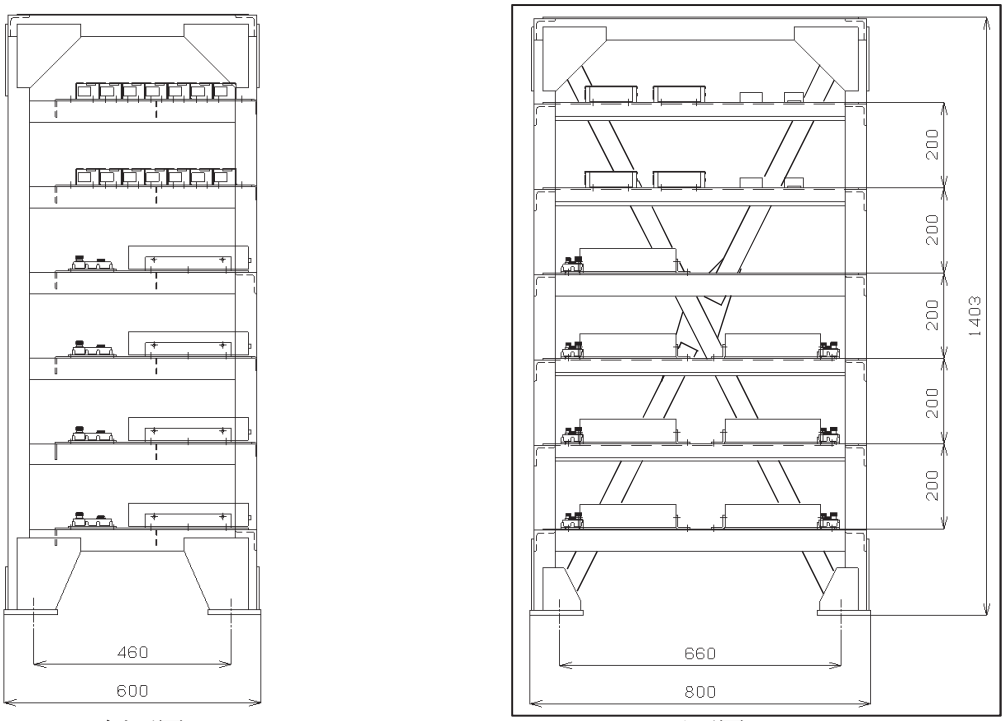
図 4-1　解析モデル図

表 4-4　解析モデルの諸元

項　目	単位	入力値
材料	－	
温度条件(雰囲気温度)	℃	
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	－	
寸法	－	図 4-2
要素数	個	
節点数	個	
質量（収納ラック）	kg	
質量（器具）	kg	

表 4-5 部材の機器要目

機器名称			衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）		
対象要素			フレーム	前面用フレーム	棚板補強用フレーム
材料					
断面形状					
寸法		mm			
断面積	A	mm^2			
断面二次モーメント	I_z	mm^4			
	I_y	mm^4			
ねじり定数	J	mm^4			
せん断面積	A_y	mm^2			
	A_z	mm^2			
断面係数	Z_y	mm^3			
	Z_z	mm^3			



側面図　　（単位：mm）　　正面図

図 4-2　衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）外形図

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-6　固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 に示す。

表 4-7　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)		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
[redacted] EL. 30.30*1	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝1.34	C_V＝1.01

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

4.6　計算方法

4.6.1　フレームの応力評価

ＦＥＭ解析の結果から得られるフレーム部分のはり要素の荷重，モーメントを用いて，表 4-8 の式により最大応力を算出する。また，最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-8　応力計算式

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力　σ_t		MPa	$\frac{F_t}{A_t}$
せん断応力　τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y}$ ，$\frac{F_z}{A_z}$
圧縮応力　σ_c		MPa	$\frac{F_c}{A_c}$
曲げ応力　σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}$ ，$\frac{M_z}{Z_z}$
組合せ	引張＋曲げ	－	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$
	圧縮＋曲げ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$

4.6.2　基礎ボルトの応力評価

ＦＥＭ解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-9 の式により最大応力を算出する。また，最大応力発生部位を図 4-3 に示す。

表 4-9　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，

基礎ボルトに作用するせん断力　$Q_b=\sqrt{Q_y^2+Q_z^2}$

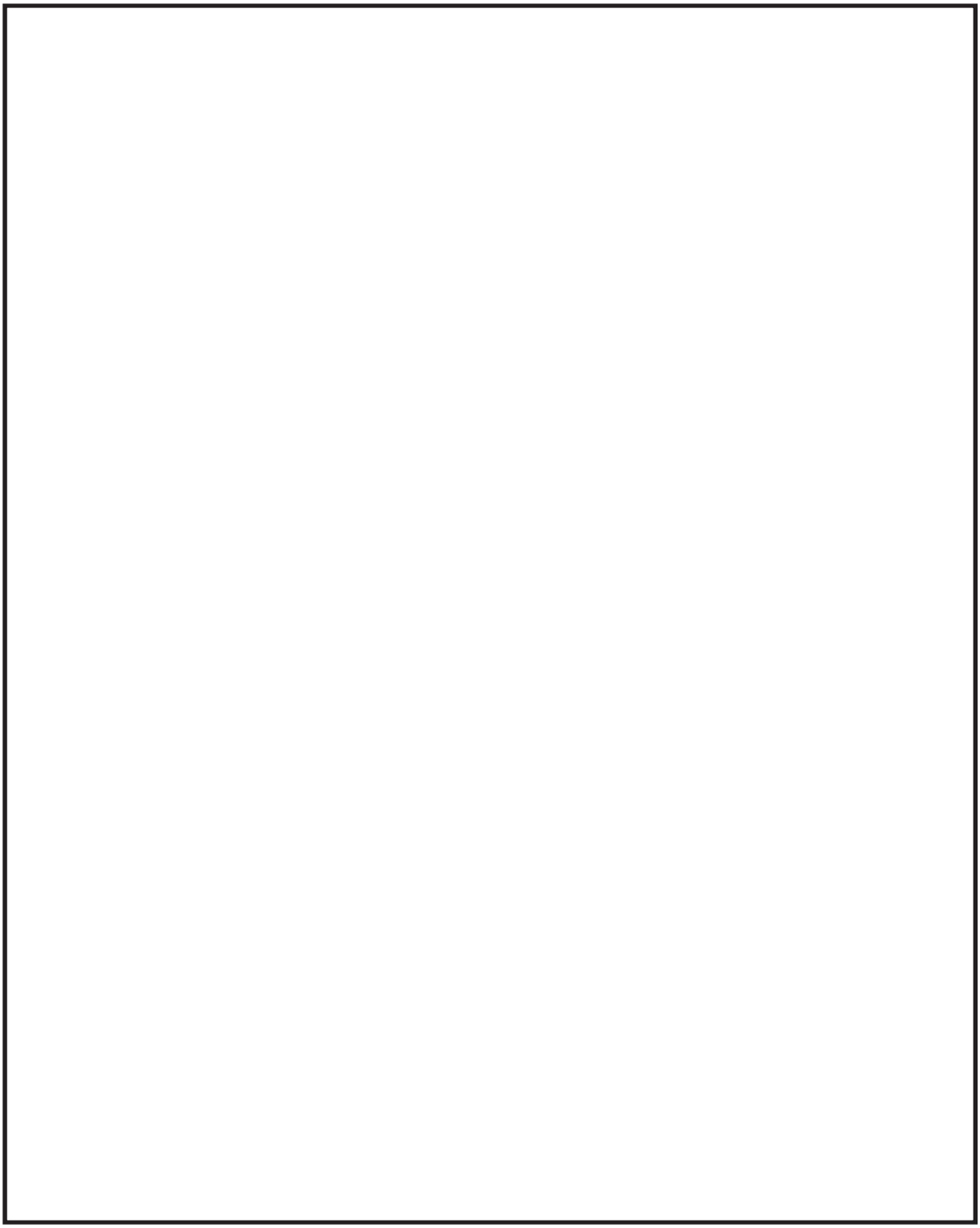


図 4-3　最大応力発生部位

4.7　計算条件

(1)フレーム

（前後＋鉛直）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	846.2
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	2.105×10^3
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	114.0
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	564.4
F_y	フレームに作用するＹ軸方向のせん断力	N	778.7
A_y	フレームの有効せん断断面積（Ｙ軸）	mm^2	246.9
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	1.674×10^5
Z_z	フレームのＺ軸周りの断面係数	mm^3	3.540×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	246

（左右＋鉛直）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	864.0
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	2.688×10^3
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	114.0
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	564.4
F_y	フレームに作用するＹ軸方向のせん断力	N	758.7
A_y	フレームの有効せん断断面積（Ｙ軸）	mm^2	246.9
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	1.522×10^5
Z_z	フレームのＺ軸周りの断面係数	mm^3	3.540×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	246

(2)基礎ボルト

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	4.399×10^3
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N	923.4
Q_y	基礎ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N	231.5
Q_z	基礎ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N	893.9
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2	113.1
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa	246

4.8　応力の評価

4.8.1　フレームの応力評価

(1)　4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし，許容組合せ応力は f_t 以下であること。

		基準地震動Ｓ$_s$による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t		$\dfrac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s		$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$(\lambda \leqq \Lambda)$	$\left\{1-0.4\cdot\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\dfrac{F^*}{\nu}\cdot 1.5$
	$(\lambda > \Lambda)$	$0.277\cdot F^*\cdot\left(\dfrac{\Lambda}{\lambda}\right)^2\cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b		$\dfrac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$

ただし，

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

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

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

(2)　引張力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$$

(3)　圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

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

4.8.2　基礎ボルトの応力評価

4.6.2項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{bt}は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受ける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}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）は，実機の据付状態を模擬した上で，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用 通信機器収納ラック （緊急時対策所）	水平	1.84
	鉛直	1.67

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

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)		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	
衛星電話設備用通信機器収納ラック（緊急時対策所）	常設／防止 常設／緩和 その他	EL. 30.30*1	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝1.54	C_V＝1.36	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1.2 機器要目

4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

4.7 項に示すとおり。

1.4　結論

1.4.1　応力

部材	材料	応力	加速度の方向	基準地震動Ｓｓ	
				算出応力	許容応力
フレーム	□	引張り	前後+上下	$\sigma_t = 8$	$f_t = 246$
			左右+上下	$\sigma_t = 8$	
		せん断	前後+上下	$\tau = 4$	$f_s = 142$
			左右+上下	$\tau = 3$	
		圧縮	前後+上下	$\sigma_c = 4$	$f_c = 139$
			左右+上下	$\sigma_c = 5$	
		曲げ	前後+上下	$\sigma_b = 48$	$f_b = 246$
			左右+上下	$\sigma_b = 43$	
		引張＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$	
			前後+上下	0.20（無次元）	
			左右+上下	0.19（無次元）	
		圧縮＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$	
			前後+上下	0.20（無次元）	
			左右+上下	0.18（無次元）	
基礎ボルト	□	引張り	－	$\sigma_{bt} = 39$	$f_{ts} = 147^*$
		せん断		$\tau_b = 9$	$f_{sb} = 113$

すべて許容応力以下である。

＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　（×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
衛星電話設備用 通信機器収納ラック （緊急時対策所）	水平方向	0.67	1.84
	鉛直方向	0.61	1.67

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要……1
2. 一般事項……1
2.1 構造計画……1
2.2 評価方針……2
2.3 適用基準……2
3. 評価部位……2
4. 機能維持評価……3
4.1 評価用加速度……3
4.2 機能確認済加速度……4
5. 評価結果……5
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果……5

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき，ＳＰＤＳデータ表示装置が設計用地震力に対して十分な電気的機能を有していることを説明するものである。

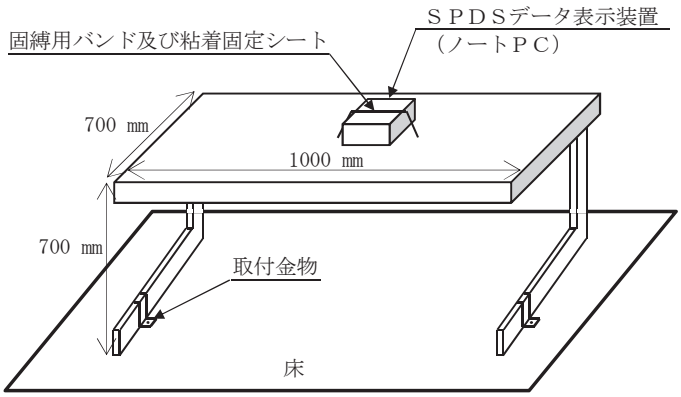
ＳＰＤＳデータ表示装置は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ＳＰＤＳデータ表示装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　ＳＰＤＳデータ表示装置の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ノートＰＣを固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛する。 机は取付金物を使用し，ボルトで床に固定する。	ノートＰＣ	

2.2　評価方針

ＳＰＤＳデータ表示装置の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「4.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ＳＰＤＳデータ表示装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

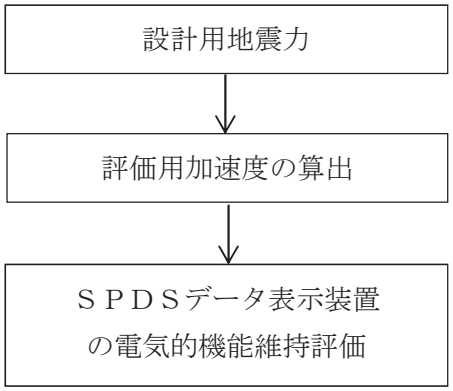


図 2-1　ＳＰＤＳデータ表示装置の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984，ＪＥＡＧ４６０１－1987 及びＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版）（日本電気協会　電気技術基準調査委員会　昭和 59 年 9 月，昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）

3.　評価部位

ＳＰＤＳデータ表示装置は，ノートＰＣを固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では，ＳＰＤＳデータ表示装置の電気的機能維持評価について示す。ＳＰＤＳデータ表示装置の評価部位を，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 機能維持評価

4.1 評価用加速度

ＳＰＤＳデータ表示装置は，ノートＰＣを固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから，机が支持している。机についても取付金物にて床に固定することから，設計用地震力は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す，ＳＰＤＳデータ表示装置の設置床における基準地震動Ｓｓに基づく設備評価用床応答曲線とし，評価用加速度には，据付場所の設備評価用床最大加速度を適用する。

評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1　評価用加速度　（×9.8 m/s^2）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	方向	評価用加速度
ＳＰＤＳデータ表示装置	緊急時対策所建屋 [redacted]	水平	0.67
		鉛直	0.61

注記　＊1：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

ＳＰＤＳデータ表示装置の機能確認済加速度について以下に示す。

ＳＰＤＳデータ表示装置について，実機の据付状態を模擬し，加振台上に机を設置し，机上にはＳＰＤＳデータ表示装置（ノートＰＣ）を固縛した上で，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
ＳＰＤＳデータ表示装置	水平	1.80
	鉛直	1.65

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ＳＰＤＳデータ表示装置の重大事故等の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電気的機能を有していることを確認した。

(1)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【ＳＰＤＳデータ表示装置の耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
ＳＰＤＳデータ表示装置	水平方向	0.67	1.80
	鉛直方向	0.61	1.65

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-4　安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）
無線通信用アンテナの耐震性についての計算書

目次

1. 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側） ····· 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 適用基準 ····· 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 固有周期の算出方法 ····· 7
1.4.3 固有周期の算出結果 ····· 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 電気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. 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側） ····· 21
2.1 概要 ····· 21
2.2 一般事項 ····· 21
2.2.1 構造計画 ····· 21
2.2.2 評価方針 ····· 23
2.2.3 適用基準 ····· 24
2.2.4 記号の説明 ····· 25
2.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 26
2.3 評価部位 ····· 27
2.4 固有周期 ····· 27

2.4.1　基本方針 ····· 27
2.4.2　固有周期の算出方法 ····· 27
2.4.3　固有周期の算出結果 ····· 27
2.5　構造強度評価 ····· 28
2.5.1　構造強度評価方法 ····· 28
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 28
2.5.3　設計用地震力 ····· 32
2.5.4　計算方法 ····· 33
2.5.5　計算条件 ····· 35
2.5.6　応力の評価 ····· 36
2.6　機能維持評価 ····· 37
2.6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 37
2.7　評価結果 ····· 38
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 38

1. 無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）

1.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

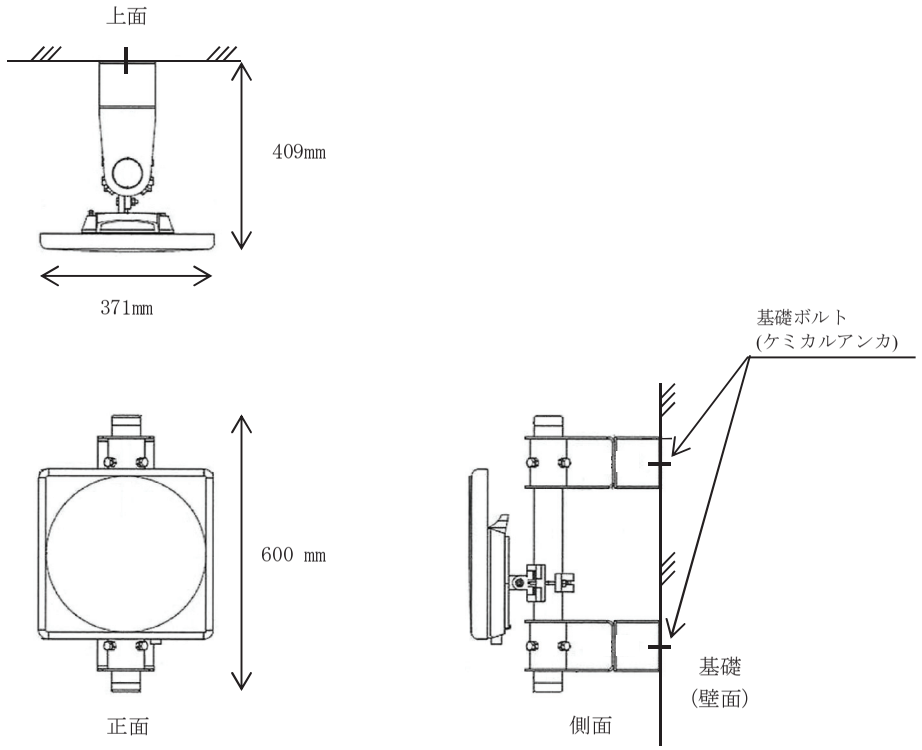
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の構造計画を表1－2－1に示す。

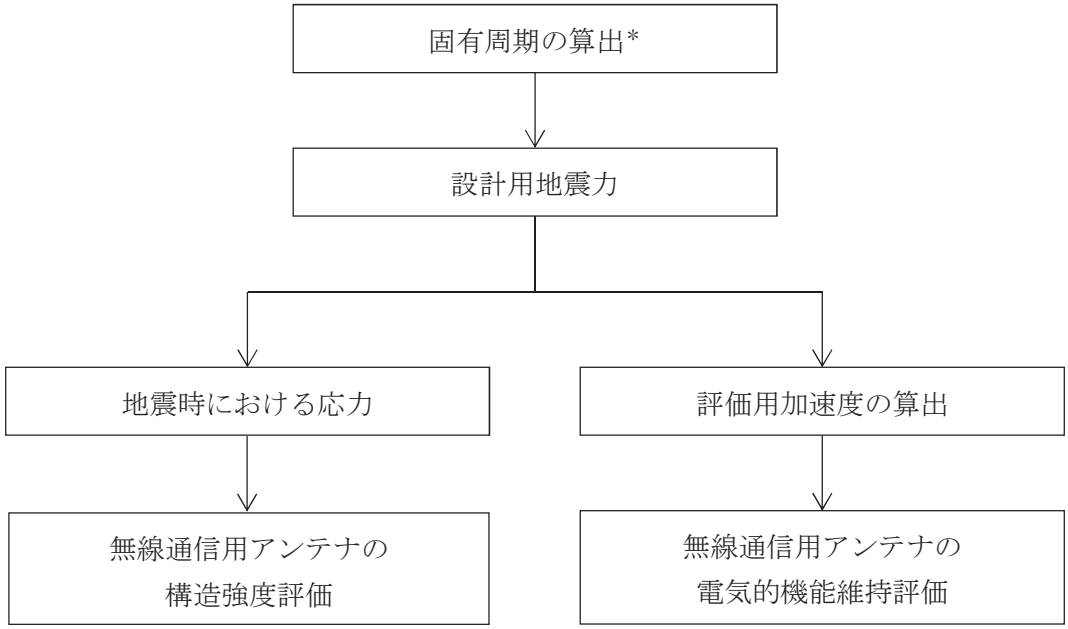
表１－２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）は，基礎（壁面）に基礎ボルトで設置する。	無線通信用アンテナ（原子炉建屋）	

1.2.2　評価方針

無線通信用アンテナ(原子炉建屋側)は,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき,「1.2.1 構造計画」にて示す無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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，無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的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。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価フローを図1－2－2に示す。



＊：算出方法は，振動試験又は理論式による。

図1－2－2　無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価フロー

1.2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984，ＪＥＡＧ４６０１－1987及びＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版）（日本電気協会　電気技術基準調査委員会　昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6月）

(2)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007）（日本機械学会　2007年9月）（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-3131 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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）(壁掛形)	N
F_{b2}	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本当たり）(壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	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
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	計器スタンションの質量	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	－
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	－
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
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　＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は６桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表１－２－３に示すとおりとする。

表１－２－３　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*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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
断面二次モーメント	mm^4	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
縦弾性係数	MPa	有効数字４桁目	四捨五入	有効数字３桁
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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震評価部位については，表 1－2－1 の概略構造図に示す。

1.4.　固有周期

1.4.1　基本方針

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

1.4.2　固有周期の算出方法

振動試験装置にて無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の固有振動数を測定する。

1.4.3　固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 1－4－1 に示す。水平及び鉛直方向は固有周期が 0.05s 以下であり，剛であることを確認した。

表 1－4－1　固有周期(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)　無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の質量は，重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は，無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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)　無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）は基礎ボルトで基礎（壁面）に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向は，図 1－5－5(1)，図 1－5－5(2)計算モデルにおける短辺方向及び長辺方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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 1－5－1 に示す。

1.5.2.2　許容応力

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の許容応力を表 1－5－2 に示す。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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 1－5－3 に示す。

表1－5－1　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	無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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1－5－2　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）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊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１－５－３　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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1－5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 1－5－4　設計用地震力（重大事故等対処設備）

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Ｓｓ	
		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
常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋			－	－	C_H=2.45	C_V=1.88

注記　＊1：基準床レベルを示す。

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。

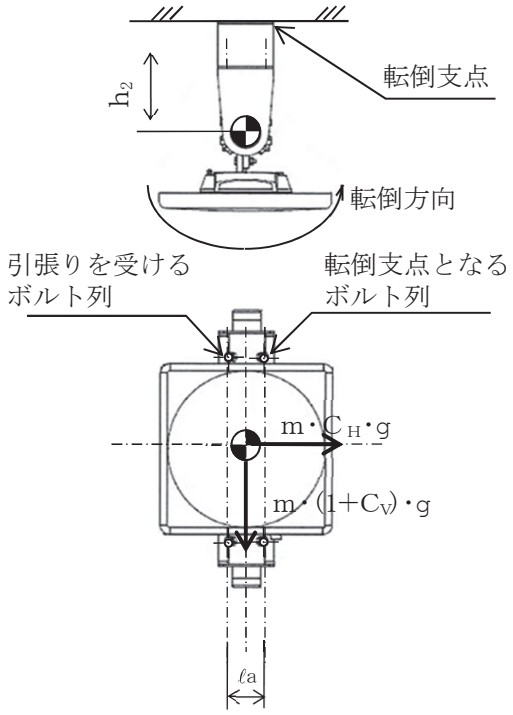


図1－5－5(1)　計算モデル（短辺方向転倒）

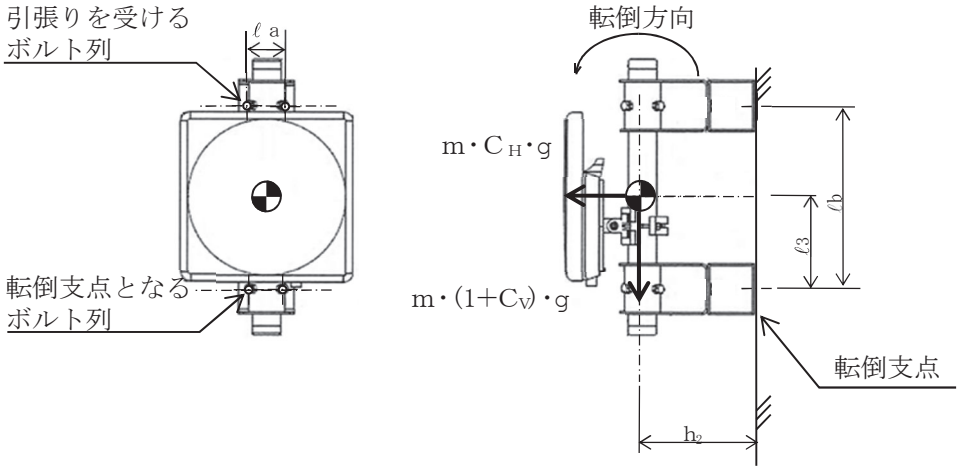


図1－5－5(2)　計算モデル（長辺方向転倒）

(1)　引張応力

ボルトに対する引張力は，最も厳しい条件として，図1－5－5(1)及び図1－5－5(2)で最外列のボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力（F_b）

計算モデル図1－5－5(1)の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図1－5－5(2)の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}\,(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

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

(2)　せん断応力

ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

a. 壁掛形

$$Q_{b1}=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot g\cdot(1+C_V) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.9)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　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【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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

1.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (1.5.6.1.1)$$

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

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

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，同形式の加振試験において電気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1－6－1に示す。

表1－6－1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）	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

無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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	
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋			－	－	C_H=2.45	C_V=1.88	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								1	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	－	280	－	水平方向

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		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		引張り	－	－	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=168$*
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）	水平方向	2.04	
	鉛直方向	1.56	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2.　無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）

2.1　概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

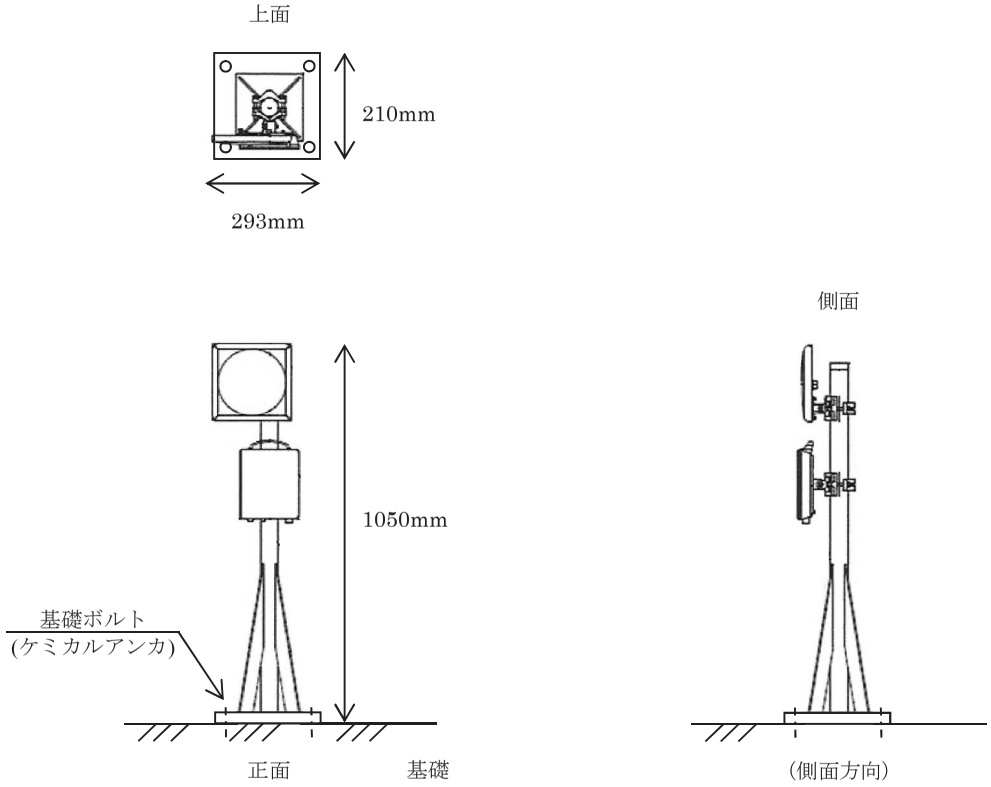
無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の構造計画を表 2－2－1 に示す。

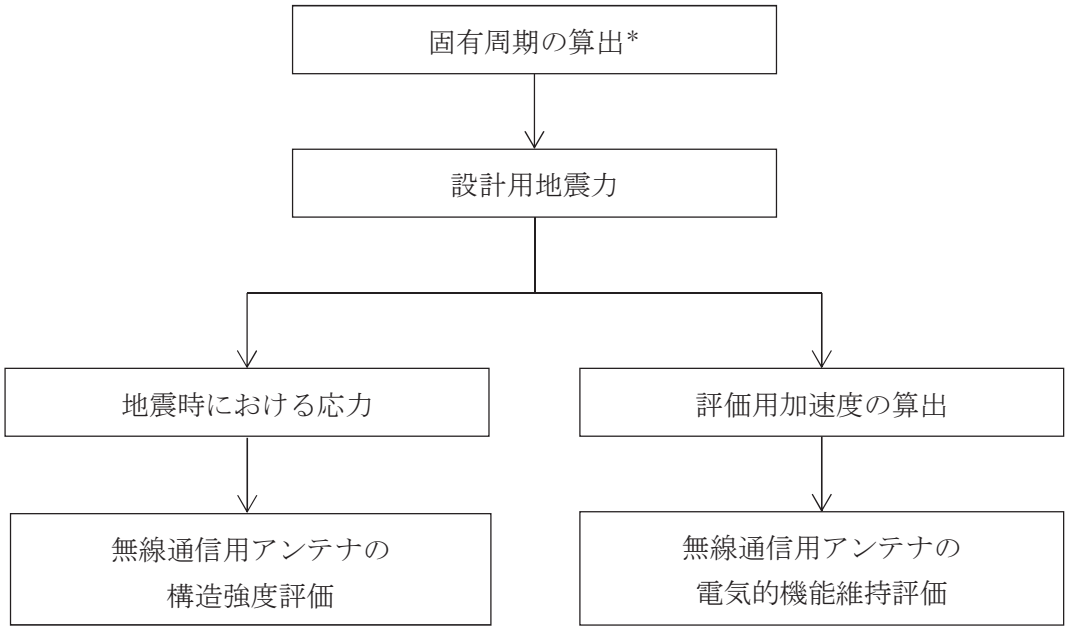
表２－２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）は，基礎に基礎ボルトで設置する。	無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	

2.2.2　評価方針

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2.1　構造計画」にて示す無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）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」で測定した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを，「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，無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的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。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価フローを図 2－2－2 に示す。



＊：算出方法は，振動試験又は理論式による。

図 2－2－2　無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価フロー

2.2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984，ＪＥＡＧ４６０１－1987及びＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版）（日本電気協会電気技術基準調査委員会　昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6月）

(2)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007）（日本機械学会　2007 年 9 月）（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	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-3131 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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）(壁掛形)	N
F_{b2}	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本当たり）(壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	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
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	計器スタンションの質量	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	－
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	－
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
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　＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は６桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表２－２－３に示すとおりとする。

表２－２－３　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*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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
断面二次モーメント	mm^4	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
縦弾性係数	MPa	有効数字４桁目	四捨五入	有効数字３桁
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の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

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

2.3　評価部位

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震評価部位については，表 2－2－1 の概略構造図に示す。

2.4.　固有周期

2.4.1　基本方針

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

2.4.2　固有周期の算出方法

振動試験装置にて無線通信用アンテナ(緊急時対策所建屋側)の固有振動数を測定する。

2.4.3　固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 2－4－1 示す。水平及び鉛直方向は固有周期が 0.05s 以下であり，剛であることを確認した。

表 2－4－1　固有周期(s)

水平	鉛直

2.5. 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

(1) 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の質量は，重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は，無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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) 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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，図 2－5－5 計算モデルにおける短辺方向及び長辺方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5) 無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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。

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

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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 2－5－1 に示す。

2.5.2.2 許容応力

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の許容応力を表 2－5－2 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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 2－5－3 に示す。

表２－５－１　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	無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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２－５－２　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）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）		

注記　＊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２－５－３　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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

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 2－5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 2－5－4　設計用地震力（重大事故等対処設備）

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Ｓｓ	
		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
常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋側			－	－	C_H=1.93	C_V=1.45

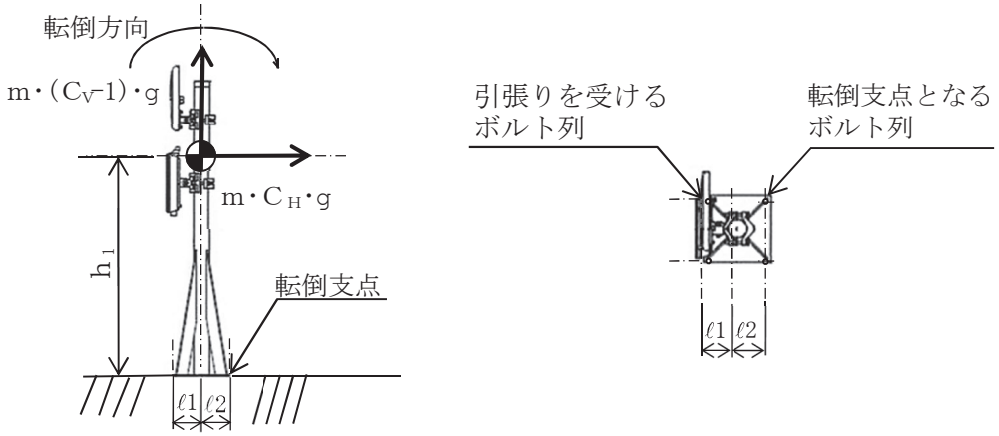
注記　＊1：基準床レベルを示す。

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，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。



($\ell_1 \leqq \ell_2$)

図2－5－5　計算モデル

（直立形　側面方向転倒－1（1－C_V）≧0の場合）

(1) 引張応力

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

引張力（F_b）

計算モデル図2－5－5の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h_1-m\cdot g\cdot(1-C_V)\cdot \ell_2}{n_f\cdot(\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots (2.5.3.1.1.3)$$

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

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

a. 直立形

$$Q_b = m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots (2.5.3.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots (2.5.3.1.1.5)$$

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【無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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　ボルトの応力評価

2.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (2.5.6.1.1)$$

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

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

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，同形式の加振試験において電気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2－6－1に示す。

表2－6－1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	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

無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋			－	－	C_H=1.93	C_V=1.45	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_i (mm)	ℓ_2 (mm)	A_b (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	205	520	－	205	－	側面方向

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		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		引張り	－	－	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=123^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=94$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ（緊急時対策所建屋側）	水平方向	1.61	
	鉛直方向	1.21	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 3
3. 評価部位 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 5
4.1 評価用加速度 ····· 5
4.2 機能確認済加速度 ····· 5
5. 評価結果 ····· 6
5.1 重大事故等対処施設としての評価結果 ····· 6

1.　概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している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が設計用地震力に対して十分な電気的機能を有していることを説明するものである。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備は，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。以下，重大事故等対処設備としての電気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の構造計画を表2－1～表2－4に示す。統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備は，ＩＰ電話（有線系），ＩＰ電話（衛星系），ＩＰ－ＦＡＸ及びテレビ会議システムで構成される。

表2－1　構造計画（ＩＰ電話（有線系））

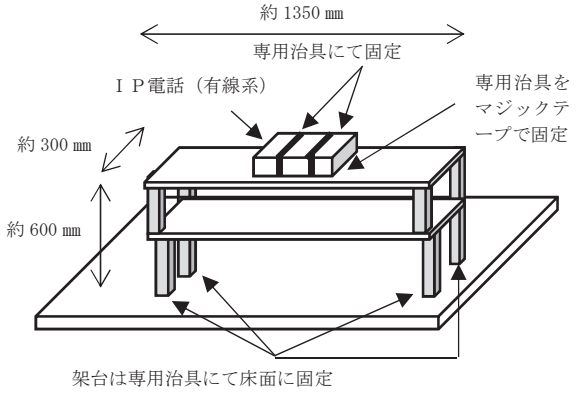
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ＩＰ電話（有線系）を専用治具にて固定し，専用治具はマジックテープにて架台の上に固定する。また，架台は専用治具にて床に固定する。	電話機	

表2－2　構造計画（ＩＰ電話（衛星系））

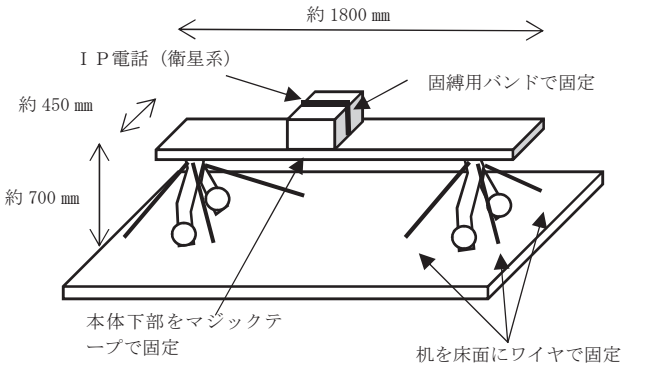
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ＩＰ電話（衛星系）を固縛用バンド及びマジックテープにて机の上に固定する。また，机はワイヤにて床面に固定する。	電話機	

表 2－3　構造計画（ＩＰ－ＦＡＸ）

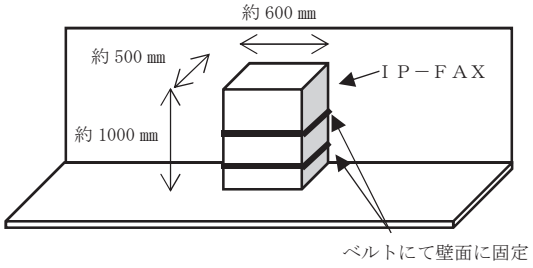
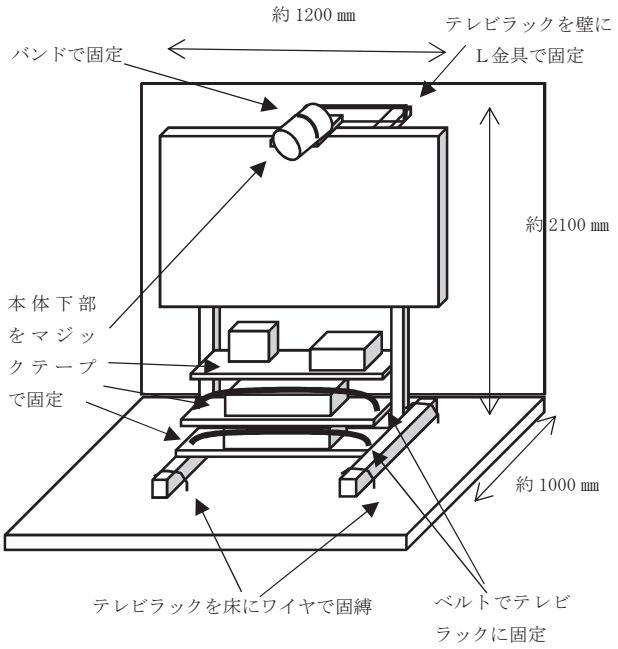
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ＩＰ－ＦＡＸをベルトにて壁面に固定する。	ＦＡＸ	

表 2－4　構造計画（テレビ会議システム）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
テレビ会議システムをバンド及びマジックテープでテレビラックに固定する。 また，テレビラックは壁にＬ金具で固定及び床にワイヤで固縛する。	テレビ	

2.2　評価方針

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針 4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「4.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

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

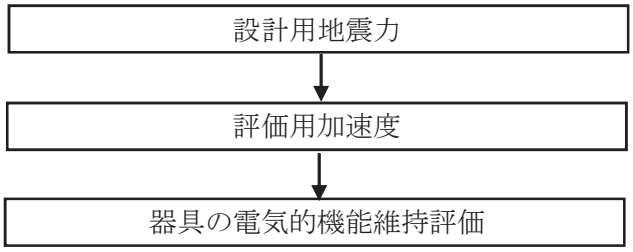


図 2－1　統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補―1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

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

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

また，評価する器具の外形図を図 3－1～図 3－4 に示す。

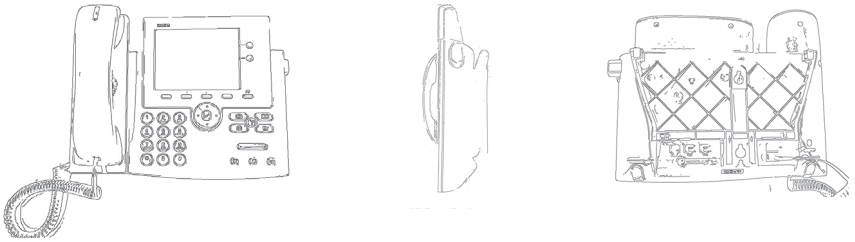


図 3－1　ＩＰ電話（有線系）外形図

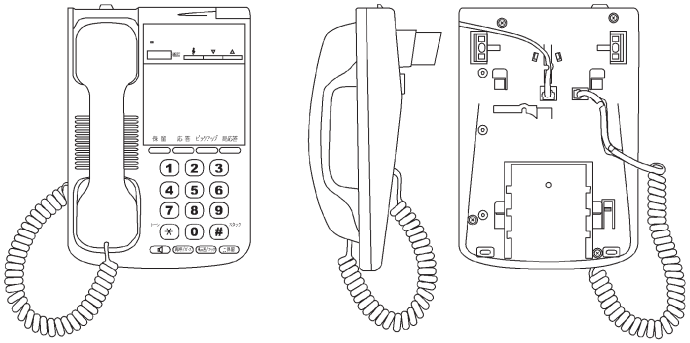


図 3－2　ＩＰ電話（衛星系）外形図

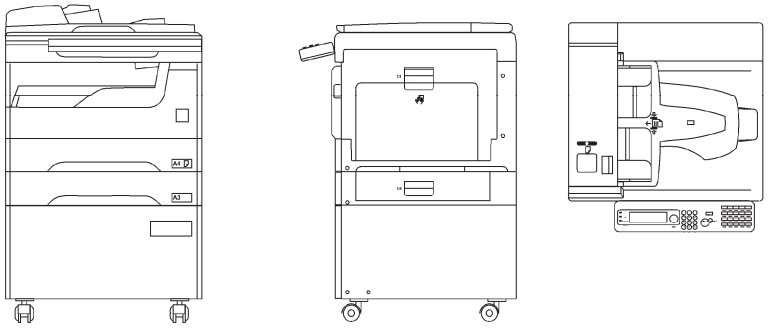


図 3－3　ＩＰ－ＦＡＸ外形図

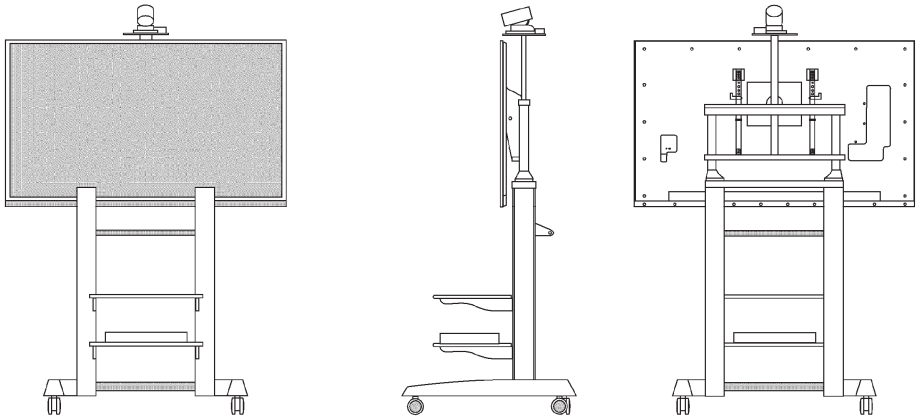


図 3－4　テレビ会議システム外形図

4. 機能維持評価

4.1 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は，緊急時対策所に設置されることから，評価用加速度は，「基準地震動S_s」による地震力として，添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき，作成した設備評価用床応答曲線を用いて，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設置床の最大応答加速度とする。評価用加速度を表4—1に示す。

表4－1 評価用加速度 （×9.8 m／s^2）

機器名称	対象機器設置個所 (m)	方向	基準地震動S_s 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	緊急時対策所 EL. 30.30	水平	1.28
		鉛直	1.14

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の機能確認済加速度については以下に示す。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち，ＩＰ電話（有線系）の機能確認済加速度には，加振台上に実機の固縛状態を模擬し固定した同型式の電話機単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した電話機の加速度を適用する。なお，実機の据付には，固有周期が水平方向及び鉛直方向とも 0.05 秒以下であり剛であることを確認した架台を使用する。架台の耐震性については，添付書類「V-2-別添3-5 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性についての計算書」に示す。ＩＰ電話（有線系）は添付書類「V-2-別添3-5 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性についての計算書」中に記載の収納箱架台固縛保管設備のうち架台3の上に，電話機単体の加振試験と同じ状態で設置する。

また，統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち，ＩＰ電話（衛星系），ＩＰ－ＦＡＸ及びテレビ会議システムについては，実機の据付状態を模擬し，ＩＰ電話（衛星系）については机，テレビ会議システムについてはテレビラックを含め加振台上に設置し，2.1 構造計画の概略構造図に記載のとおり固定及び固縛し，当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を上回る模擬地震波により加振試験を行う。機能確認済加速度には，加振試験において電気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　　（×9.8 m／s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
ＩＰ電話（有線系）	水平	
	鉛直	
ＩＰ電話（衛星系）	水平	
	鉛直	
ＩＰ－ＦＡＸ	水平	
	鉛直	
テレビ会議システム	水平	
	鉛直	

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処施設としての評価結果

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電気的機能が維持されていることを確認した。

(1)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を表 5－1 に示す。

表5－1　電気的機能維持の評価結果（重大事故等対処施設）　（×9.8 m／s^2）

評価対象設備			加振方向	評価用加速度	機能確認済加速度
計測制御系統施設	その他	ＩＰ電話（有線系）	水平	1.28	
			鉛直	1.14	
		ＩＰ電話（衛星系）	水平	1.28	
			鉛直	1.14	
		ＩＰ－ＦＡＸ	水平	1.28	
			鉛直	1.14	
		テレビ会議システム	水平	1.28	
			鉛直	1.14	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 2
2.3 適用基準 ····· 3
2.4 記号の説明 ····· 4
2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 7
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 ····· 10
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 ····· 16
5.4 計算方法 ····· 17
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 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

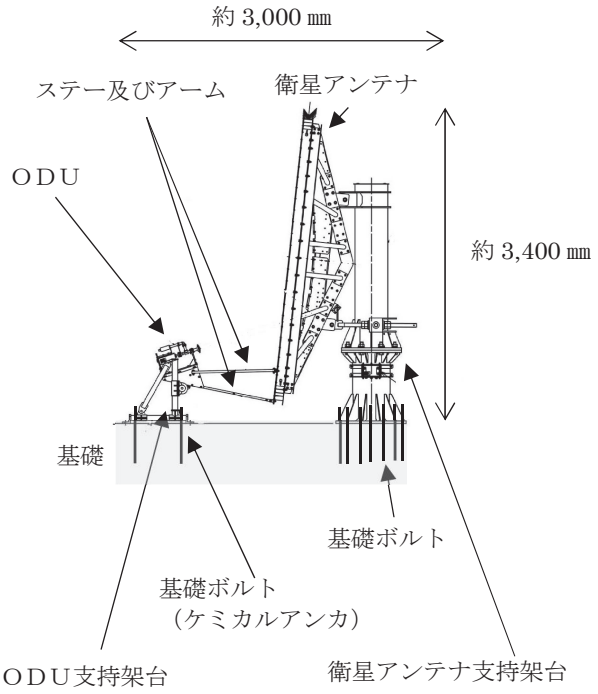
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは，設計基準対象施設においてはCクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.　一般事項

2.1　構造計画

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの構造計画を表2－1に示す。

表2－1　構造計画

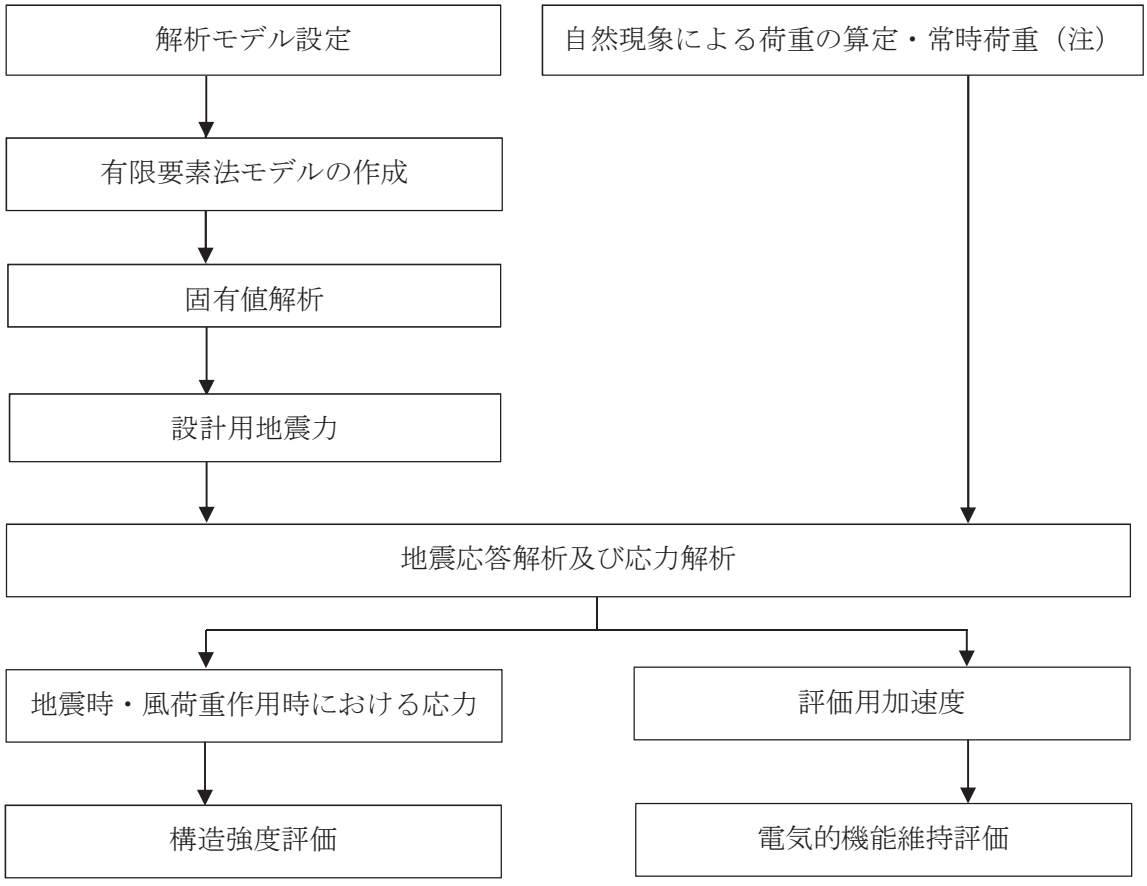
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
衛星アンテナは，ボルトにより衛星アンテナ支持架台に固定され，衛星アンテナ支持架台は基礎ボルトにより基礎に固定される。 ＯＤＵ（送受信装置）は，ボルトによりＯＤＵ支持架台に固定され，ＯＤＵ支持架台は基礎ボルトにより基礎に固定される。 ＯＤＵと衛星アンテナはステー及びアームにより連結される。	アンテナ（注）	

（注）機能維持評価を行う，ＯＤＵを実装

2.2　評価方針

衛星アンテナの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの部位を踏まえ，「3.　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，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-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，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を，「7. 評価結果」に示す。

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



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

図2－1　統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補―1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））
ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

添付書類「V-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」より引用

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A	胴の軸断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
C_c	基礎ボルト計算における係数	－
C_H	水平方向設計震度	－
C_t	基礎ボルト計算における係数	－
C_v	鉛直方向設計震度	－
D_{bi}	ベースプレートの内径	mm
D_{bo}	ベースプレートの外径	mm
D_c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	－
F	設計・建設規格　SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_c	基礎に作用する圧縮力	N
F_t	基礎ボルトに作用する引張力	N
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
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（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	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	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm^4
K_H	水平方向ばね定数	N/m
K_V	鉛直方向ばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	－
ℓ_1, ℓ_2	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
ℓ_g	基礎から容器重心までの距離	mm
M_s	基礎に作用する転倒モーメント	N･mm
m_o	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	－
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa

記　号	記　号　の　説　明	単　位
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
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	－
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
t_1	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t_2	圧縮側基礎相当幅	mm
z	基礎ボルト計算における係数	－
α	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
η	座屈応力に対する安全率	－
π	円周率	－
ρ'	液体の密度（＝比重×10^{-6}）	kg/mm^3
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ引張応力	MPa
σ_2	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
σ_{2c}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値（圧縮側）	MPa
σ_{2t}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値（引張側）	MPa
σ_{2xc}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和（圧縮側）	MPa
σ_{2xt}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和（引張側）	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ_{x1}，$\sigma_{\phi1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和（圧縮側）	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和（引張側）	MPa
σ_ϕ	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
ϕ_1（x）	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
ϕ_2（x）	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

添付書類「V-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」より引用

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-3131 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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）（壁掛形）	N
F_{b2}	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本当たり）（壁掛形）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	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
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	計器スタンションの質量	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	－
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	－
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
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　＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

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
固有振動数	Hz	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1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	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の場合は，小数点以下表示とする。

*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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価は，「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，ステー，アーム，衛星アンテナ支持架台及びＯＤＵ支持架台を選定して実施する（但し，固有値解析の結果，固有振動数が20Hz以上（固有周期が0.05秒以下）の場合は，評価部位は基礎ボルトのみとする。）。統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価部位については，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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナを 4.2 解析モデル及び諸元に示す 3 次元はり要素及びシェル要素によりモデル化した 3 次元ＦＥＭモデルまたはソリッドモデルとする。

4.2　解析モデル及び諸元

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの解析モデルを図 4−1 に，解析モデルの概要を表 4−1 に示す。

(1)　統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの質量は重心に集中するものとする。

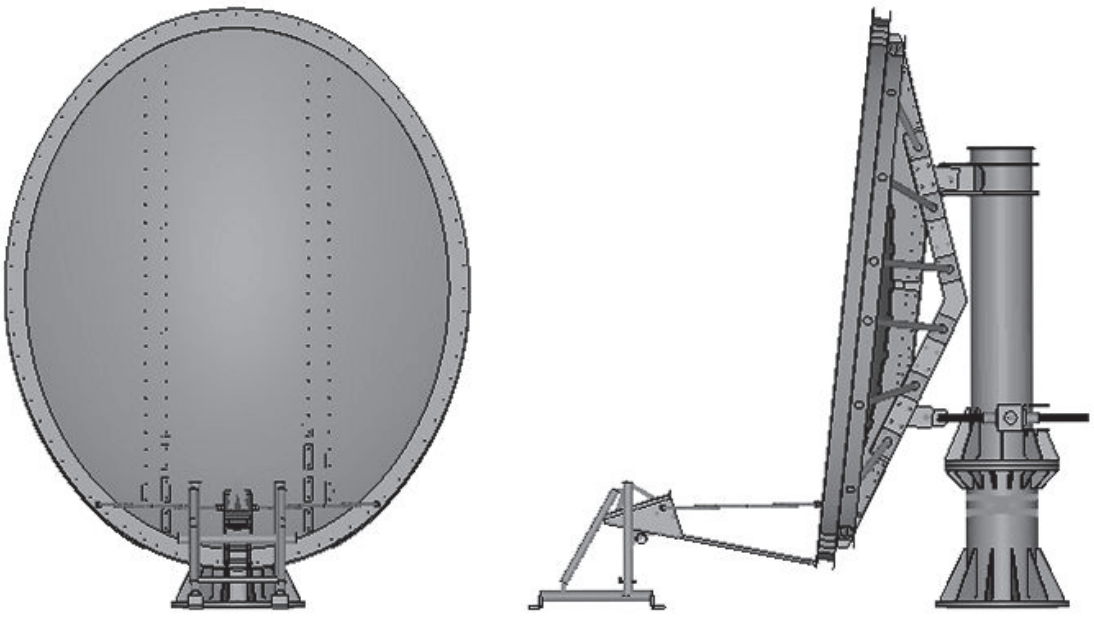
(2)　統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　ＯＤＵ（電源部含む）は，取り付け位置に質量要素として付加する。

(4)　拘束条件は，基礎ボルト固定部を完全固定とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(5)　解析コードは，「ＡＢＡＱＵＳ」を使用する。なお，評価に用いる「ＡＢＡＱＵＳ」の検証及び妥当性確認などの概要については，添付書類「Ⅴ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



正面図　　側面図

図 4−1 解析モデル

表 4－1　解析モデルの諸元

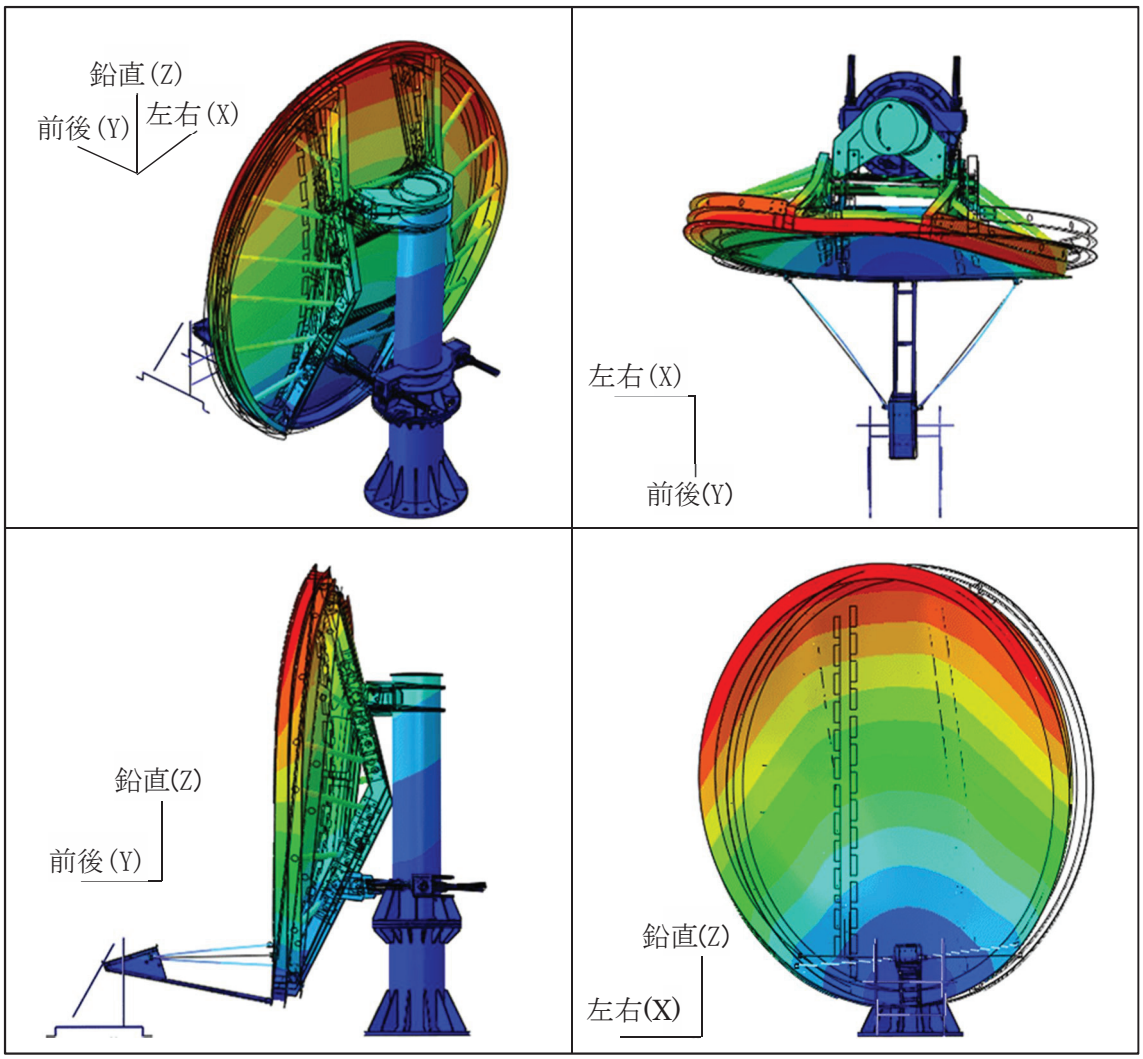
項目		記号	単位	入力値
材質		－	－	SS400(16mm 以下)
		－	－	SS400(25mm 以下)
		－	－	STK400
		－	－	A5052P-H34
		－	－	A6063S-T5
		－	－	SUS304
温度条件（雰囲気温度）		T	℃	40
縦弾性係数	SS400/STK400	E	MPa	2.05×10^{5}
	A5052P－H34	E	MPa	7.0×10^{4}
	A6063S-T5	E	MPa	7.0×10^{4}
	SUS304	E	MPa	1.93×10^{5}
密度	SS400/STK400	V	kg/mm^3	7.87×10^{-6}
	A5052P－H34	V	kg/mm^3	2.7×10^{-6}
	A6063S-T5	V	kg/mm^3	2.7×10^{-6}
	SUS304	V	kg/mm^3	8.03×10^{-6}

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果（固有振動数及び固有周期）を表 4－2 に示す。また，振動モード図を図 4－2，図 4－3 及び図 4－4 に示す。左右方向は 1 次モードにおいて卓越し，固有振動数が 20Hz 以上（固有周期が 0.05 秒以下）であり，剛であることを確認した。また，前後方向は 2 次モードにおいて，鉛直方向は 6 次モードにおいて卓越し，それぞれ固有振動数が 20Hz 以上（固有周期が 0.05 秒以下）であり剛であることを確認した。

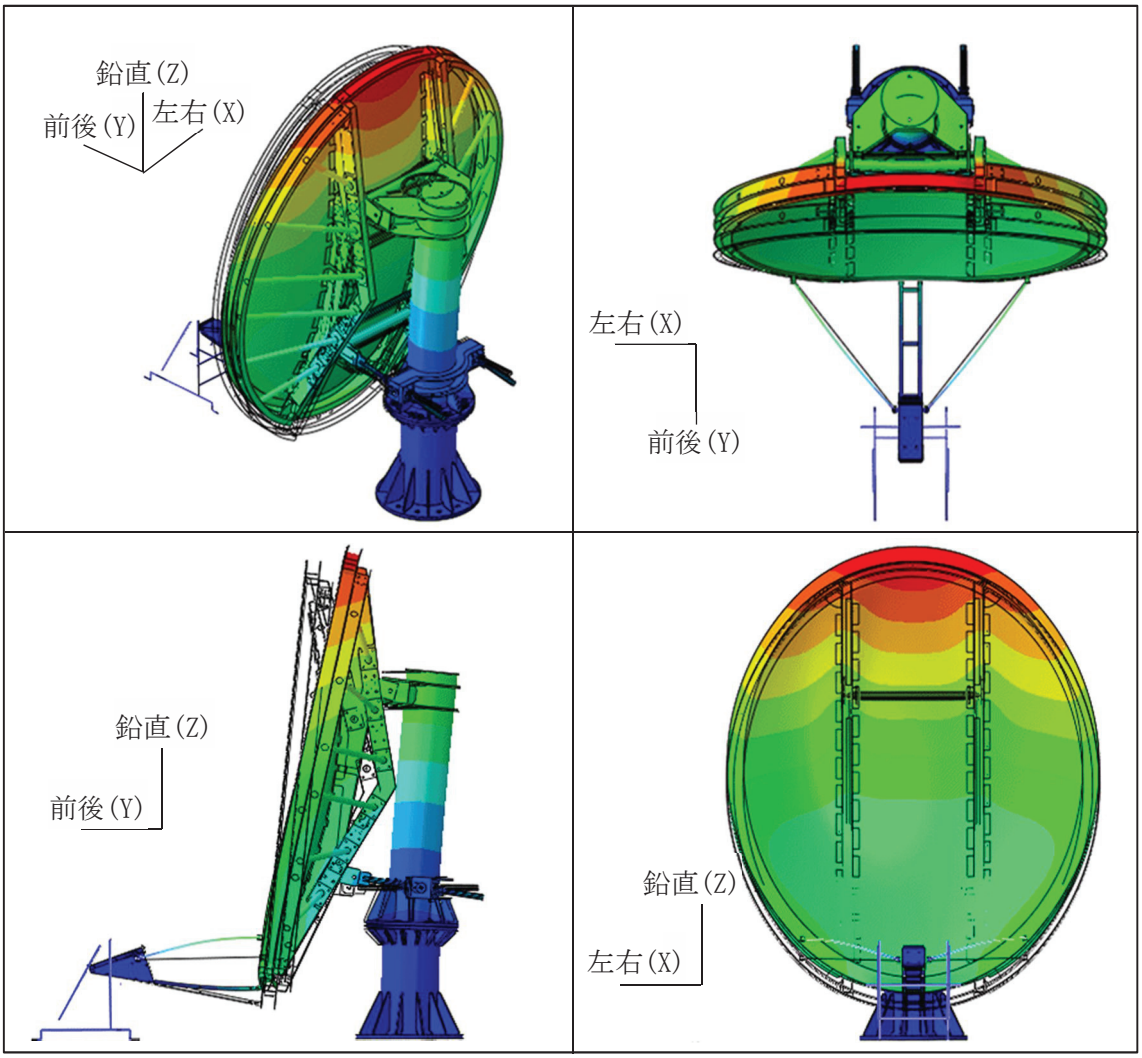
表 4－2 固有振動数及び固有周期

次数	固有振動数	固有周期	刺激係数			卓越方向
	(Hz)	(s)	左右方向(X)	前後方向(Y)	鉛直方向(Z)	
1	23.0	0.043	0.525	0.000	0.000	左右(X)
2	28.8	0.035	-0.001	-0.552	0.249	前後(Y)
6	50.6	0.020	0.000	0.414	0.367	鉛直(Z)



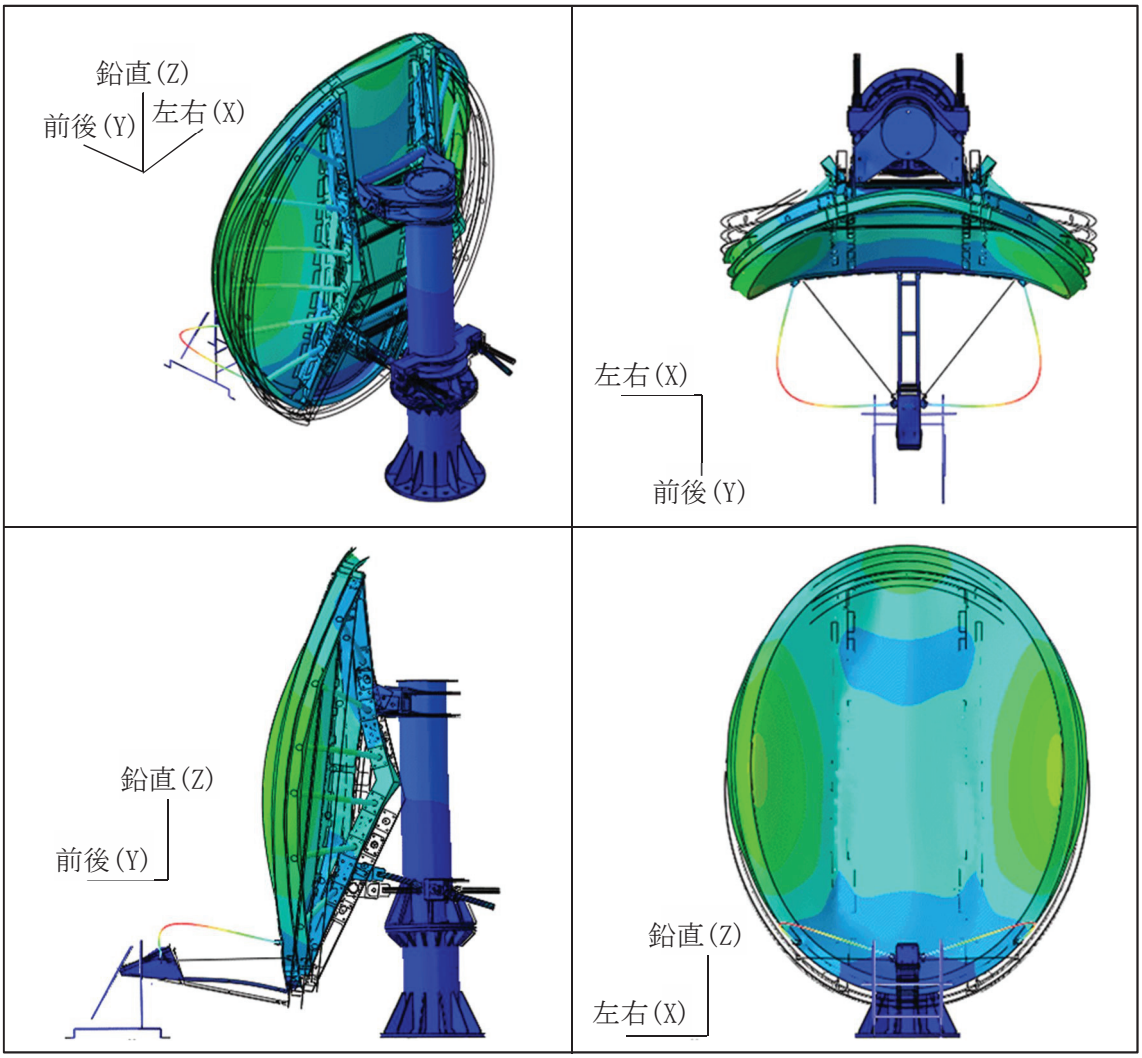
※図中の色は固有振動数モードにおける，変形の相対的な大きさを表す。（赤：変形大，青：変形小）

図 4－2 1 次モード図 （23.0Hz，0.043s）



※図中の色は固有振動数モードにおける，変形の相対的な大きさを表す。（赤：変形大，青：変形小）

図 4－3　2 次モード図　（28.8Hz，0.035s）



※図中の色は固有振動数モードにおける，変形の相対的な大きさを表す。(赤：変形大，青：変形小)

図 4－4 6 次モード図 (50.6Hz，0.020s)

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，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナに対して，水平及び鉛直方向から作用するものとする。

(2) 風荷重は，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナに対して，水平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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち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	統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	その他	－*2	$D+P_D+M_D+S_S+P_K$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S+P_K$	V_AS（V_ASとして，$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S+P_K$」の評価に包絡される場合は，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
$Ⅳ_AS$	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　＊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 （℃）		Sy （MPa）	Su （MPa）	Sy(RT) （MPa）
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動S_S」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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)	基準地震動S_S	
	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
緊急時対策所建屋 EL.51.00*	C_H＝1.93	C_V＝1.45

注記　＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

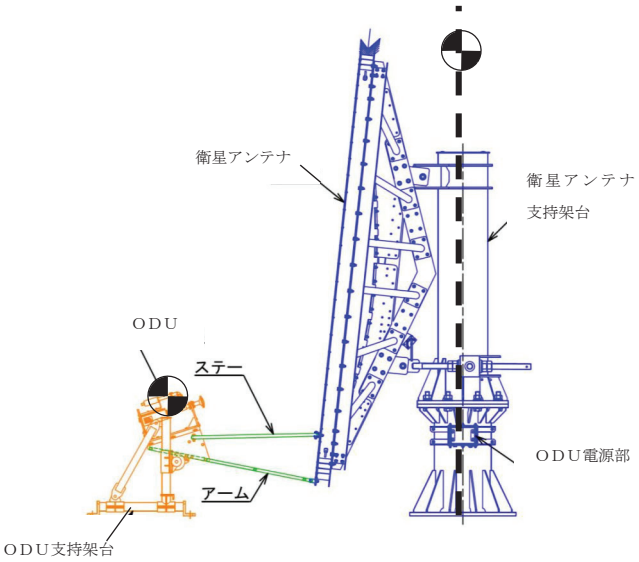
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの固有値解析の結果，固有振動数が20Hz 以上（固有周期が 0.05 秒以下）であり剛であることから，評価部位は耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

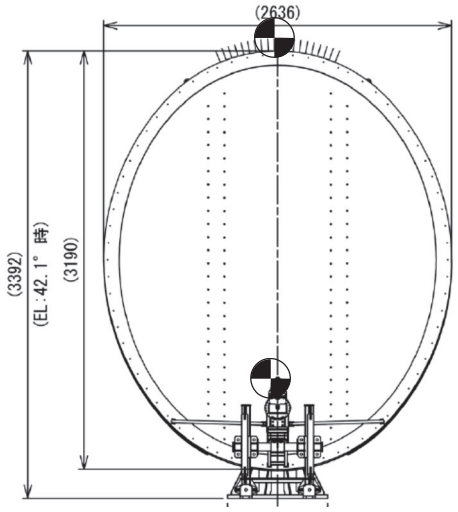
衛星アンテナ支持架台を基礎に固定する基礎ボルトは，円周配置ボルトであることから添付書類「V-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の円形配置ボルトの評価法を基本として，風荷重を考慮した評価を行う。

また，ＯＤＵ支持架台を基礎に固定する基礎ボルトは，矩形配置ボルトであることから，添付書類「V-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の矩形配置ボルトの評価法を基本として，風荷重を考慮した評価を行う。

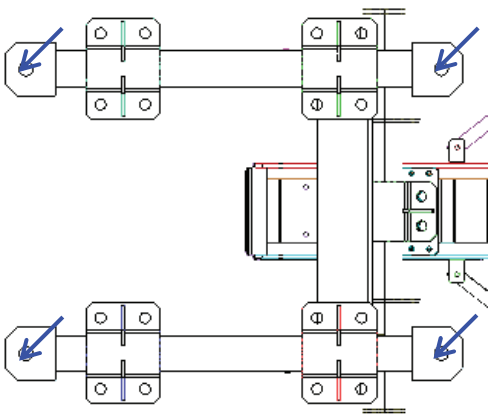
計算モデル及び基礎ボルトの配置図を図 5－1 に示す。



前後方向計算モデル概念図（側面図）

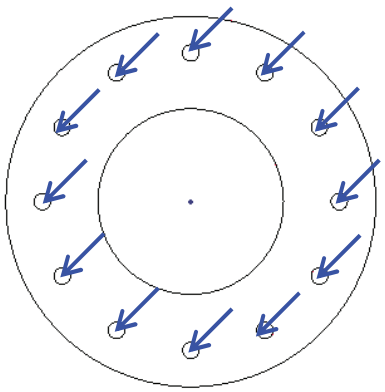


左右方向計算モデル概念図（正面図）



：基礎ボルト位置

ＯＤＵ支持架台
基礎ボルト配置図



：基礎ボルト位置

衛星アンテナ支持架台
基礎ボルト配置図

図 5－1　計算モデル及び基礎ボルト配置図

(1)　衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト

この項目において衛星アンテナ支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト１」という。

①　引張応力

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルト１の引張荷重と基礎部の圧縮荷重については，荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。

基礎ボルト１に生じる引張応力は以下のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\sigma_{b11}=\dfrac{2\cdot F_{t1}{}^{*1}}{t_1\cdot D_c\cdot C_{t1}}$
左右加振時		$\sigma_{b12}=\dfrac{2\cdot F_{t2}{}^{*2}}{t_1\cdot D_c\cdot C_{t2}}$

$*1：F_{t1}=\dfrac{M_{s1}-(1-C_v)m_1\cdot g\cdot z_1\cdot D_c}{e_1\cdot D_c}$　，　$*2：F_{t2}=\dfrac{M_{s2}-(1-C_v)m_1\cdot g\cdot z_2\cdot D_c}{e_2\cdot D_c}$

なお，F_{t1}及びF_{t2}の算定式におけるM_{s1}及びM_{s2}は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式より算出する。

「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$M_s=C_H\cdot m\cdot g\cdot h$	$M_s=(C_H\cdot m\cdot g+P_k)\cdot h$

記号の説明を，表5－5に示す。

表5－5　記号の説明

記号	説明	単位	数値
F_{t1}, F_{t2}	基礎ボルト１に作用する引張力	N	－
t_1	基礎ボルト１の面積相当板幅	mm	4.426
D_c	基礎ボルト１のピッチ円直径	mm	610
C_{t1}, C_{t2}	基礎ボルト計算における係数	－	2.595
M_{s1}, M_{s2}	基礎に作用する転倒モーメント	N・mm	－
C_v	鉛直方向設計震度	－	1.45
m_1	質点１の質量	kg	900
g	重力加速度	m/s^2	9.80665
z_1, z_2	基礎ボルト計算における係数	－	0.4527
e_1, e_2	基礎ボルト計算における係数	－	0.7775
C_H	水平方向設計震度	－	1.93
h_1	基礎から質点１の重心までの距離	mm	3392
P_{k11}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（前後方向加振時）	N	1.537935×10^4
P_{k12}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（左右方向加振時）	N	5.703704×10^3

② せん断応力

基礎ボルト１に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

せん断応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\tau_{b11}=\dfrac{C_H \cdot m_1 \cdot g+P_{k11}}{n_1 \cdot A_{b1}}$
左右加振時		$\tau_{b12}=\dfrac{C_H \cdot m_1 \cdot g+P_{k12}}{n_1 \cdot A_{b1}}$

なお，上表の計算式は，「Ⅴ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$\tau_b=\dfrac{C_H \cdot m \cdot g}{n \cdot A_b}$	$\tau_b=\dfrac{C_H \cdot m \cdot g+P_k}{n \cdot A_b}$

記号の説明を，表5－6に示す。

表5－6　記号の説明

記号	説明	単位	数値
C_H	水平方向設計震度	－	1.93
m_1	質点1の質量	kg	900
g	重力加速度	m/s^2	9.80665
P_{k11}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（前後方向加振時）	N	1.537935×10^4
P_{k12}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（左右方向加振時）	N	5.703704×10^3
n_1	基礎ボルト1の本数	－	12
A_{b1}	基礎ボルト1の軸断面積（$=\pi d_1^2/4$）	mm^2	706.9

(2)　ＯＤＵ支持架台の基礎ボルト

この項目においてＯＤＵ支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト２」という。

①　引張応力

基礎ボルト２に生じる引張応力は次のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\sigma_{b21}=\frac{F_{b1}}{A_{b2}}$ *1
左右加振時		$\sigma_{b22}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}}$ *2

＊1：　$F_{b1}=\frac{(m_2\cdot C_H\cdot g+P_{k21})\cdot h_2-m_2\cdot(1-C_v)l_2\cdot g}{n_{f1}(l_1+l_2)}$　，　＊2：$F_{b2}=\frac{(C_H\cdot m_2\cdot g+P_{k22})\cdot h_2-m_2\cdot(1-C_v)l_4\cdot g}{n_{f2}(l_3+l_4)}$

なお，F_{b1}及びF_{b2}は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「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」の評価式	風荷重考慮式
$F_b=\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g-m\cdot(1-C_v)l_2\cdot g}{n_f(l_1+l_2)}$	$F_b=\frac{(m\cdot C_H\cdot g+P_k)\cdot h-m\cdot(1-C_v)l_2\cdot g}{n_f(l_1+l_2)}$

記号の説明を，表５－７に示す。

表５－７　記号の説明

記号	説明	単位	数値
A_{b2}	基礎ボルト２の軸断面積（＝$\pi d_2^2/4$）	mm^2	314.2
m_2	質点２の質量	kg	86
C_H	水平方向設計震度	－	1.93
g	重力加速度	m/s^2	9.80665
P_{k21}	基礎ボルト２の評価に考慮する風荷重（前後方向加振時）	N	7.236158×10^2
P_{k22}	基礎ボルト２の評価に考慮する風荷重（左右方向加振時）	N	9.652328×10^2
h_2	基礎から質点２の重心までの距離	mm	888
C_v	鉛直方向設計震度	－	1.45
l_2	重心と基礎ボルト間の水平方向（前後）距離（$l_1\leqq l_2$）	mm	528
l_4	重心と基礎ボルト間の水平方向（左右）距離（$l_3\leqq l_4$）	mm	240
n_2	基礎ボルト２の本数	－	4
n_{f1}, n_{f2}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	－	2
l_1	重心と基礎ボルト間の水平方向（前後）距離（$l_1\leqq l_2$）	mm	172
l_3	重心と基礎ボルト間の水平方向（左右）距離（$l_3\leqq l_4$）	mm	240

② せん断応力

基礎ボルト２に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\tau_{b21}=\dfrac{Q_{b1}}{n_2 \cdot A_{b2}}$
左右加振時		$\tau_{b22}=\dfrac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}}$

なお，上表の計算式は，「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「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」の評価式	風荷重考慮式
$Q_b=m \cdot C_H \cdot g$	$Q_b=m \cdot C_H \cdot g+P_k$

記号の説明を表5－8に示す。

表5－8　記号の説明

記号	説明	単位	数値
A_{b2}	基礎ボルト2の軸断面積（$=\pi d_2^2/4$）	mm^2	314.2
n_2	基礎ボルト2の本数	－	4
m_2	質点2の質量	kg	86
C_H	水平方向設計震度	－	1.93
g	重力加速度	m/s^2	9.80665
P_{k21}	基礎ボルト2の評価に考慮する風荷重（前後方向加振時）	N	7.236158×10^2
P_{k22}	基礎ボルト2の評価に考慮する風荷重（左右方向加振時）	N	9.652328×10^2

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

(1)　耐震計算モデルは 1 質点系モデルとする。基礎ボルトの評価において衛星アンテナ支持架台とＯＤＵ支持架台は独立していると仮定して評価する。

(2)　衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト１）の評価には衛星アンテナ支持架台側の質量を，ＯＤＵ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト２）はＯＤＵ部側の質量を考慮する。中間に位置するステー及びアームの質量は保守的に両者に考慮する。

(3)　衛星アンテナの重心位置に地震荷重が作用するものとする。

(4)　風荷重も地震荷重の作用点と同一点に作用するものとする。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

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

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

	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6.　機能維持評価

6.1　電気的機能維持評価方法

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，同型式のＯＤＵ単体及びＯＤＵ電源部単体の正弦波加振試験において電気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。また，ＯＤＵ及びＯＤＵ電源部の実装図を図 6－1 に示す。

表 6－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向及び機能確認済加速度		
	X（左右）	Y（前後）	Z（鉛直）
ＯＤＵ			
ＯＤＵ電源部			

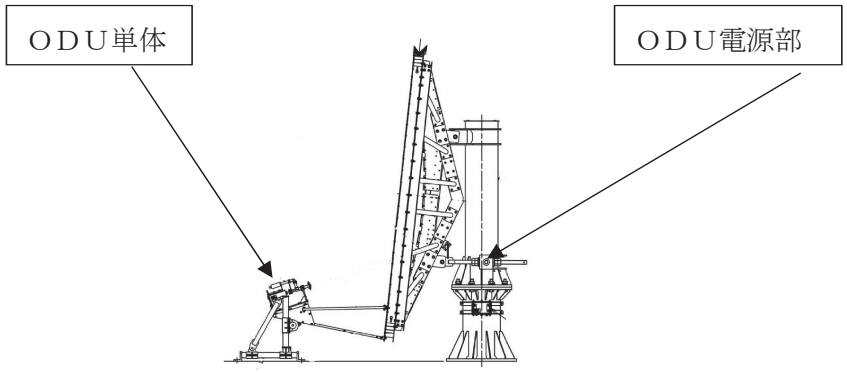


図 6－1　ＯＤＵ及びＯＤＵ電源部の実装図

7. 評価結果

7.1 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設備衛星アンテナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 7－1 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表 7－2 に示す。

表7－1　基準地震動Ｓｓに対する応力評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	加速度の方向	発生応力	許容応力
				MPa	MPa
衛星アンテナ	衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト１）	引張応力	前後	67	184*
			左右	48	184*
		せん断応力	前後	4	142
			左右	3	142
	ＯＤＵ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト２）	引張応力	前後	6	147*
			左右	8	147*
		せん断応力	前後	2	113
			左右	3	113

すべて許容応力以下である。

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

表7－2　電気的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）　（×9.8m/s²）

評価対象設備	評価部位	機能確認済加速度との比較			
		水平方向		鉛直方向	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワーク設備 衛星アンテナ	ＯＤＵ	1.61	[redacted]	1.21	[redacted]
	ＯＤＵ電源部	1.61		1.21	

評価用加速度（1.0ZPA）は全て機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-7　ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 2
4. 構造強度評価 ····· 2
4.1 構造強度評価方法 ····· 2
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 2
5. 機能維持評価 ····· 5
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 5
6. 評価結果 ····· 5
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果····· 5

1. 概要

本計算書は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ＬＡＮ収容架（ＳＡ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

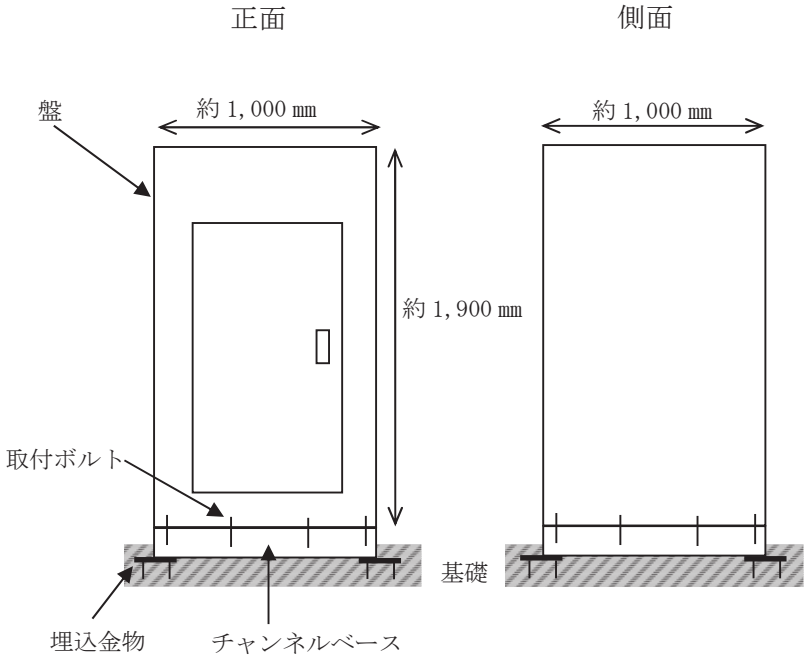
ＬＡＮ収容架（ＳＡ）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）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	
ＬＡＮ収容架（ＳＡ）は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに，取付ボルトで設置する。	直立型（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

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，剛とする。固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05以下	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の構造は直立型であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）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

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の許容応力を表4-2に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）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。

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	ＬＡＮ収容架（ＳＡ）	その他	－*2	$D+P_D+M_D+S_S$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$	V_AS（V_ASとして，$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$」の評価に包絡される場合は，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	
	引張り	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	温度条件温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-14-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）の機能確認済加速度には，ＬＡＮ収容架（ＳＡ）に収容する器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

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　　（×9.8 m／s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
Ｌ３－ＳＷ	水平	
	鉛直	
ルータ	水平	
	鉛直	
ＶｏＩＰ－ＧＷ	水平	
	鉛直	
衛星モデム	水平	
	鉛直	
データ伝送アダプタ	水平	
	鉛直	
ＨＵＢ	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

ＬＡＮ収容架（ＳＡ）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)機能維持評価結果

電気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　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	
ＬＡＮ収容架（ＳＡ）	その他	緊急時対策所建屋2階 EL. 30.30*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.54	C_V＝1.36	40

注記　＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1 (mm) *	ℓ_2 (mm) *	A_b (mm^2)	n	n_f
取付ボルト	850	1050	420	500	201.1 (M16)	12	4
			420	500			4

注記　＊：取付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。

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト	205	520	－	246	－	短辺方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_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
取付ボルト	－	4.070×10^3	－	1.284×10^4

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
取付ボルト	SUS304	引張り	－	－	σ_b＝21	f_{ts}＝184*
		せん断	－	－	τ_b＝6	f_{sb}＝142

すべて許容応力以下である。

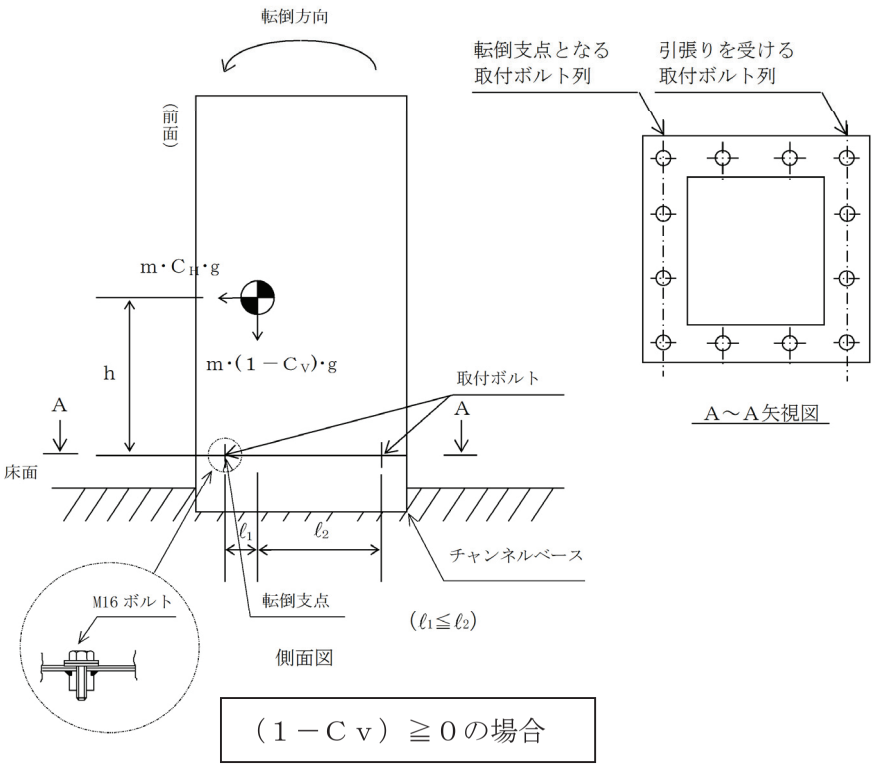
注記　＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\tau_b,\ f_{to}]$より算出

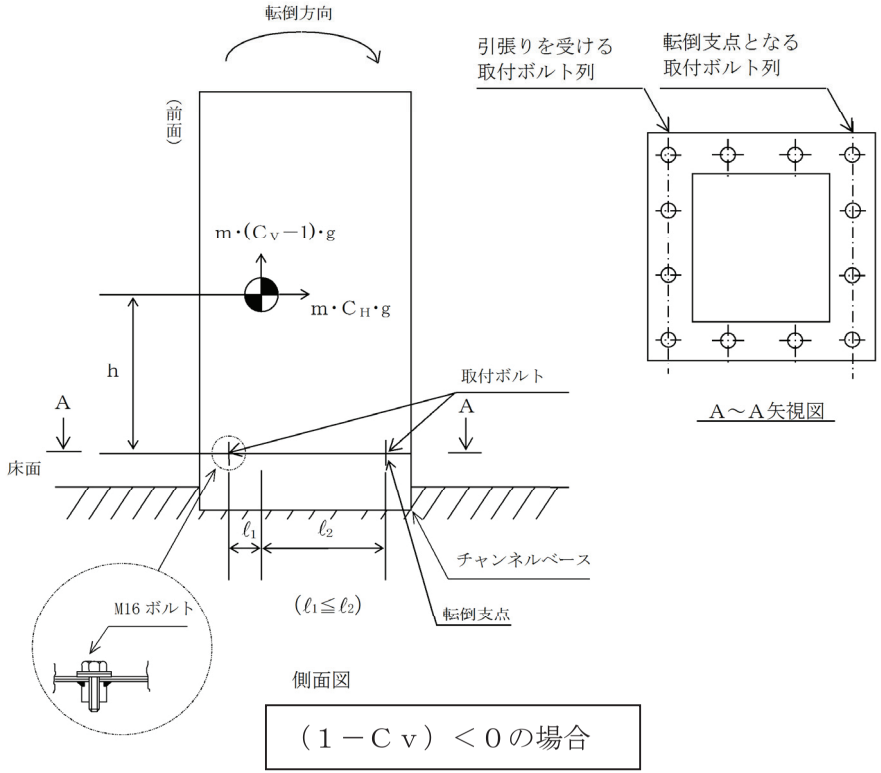
1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m／s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
Ｌ３－ＳＷ	水平	1.28	
	鉛直	1.14	
ルータ	水平	1.28	
	鉛直	1.14	
ＶｏＩＰ－ＧＷ	水平	1.28	
	鉛直	1.14	
衛星モデム	水平	1.28	
	鉛直	1.14	
データ伝送アダプタ	水平	1.28	
	鉛直	1.14	
ＨＵＢ	水平	1.28	
	鉛直	1.14	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


転倒方向
(前面)
転倒支点となる
取付ボルト列
引張りを受ける
取付ボルト列
m・C H・g
m・(1－C V)・g
h
A
A
取付ボルト
床面
ℓ1
ℓ2
チャンネルベース
M16 ボルト
転倒支点
(ℓ1≦ℓ2)
側面図
A～A矢視図
（１－Ｃｖ）≧０の場合


転倒方向
(前面)
引張りを受ける
取付ボルト列
転倒支点となる
取付ボルト列
m・(C V－1)・g
m・C H・g
h
A
A
取付ボルト
床面
ℓ1
ℓ2
チャンネルベース
M16 ボルト
転倒支点
(ℓ1≦ℓ2)
側面図
A～A矢視図
（１－Ｃｖ）＜０の場合

Ⅴ-2-6-7-8　再循環系ポンプ遮断器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
3. 固有周期 …… 3
4. 構造強度評価 …… 3
4.1 構造強度評価方法 …… 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 …… 3
5. 機能維持評価 …… 7
5.1 電気的機能維持評価方法 …… 7
6. 評価結果 …… 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 …… 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 …… 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，再循環系ポンプ遮断器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

再循環系ポンプ遮断器は，設計基準対象施設においてはＳクラスに，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気的機能維持評価を示す。

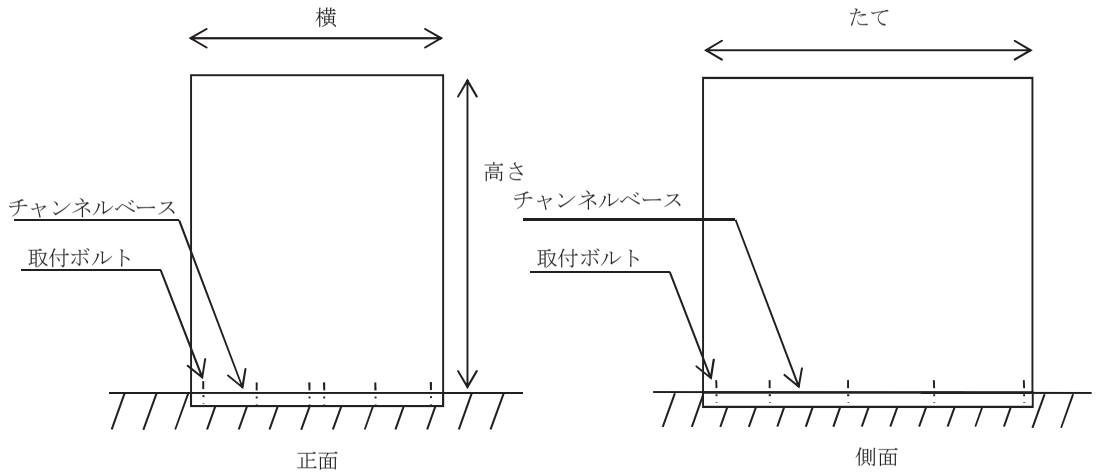
2. 一般事項

計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

再循環系ポンプ遮断器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>再循環系ポンプ遮断器は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形</td><td>【再循環系ポンプ遮断器(A)，再循環系ポンプ遮断器(B)】
 

<table>
<tr><th></th><th>再循環系ポンプ遮断器</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>約 2740 mm</td></tr>
<tr><td>横</td><td>約 2000 mm</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>約 2300 mm</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

3.　固有周期

再循環系ポンプ遮断器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

機器名称	水平方向	鉛直方向
再循環系ポンプ遮断器	[redacted]	

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

再循環系ポンプ遮断器の構造は直立形盤であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

再循環系ポンプ遮断器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

再循環系ポンプ遮断器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

再循環系ポンプ遮断器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	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	再循環系ポンプ遮断器	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

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	その他の計測制御設備	再循環系ポンプ遮断器	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊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状態を適用する。

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

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
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 4-4　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（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

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（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	225	385	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

再循環系ポンプ遮断器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

再循環系ポンプ遮断器の機能確認済加速度には，当該器具と類似の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

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 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
再循環系ポンプ遮断器	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

再循環系ポンプ遮断器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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気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

再循環系ポンプ遮断器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【再循環系ポンプ遮断器(A)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
再循環系ポンプ遮断器(A)	S	EL.-4.00*			C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.87	C_V=0.90	

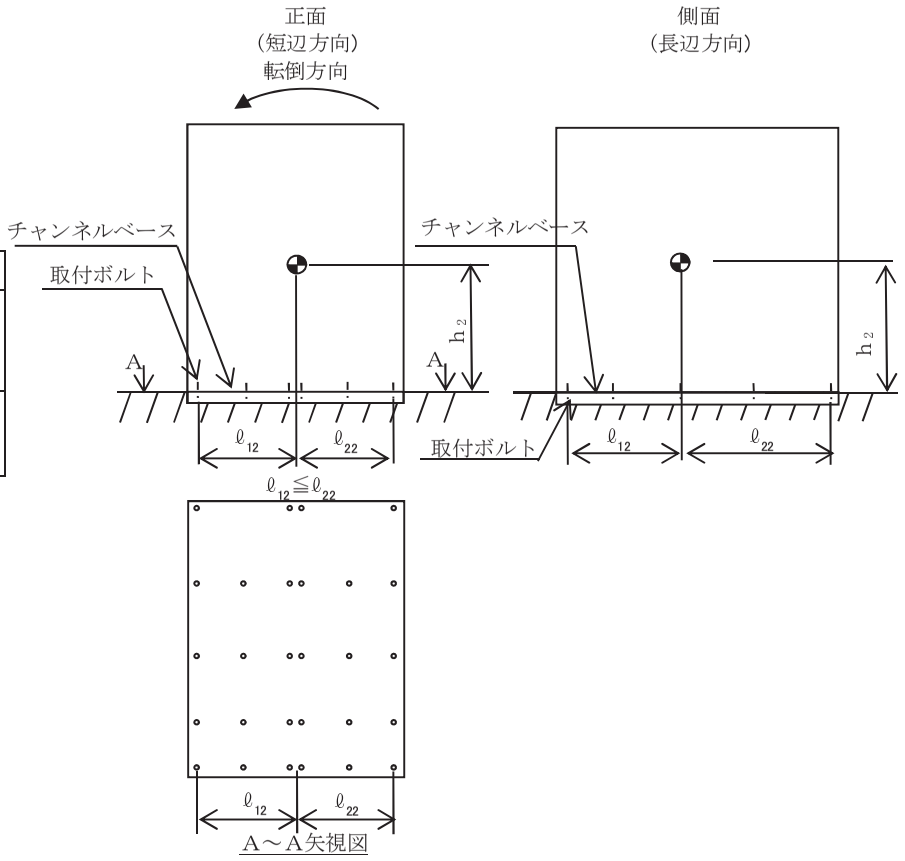
注記 *：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							5
							6

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{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
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
取付ボルト		引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=36$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=13$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
再循環系ポンプ遮断器(A)	水平方向	0.72	
	鉛直方向	0.75	

評価用加速度（1.0ZPA）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	
原再循環系ポンプ遮断器(A)	常設耐震／防止	EL.-4.00*			－	－	C_H=0.87	C_V=0.90	

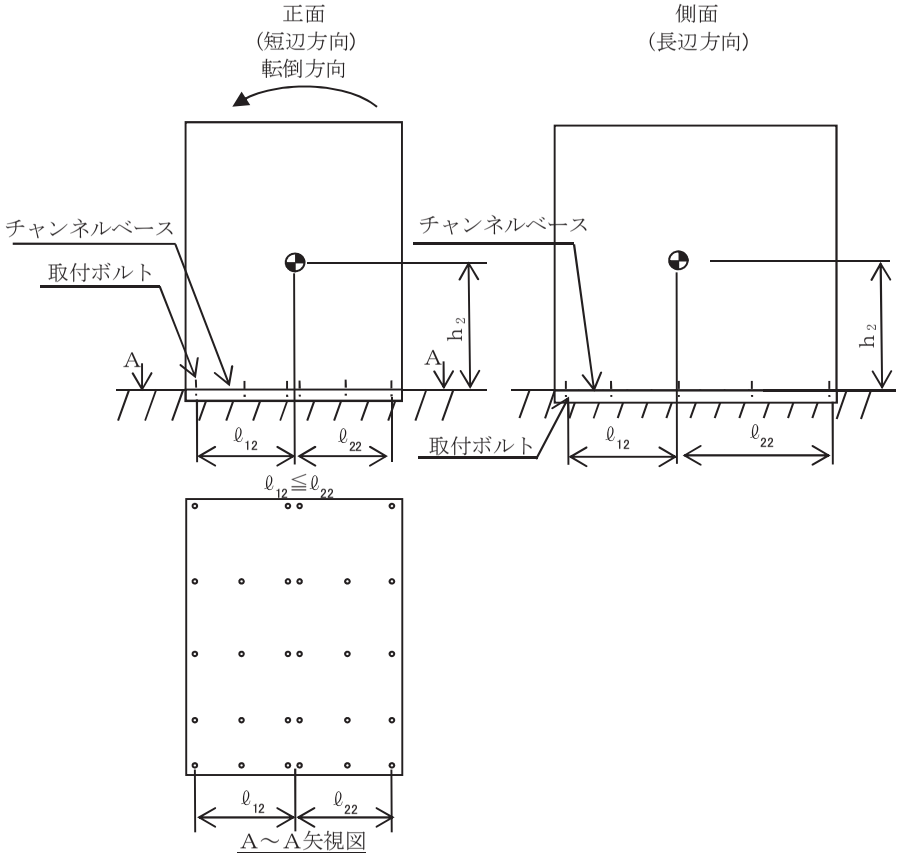
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_2 (kg)	h_2 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_{b2} (mm^2)	n_2	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							5
							6

部材	S_{y2} (MPa)	S_{U2} (MPa)	F_2 (MPa)	F_2* (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)	225	385	－	269	－	短辺方向

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



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{b2}		Q_{b2}	
	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)				

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
取付ボルト		引張り	－	－	$\sigma_{b2}=36$	$f_{ts2}=201$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=13$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
再循環系ポンプ遮断器(A)	水平方向	0.72	
	鉛直方向	0.75	

評価用加速度（1.0ZPA）すべて機能確認済加速度以下である。

【再循環系ポンプ遮断器(B)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
再循環系ポンプ遮断器(B)	S	EL. 2.56 (EL. 8.20*)			C_H=0.63	C_V=0.50	C_H=1.10	C_V=0.96	

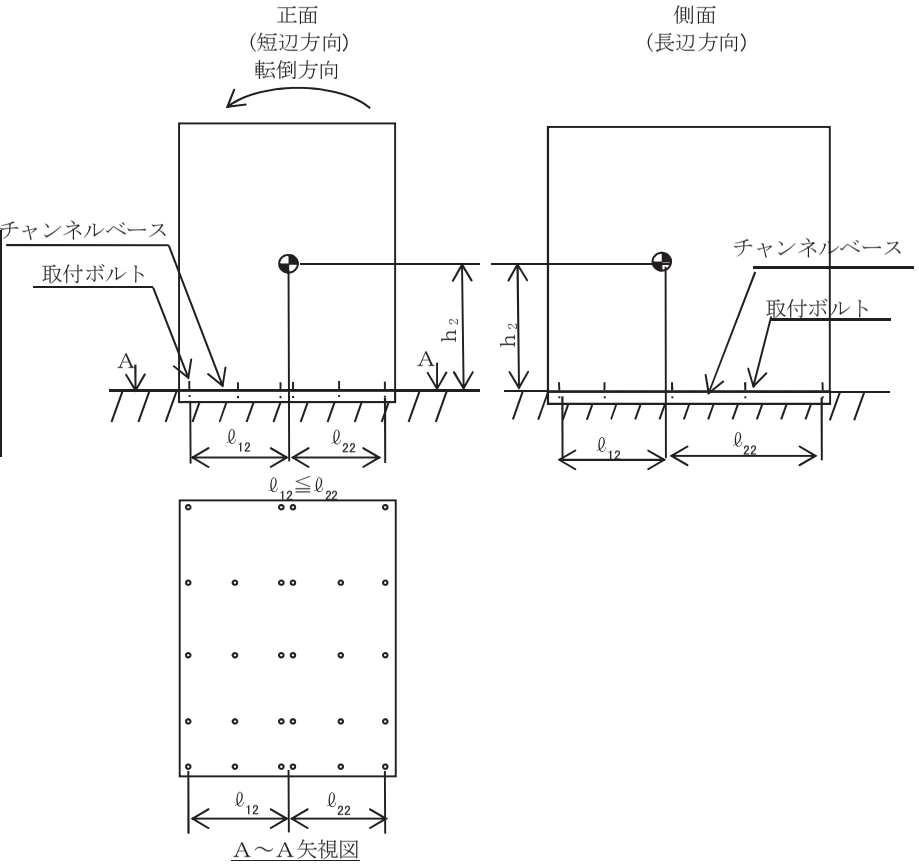
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_2 (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							5
							6

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{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
取付ボルト (i=2)	1.800×10^3	9.679×10^3	4.943×10^4	8.630×10^4

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
取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176$*	$\sigma_{b2}=49$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
再循環系ポンプ遮断器(B)	水平方向	0.92	
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度 (1.0ZPA) 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	
再循環系ポンプ遮断器(B)	常設耐震／防止	EL. 2. 56 (EL. 8. 20*)			－	－	C_H＝1. 10	C_V＝0. 96	

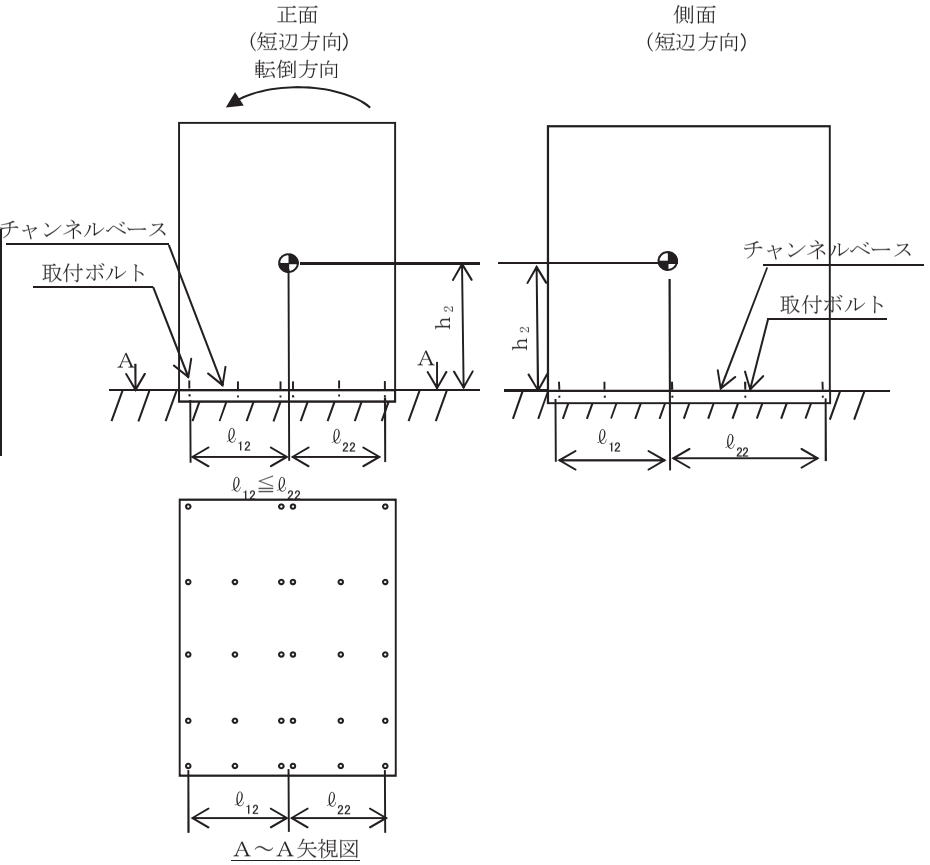
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							5
							6

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	225	385	－	269	－	短辺方向

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



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 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
取付ボルト (i=2)				

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
取付ボルト (i=2)		引張り	－	－	$\sigma_{b2}=49$	$f_{ts2}=201^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times 9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
再循環系ポンプ遮断器(B)	水平方向	0.92	
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度 (1.0ZPA) すべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，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。

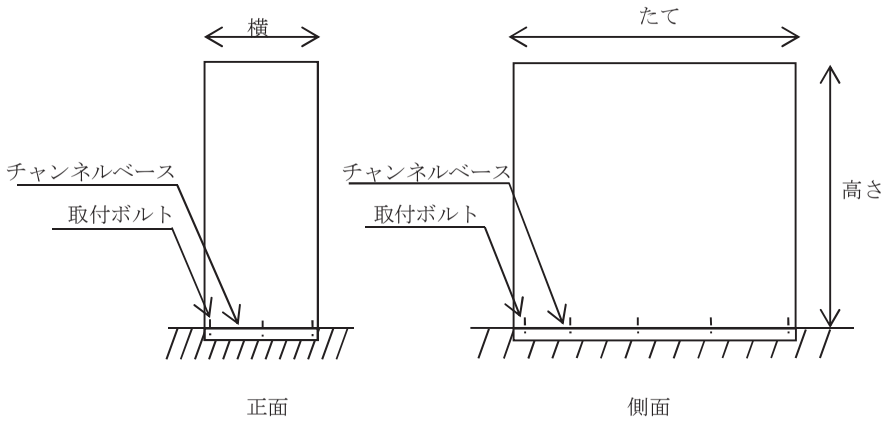
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>


<table>
<tr><th></th><th>再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>約 2540 mm</td></tr>
<tr><td>横</td><td>約 1000 mm</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>約 2300 mm</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

3.　固有周期

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

機器名称	水平方向	鉛直方向
再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器	[redacted]	

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の構造は直立形盤であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器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。

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	その他の計測制御設備	再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器	常設耐震／防止	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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状態を適用する。

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

表 4-2　許容応力（その他の指示構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	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（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	225	385	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の機能確認済加速度には，当該器具と類似の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

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 (×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器	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

再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器の耐震性についての計算結果】

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	
再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器	常設耐震／防止	EL. 29.00*1			－	－	C_H=1.55	C_V=1.17	

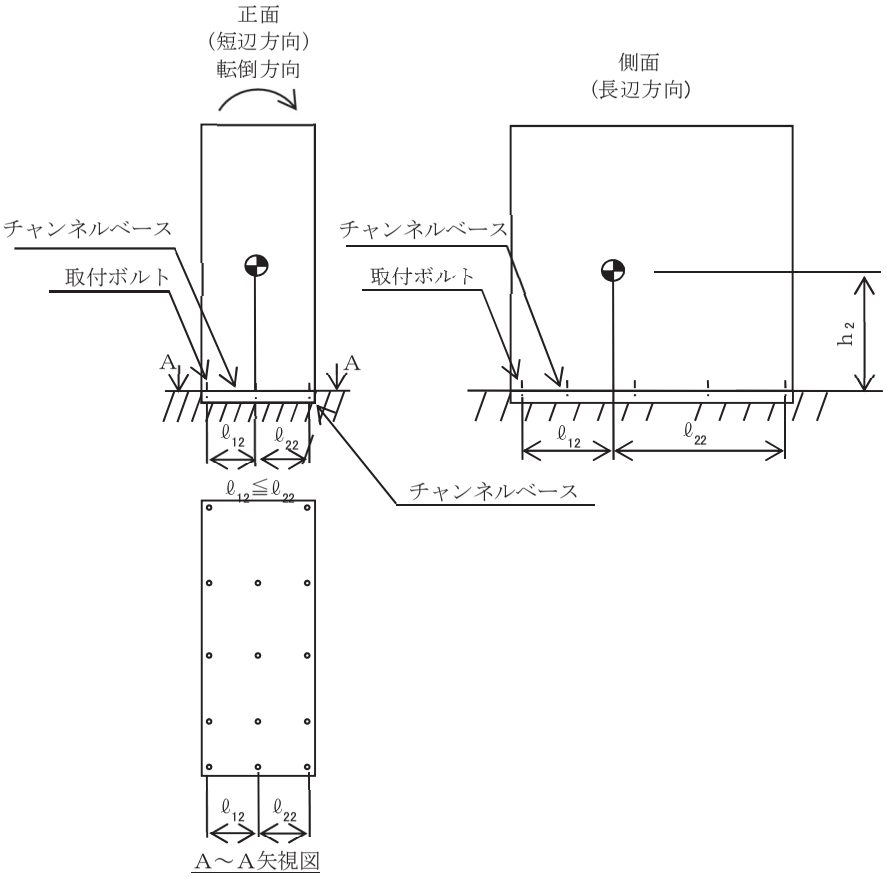
注記 ＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							5
							3

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	Fi* (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)	225	385	－	269	－	短辺方向

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



A～A矢視図

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
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
取付ボルト		引張り	－	－	σ_{b2}＝63	f_{ts2}＝202*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝18	f_{sb2}＝155

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}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
再循環系ポンプ低速度用電源装置遮断器	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度（1.0ZPA）すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-10　格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置

の耐震性についての計算書

格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の耐震性についての耐震計算は，添付書類「Ⅴ-2-6-5-31 格納容器内水素濃度（ＳＡ）の耐震性についての計算書」で説明する。

Ⅴ-2-6-7-11　フィルタ装置入口水素濃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 適用基準 ····· 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 固有値解析方法 ····· 7
4.2 解析モデル及び諸元 ····· 7
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 ····· 13
5.4 計算方法 ····· 14
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 電気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，添付書類添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置入口水素濃度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

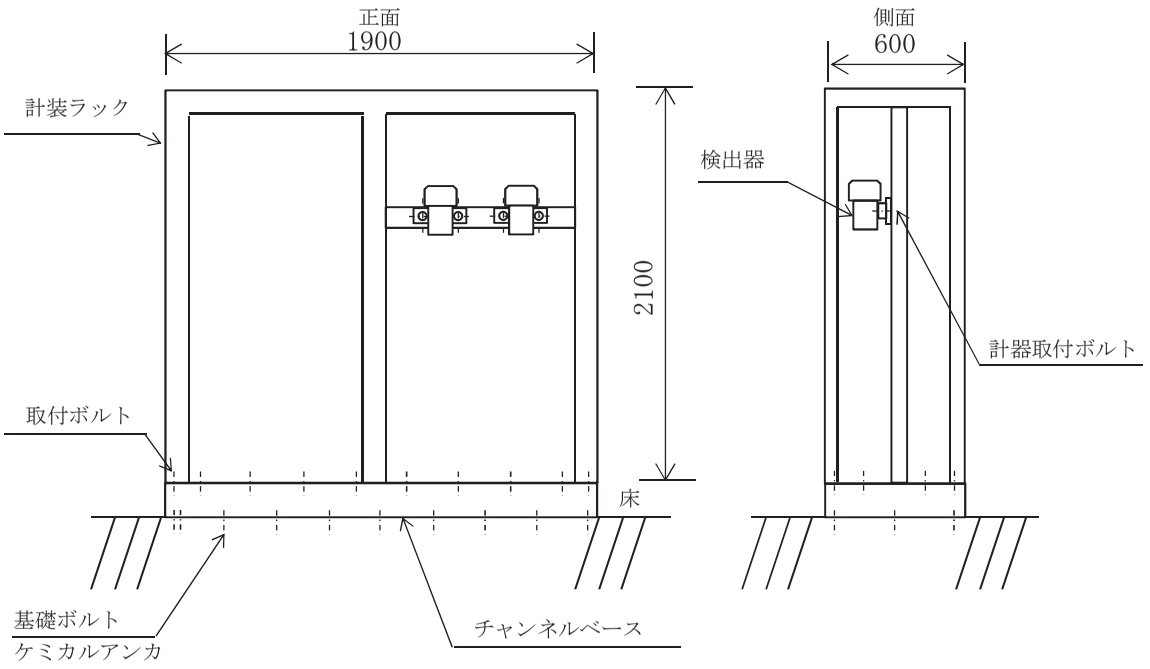
フィルタ装置入口水素濃度は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置入口水素濃度の構造計画を表 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	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックはチャンネルベースに取付ボルトで固定され，チャンネルベースは床に基礎ボルトで固定する。	熱伝導式検出器	

2.2　評価方針

フィルタ装置入口水素濃度の応力評価は，添付書類添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すフィルタ装置入口水素濃度の部位を踏まえ「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，フィルタ装置入口水素濃度の機能維持評価は，添付書類添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

フィルタ装置入口水素濃度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

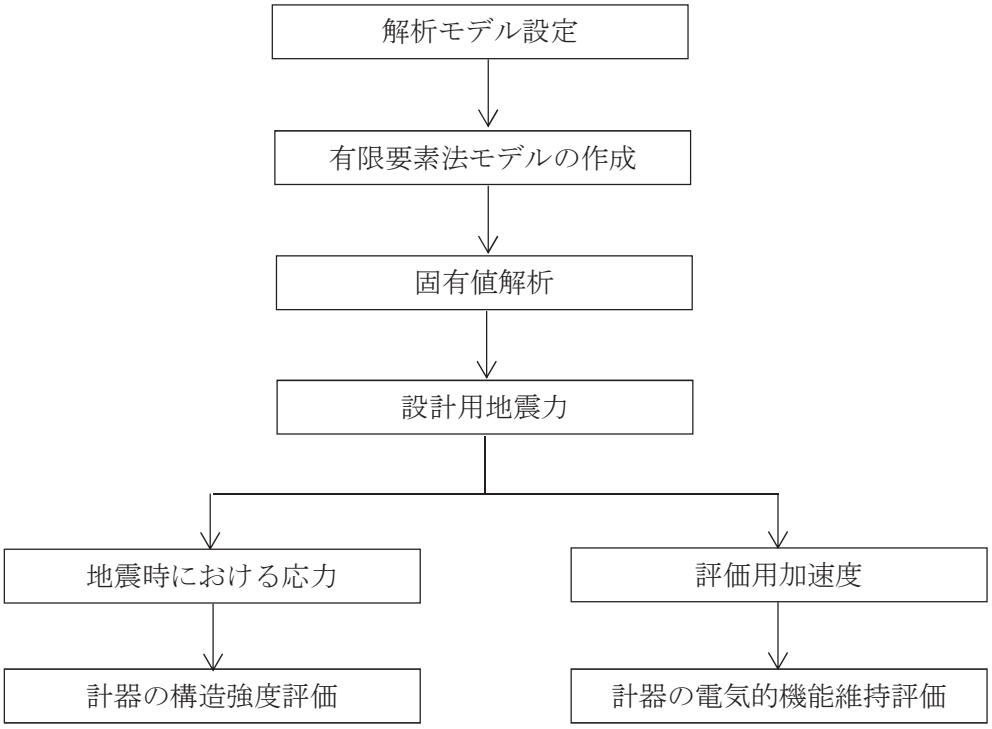


図 2-1　フィルタ装置入口水素濃度の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

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	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
di	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
Fi	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
Fi*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m_i	フィルタ装置入口水素濃度の総質量	kg
m_1～m_{31}	部材の質量	kg
ni	ボルトの本数	－
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	－
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表9に定める値	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表8に定める値	MPa
π	円周率	－
σ_{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　＊1：A_{bi}, d_i, F_i, F_i*, F_{bi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, ℓ_{1i}, ℓ_{2i}, n_i, nf_i, Q_{bi}, S_{ui}, S_{yi}, 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：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2-2に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

フィルタ装置入口水素濃度の耐震評価は，「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。フィルタ装置入口水素濃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

フィルタ装置入口水素濃度の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　フィルタ装置入口水素濃度は，4.2　解析モデル及び諸元に示す３次元シェルモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

フィルタ装置入口水素濃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，機器の諸元を表 4-1 に示す。

(1)　フィルタ装置入口水素濃度の質量は，それぞれの荷重に集中するものとする。

(2)　拘束条件は，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(3)　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，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

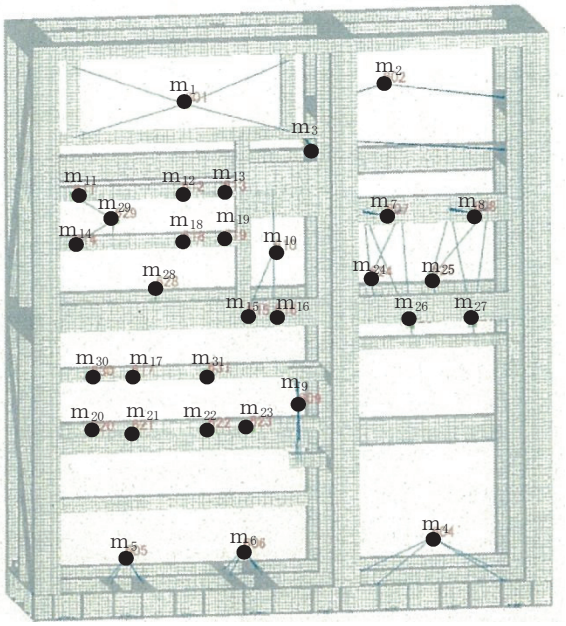


図 4-1　フィルタ装置入口水素濃度　解析モデル

表4-1　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	―	―	
質量	m	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	-	
要素数	―	個	
節点数	―	個	

表 4-2　部材の機器要目

質点Ｎｏ.	部品名	質量【kg】	質点Ｎｏ.	部品名	質量【kg】
m_1	接続箱		m_{18}	グローブ弁	
m_2	配管ダクト１		m_{19}	グローブ弁	
m_3	配管ダクト２		m_{20}	電磁弁	
m_4	鉛遮へい箱		m_{21}	電磁弁	
m_5	サンプルポンプ		m_{22}	電磁弁	
m_6	サンプルポンプ		m_{23}	電磁弁	
m_7	水素分析計		m_{24}	電磁弁	
m_8	水素分析計		m_{25}	電磁弁	
m_9	流量指示伝送器		m_{26}	電磁弁	
m_{10}	圧力計		m_{27}	定流量弁	
m_{11}	グローブ弁		m_{28}	減圧弁	
m_{12}	グローブ弁		m_{29}	ニードル弁	
m_{13}	グローブ弁		m_{30}	ニードル弁	
m_{14}	グローブ弁		m_{31}	ニードル弁	
m_{15}	グローブ弁		架台		
m_{16}	グローブ弁		チャンネルベース		
m_{17}	グローブ弁		合計		

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であるため，固有周期の算出は省略した。

表4-2　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	水平

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，フィルタ装置入口水素濃度に対して，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

フィルタ装置入口水素濃度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

フィルタ装置入口水素濃度の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

フィルタ装置入口水素濃度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	フィルタ装置入口水素濃度	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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	
	引張り	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	$1.5\cdot f_t$*	$1.5\cdot f_s$*
$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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 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 (℃)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}(RT) (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]	周囲環境温度	235	400	－
取付ボルト (i＝2)		周囲環境温度	235	400	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

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
[redacted] EL. 22.00 (EL. 29.00*1)	[redacted]		－	－	C_H=1.55	C_V=1.17

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

5.4　計算方法

5.4.1　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。

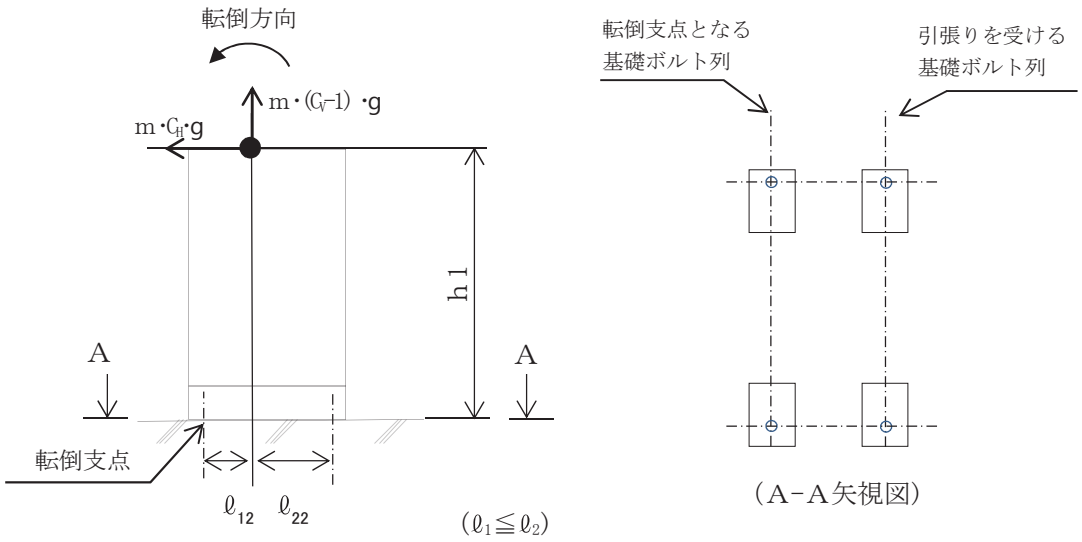


図 5-1(1)　フィルタ装置入口水素濃度　計算モデル（短辺方向転倒）

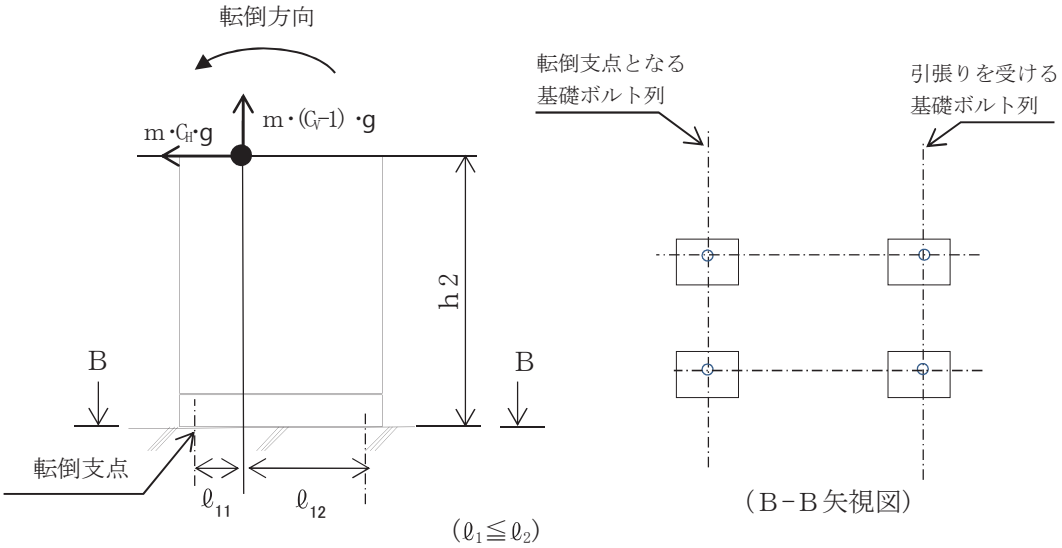


図 5-1(2)　フィルタ装置入口水素濃度　計算モデル（長辺方向転倒）

(1)　引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 2-1 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力F_b

計算モデル図 5-1(1)及び 5-1(2)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2 \cdot g}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1)$$

引張応力σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.3)$$

ただし，F_bが負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行なわない。

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.4)$$

せん断力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.5)$$

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【フィルタ装置入口水素濃度の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置入口水素濃度の電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

フィルタ装置入口水素濃度の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置入口水素濃度	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

フィルタ装置入口水素濃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。

発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置入口水素濃度の重大事故等対処設備としての評価結果】

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	
フィルタ装置 入口水素濃度	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 22.00 (EL. 29.00*1)			－	－	C_H＝1.55	C_V＝1.17	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置入口水素濃度

部材	mi (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)							9 2
取付ボルト (i＝2)							8 2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_S
基礎ボルト (i＝1)	235	400	－	280	－	長辺方向
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向

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

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{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)	－	[redacted]	－	[redacted]
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)	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b1}＝20	f_{ts1}＝168*
		せん断	－	－	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝129
取付ボルト (i＝2)		引張り	－	－	σ_{b2}＝18	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝161

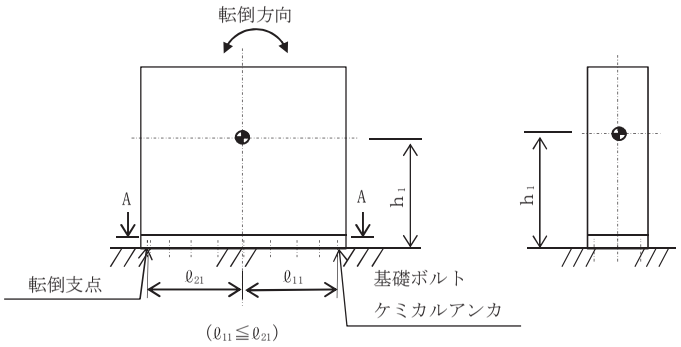
すべて許容応力以下である。

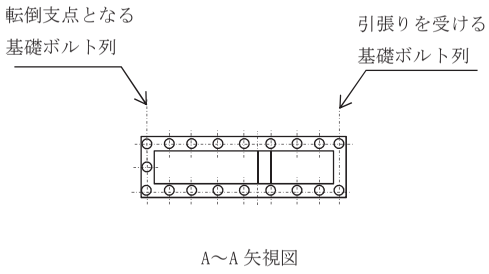
注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置入口水素濃度	水平方向	1.29	[redacted]
	鉛直方向	0.98	

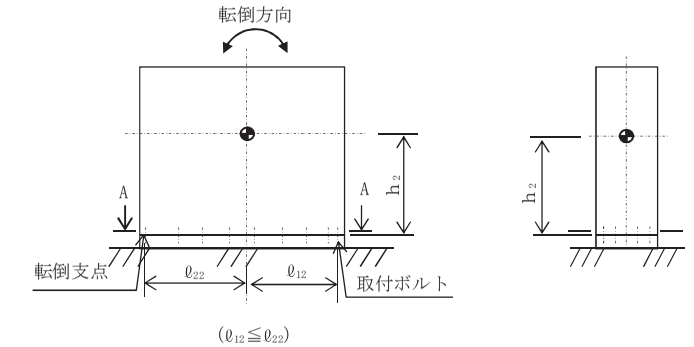
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

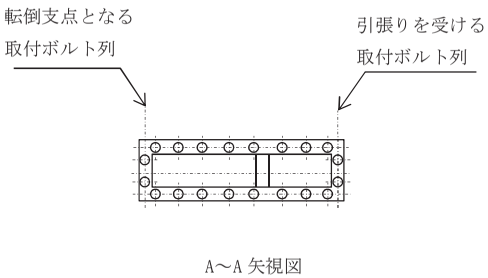




A～A 矢視図

正面（長辺方向）　　側面（短辺方向）





A～A 矢視図

正面（長辺方向）　　側面（短辺方向）

Ⅴ-2-6-7-12　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書

目　次

1.　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）　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　適用基準　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　地震応答解析及び構造強度評価　7
1.4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法　7
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　7
1.4.3　解析モデル及び諸元　11
1.4.4　固有周期　13
1.4.5　設計用地震力　14
1.4.6　計算方法　15
1.4.7　計算条件　17
1.4.8　応力の評価　17
1.5　機能維持評価　18
1.5.1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の電気的機能維持評価方法　18
1.6　評価結果　19
1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果　19
2.　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）　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　適用基準　25
2.3　評価部位　26
2.4　機能維持評価　27
2.4.1　評価用加速度　27
2.4.2　機能確認済加速度　28
2.5　評価結果　29
2.5.1　重大事故等対処設備としての評価結果　29

1. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）

1.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）は，重大事故等対処設備において常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

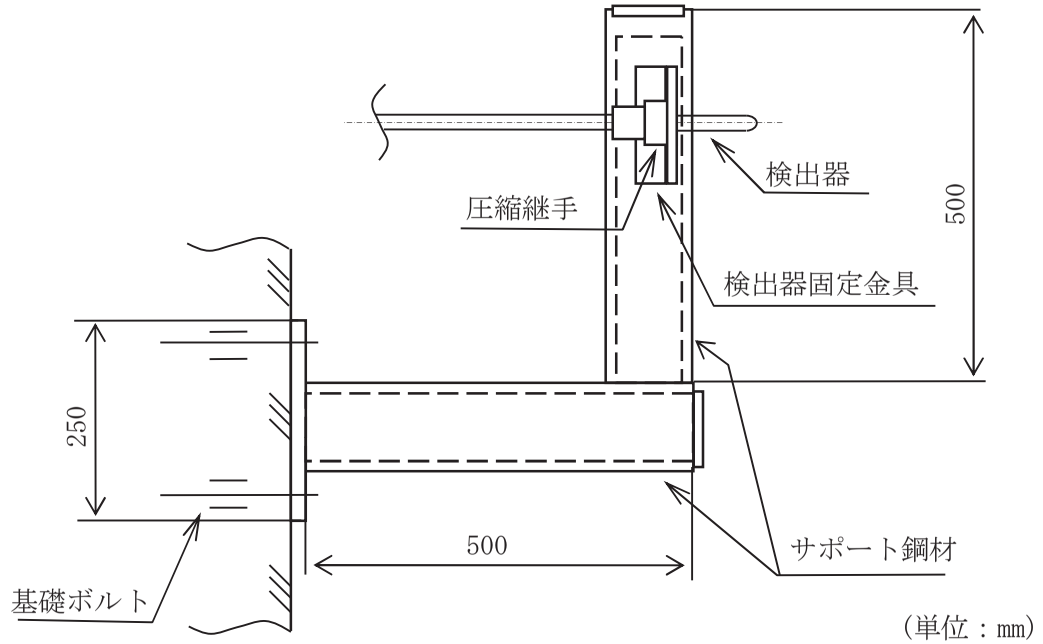
1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）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	
検出器は，検出器固定金具にて圧縮継手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。	測温抵抗体	【TE-SA16-N001A，N001B】



1.2.2　評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1　構造計画」にて示す静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）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，「1.4.3　解析モデル及び諸元」及び「1.4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.4　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「1.6　評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

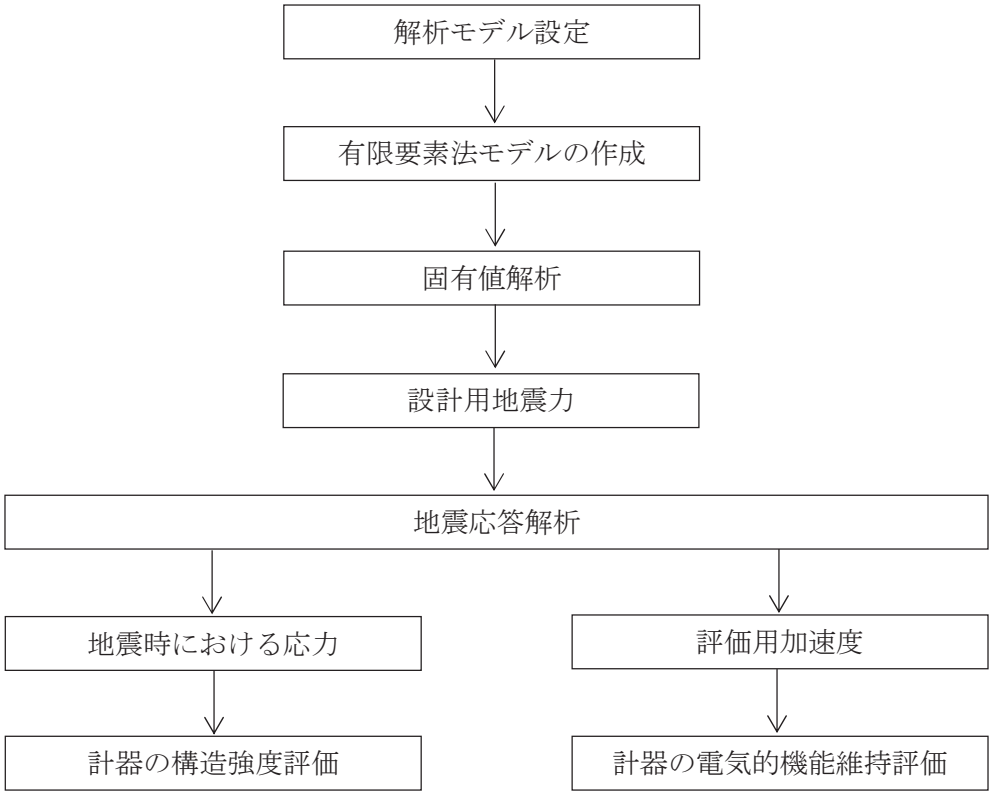


図 1-1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の耐震評価フロー

1.2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

1.2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A	サポートの断面積	mm^2
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
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3131 に定める値	
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（1本当たり）	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（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	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	MPa
Ip	サポートの断面二次極モーメント	mm^4
Iy	サポートの断面二次モーメント（y軸）	mm^4
Iz	サポートの断面二次モーメント（z軸）	mm^4
ℓ	検出器及び検出器固定金具の重心までの距離	mm
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_a	検出器及び検出器固定金具の質量	kg
M_X	サポート基礎部に作用するモーメント（X軸周り）	N･m
M_Y	サポート基礎部に作用するモーメント（Y軸周り）	N･m
M_Z	サポート基礎部に作用するモーメント（Z軸周り）	N･m
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	－
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり）	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
Zp	サポートのねじり断面係数	mm^4
Zy	サポートの断面係数（y軸）	mm^4
Zz	サポートの断面係数（z軸）	mm^4
ν	ポアソン比	－
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

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表1-2に示すとおりとする。

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*1	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の耐震評価は，「1.4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の耐震評価箇所については，表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4　地震応答解析及び構造強度評価

1.4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　地震力は静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）に対して，水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

(2)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）は，壁面に基礎ボルトで固定されるものとする。

(3)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の質量は，検出器，検出器固定金具，圧縮継手及びサポート鋼材を考慮する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を用いる。

1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）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 1-3 に示す。

1.4.2.2　許容応力

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-4 のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）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 1-5 に示す。

表 1-3　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）	常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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 1-4　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	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 1-5　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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	221	373	－

1.4.3　解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 1-2 に，解析モデルの概要を以下に示す。サポート鋼材はＬ字に組まれた鋼材で原子炉建屋の壁面に固定されることから，解析モデルにおいて，①及び②の部材で組まれたＬ字とみなし，支持点（サポート基礎部）1 点で固定されるものとする。また，解析モデルにおいて，検出器及び検出器固定金具の質量は質点に集中するものとし，質点は検出器の取付位置に設置する。機器の諸元を表 1-5，部材の機器要目を表 1-6 に示す。

(1)　図 1-2 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

(2)　図 1-2 中の ◓ は検出器及び検出器固定金具の質点を示し，m_a は□kg である。

(3)　図 1-2 中の ━━ はサポート鋼材，┅┅ は仮想鋼材，  は支持点（サポート基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

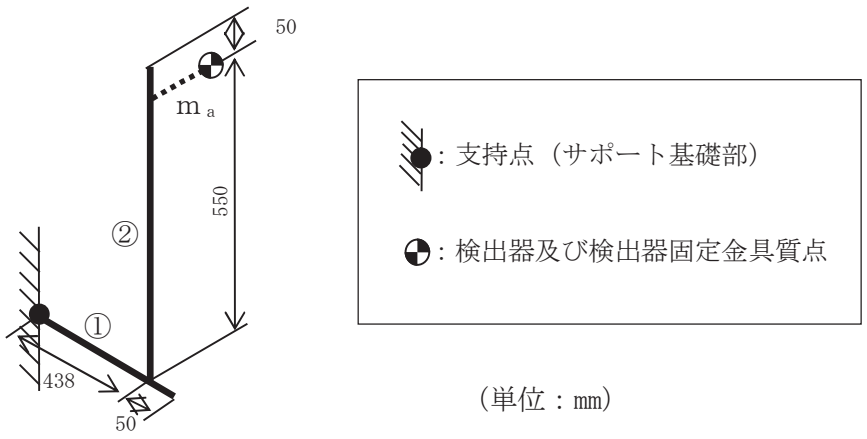
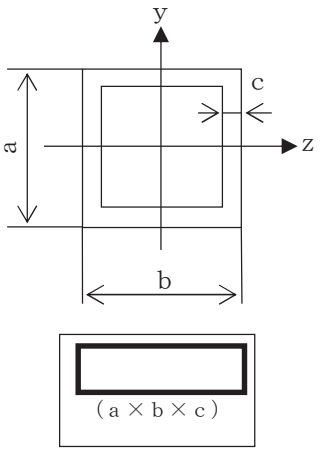
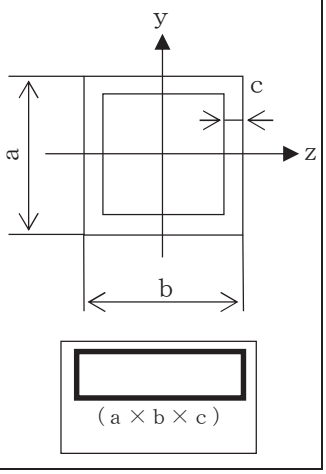


図 1-2　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）解析モデル

表 1-5　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	―	―	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	―	
要素数	―	個	
節点数	―	個	

表 1-6　部材の機器要目

材料		
対象要素	①	②
A （mm^2）		
I_y （mm^4）		
I_z （mm^4）		
I_p （mm^4）		
Z_y （mm^3）		
Z_z （mm^3）		
Z_p （mm^3）		
断面形状 （mm）		

1.4.4　固有周期

固有値解析結果を表 1-7 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表1-7　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次		水平

1.4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力については，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 1－8 に示す。

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
[redacted] EL. 46.50 (EL. 57.00*1)	[redacted]		－	－	C_H=2.09	C_V=1.77

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.4.6　計算方法

1.4.6.1　基礎ボルトの応力

３次元はりモデルによる地震応答解析からサポート基礎部の荷重を算出し，その結果を用いて理論式にて基礎ボルトを評価する。

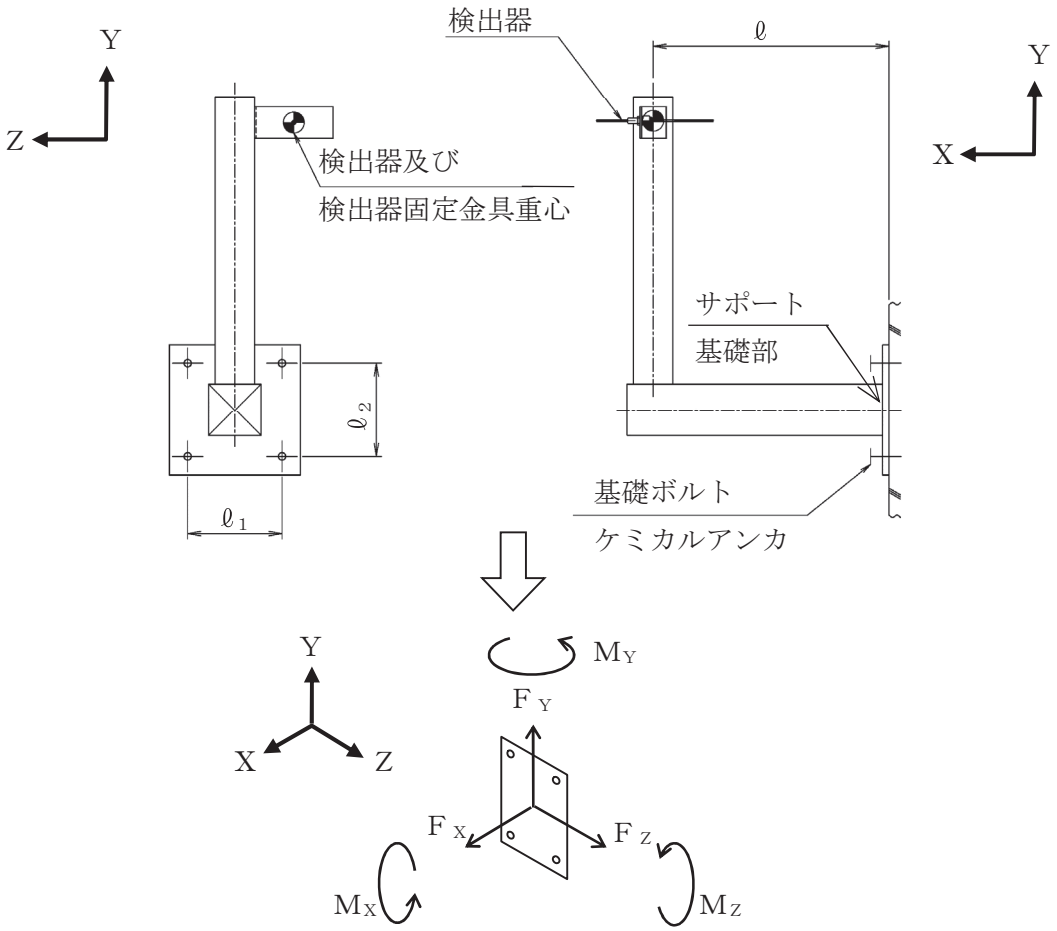


図 1-3　計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

地震応答解析によって得られたサポート基礎部の評価点の反力とモーメントを表 1-9 に示す。

表1-9　サポート発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z
TE-SA16-N001A，B						

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当り）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力（F_b）

$$F_b = \frac{F_X}{n} + \frac{M_Y}{\ell_1 \cdot n_Y} + \frac{M_Z}{\ell_2 \cdot n_Z} \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.1)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当り）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）

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_Y{}^2 + F_Z{}^2}}{n} + \frac{M_X}{n \cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ_3は次式により求める。

$$\ell_3 = \mathrm{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.5)$$

せん断応力（τ_b）

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (1.4.6.1.6)$$

1.4.7　計算条件

1.4.7.1　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，静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

1.4.8　応力の評価

1.4.8.1　基礎ボルトの応力評価

1.4.6.1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引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{t0}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1.4.8.1.1)$$

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。

	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}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

1.5　機能維持評価

1.5.1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の機能維持評価方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置(入口温度)の機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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 1-10 に示す。

表 1-10　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器 動作監視装置（入口温度）	水平	
	鉛直	

1.6　評価結果

1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）（TE-SA16-N001A，B）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	
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）	常設／緩和	EL. 46.50 (EL. 57.00*1)			—	—	C_H＝2.09	C_V＝1.77	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）

部材	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_Y	n_Z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト							2	2	221	373	261

1.3 計算数値

1.3.1 サポートに作用する力 （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						

1.3.2 サポートに作用するモーメント （単位：N･m）

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						

1.3.3 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		引張り	—	—	$\sigma_b=8$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

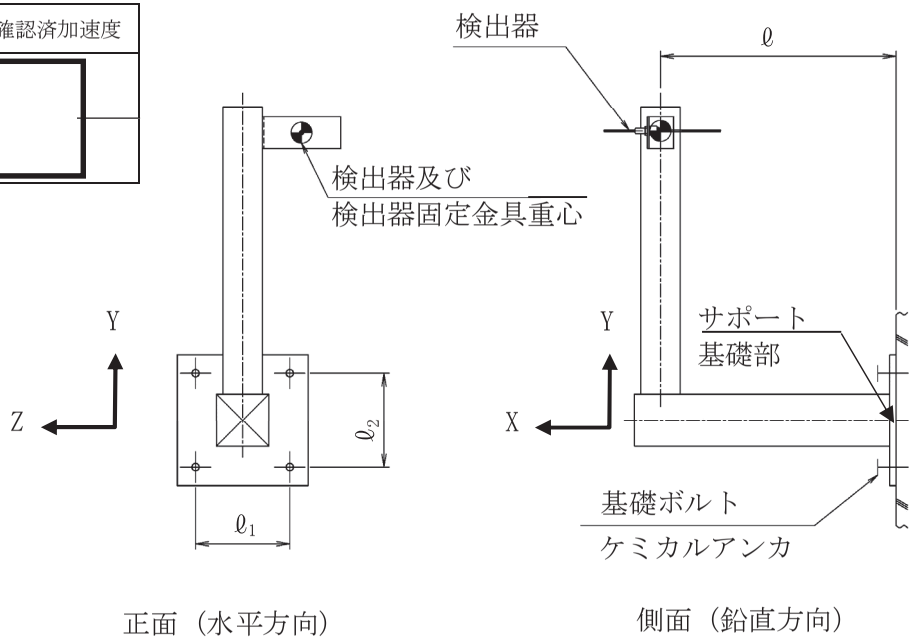
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（入口温度）	水平方向	1.74	
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）　　側面（鉛直方向）

2. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）

2.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

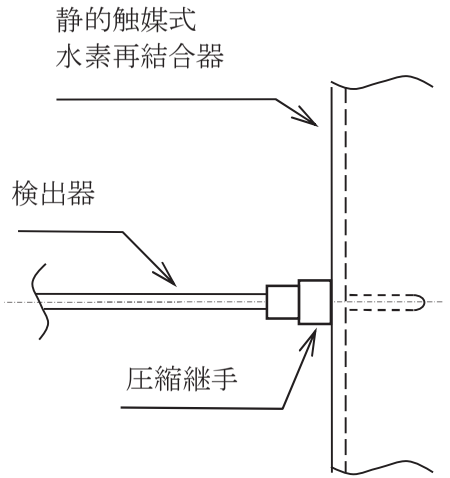
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）は，重大事故等対処設備において常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（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	
検出器は，圧縮継手にて，静的触媒式水素再結合器に固定する。	測温抵抗体	【TE-SA16-N002A，N002B】 

2.2.2　評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「2.4　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「2.5　評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

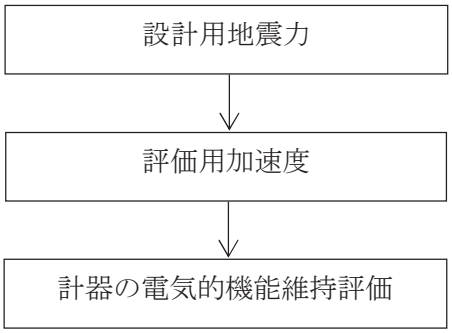


図 2-1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の耐震評価フロー

2.2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

2.3　評価部位

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）は，静的触媒式水素再結合器に挿入され固定されることから，静的触媒式水素再結合器が支持している。静的触媒式水素再結合器の構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-9-5-5-1　静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算書」にて実施しているため，静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）では，静的触媒式水素再結合器に生じる加速度を用いて静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の電気的機能維持評価について示す。

2.4　機能維持評価

2.4.1　評価用加速度

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）は，静的触媒式水素再結合器に挿入され固定されることから評価用加速度は「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力として，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定し，評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。評価用加速度を表 2-2 に示す。

表 2-2　評価用加速度　　（×9.8 m/s^2）

機器名称	対象機器設置箇所	方向	基準地震動Ｓ$_s$ 評価用加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置(出口温度) (TE-SA16-N002A, B)	[redacted] EL. 46.50 (EL. 57.00*)	水平	1.74
		鉛直	1.47

注記　＊：基準床レベルを示す。

2.4.2　機能確認済加速度

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の機能確認済加速度については以下に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）の機能確認済加速度には，添付書類「Ⅴ-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気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2-3に示す。

表2-3　機能確認済加速度　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器 動作監視装置（出口温度）	水平	
	鉛直	

2.5　評価結果

2.5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）については，重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電気的機能が維持されていることを確認した。

(1)　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。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置（出口温度）（TE-SA16-N002A，B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 （出口温度）	水平方向	1.74	
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-13　フィルタ装置水位の耐震性についての計算書

目次

1. フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）
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 適用基準 ····· 4
1.2.4 記号の説明 ····· 5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 7
1.3 評価部位 ····· 8
1.4 固有周期 ····· 8
1.4.1 固有値解析方法 ····· 8
1.4.2 解析モデル及び諸元 ····· 8
1.4.3 固有値解析結果 ····· 12
1.5 構造強度評価 ····· 13
1.5.1 構造強度評価方法 ····· 13
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 13
1.5.3 設計用地震力 ····· 17
1.5.4 計算方法 ····· 18
1.5.5 計算条件 ····· 20
1.5.6 応力の評価 ····· 20
1.6 機能維持評価 ····· 21
1.6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 21
1.7 評価結果 ····· 21
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 21
2. フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B） ····· 124
2.1 概要 ····· 124
2.2 一般事項 ····· 124
2.2.1 構造計画 ····· 124
2.3 固有周期 ····· 126
2.3.1 固有周期の算出方法 ····· 126
2.3.2 固有周期の計算条件 ····· 127
2.3.3 固有周期の計算結果 ····· 127
2.4 構造強度評価 ····· 128
2.4.1 構造強度評価方法 ····· 128

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　・・・

1. フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）

1.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

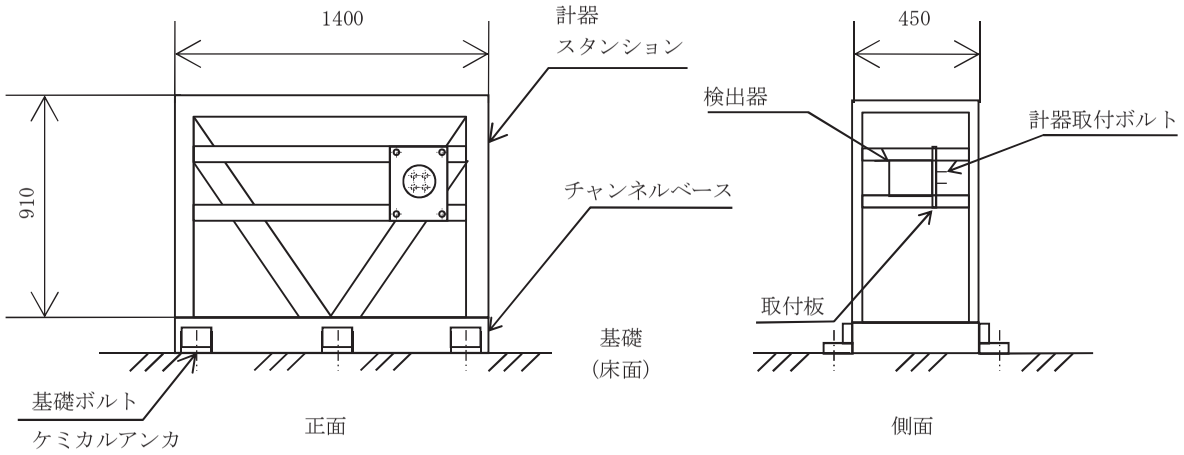
フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式水位検出器	【LT-SA14-N101A】  (単位：mm)

1.2.2　評価方針

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1　構造計画」にて示すフィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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」で算出した固有周期に基づく設計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，フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的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。

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

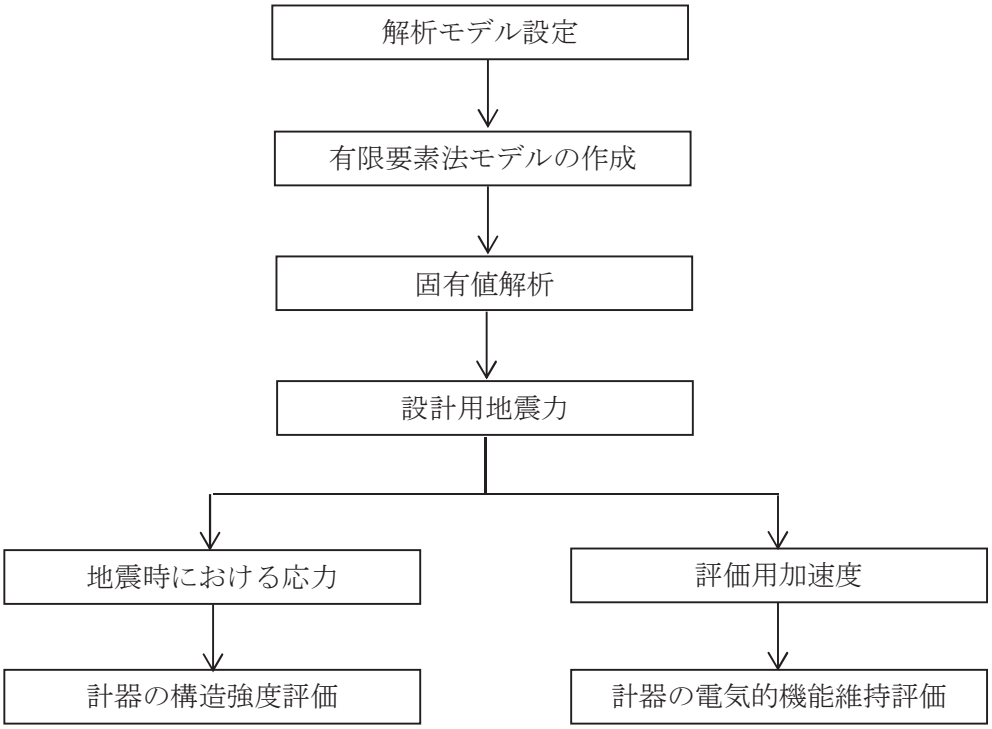


図 1-1　フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の耐震評価フロー

1.2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））
ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

1.2.4　記号の説明

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
A	計器スタンションの断面積	mm^2
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
E	縦弾性係数	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3131 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本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
I_p	計器スタンションの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	計器スタンションの断面二次モーメント（y軸）	mm^4
I_z	計器スタンションの断面二次モーメント（z軸）	mm^4
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	検出器,弁及び計器スタンションの総質量	kg
m_i	検出器及び弁の質量（i＝a～g）	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

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
Z_p	計器スタンションのねじり断面係数	mm^3
Z_y	計器スタンションの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	計器スタンションの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	－
π	円周率	－
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記　＊：　$1 \leqq 2$

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表1-2に示すとおりとする。

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*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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部について実施する。フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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　固有値解析方法

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の固有値解析方法を「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

1.4.2　解析モデル及び諸元

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 1-2 に，解析モデルの概要を以下に示す。計器スタンションは複数の鋼材で構成された箱で原子炉建屋床面に 6 箇所で固定されることから，解析モデルにおいて，①～㉖の部材で組まれた箱とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）6 点で固定されるものとする。また，検出器及び弁の質量は各々の質点に集中するものとし，質点は各検出器及び弁の取付位置に設置する。機器の諸元を表 1-3，部材の機器要目を表 1-4 に示す。

(1)　図 1-2 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

(2)　図 1-2 中の ◓ 検出器及び弁の質点を示し，m_aは□kg，m_bは□kg，m_cは□kg，m_dは□kg，m_eは□kg，m_fは□kg 及びm_gは□kg である。

(3)　図 1-2 中の ―― は計器スタンション，－－・ は仮想鋼材，  は支持点（計器スタンション基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

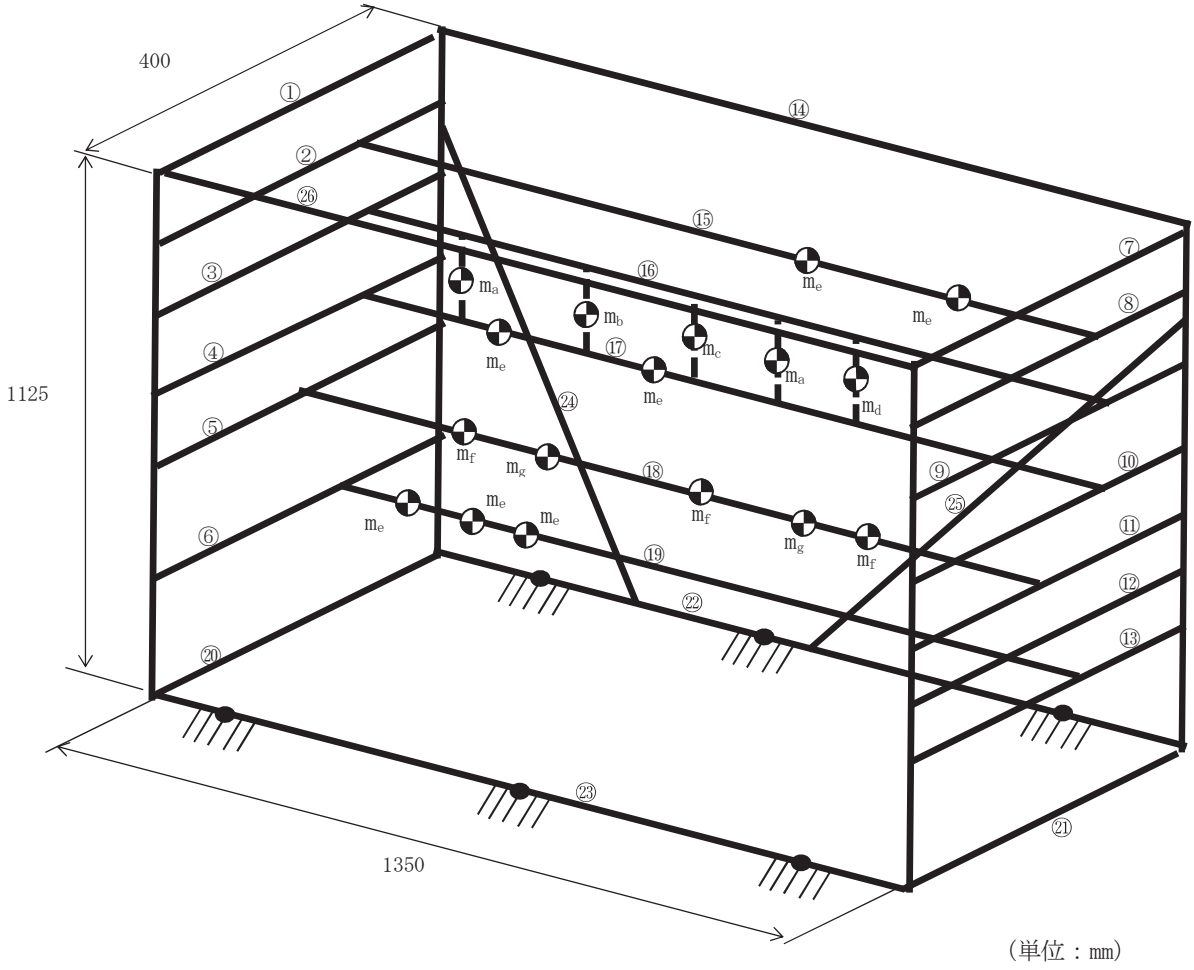
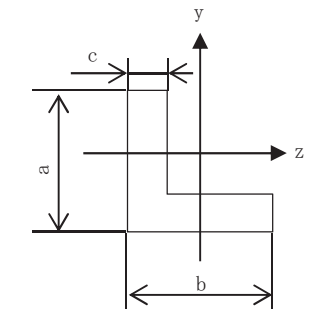
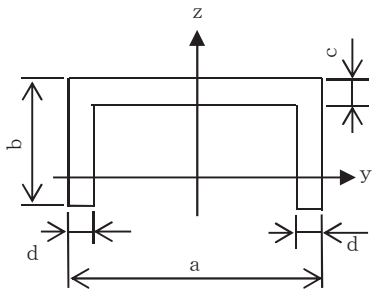

400
1125
1350
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩
⑪
⑫
⑬
⑭
⑮
⑯
⑰
⑱
⑲
⑳
㉑
㉒
㉓
㉔
㉕
㉖
m_a
m_b
m_c
m_d
m_e
m_f
m_g
（単位：mm）
：支持点（計器スタンション基礎部）
：検出器質点及び弁質点

図 1-2　解析モデル

表 1-3　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
	m_b	kg	
	m_c	kg	
	m_d	kg	
	m_e	kg	
	m_f	kg	
	m_g	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 1-4　部材の機器要目

材料	[redacted]	[redacted]
対象要素	①－⑲, ㉖	⑳－㉕
A （mm^2）	[redacted]	[redacted]
I_y （mm^4）		
I_z （mm^4）		
I_p （mm^4）		
Z_y （mm^3）		
Z_z （mm^3）		
Z_p （mm^3）		
断面形状 （mm）	 （a× b × c ）	 （ a × b × c × d ）

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1-5 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表1-5　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	水平

1.5　構造強度評価

1.5.1　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，フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）に対して，水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

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

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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 1-6 に示す。

1.5.2.2　許容応力

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 1-7 のとおりとする。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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 1-8 に示す。

表 1-6　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御設備	フィルタ装置水位	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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 1-7　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	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 1-8　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		225	385	－

1.5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-9 に示す。

表 1-9　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
格納容器圧力逃がし装置格納槽 EL.-12.80 (EL.-4.00*1)	[redacted]		－	－	C_H=2.15	C_V=1.07

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

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。

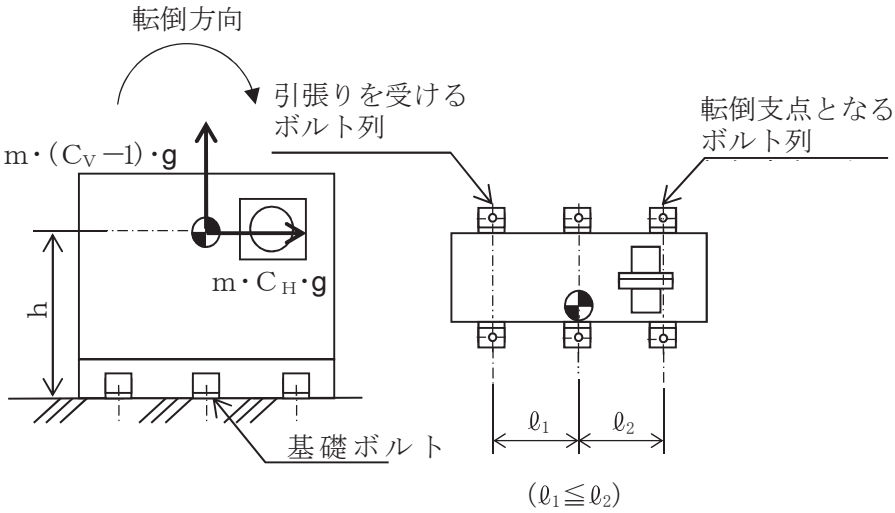


図1-3(1)　計算モデル

（直立形　左右方向転倒－2（1－CV）＜0の場合）

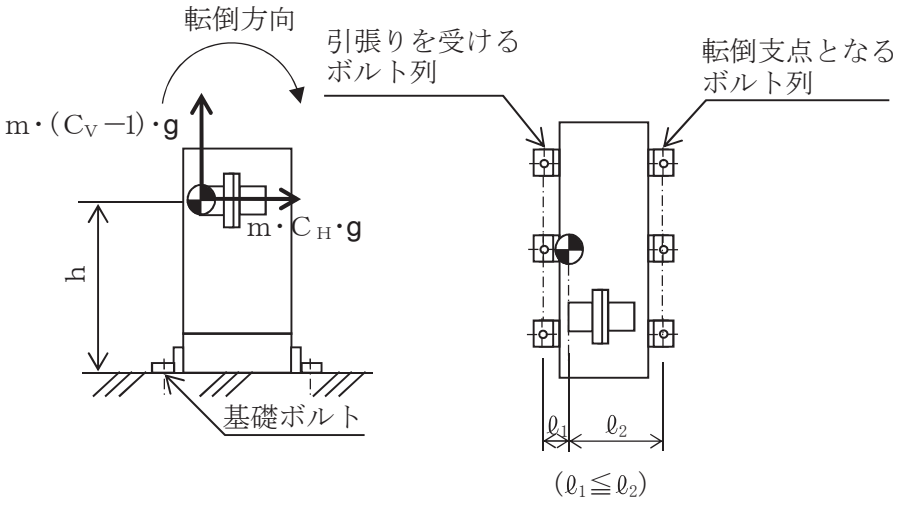


図 1-3(2)　計算モデル

（直立形　前後方向転倒－1（1－CV）＜0の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，最も厳しい条件として，図1-3で最外列の基礎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_b）

計算モデル図1-3(1)及び図1-3(2)の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h_1-m\cdot g\cdot(1-C_V)\cdot \ell_1}{n_f\cdot(\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_b = m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

せん断応力（τ_b）

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置水位(LT-SA14-N101A)の耐震性についての評価結果】の設計条件および機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　ボルトの応力評価

1.5.4.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (1.5.6.1.1)$$

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

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

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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 1-10 に示す。

表 1-10　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 （LT-SA14-N101A）	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

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101A）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置水位(LT-SA14-N101A)の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置水位	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置格納槽 EL.-12.80 (EL.-4.00*1)			—	—	C_H=2.15	C_V=1.07	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水位

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	nf*
基礎ボルト							2
							3

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	225	385	—	225	—	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後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		引張り	－	－	σ_b＝16	f_{ts}＝162*
		せん断	－	－	τ_b＝5	f_{sb}＝124

すべて許容応力以下である。

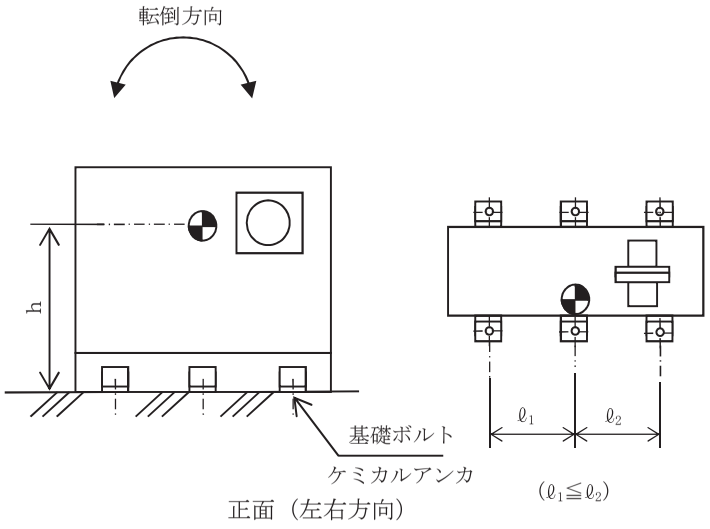
注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

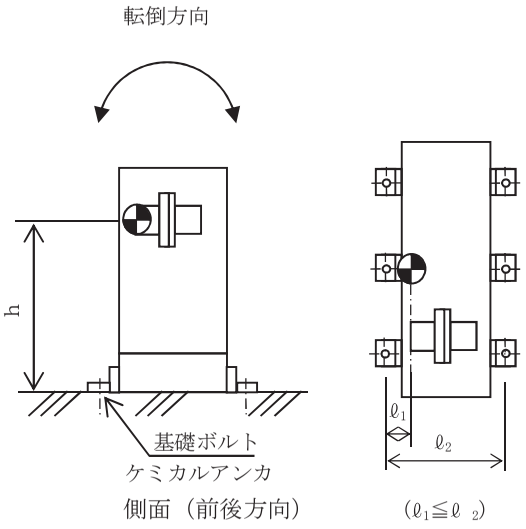
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置水位	水平方向	1.79	
	鉛直方向	0.89	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

2. フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）

2.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）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。

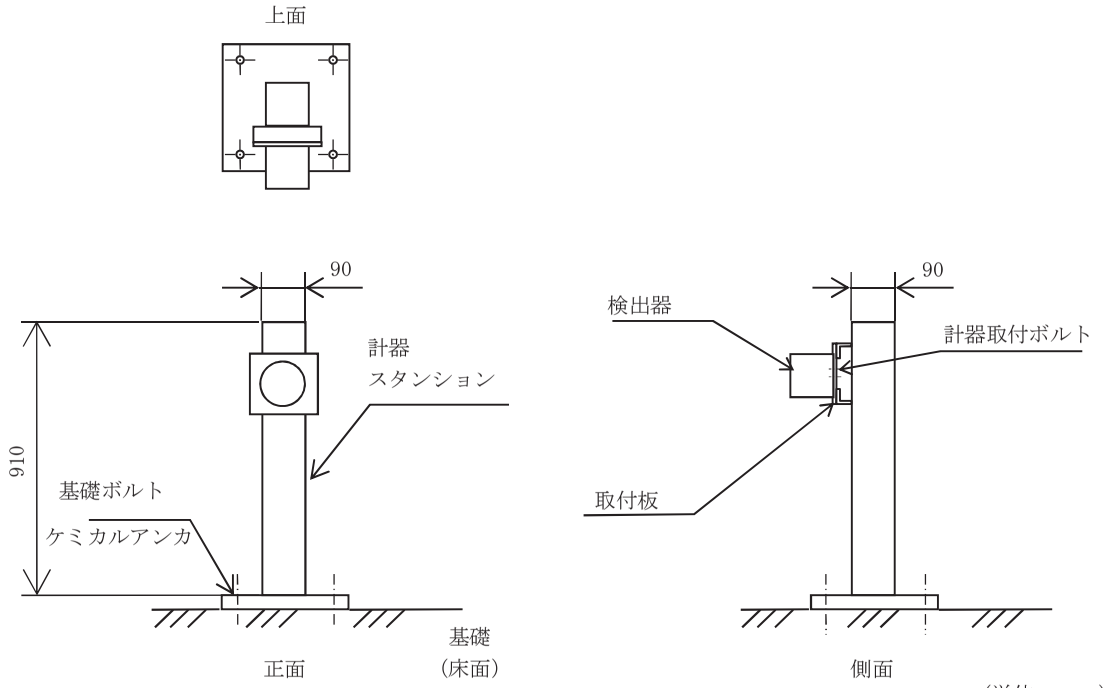
2.2 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.2.1 構造計画

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式水位検出器	【LT-SA14-N101B】  (単位：mm)

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の算出方法

フィルタ装置水位の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　フィルタ装置水位は，図 2-1 に示す床固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で原子炉建屋床面に固定されているため，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は検出器の位置に設定する。

(4)　図 2-1 中の ◓ は検出器及び計器スタンションの質点，●は計器スタンションの支持点，―は計器スタンションを示す。

2.3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^{\,3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (2.3.1.1.1)$$

2.3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

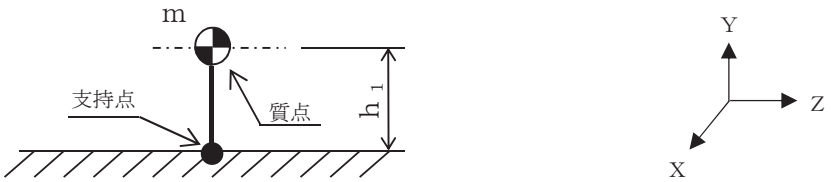
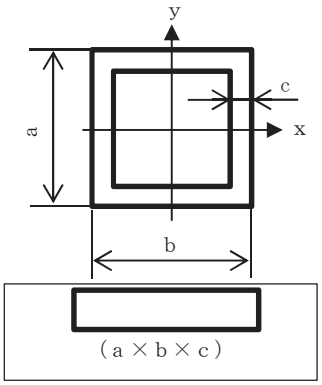


図 2-1　固有周期の計算モデル

2.3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 2-2 に示す。

表 2-2　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	As	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状（mm）			

2.3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 2-3 示す。

表 2-3　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）の構造は直立形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）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。

2.4.2.2　許容応力

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）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。

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	その他の計測制御設備	フィルタ装置水位	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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 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	
	引張り	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 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	－

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 2-7 に示す。

表 2-7　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 （LT-SA14-N101B）	水平	
	鉛直	

2.6　評価結果

2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置水位（LT-SA14-N101B）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置水位(LT-SA14-N101B)の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置水位	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置格納槽 EL.-12.80 (EL.-4.00*1)			—	—	C_H=2.15	C_V=1.07	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水位

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	nf*
基礎ボルト							2
							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	234	385	—	270	—	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は前後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	[redacted]	引張り	－	－	σ_b=23	f_{ts}=162*
		せん断	－	－	τ_b=3	f_{sb}=124

すべて許容応力以下である。

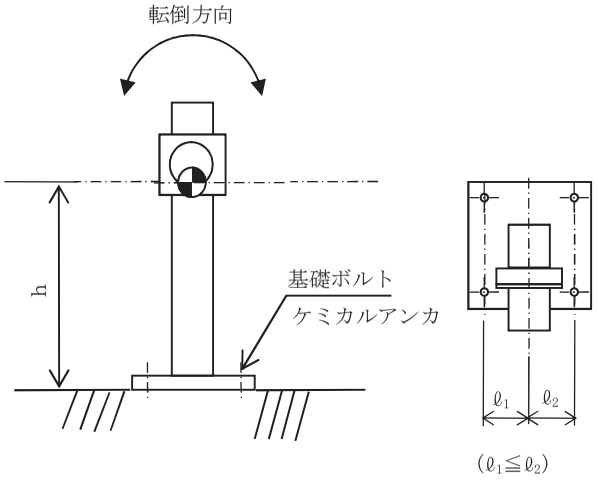
注記＊：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

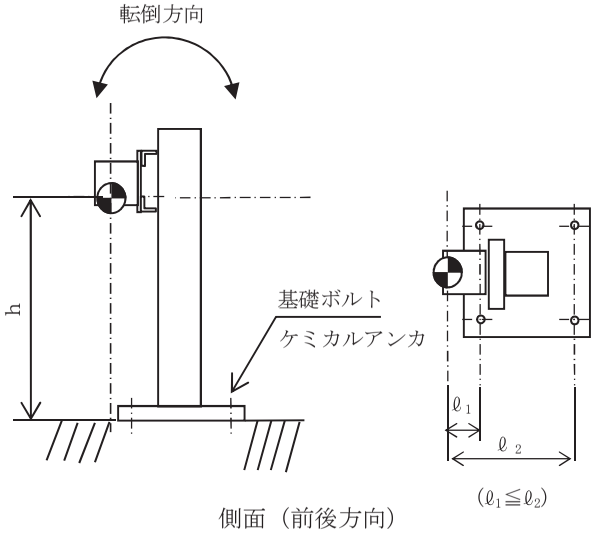
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置水位	水平方向	1.79	[redacted]
	鉛直方向	0.89	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-6-7-14　フィルタ装置圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
2.2 評価方針 …… 3
2.3 適用基準 …… 4
2.4 記号の説明 …… 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 …… 7
3. 評価部位 …… 8
4. 固有周期 …… 8
4.1 固有値解析方法 …… 8
4.2 解析モデル及び緒元 …… 8
4.3 固有値解析結果 …… 12
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 …… 18
5.5 計算条件 …… 20
5.6 応力の評価 …… 20
6. 機能維持評価 …… 21
6.1 電気的機能維持評価方法 …… 21
7. 評価結果 …… 22
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 …… 22

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

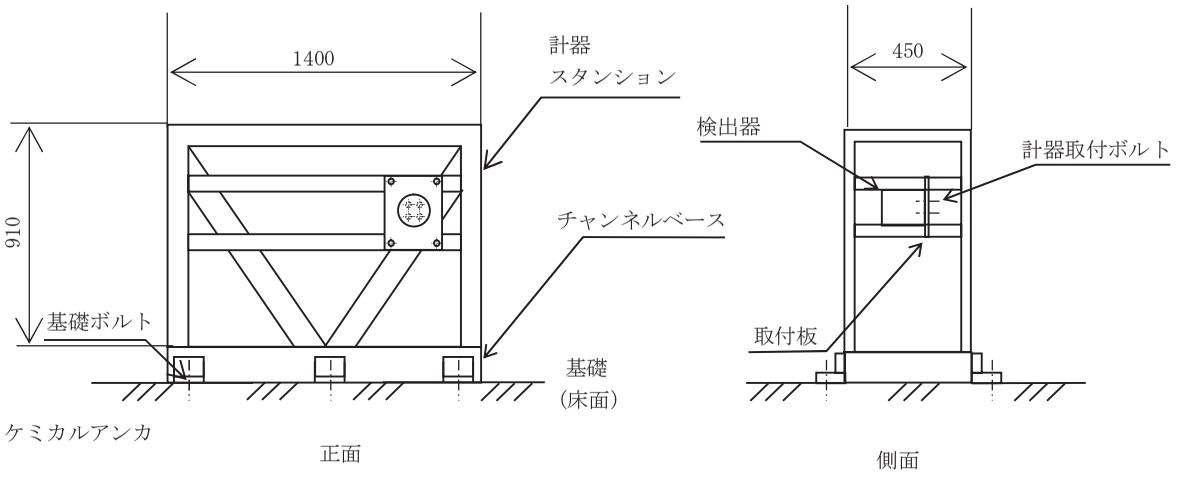
フィルタ装置圧力は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 (単位：mm)

2.2　評価方針

フィルタ装置圧力の応力評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すフィルタ装置圧力の部位を踏まえ「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，フィルタ装置圧力の機能維持評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

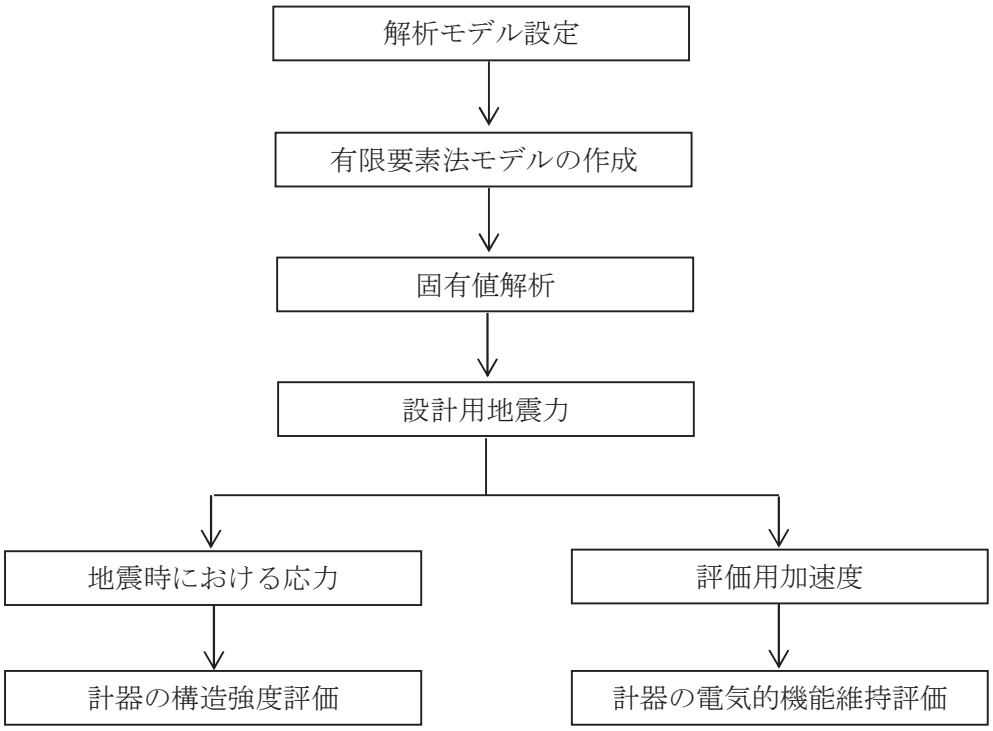


図 2-1　フィルタ装置圧力の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
A	計器スタンションの断面積	mm^2
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
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 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本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
I_p	計器スタンションの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	計器スタンションの断面二次モーメント（ｙ軸）	mm^4
I_z	計器スタンションの断面二次モーメント（ｚ軸）	mm^4
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	計器，弁及び計器スタンションの総質量	kg
m_i	計器及び弁の質量（ｉ＝ａ～ｇ）	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

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
Z_p	計器スタンションのねじり断面係数	mm^3
Z_y	計器スタンションの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	計器スタンションの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	－
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　＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2-2に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

フィルタ装置圧力の耐震評価は，「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部について実施する。フィルタ装置圧力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

フィルタ装置圧力の固有値解析方法を「4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

4.2　解析モデル及び諸元

フィルタ装置圧力の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。計器スタンションは複数の鋼材で構成された箱で原子炉建屋床面に 6 箇所で固定されることから，解析モデルにおいて，①～㉖の部材で組まれた箱とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）6 点で固定されるものとする。また，検出器及び弁の質量は各々の質点に集中するものとし，質点は各検出器及び弁の取付位置に設置する。機器の諸元を表 4-1，部材の機器要目を表 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

(2)　図 4-1 中の ◔ は検出器及び弁の質点を示し，m_a は□kg，m_b は□kg，m_c は□kg，m_d は□kg，m_e は□kg，m_f は□kg 及び m_g は□kg である。

(3)　図 4-1 中の ―― は計器スタンション，－ － は仮想鋼材，  は支持点（計器スタンション基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

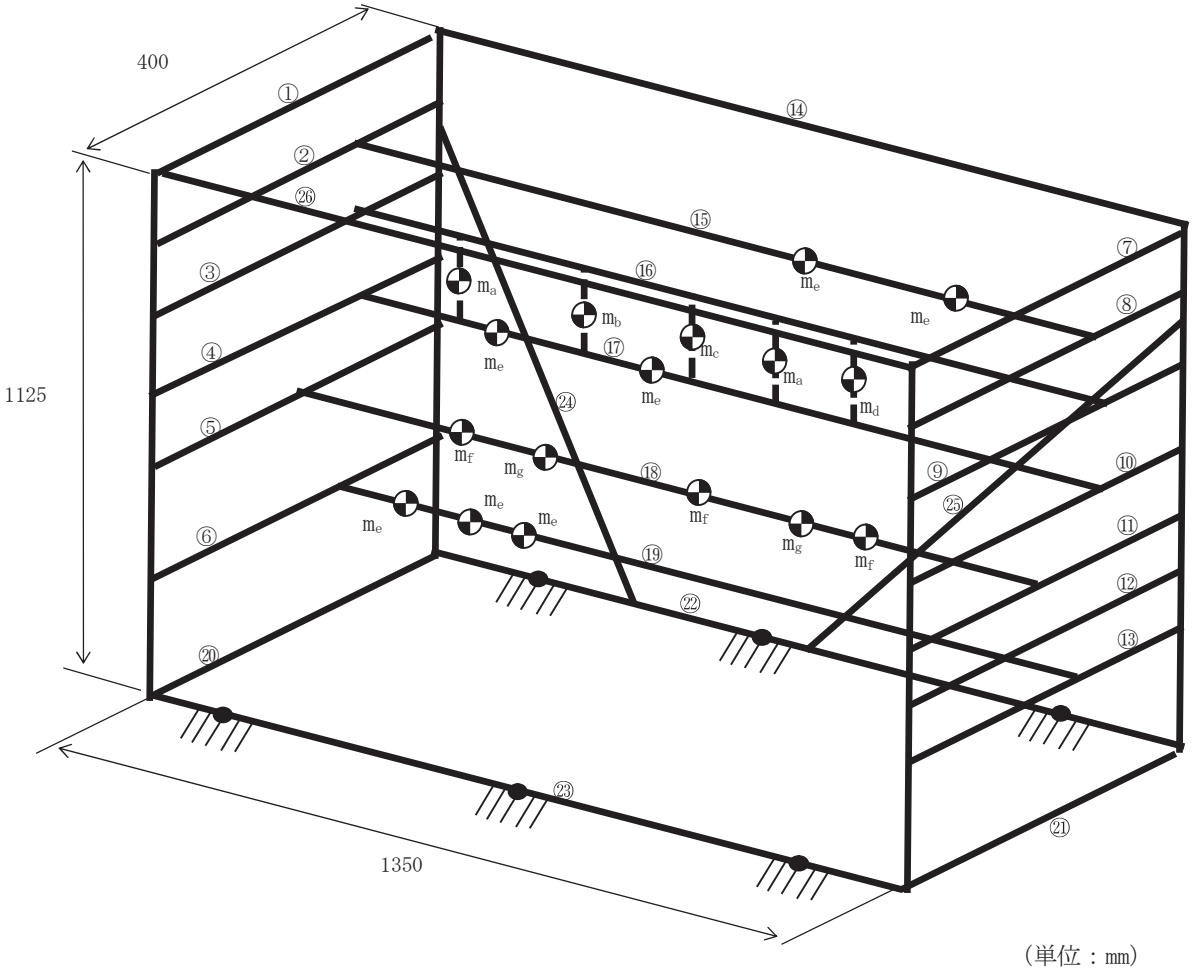
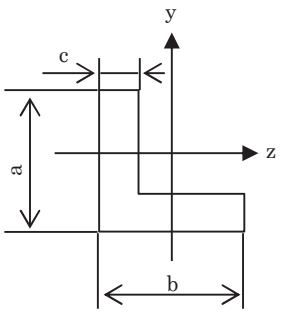
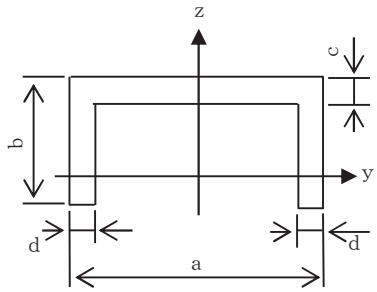

400
1125
1350
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩
⑪
⑫
⑬
⑭
⑮
⑯
⑰
⑱
⑲
⑳
㉑
㉒
㉓
㉔
㉕
㉖
m_a
m_b
m_c
m_d
m_e
m_f
m_g
（単位：mm）
：支持点（計器スタンション基礎部）
：検出器質点及び弁質点

図 4-1　解析モデル

表 4-1　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
	m_b	kg	
	m_c	kg	
	m_d	kg	
	m_e	kg	
	m_f	kg	
	m_g	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 4-2　部材の機器要目

材料		
対象要素	①－⑲, ㉖	⑳－㉕
A （mm^2）		
I_y （mm^4）		
I_z （mm^4）		
I_p （mm^4）		
Z_y （mm^3）		
Z_z （mm^3）		
Z_p （mm^3）		
断面形状 (mm)	 (a× b × c)	 (a × b × c × d)

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表4-3　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	水平

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，フィルタ装置圧力に対して，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

フィルタ装置圧力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

フィルタ装置圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

フィルタ装置圧力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	その他の計測制御設備	フィルタ装置圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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	
	引張り	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 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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	225	385	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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
格納容器圧力逃がし装置格納槽 EL. -12.80 (EL. -4.00*1)	[redacted]		－	－	C_H=2.15	C_V=1.07

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

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。

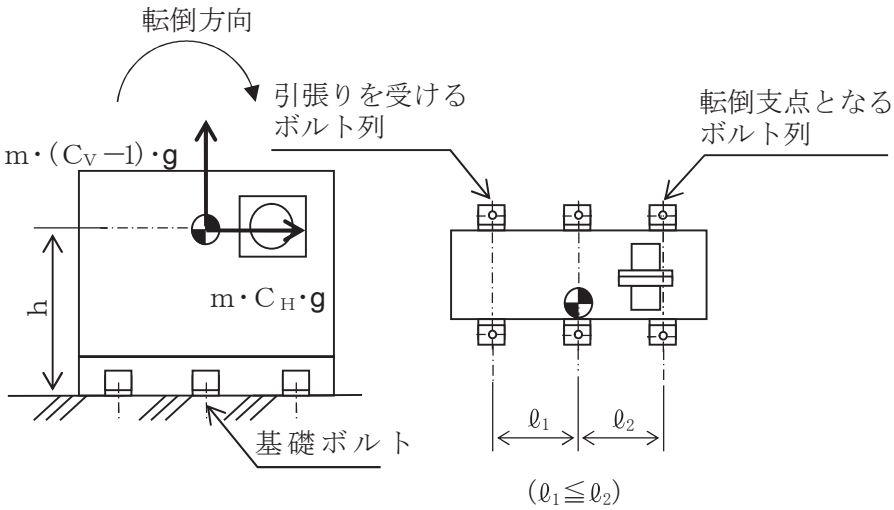


図5-1(1)　計算モデル

(直立形　左右方向転倒－2（1－CV)＜0の場合)

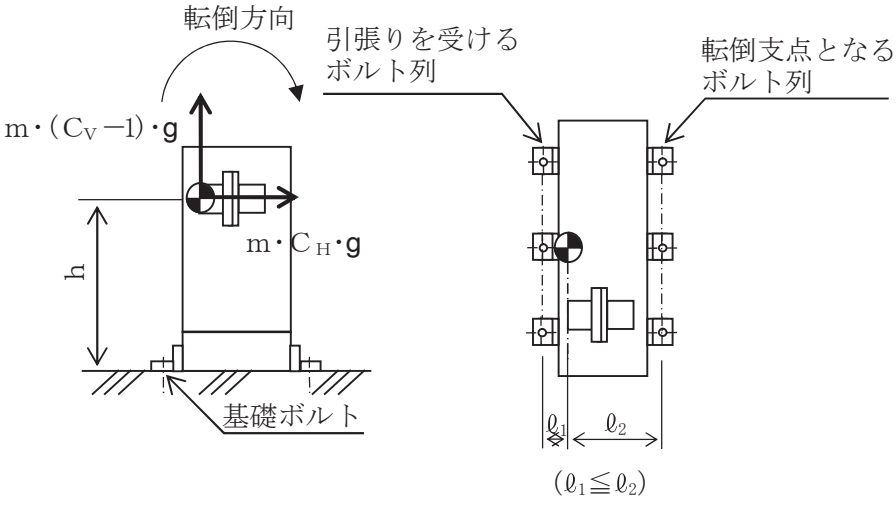


図5-1(2)　計算モデル

(直立形　前後方向転倒－1（1－CV)＜0の場合)

(1)　引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，最も厳しい条件として，図5-1で最外列の基礎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_b）

計算モデル図5-1(2)及び図5-1(2)の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h_1-m\cdot g\cdot(1-C_V)\cdot \ell_2}{n_f\cdot(\ell_1+\ell_2)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置圧力の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6.　機能維持評価

6.1　電気的機能維持評価方法

フィルタ装置圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

フィルタ装置圧力の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置圧力	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

フィルタ装置圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置圧力の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置格納槽 EL. -12.80 (EL. -4.00*1)			—	—	C_H=2.15	C_V=1.07	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	nf*
基礎ボルト							2
							3

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	225	385	—	225	—	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は前後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	[redacted]	引張り	－	－	σ_b=16	f_{ts}=162*
		せん断	－	－	τ_b=5	f_{sb}=124

すべて許容応力以下である。

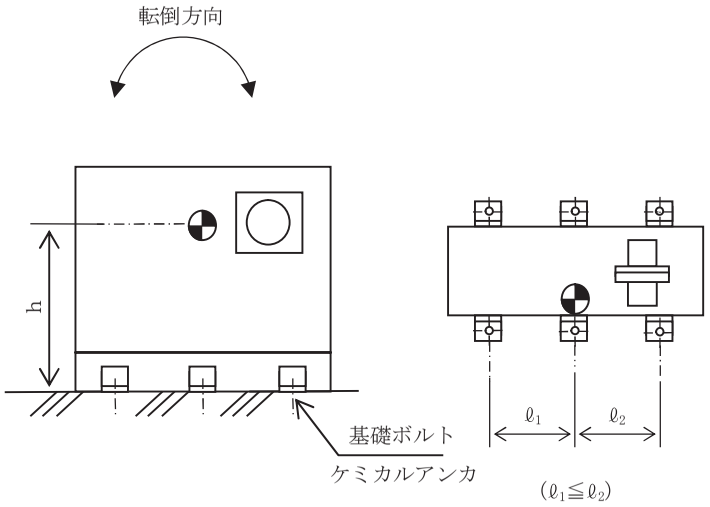
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

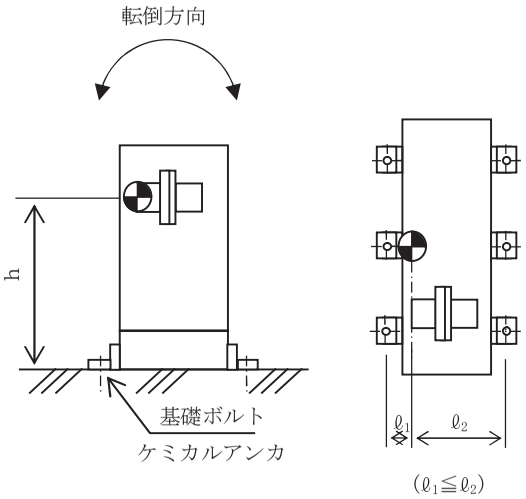
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置圧力	水平方向	1.79	[redacted]
	鉛直方向	0.89	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-6-7-15　フィルタ装置スクラビング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 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 3
3. 評価部位 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 4
4.1 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

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

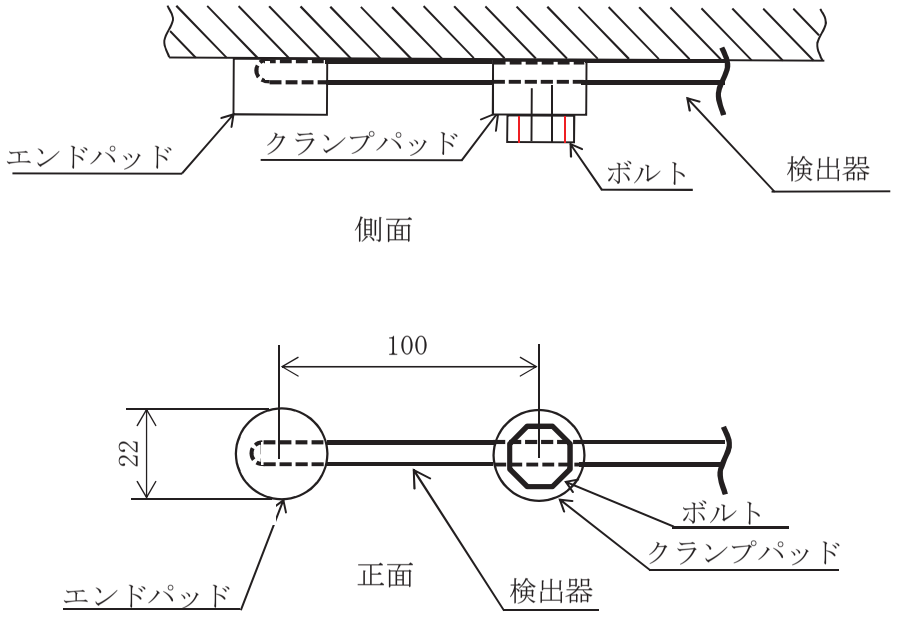
フィルタ装置スクラビング水温度は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置スクラビング水温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画[k1]

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器はフィルタ装置に直接取り付けられたエンドパッド及びクランプパッドにより固定する。クランプパッドはボルトを用いて検出器を固定する。	熱電対	

2.2　評価方針

フィルタ装置スクラビング水温度の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「4.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

フィルタ装置スクラビング水温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

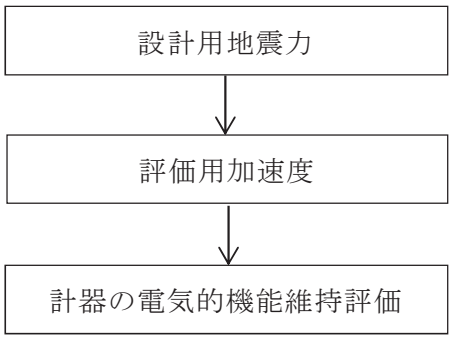


図 2-1　フィルタ装置スクラビング水温度の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

フィルタ装置スクラビング水温度は，フィルタ装置に直接取り付けられたエンドパッド及びクランプパッドに挿入され固定されることから，フィルタ装置が支持している。フィルタ装置の構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-9-7-1-2　フィルタ装置の耐震性についての計算書」にて実施しているため，本計算書では，フィルタ装置の地震応答解析結果を用いたフィルタ装置スクラビング水温度の電気的機能維持評価について示す。

フィルタ装置スクラビング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.　機能維持評価

4.1　評価用加速度

フィルタ装置スクラビング水温度はフィルタ装置に直接取り付けられたエンドパッド及びクランプパッドに挿入されることから，評価用加速度は，「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力として添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1　評価用加速度　　(×9.8 m/s^2)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動Ｓ$_s$ 評価用加速度
フィルタ装置 スクラビング水温度	[redacted] EL.－11.41 (EL.－4.00*)	水平	1.79
		鉛直	0.89

注記　＊：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

フィルタ装置スクラビング水温度の機能確認済加速度については以下に示す。

フィルタ装置スクラビング水温度の機能確認済加速度には，添付書類「Ⅴ-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気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 4-2 に示す。

表 4-2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置 スクラビング水温度	水平	
	鉛直	

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置スクラビング水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。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気的機能が維持されていることを確認した。

(1)　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。

【フィルタ装置スクラビング水温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置スクラビング水温度	水平方向	1.79	[redacted]
	鉛直方向	0.89	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-7-16　残留熱除去系海水系系統流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
2.2 評価方針 …… 3
2.3 適用基準 …… 4
2.4 記号の説明 …… 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 …… 6
3. 評価部位 …… 7
4. 固有周期 …… 7
4.1 固有値解析方法 …… 7
4.2 解析モデル及び諸元 …… 7
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 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去系海水系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

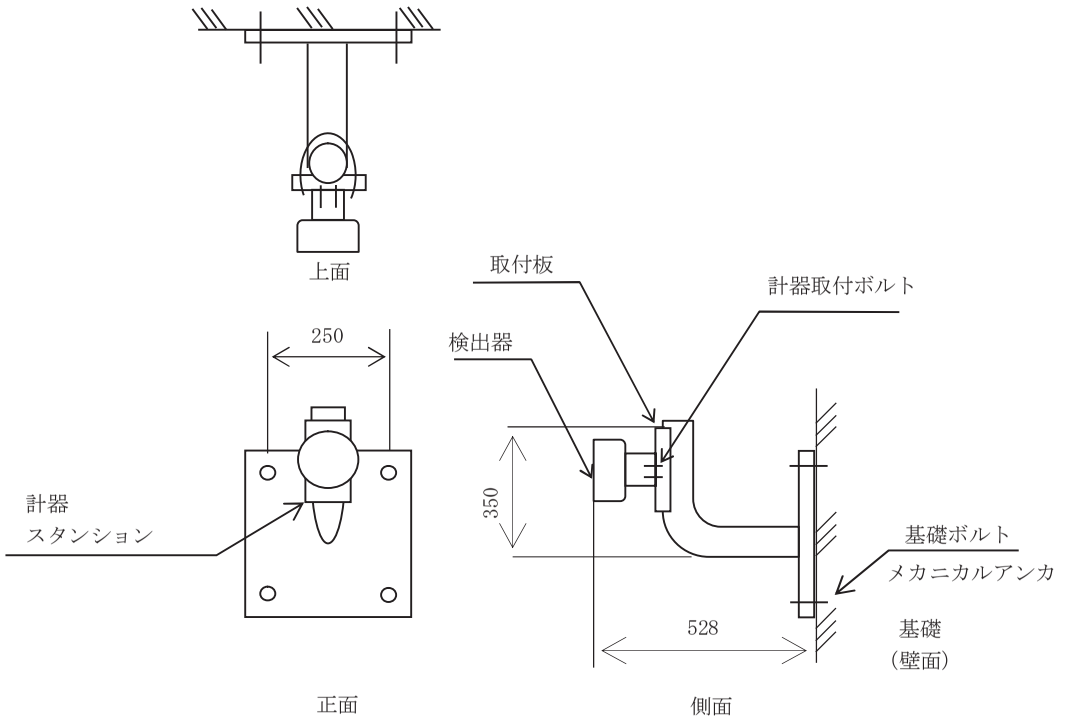
残留熱除去系海水系系統流量は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系海水系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式流量検出器	

2.2　評価方針

残留熱除去系海水系系統流量の応力評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき,「2.1　構造計画」にて示す残留熱除去系海水系系統流量の部位を踏まえ「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,残留熱除去系海水系系統流量の機能維持評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.3 電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき,地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを,「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

残留熱除去系海水系系統流量の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

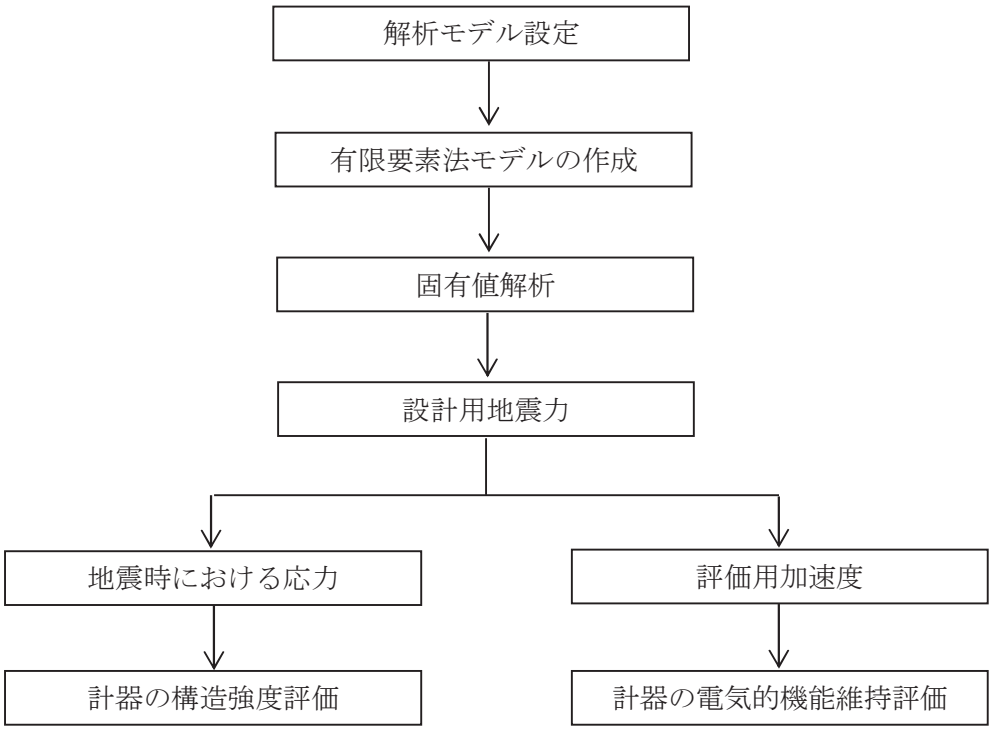


図 2-1　残留熱除去系海水系系統流量の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
A	計器スタンション断面積	mm^2
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
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）(壁掛形)	N
F_{b2}	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本当たり）(壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665)	m/s^2
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	mm
I_p	計器スタンションの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	計器スタンションの断面二次モーメント（ｙ軸）	mm^4
I_z	計器スタンションの断面二次モーメント（ｚ軸）	mm^4
$_3$	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
$_b$	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	検出器及び計器スタンションの総質量	kg
m_a	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	－
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	－
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表8に定める値	MPa

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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	MPa
	40℃における値	MPa
Z_p	計器スタンションのねじり断面係数	mm^3
Z_y	計器スタンションの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	計器スタンションの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	－
π	円周率	MPa
σ_b	ボルトに生じる引張応力	
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	－

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表 2-2 に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

残留熱除去系海水系系統流量の耐震評価は，「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部について実施する。残留熱除去系海水系系統流量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

残留熱除去系海水系系統流量の固有値解析方法を「4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

4.2　解析モデル及び諸元

残留熱除去系海水系系統流量の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。計器スタンションはＬ字に曲がった円筒で原子炉建屋壁面に固定されることから，①及び②の部材で組まれたＬ字とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。また，解析モデルにおいて，検出器の質量は質点に集中するものとし，質点は検出器の取付位置に設置する。また，機器の諸元を表 4-1，部材の機器要目を表 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

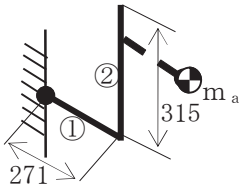
(2)　図 4-1 中の ◓ は検出器質点を示し，m_a は□ kg である。

(3)　図 4-1 中の ―― は計器スタンション，－ － は仮想鋼材，  は支持点（計器スタンション基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



（単位：mm）

 ：支持点(計器スタンション基礎部)

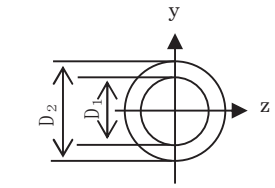
◓ ：検出器質点

図 4-1　解析モデル

表 4-1　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 4-2　部材の機器要目

材料	
対象要素	①－②
A （mm^2）	
I_y （mm^4）	
I_z （mm^4）	
I_p （mm^4）	
Z_y （mm^3）	
Z_z （mm^3）	
Z_p （mm^3）	
断面形状[k1]（mm）	 D1= D2=

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表4-3　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	水平

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，残留熱除去系海水系系統流量に対して，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

残留熱除去系海水系系統流量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

残留熱除去系海水系系統流量の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

残留熱除去系海水系系統流量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	その他の計測制御設備	残留熱除去系海水系系統流量	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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 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	
	引張り	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	1.5・f_t*	1.5・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（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト (FT-E12-N007A)	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	－
基礎ボルト (FT-E12-N007B)		周囲環境温度		233	383	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4，表 5-5 に示す。

表 5-4　残留熱除去系海水系系統流量（FT-E12-N007A）の
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
EL. -4.00 (EL. 2.00*1)			－	－	C_H=0.96	C_V=0.92

注記　＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 5-5　残留熱除去系海水系系統流量（FT-E12-N007B）の
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
EL. 2.00 (EL. 8.20*1)			－	－	C_H=1.10	C_V=0.96

注記　＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

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。

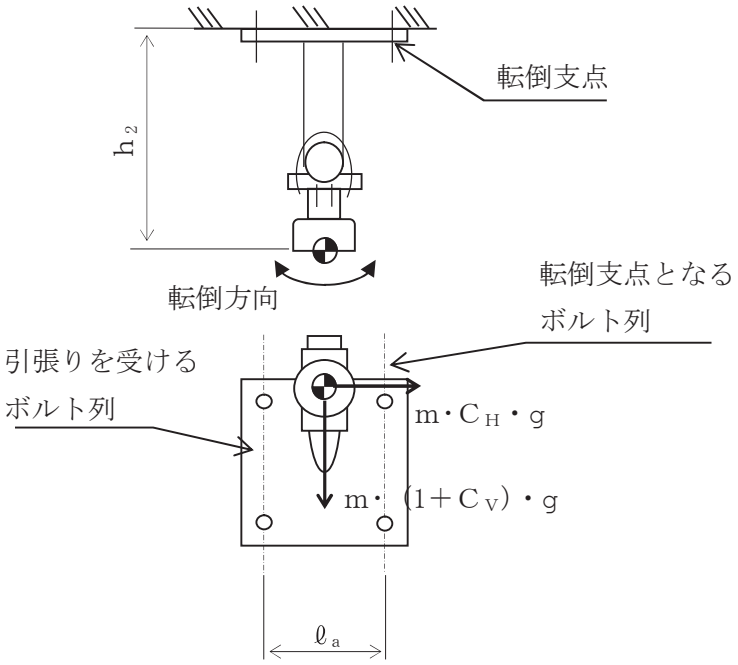


図5-1(1)　計算モデル

(壁掛形　水平方向転倒の場合)

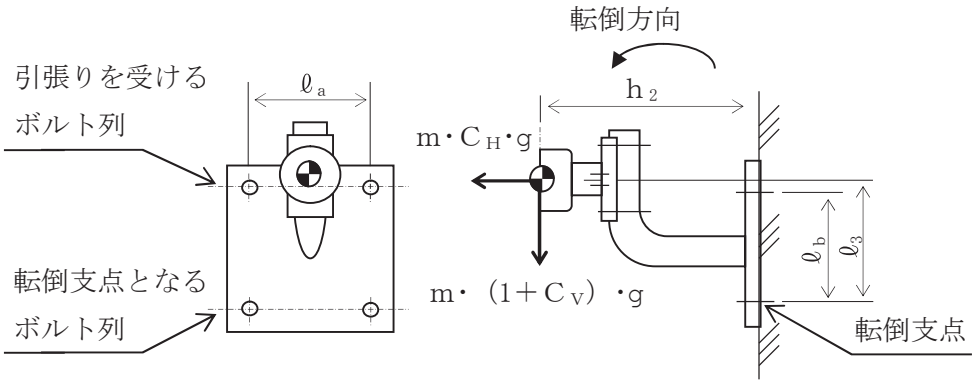


図5-1(2)　計算モデル

(壁掛形　鉛直方向転倒の場合)

(1)　引張応力

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

引張力（F_b）

計算モデル図5-1 (1)の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1 (2)の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

(1)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_{b1}=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot g\cdot(1+C_V) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力（τ_b）

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

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【残留熱除去系海水系系統流量の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6.　機能維持評価

6.1　電気的機能維持評価方法

残留熱除去系海水系系統流量の電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

残留熱除去系海水系系統流量の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系系統流量	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

残留熱除去系海水系系統流量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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系海水系系統流量(FT-E12-N007A)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	
	常設／防止 常設／緩和	EL. -4.00 (EL. 2.00*1)			－	－	C_H=0.96	C_V=0.92	

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系海水系系統流量計

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	234	385	－	270	－	水平方向

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		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	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

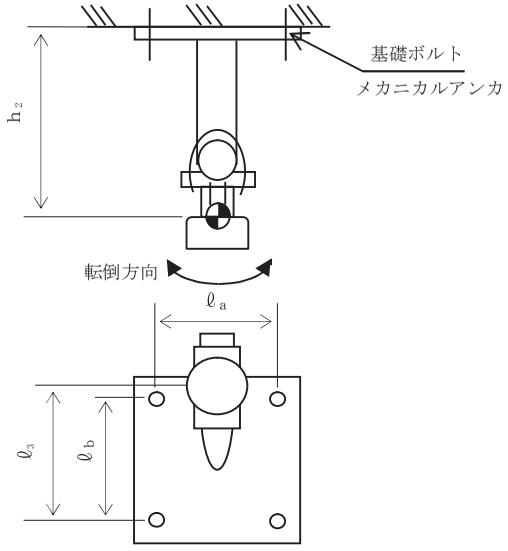
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

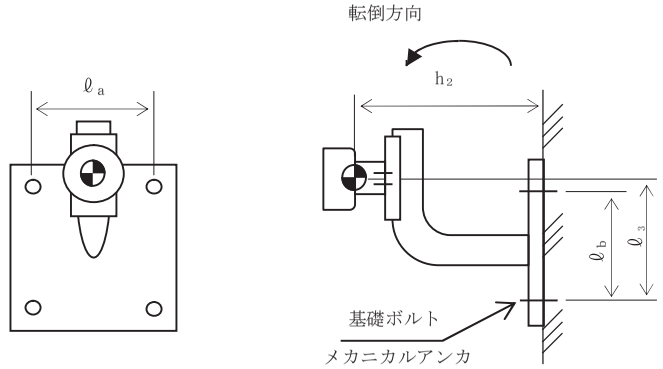
（×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系系統流量計	水平方向	0.80	[redacted]
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

【残留熱除去系海水系系統流量(FT-E12-N007B)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	
残留熱除去系海水系系統流量	常設／防止 常設／緩和	EL.2.00 (EL.8.20*1)			－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有値解析より0.05秒以下であり剛であることを確認した。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系海水系系統流量計

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	233	383	－	268	－	水平方向

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		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				

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		引張り	－	－	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=160^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=123$

すべて許容応力以下である。

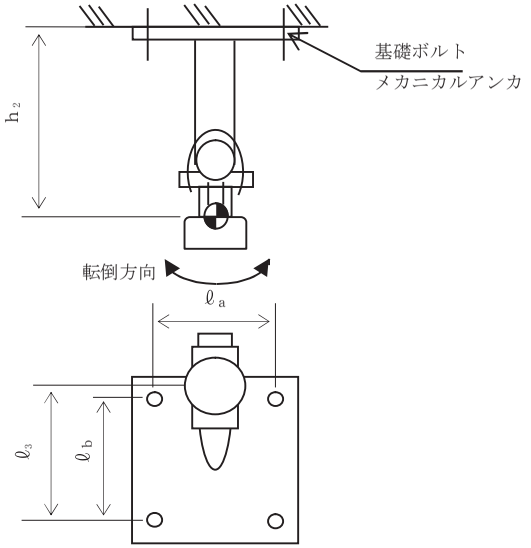
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

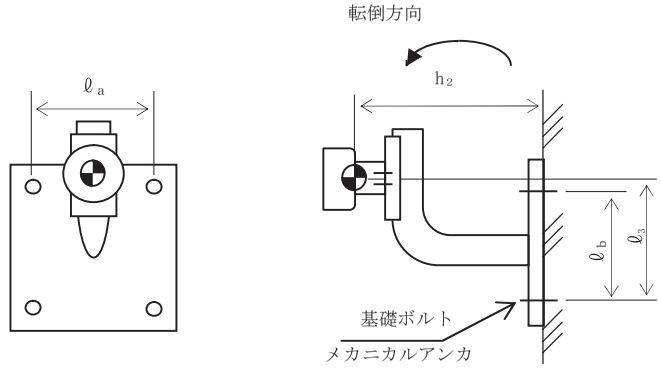
（×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系系統流量計	水平方向	0.92	
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-6-7-17　緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
3.2 固有周期の計算条件 ····· 4
3.3 固有周期の計算結果 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 5
4.1 構造強度評価方法 ····· 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

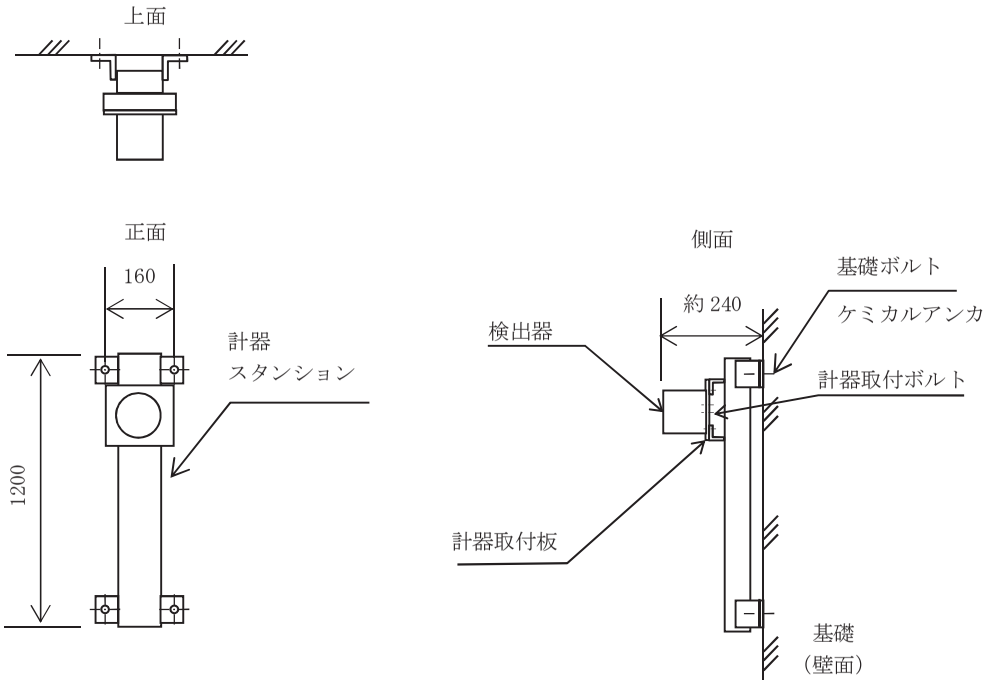
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式流量検出器	 （ 単位：mm ）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）は，図 3-1 に示す壁固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で上下２箇所を原子炉建屋壁面に固定することから，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）２点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は計器スタンションの中心に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，── は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{\ell_b{}^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{\ell_b}{4 \cdot A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

(1)　Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

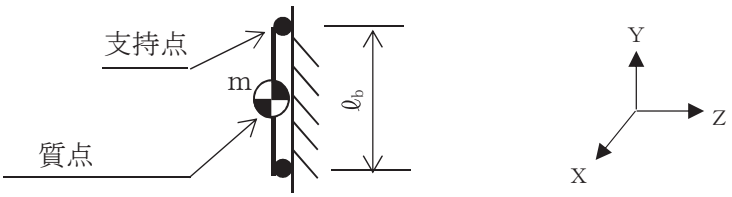
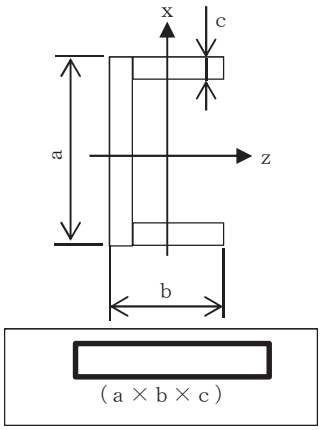


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	
上下ボルト間の距離（壁掛形）	ℓ_b	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

注記　＊：水平方向は固有周期が長いＺ方向の固有周期を示す。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の構造は壁掛形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）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。

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	計測装置	緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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	
	引張り	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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	239	392	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用海水系流量計 （残留熱除去系熱交換器）	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

緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用海水系流量(残留熱除去系熱交換器)耐震性についての評価結果】

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	
	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. -4.00 (EL. 8.20*)			－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 緊急用海水系流量(残留熱除去系熱交換器)

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	239	392	－	275	－	水平方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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	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		引張り	－	－	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=165^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=127$

すべて許容応力以下である。

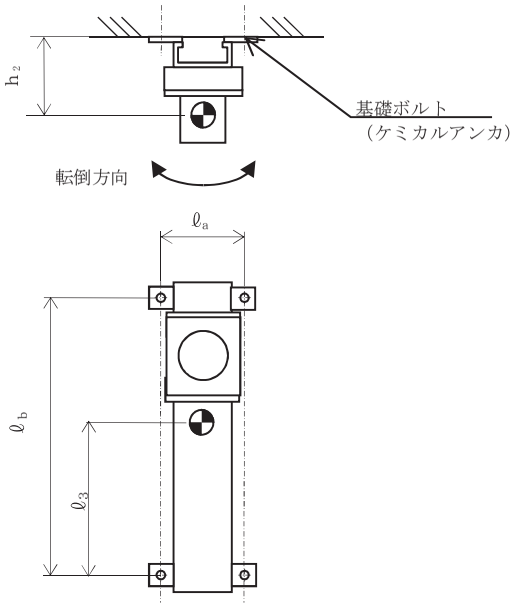
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

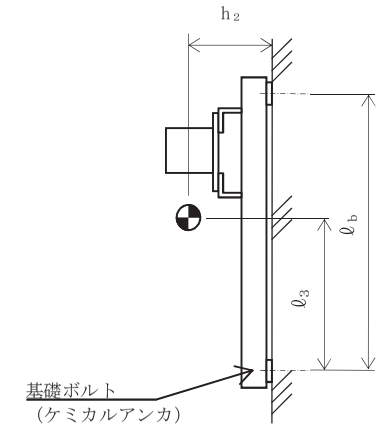
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用海水系流量計（残留熱除去系熱交換器）	水平方向	0.92	
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-6-7-18　緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
3.2 固有周期の計算条件 ····· 3
3.3 固有周期の計算結果 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 5
4.1 構造強度評価方法 ····· 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

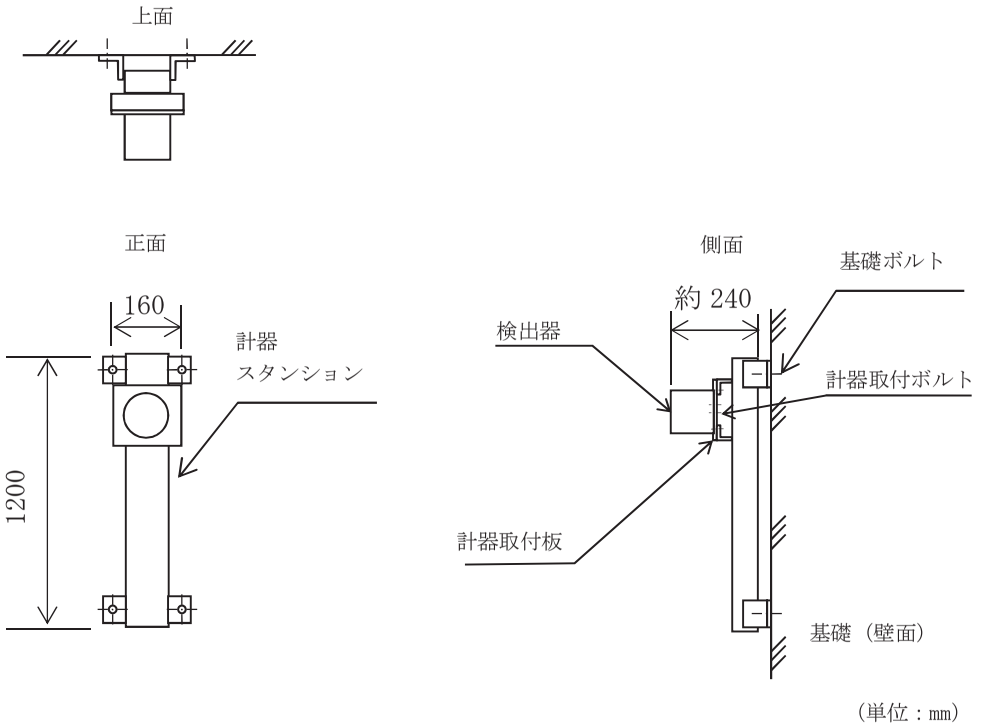
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式流量検出器	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器）は，図 3-1 に示す壁固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で上下２箇所を原子炉建屋壁面に固定することから，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）２点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は計器スタンションの中心に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，━ は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{\ell_b{}^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{\ell_b}{4 \cdot A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

(1)　Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

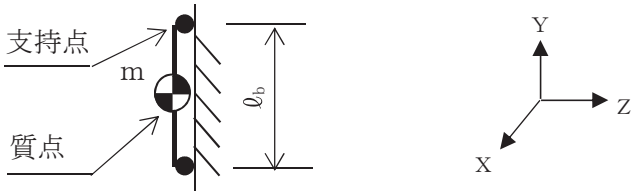
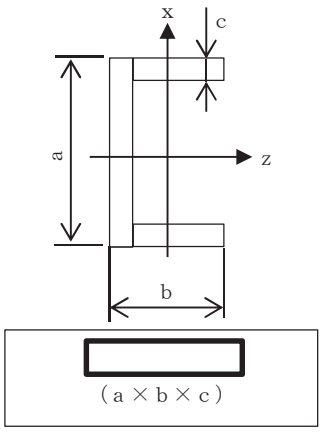


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	
上下ボルト間の距離（壁掛形）	ℓ_b	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

注記　＊：水平方向は固有周期が長いＺ方向の固有周期を示す。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の構造は壁掛形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）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。

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	計測装置	緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）	常設耐震／防止常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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	
	引張り	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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	239	392	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用海水系流量 （残留熱除去系補機）	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

緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）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。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用海水系流量(残留熱除去系補機)の耐震性についての評価結果】

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	
	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. -4.00 (EL. 8.20*)			－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 緊急用海水系流量(残留熱除去系補機)

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	239	392	－	275	－	水平方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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	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		引張り	－	－	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=165^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=127$

すべて許容応力以下である。

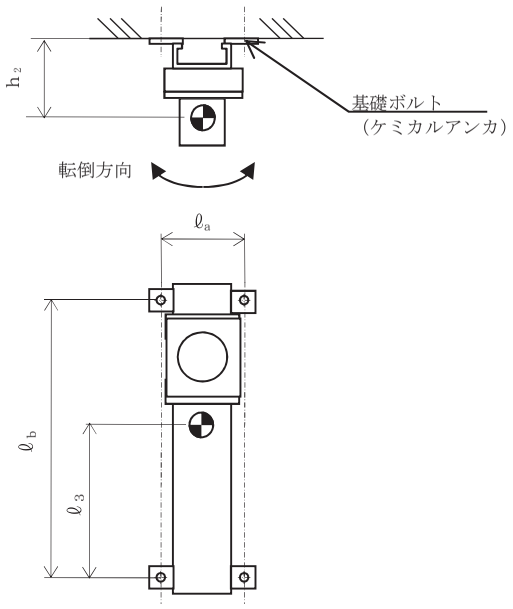
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

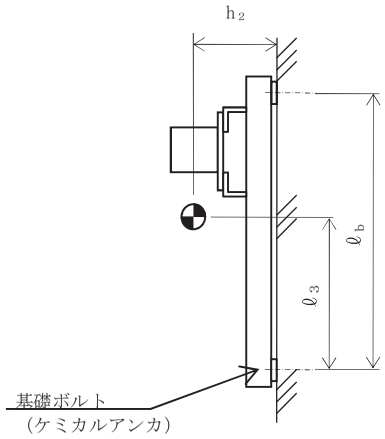
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）	水平方向	0.92	
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-6-7-19　常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 7
5.1 電気的機能維持評価方法 7
6. 評価結果 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力は，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。

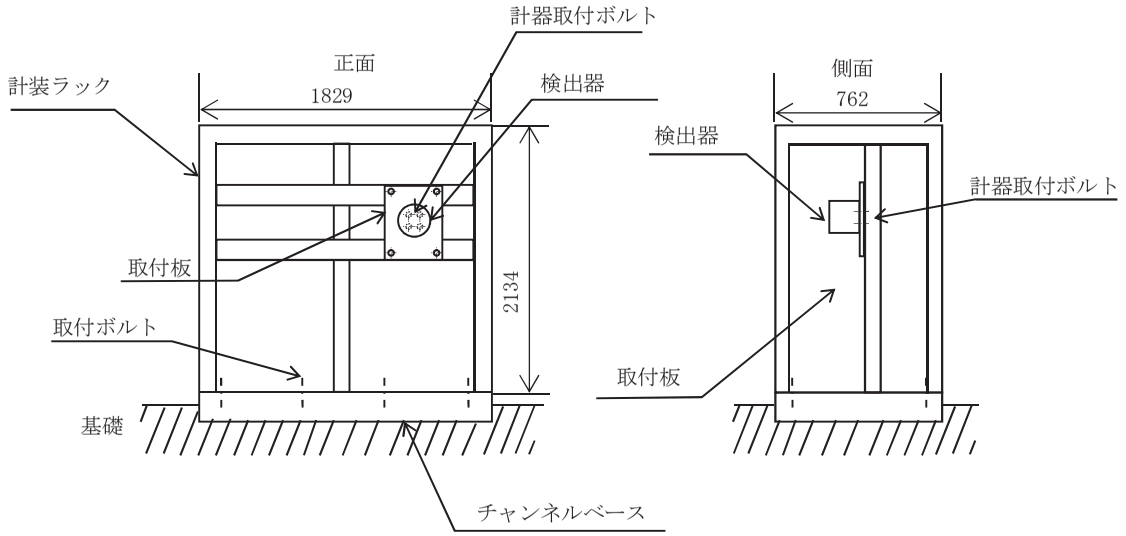
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。 計装ラックは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の固有周期は，構造が同様な計装ラックに対する打診試験の結果から，0.05 秒以下であり剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力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

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力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。

NT2 補② Ⅴ-2-6-7-19 R2

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	その他の計測制御設備	常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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	
	引張り	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 (℃)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}(RT) (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	周囲環境温度 [redacted]	225	385	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力	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

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力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	
常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.00*			－	－	C_H=0.96	C_V=0.92	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							6 2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	225	385	－	270	－	長辺方向

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部　　材	F_{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
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	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）	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=202$*
	せん断	－	－	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

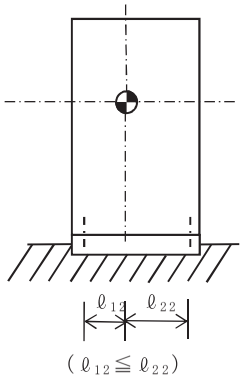
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

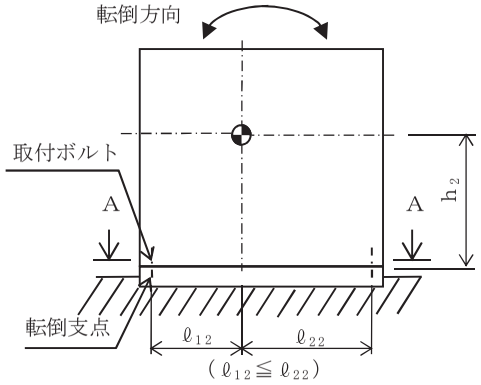
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

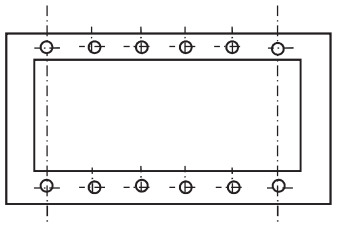
評価用加速度（1.0ZPA）は機能確認済加速度以下である。



側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-20　常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
3.2 固有周期の計算条件 4
3.3 固有周期の計算結果 4
4. 構造強度評価 5
4.1 構造強度評価方法 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 5
5. 機能維持評価 8
5.1 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力は，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。

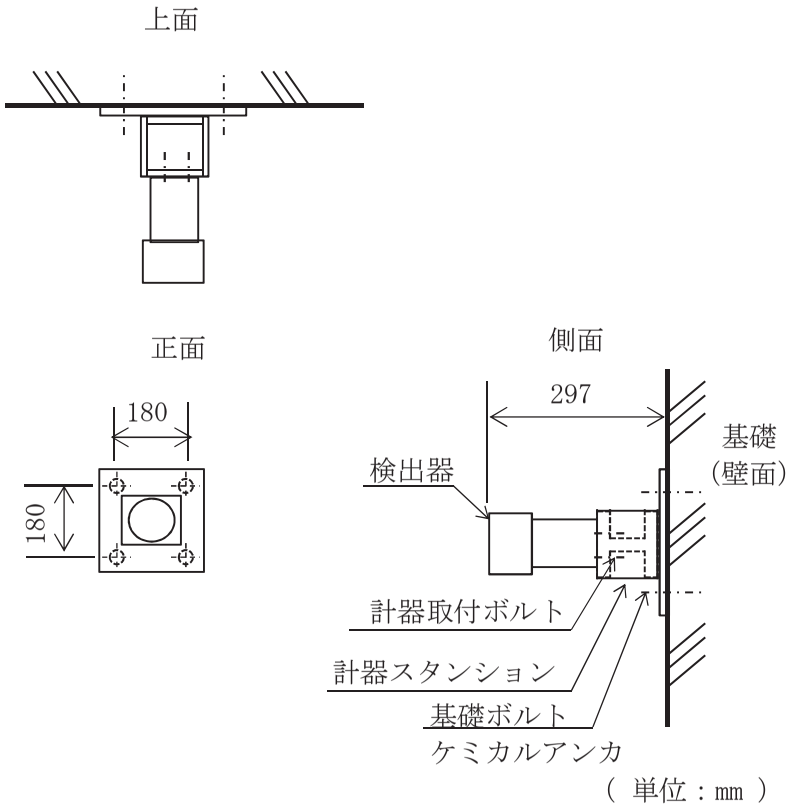
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 (単位：mm)

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力は，図 3-1 に示す壁固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で１箇所を原子炉建屋壁面に固定することから，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）１点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は計器スタンションの中心に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，━ は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_2{}^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_2}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

(2)　Ｚ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

Ｙ方向に対する固有周期を 3.1.1.1 式で求める。

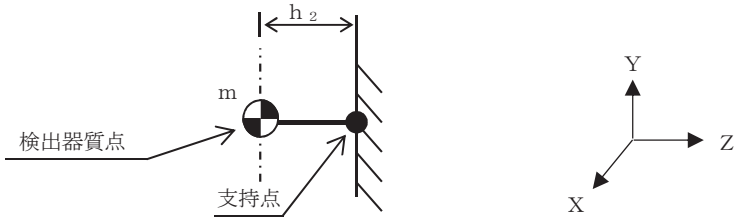
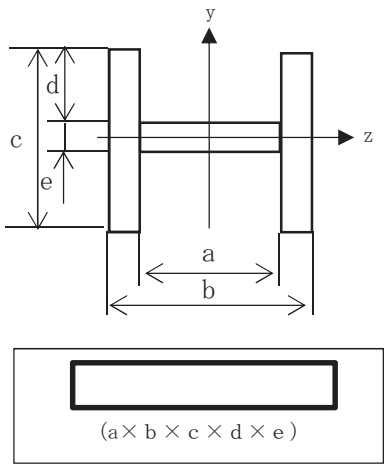


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	
取付面から重心までの距離（壁掛形）	h_2	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	As	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向及び鉛直方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，水平方向のＺ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造は壁掛形計器スタンションであるため，構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力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

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力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。

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	計測装置	常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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	
	引張り	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 （℃）		Ｓ$_y$ （MPa）	Ｓ$_u$ （MPa）	Ｓ$_y$（ＲＴ） （MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力	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

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の耐震性についての評価結果】

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	
常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	常設低圧代替注水系ポンプ室 EL. −18.50 (EL. −11.00*)			—	—	C_H=0.56	C_V=1.86	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	—	280	—	水平方向

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		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		引張り	－	－	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

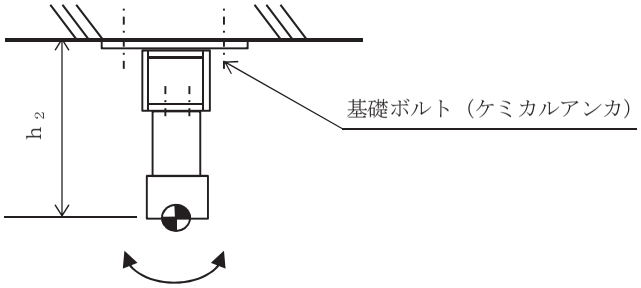
すべて許容応力以下である。

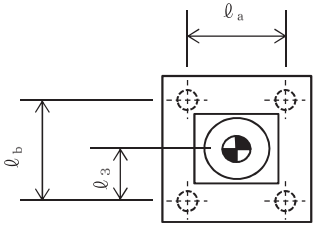
注記　＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8 m/s^2)

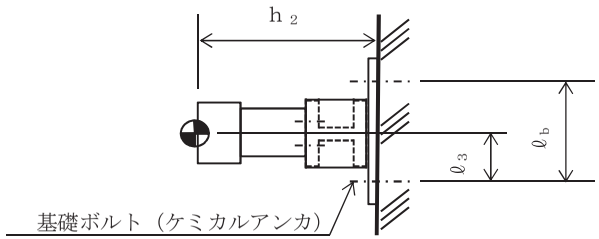
		評価用加速度	機能確認済加速度
常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.46	
	鉛直方向	1.55	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-6-7-21　代替循環冷却系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 ····· 3
3.2 固有周期の計算条件 ····· 4
3.3 固有周期の計算結果 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 5
4.1 構造強度評価方法 ····· 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，代替循環冷却系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

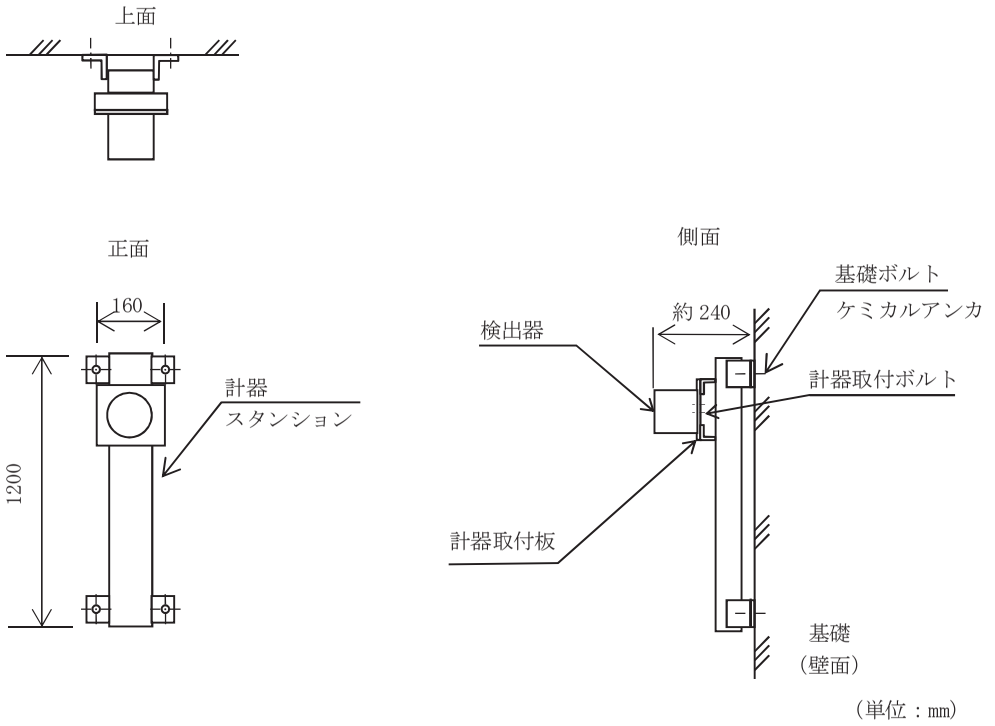
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　代替循環冷却系原子炉注水流量は，図 3-1 に示す壁固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で上下２箇所を原子炉建屋壁面に固定することから，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）２点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は計器スタンションの中心に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，── は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{\ell_b{}^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{\ell_b}{4 \cdot A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

(2)　Ｚ方向に対する固有周期を 3.1.1.1 式で求める。

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

(1)　Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

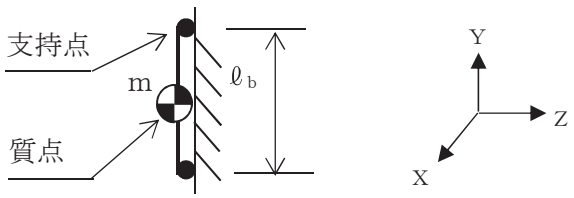
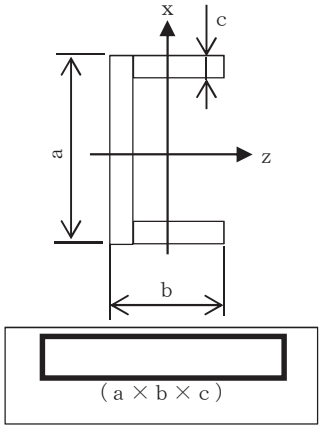


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	
上下ボルト間の距離（壁掛形）	ℓ_b	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	As	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
＊	

注記　＊：水平方向は固有周期が長いＺ方向の固有周期を示す。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の構造は壁掛形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力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

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力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。

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	その他の計測制御設備	代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	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

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の耐震性についての評価結果】

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	
代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	常設／緩和	EL. -4.00 (EL. 2.00*)			—	—	C_H＝0.96	C_V＝0.92	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	234	385	—	270	—	水平方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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	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		引張り	－	－	σ_b=2	f_{ts}=162*
		せん断	－	－	τ_b=2	f_{sb}=124

すべて許容応力以下である。

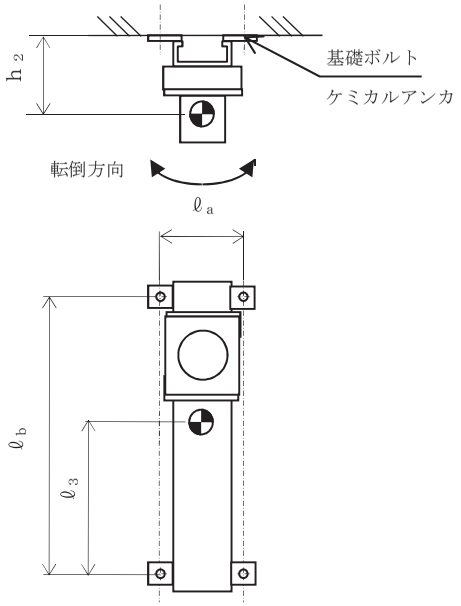
注記 ＊：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b, f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

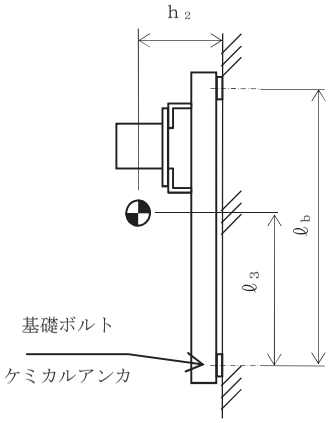
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-6-7-22　原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 6
5.1 電気的機能維持評価方法 6
6. 評価結果 6
6.1 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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

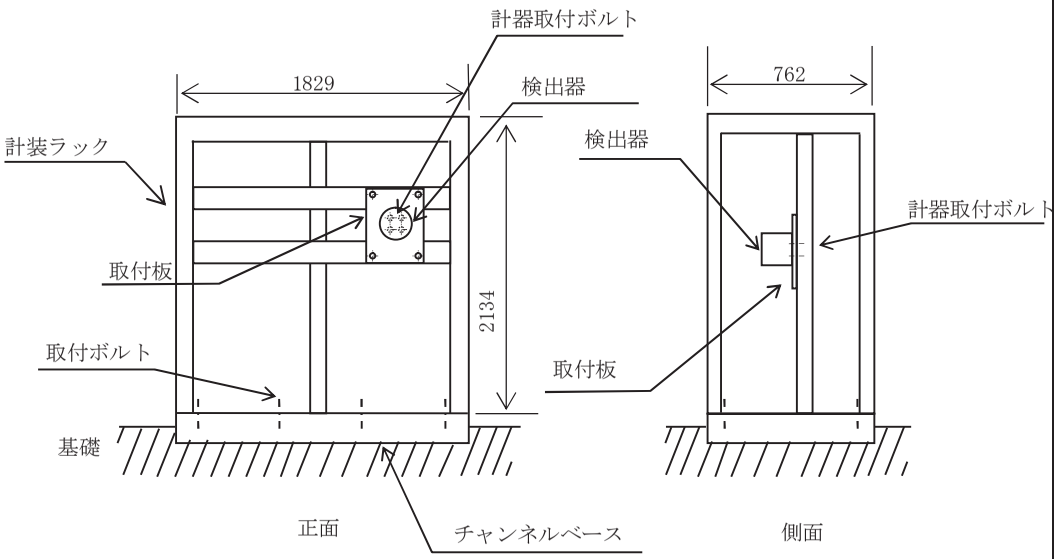
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。 計装ラックは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の固有周期は，構造が同様な計装ラックに対する打診試験の結果から、0.05 秒以下であり剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力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

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力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。

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	その他の計測制御設備	原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 （℃）		S_{yi} （MPa）	S_{ui} （MPa）	S_{yi}（RT） （MPa）
取付ボルト （i＝2）		周囲環境温度		225	385	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力	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

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力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	
原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力	常設／防止*1	EL. 2.00*2			－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト（i＝2）							6
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	225	385	－	270	－	長辺方向

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部　　材	F_{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
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
取付ボルト（i＝2）		引張り	－	－	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=202$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=155$

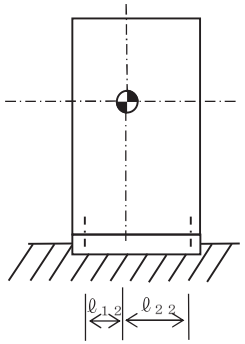
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s²）

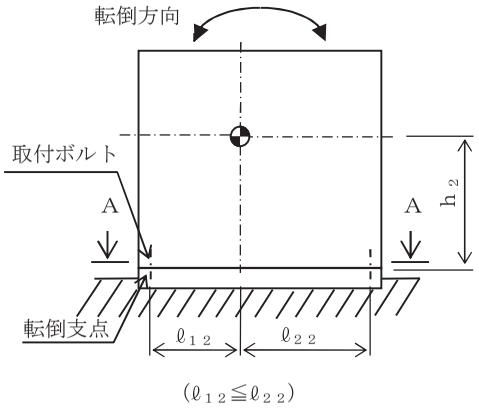
		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



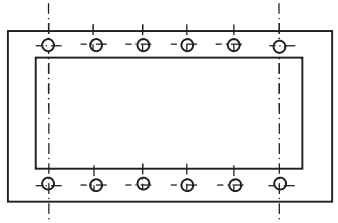
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

側面（短辺方向）



($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

正面（長辺方向）



A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-23　高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 7
5.1 電気的機能維持評価方法 7
6. 評価結果 7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 7

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

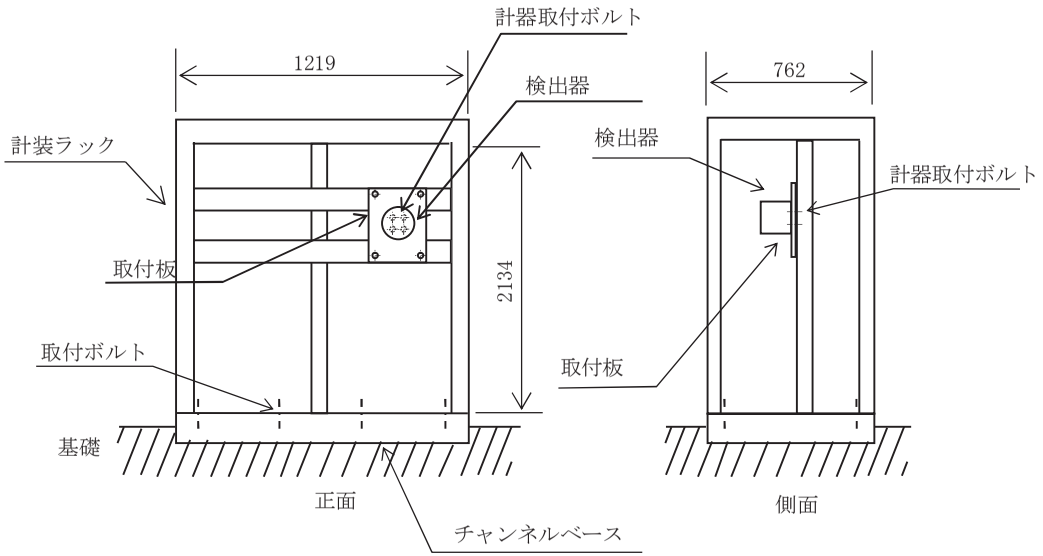
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。 計装ラックは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の固有周期は，構造が同様な計装ラックに対する打診試験の結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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。

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	その他計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 (℃)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（RT） (MPa)
取付ボルト （i＝2）		周囲環境温度		225	385	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	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

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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	
高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	常設／防止	EL. 2.00＊			－	－	C_H＝0.96	C_V＝0.92	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}＊ (mm)	ℓ_{2i}＊ (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}＊
取付ボルト（i＝2）							4
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i＊ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	225	385	－	270	－	長辺方向

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部　　材	F_{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
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
取付ボルト（i＝2）		引張り	－	－	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝202*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝155

すべて許容応力以下である。

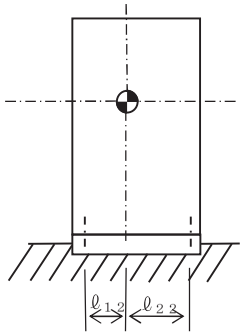
注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

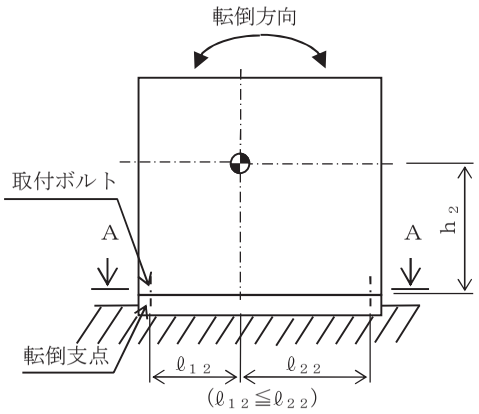
		評価用加速度	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

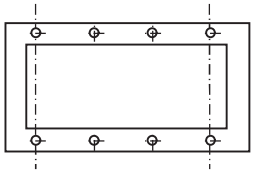


$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$

側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-24　低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 7
5.1 電気的機能維持評価方法 7
6. 評価結果 7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 7

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力は，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。

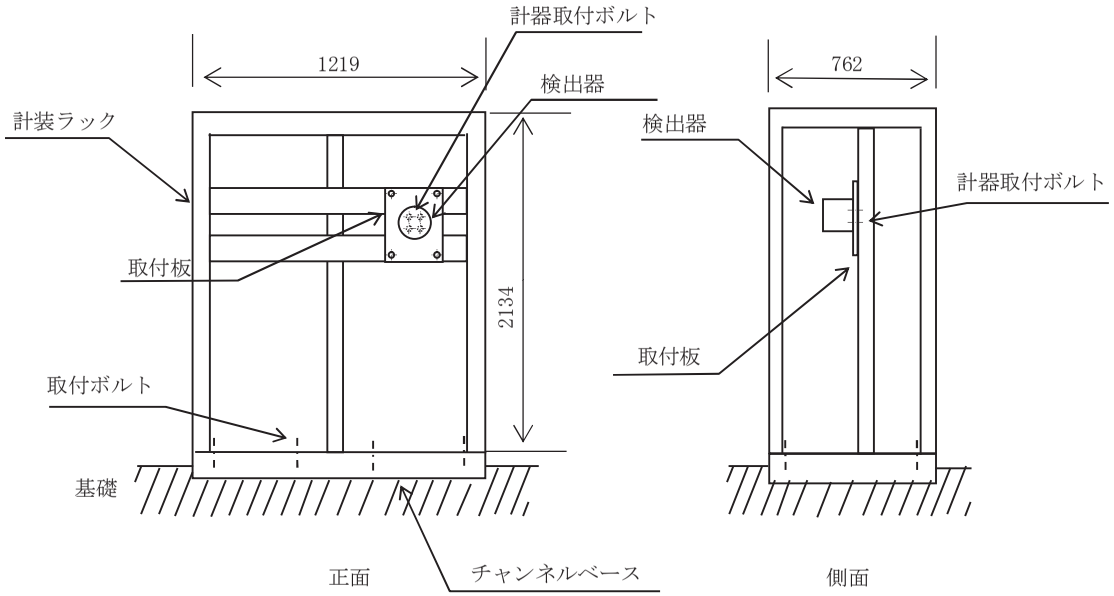
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。 計装ラックは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の固有周期は，構造が同様な計装ラックに対する打診試験の結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

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

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 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	その他の計測制御設備	低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／防止*4	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊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」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
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 4-4　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 (℃)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}(RT) (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

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 (℃)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}(RT) (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	225	385	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	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

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気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

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	S	EL. 2. 00*			C_H=0.58	C_v=0.48	C_H=0.96	C_v=0.92	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出系圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							4
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部　　材	F_{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
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
取付ボルト（i＝2）		引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

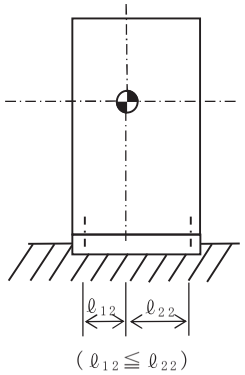
＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

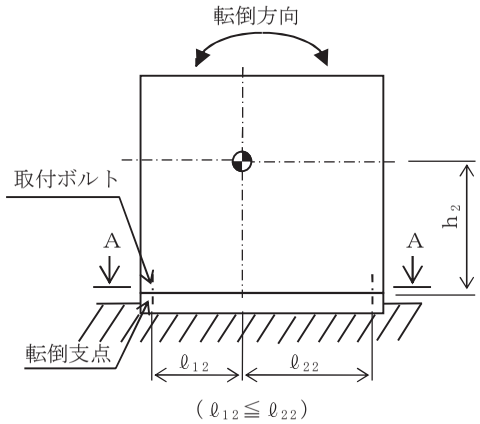
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

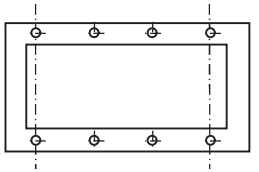
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

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	
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／防止*1	EL. 2.00*2			—	—	C_H=0.96	C_v=0.92	

注記＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							4
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

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

2.3 計算数値

2.3.1 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
取付ボルト（i＝2）				

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
取付ボルト（i＝2）		引張り	－	－	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝202*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝155

すべて許容応力以下である。

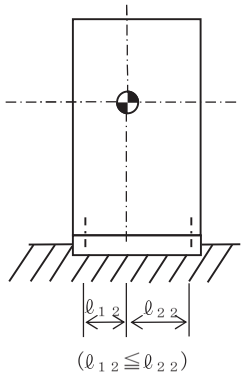
注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

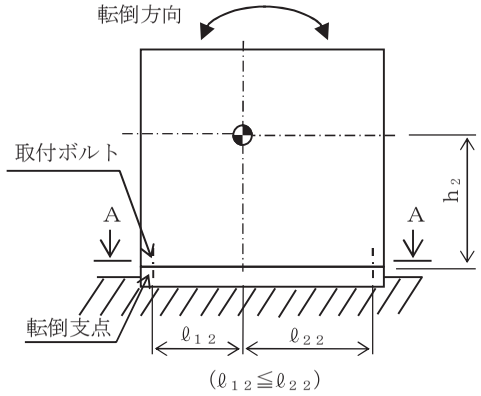
(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

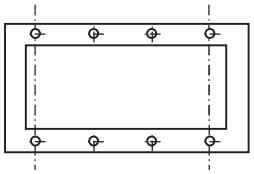
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-25　残留熱除去系ポンプ吐出圧力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 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 7
5.1 電気的機能維持評価方法 7
6. 評価結果 7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 7

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ吐出圧力は，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気的機能維持評価を示す。

なお，構造強度評価については，計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また，電気的機能維持評価については，評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる評価用加速度は，設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから，構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1　概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
PT-E12-N056A PT-E12-N056B PT-E12-N056C（代表）	Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1　構造計画

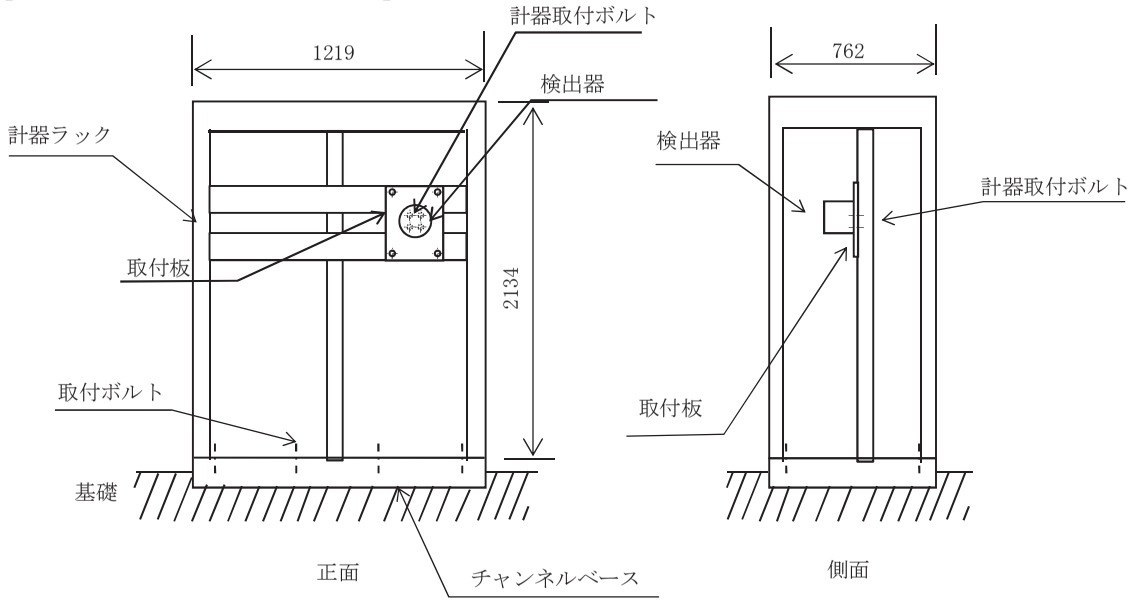
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板により固定される。 計装ラックは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【H22-P021(B)（PT-E12-N056C)】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の固有周期は，構造が同様な計装ラックに対する打診試験の結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の構造は直立型計装ラックであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-8　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

残留熱除去系ポンプ吐出圧力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

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

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

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 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	その他の計測制御設備	残留熱除去系ポンプ吐出圧力*2	常設耐震／防止 常設／防止*4	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊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」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	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 4-4　使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（RT） (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

表 4-5　使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（RT） (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	225	385	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「V-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	水平	[redacted]
	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

残留熱除去系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気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

残留熱除去系ポンプ吐出圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ吐出圧力（H22-P021(B)（PT-E12-N056C)）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	S	EL.2.00*			C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト（i=2）							4
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i=2）	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

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

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力

（単位：N）

部　　材	F_{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
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
取付ボルト（i＝2）		引張り	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

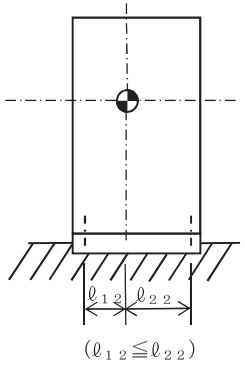
注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

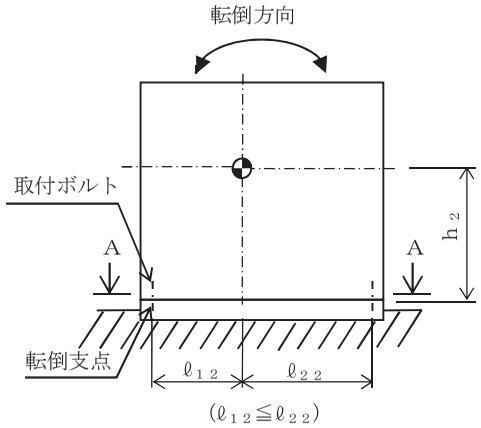
（×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

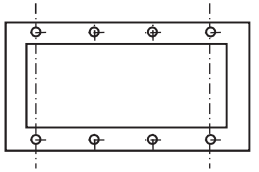
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

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Sd又は静的震度		基準地震動Ss		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	
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／防止*1	EL. 2.00*2			—	—	C_H=0.96	C_V=0.92	

注記＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト（i＝2）							4
							2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
取付ボルト（i＝2）	225	385	－	270	－	長辺方向

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

2.3　計算数値

2.3.1　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
取付ボルト（i＝2）				

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
取付ボルト（i＝2）		引張り	－	－	σ_b＝14	f_{ts}＝202*
		せん断	－	－	τ_b＝3	f_{sb}＝155

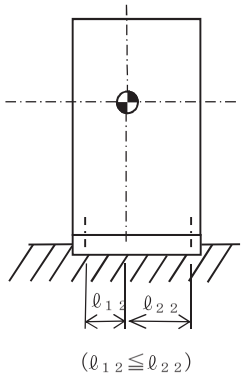
すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

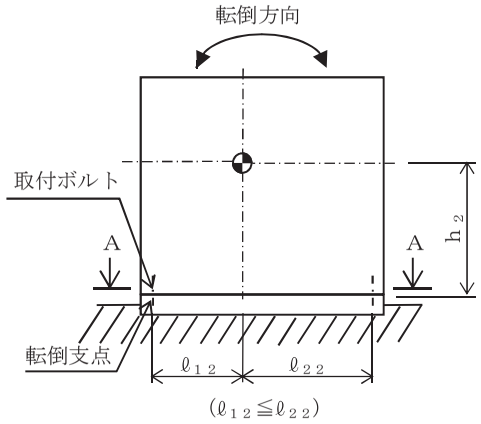
2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

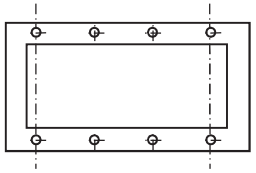
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



側面（短辺方向）



正面（長辺方向）



A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-26　非常用窒素供給系供給圧力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 固有周期の算出方法 3
3.2 固有周期の計算条件 4
3.3 固有周期の計算結果 4
4. 構造強度評価 5
4.1 構造強度評価方法 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 5
5. 機能維持評価 8
5.1 電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用窒素供給系供給圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用窒素供給系供給圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

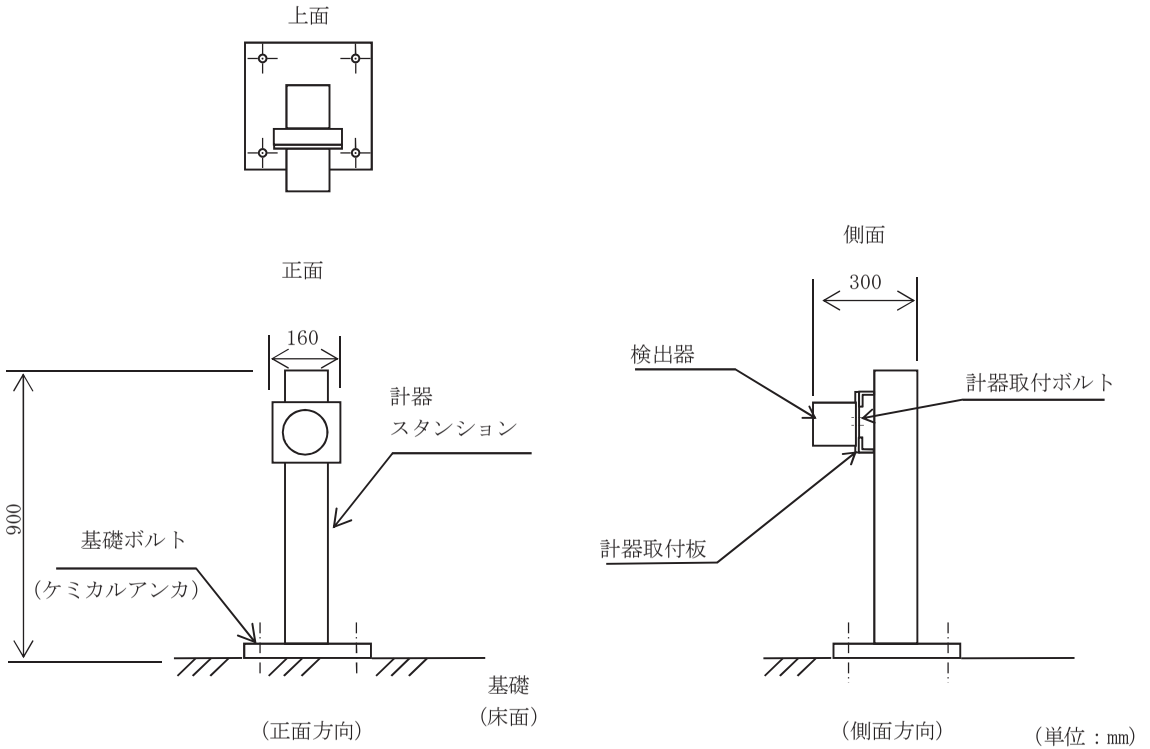
2. 一般事項

本計算書方は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

非常用窒素供給系供給圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

非常用窒素供給系供給圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　非常用窒素供給系供給圧力は，図 3-1 に示す床固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で原子炉建屋床面に固定されているため，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は検出器の位置に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，―は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

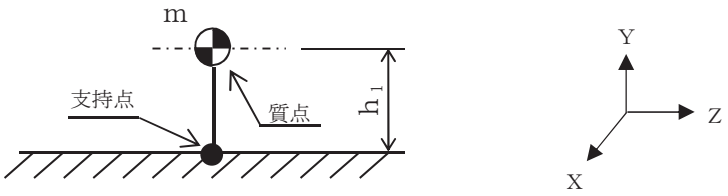
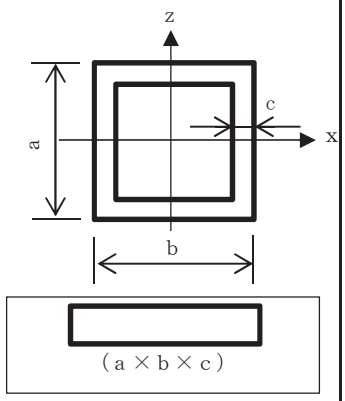


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及びスタンションの質量	m	k	
取面から重心までの距離	h_1	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A_s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状（mm）			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

非常用窒素供給系供給圧力の構造は直立形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

非常用窒素供給系供給圧力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

非常用窒素供給系供給圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

非常用窒素供給系供給圧力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。

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	その他の計測制御設備	非常用窒素供給系供給圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 （℃）		S_y （MPa）	S_u （MPa）	S_y（RT） （MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	221	373	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

非常用窒素供給系供給圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用窒素供給系供給圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 供給圧力	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

非常用窒素供給系供給圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用窒素供給系供給圧力の耐震性についての評価結果】

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	
非常用窒素供給系供給圧力	常設／防止*1	EL. 20.30*2			－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系供給圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト							2
							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	221	373	－	261	－	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後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		引張り	－	－	$\sigma_b=10$	$f_{ts}=156$*
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

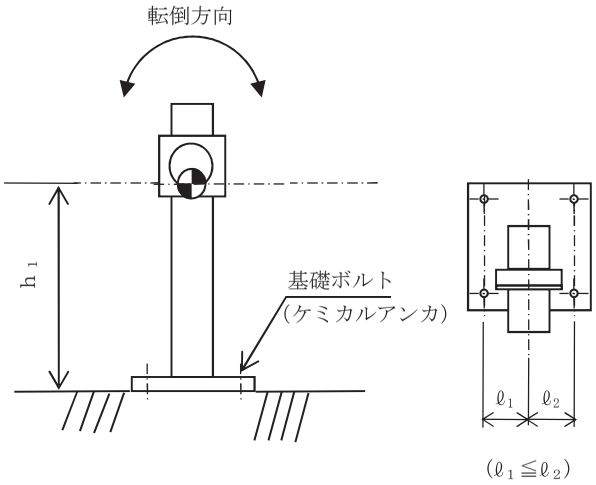
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

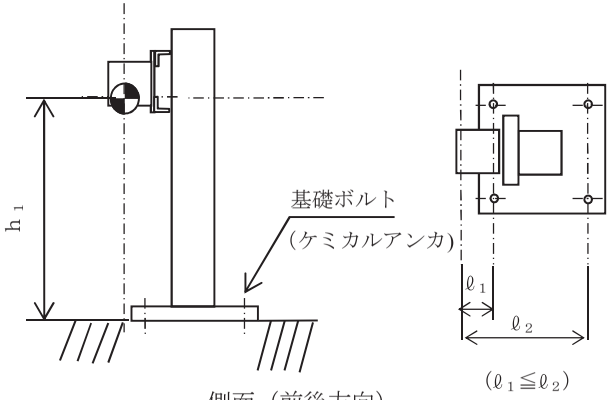
(×9.8m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用窒素供給系供給圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-6-7-27　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力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　固有周期の算出方法 3
3.2　固有周期の計算条件 4
3.3　固有周期の計算結果 4
4.　構造強度評価 5
4.1　構造強度評価方法 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 5
5.　機能維持評価 8
5.1　電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

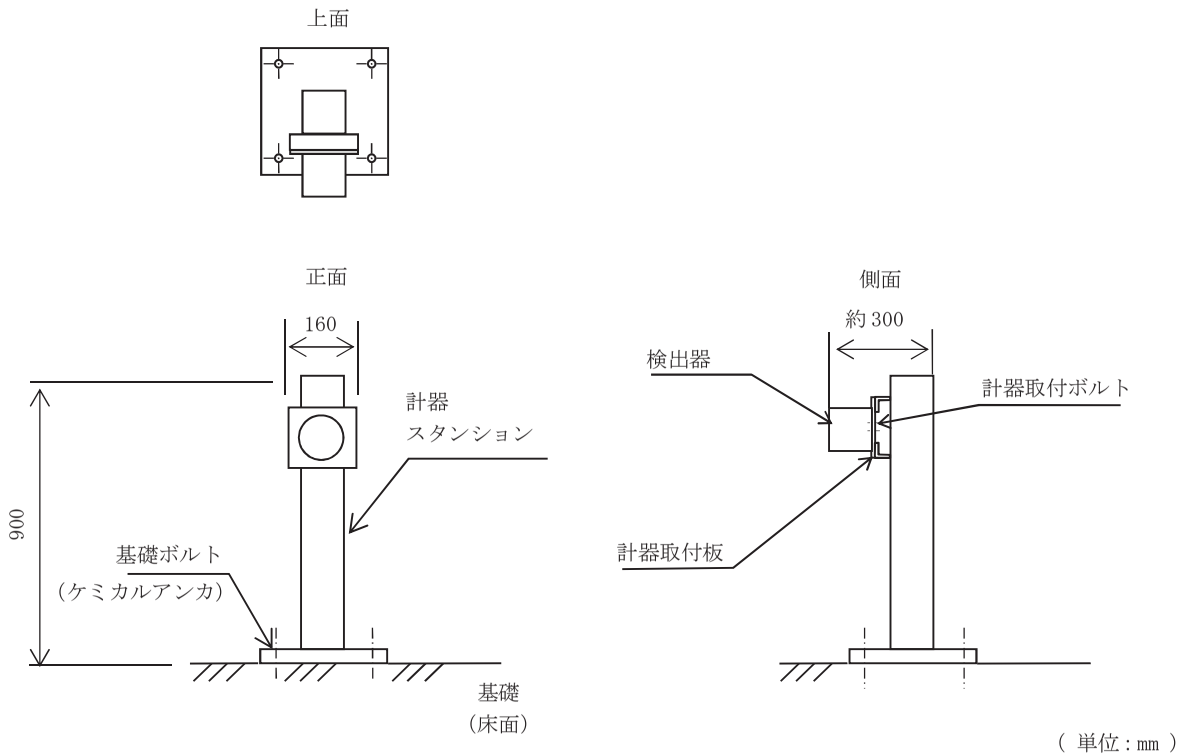
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 （ 単位：mm ）

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力は，図 3-1 に示す床固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2)　計器スタンションは鋼材で原子炉建屋床面に固定されているため，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。

(3)　検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は検出器の位置に設定する。

(4)　図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，●は計器スタンションの支持点，―は計器スタンションを示す。

3.1.1　水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1)　Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_1{}^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2　鉛直方向（Ｙ方向）

Ｙ方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

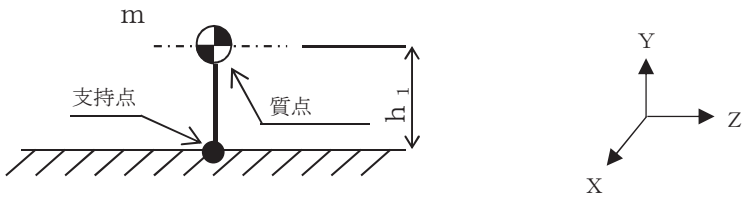
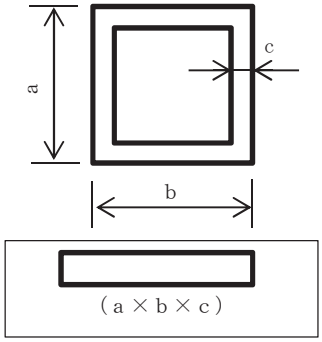


図 3-1　固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及びスタンションの質量	m	kg	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A_s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の構造は直立形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力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

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力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。

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	その他の計測制御設備	非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 （℃）		Ｓ$_y$ （MPa）	Ｓ$_u$ （MPa）	Ｓ$_y$（ＲＴ） （MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	221	373	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ圧力	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

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力の耐震性についての評価結果】

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	
非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力	常設／防止*1	EL. 20. 30*2			－	－	C_H＝1. 34	C_V＝1. 01	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト							2
							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	221	373	－	261	－	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後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		引張り	－	－	σ_b＝10	f_{ts}＝156*
		せん断	－	－	τ_b＝1	f_{sb}＝120

すべて許容応力以下である。

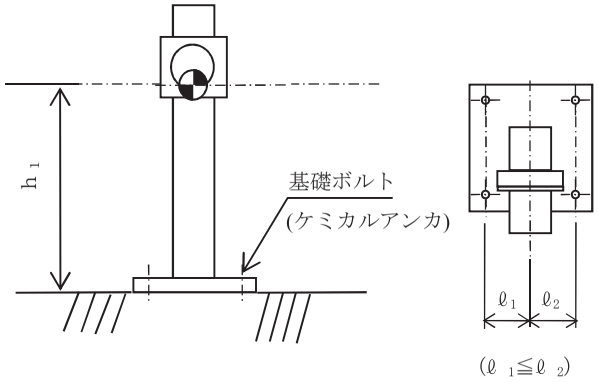
注記　＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，　f_{to}]より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

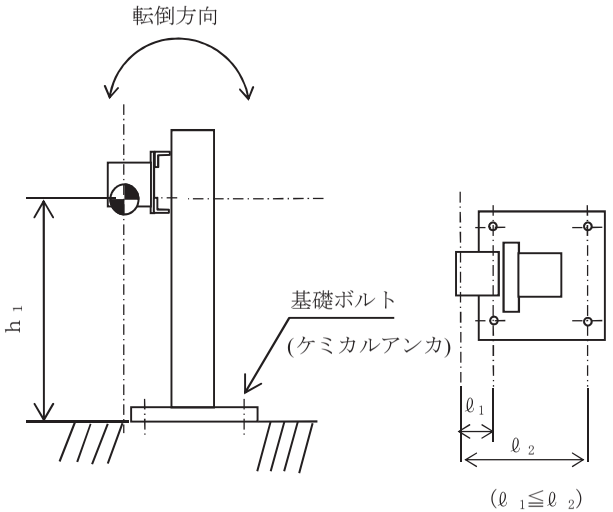
（×9.8m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ出口圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-6-7-28　非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力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　固有周期の算出方法 ····· 3
3.2　固有周期の計算条件 ····· 4
3.3　固有周期の計算結果 ····· 4
4.　構造強度評価 ····· 5
4.1　構造強度評価方法 ····· 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 7
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 7
6.　評価結果 ····· 8
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

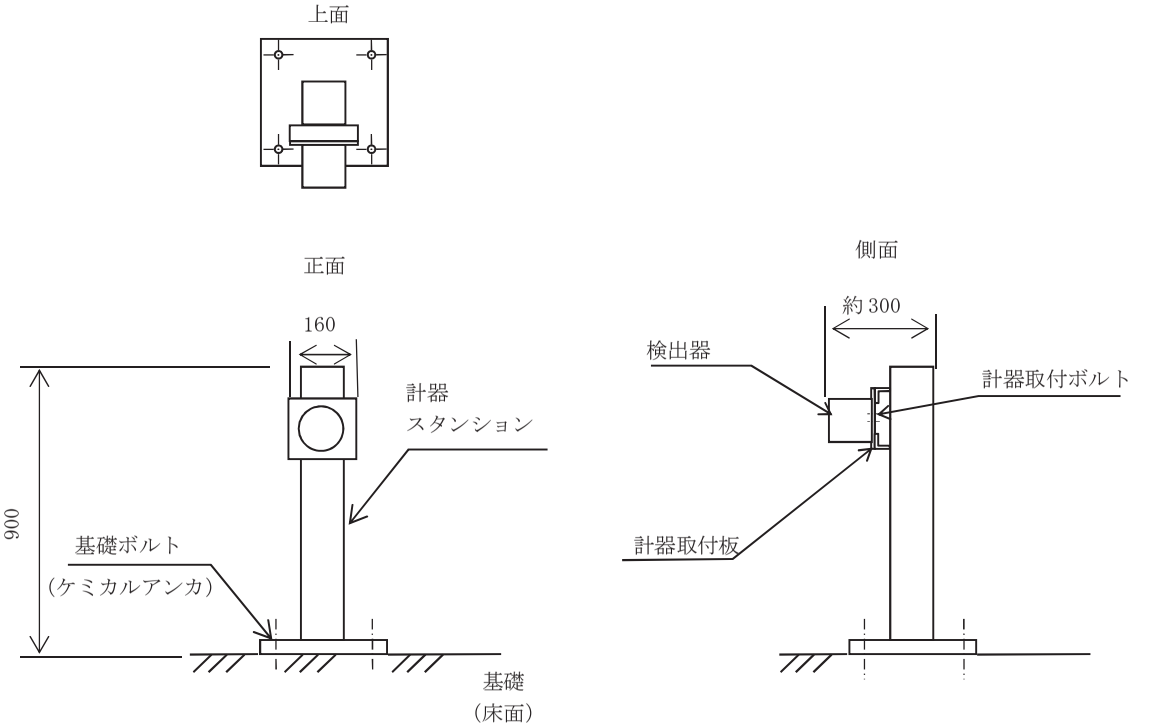
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	 （単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力は，図 3-1 に示す床固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

(2) 計器スタンションは鋼材で原子炉建屋床面に固定されているため，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。

(3) 検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は検出器の位置に設定する。

(4) 図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，— は計器スタンションを示す。

3.1.1 水平方向（X方向，Z方向）

(1) X方向及びZ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2 鉛直方向（Y方向）

Y方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

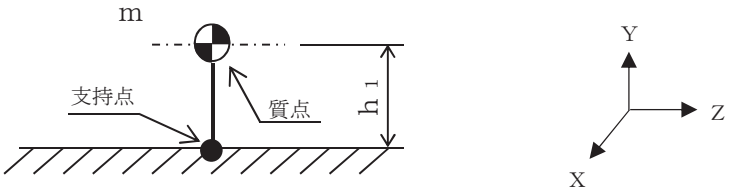
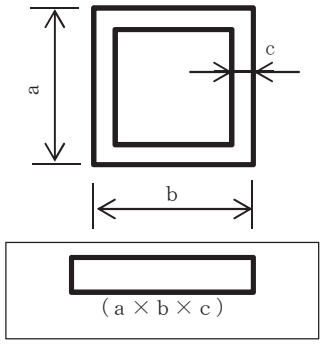


図 3-1 固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及びスタンションの質量	m	kg	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A_s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の構造は直立形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力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

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力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。

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	その他の計測制御設備	非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 （℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	221	373	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁 駆動系供給圧力	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

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の耐震性についての評価結果】

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	
非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力	常設／防止*1	EL. 20.30*2			－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト							2
							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	221	373	－	261	－	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後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		引張り	－	－	σ_b=10	f_{ts}=156*
		せん断	－	－	τ_b=1	f_{sb}=120

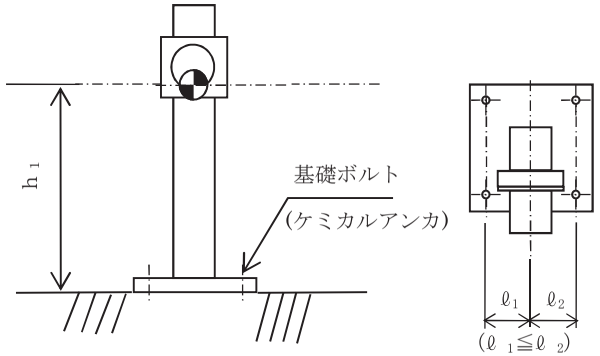
すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b，f_{to}]より算出

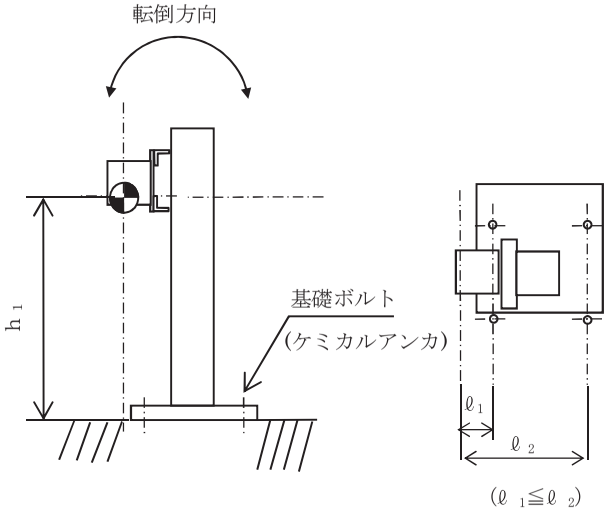
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-6-7-29　非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力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　固有周期の算出方法 ····· 3
3.2　固有周期の計算条件 ····· 4
3.3　固有周期の計算結果 ····· 4
4.　構造強度評価 ····· 5
4.1　構造強度評価方法 ····· 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力は，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。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。

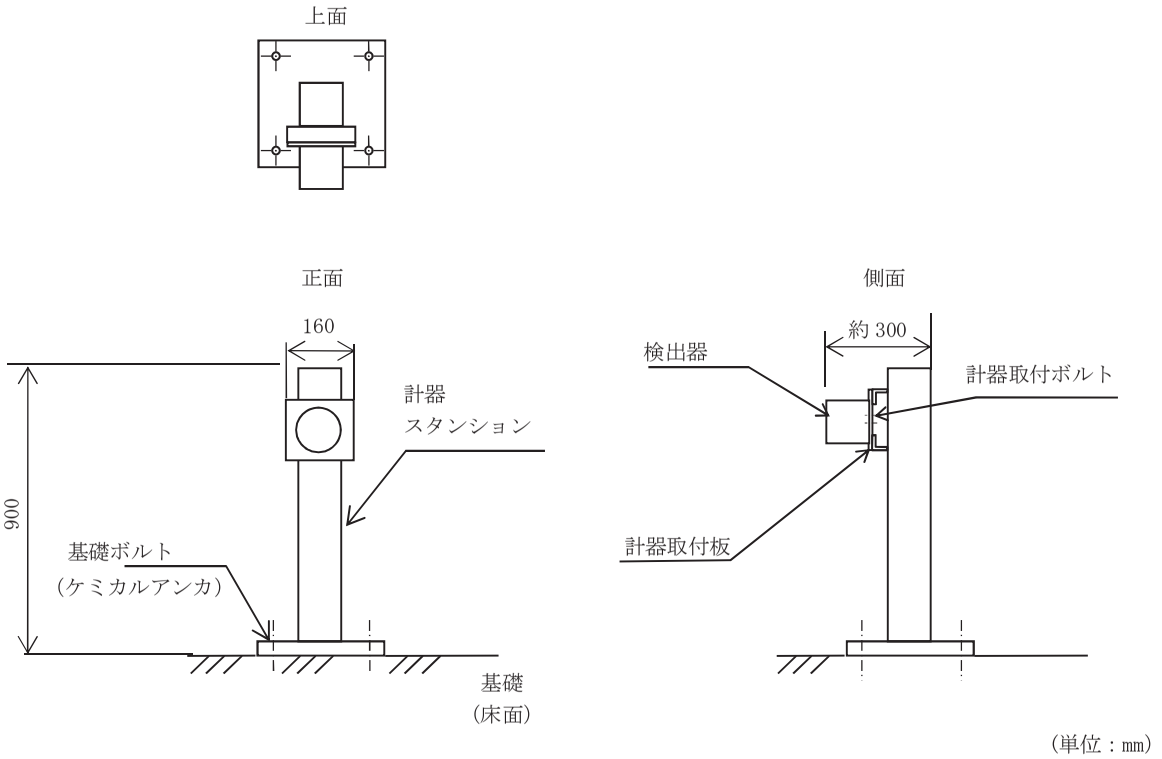
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力は，図 3-1 に示す床固定の１質点系振動モデルとして考える。

(2) 計器スタンションは鋼材で原子炉建屋床面に固定されているため，計算モデルでは，計器スタンションを直線とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）1 点で固定されるものとする。

(3) 検出器及び計器スタンションの質量は，質点に集中するものとし，質点は検出器の位置に設定する。

(4) 図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点，● は計器スタンションの支持点，―は計器スタンションを示す。

3.1.1 水平方向（Ｘ方向，Ｚ方向）

(1) Ｘ方向及びＺ方向に対する固有周期を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^{\,3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \cdots (3.1.1.1)$$

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。

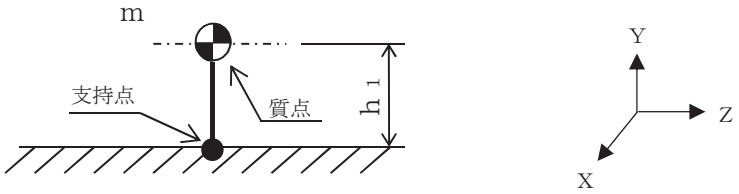
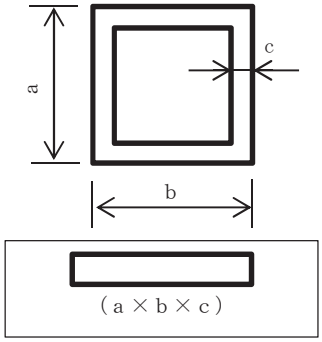


図 3-1 固有周期の計算モデル

3.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及びスタンションの質量	m	kg	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
計器スタンションの材質	－	－	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm^4	
最小有効せん断断面積	A_s	mm^2	
せん断弾性係数	G	MPa	
計器スタンションの断面形状(mm)			

3.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から，水平方向は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の構造は直立形計器スタンションであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。なお，本設備は常設重大事故防止設備に分類されるが重大事故等時に使用する計装設備であることを考慮し，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力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

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力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。

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	その他の計測制御設備	非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力	常設／防止*4	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

＊4：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

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	
	引張り	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 （℃）	S_y （MPa）	S_u （MPa）	S_y（RT） （MPa）
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の機能確認済加速度には，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁駆動系 高圧窒素ボンベ圧力	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

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の耐震性についての評価結果】

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	
非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力	常設／防止*1	EL. 8. 20*2			－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊1：常設重大事故防止設備に分類されるが，常設耐震重要重大事故防止設備と同等の評価を行う。

＊2：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト							2
							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	221	373	－	261	－	前後方向

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後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		引張り	－	－	σ_b=8	f_{ts}=156*
		せん断	－	－	τ_b=1	f_{sb}=120

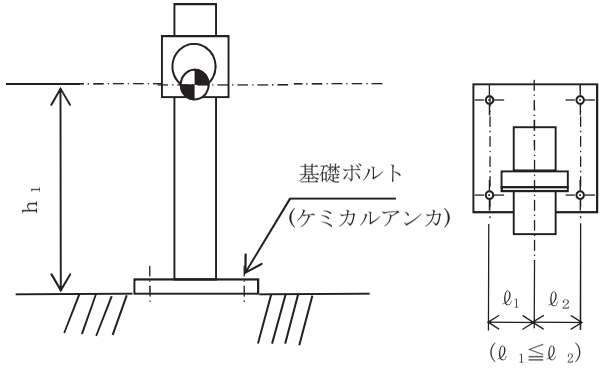
すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

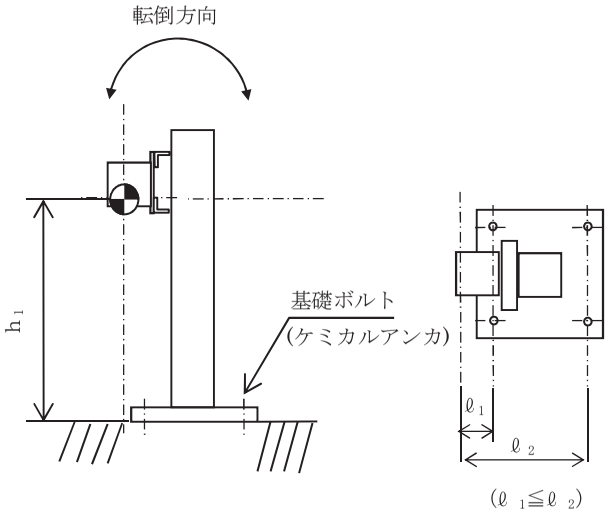
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　（×9.8m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）



側面（前後方向）

Ⅴ-2-7-1　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果

目次

1. 概要 ····· 1
2. 耐震評価条件整理 ····· 1

1. 概要

本資料は，放射性廃棄物の廃棄施設の設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

放射性廃棄物の廃棄施設の設備に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処施設の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績と差異の有無を整理した。また，重大事故等対処施設のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

放射性廃棄物の廃棄施設のうち，新設又は，新規登録の設計基準対象施設並びに重大事故等対処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。

なお，既設の設備における弾性設計用地震動S_d又は静的地震力による耐震計算については，基準地震動S_sによる評価結果が弾性設計用地震動S_d又は静的地震力の許容限界を満足する場合，省略することとする。弾性設計用地震動S_dによる疲労評価については，弾性設計用地震動S_dによる繰返し回数が，基準地震動S_sで設定している繰返し回数以内であることを確認しているため，省略する。

表 2-1　耐震評価条件整理一覧表

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震設計上の重要度分類	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	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
放射性廃棄物の廃棄施設	気体，液体又は固体廃棄物処理設備	主要弁	S	無	V-2-7-2-1-1	－	－	－
		主配管	S	無	V-2-7-2-1-1	－	－	－
		格納容器床ドレンサンプ	B （新規登録）	－	－	（原子炉格納施設に記載）	－	－
		主配管	B	有	V-2-7-2-2-1	－	－	－
		主配管	B	有	V-2-7-2-3-1	－	－	－
		主排気筒	C	有	V-2-7-2-4	－	－	－
		非常用ガス処理系排気筒	S	有	V-2-7-2-5	（原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設に記載）	－	－

V-2-7-2-1-1　管の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 2
2.1　概略系統図 2
2.2　鳥瞰図 4
3.　計算条件 9
3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 9
3.2　設計条件 10
3.3　材料及び許容応力 12
3.4　設計用地震力 13
4.　解析結果及び評価 14
4.1　固有周期及び設計震度 14
4.2　評価結果 20
4.2.1　管の応力評価結果 20
4.2.2　支持構造物評価結果 21
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 22
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 23

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果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（裕度）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。代表モデルの選定結果及び全モデルの選定結果を 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，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

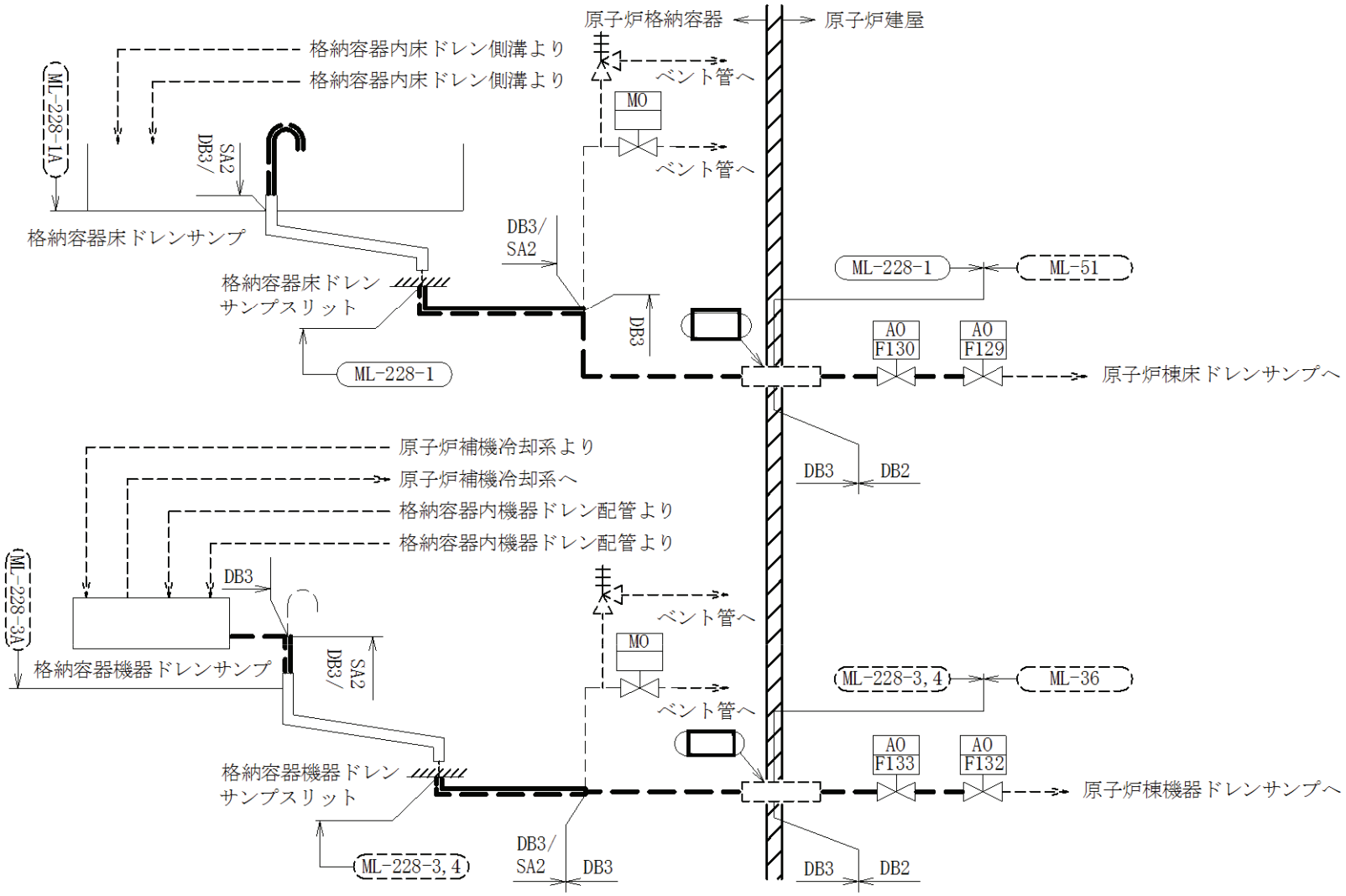
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

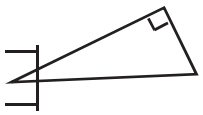
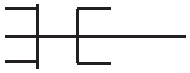
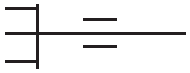
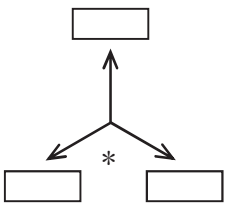
記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
━ ━ ━（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○－○－○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○－○－○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
［管クラス］	
DB1	クラス１管
DB2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

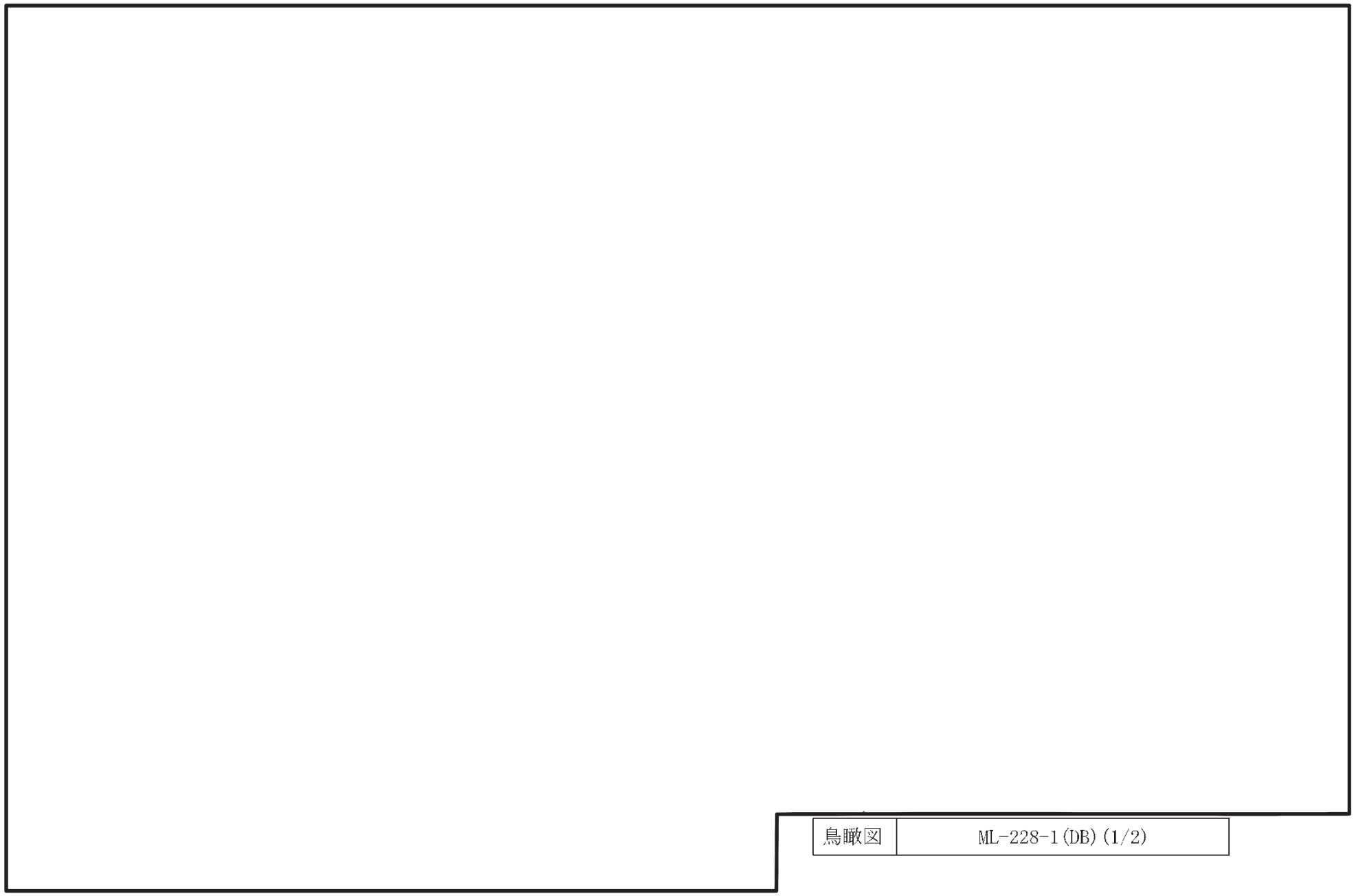


液体廃棄物処理系概略系統図

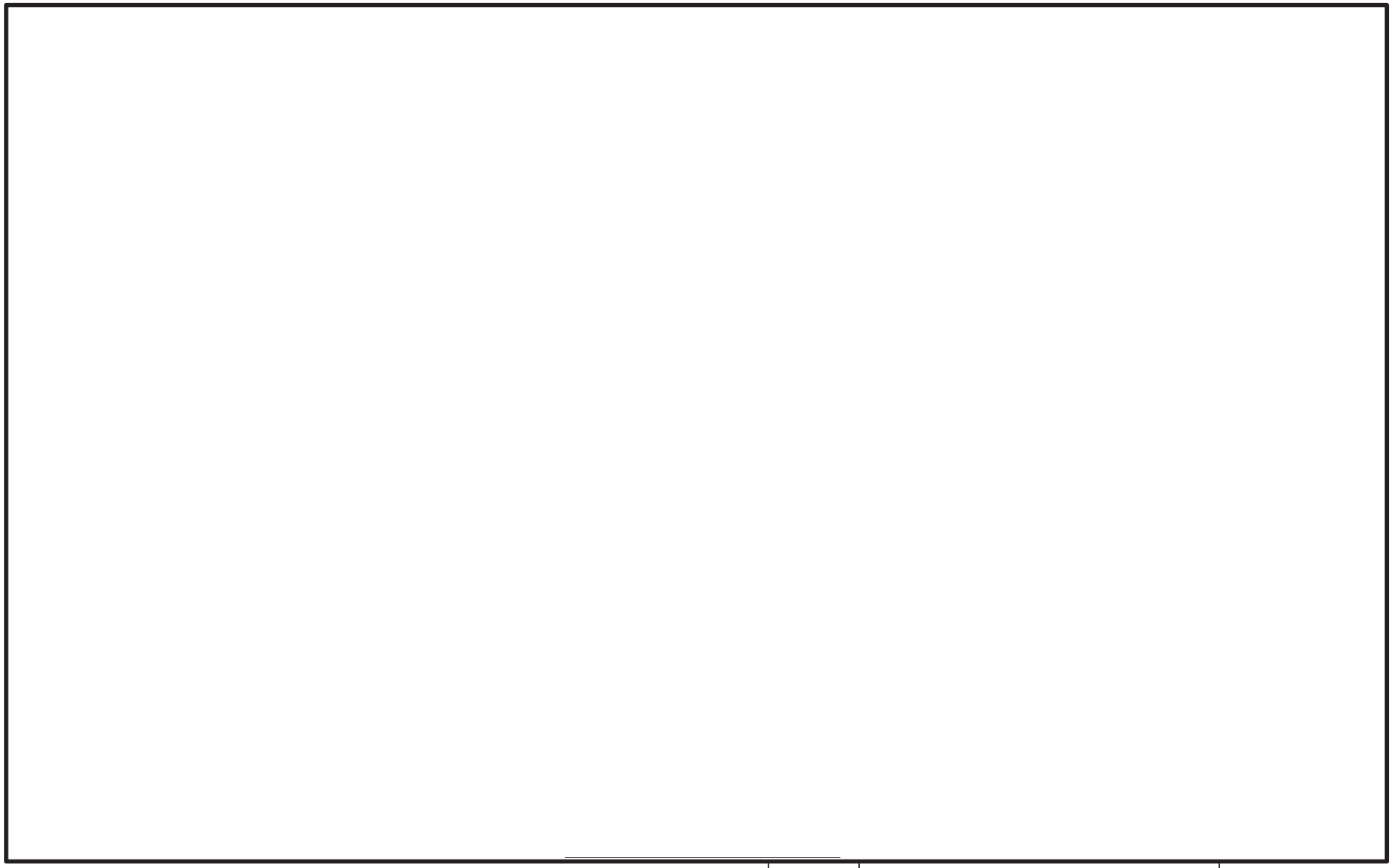
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

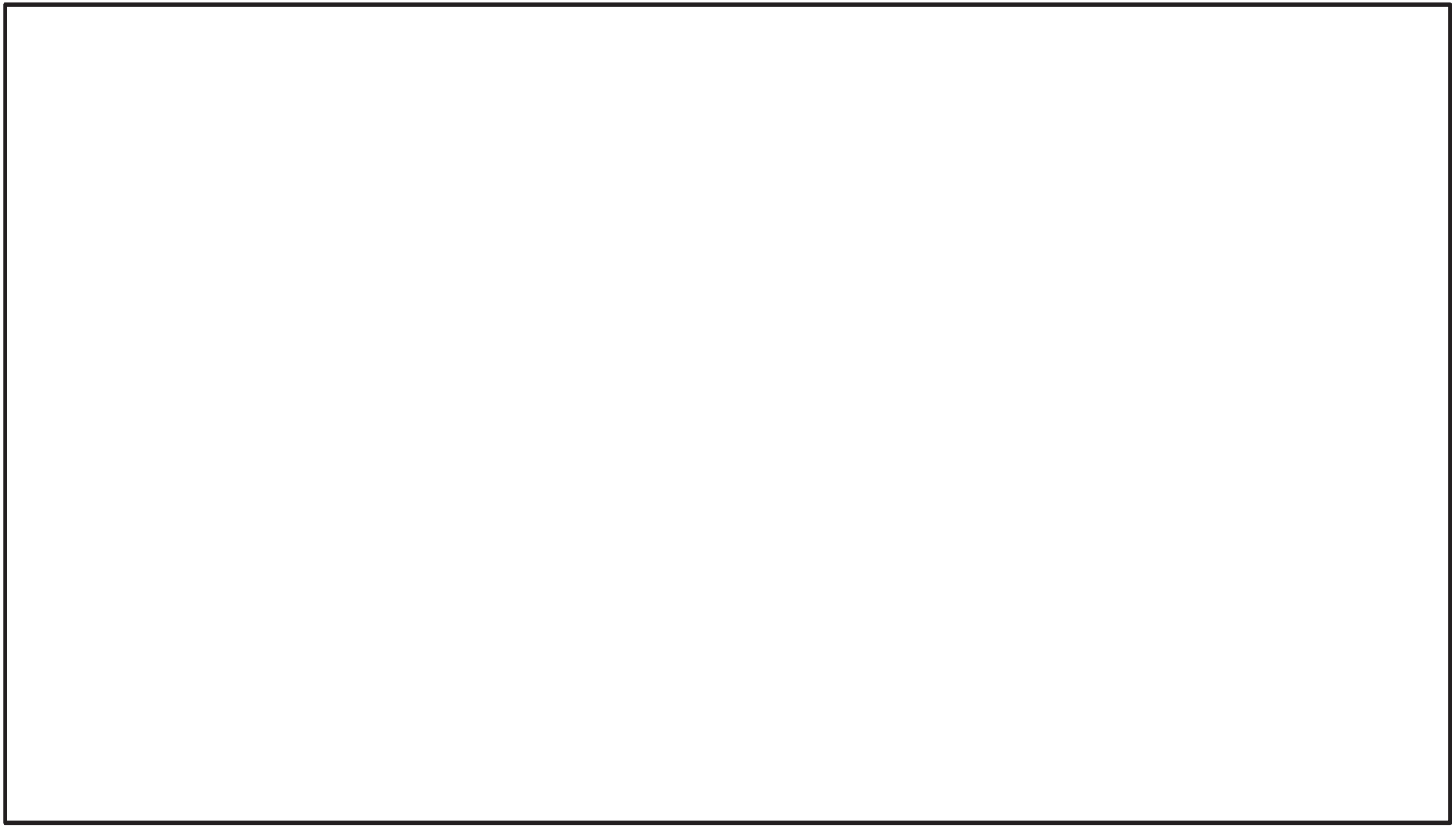
記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
―――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質　　点
⊗	ア　ン　カ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	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。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



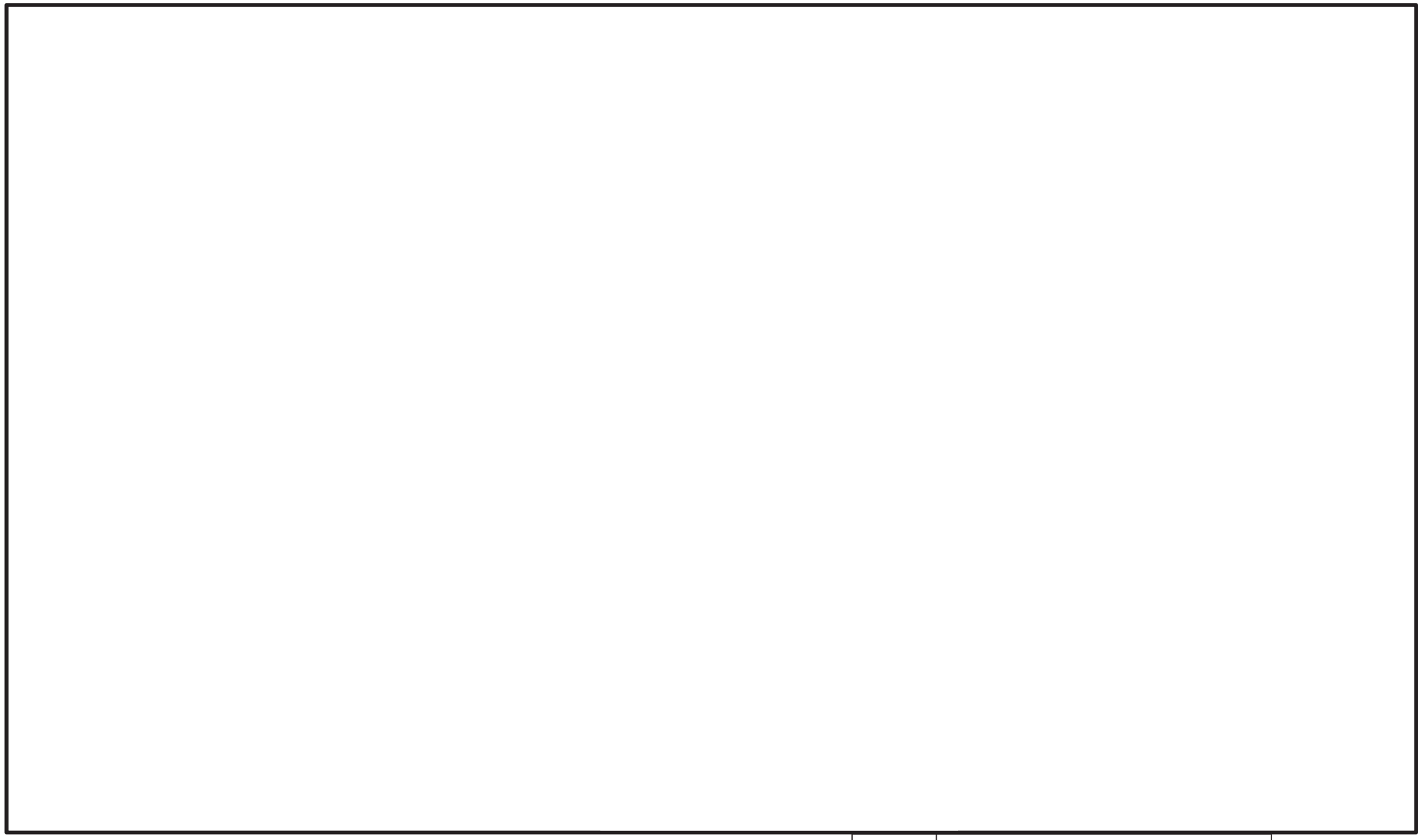
鳥瞰図	ML-228-1(DB)(1/2)



鳥瞰図	ML-228-1(DB)(2/2)



鳥瞰図	ML-228-1(SA)(1/2)



鳥瞰図	ML-228-1(SA)(2/2)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
放射性廃棄物の廃棄施設	気体，液体又は固体廃棄物処理設備（液体廃棄物処理系）	機器ドレン処理系	ＤＢ	－	クラス２管 クラス３管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
		床ドレン処理系	ＤＢ	－	クラス２管 クラス３管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ペデスタル排水系	ＳＡ	常設／緩和	重大事故等クラス２管	－	V_L+S_s	V_AS

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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。
＊3：運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態，（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。

3.2　設計条件

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

鳥　瞰　図　ML-228-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～102	0.76	200	89.1	5.5	SUS316TP	S	[redacted]
2	102～100	0.76	200	89.1	7.6	SUS316TP	S	
3	100～22	0.52	105	89.1	7.6	SUS316TP	S	

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　ML-228-1

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
IN						
7						
** 7 **						
** 7 **						
12						
16						
** 16 **						
1801						
** 1801 **						
20						
** 20 **						
23N						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	200	－	144	402	111
SUS316TP	200	－	149	440	127
SUS316TP	105	－	174	472	128

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
ML-228-1	[redacted]	EL. 8.395 m	[redacted]

4.　解析結果及び評価

4.1　固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　ML-228-1

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		S_d及び静的震度			S_s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		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							
静的震度							

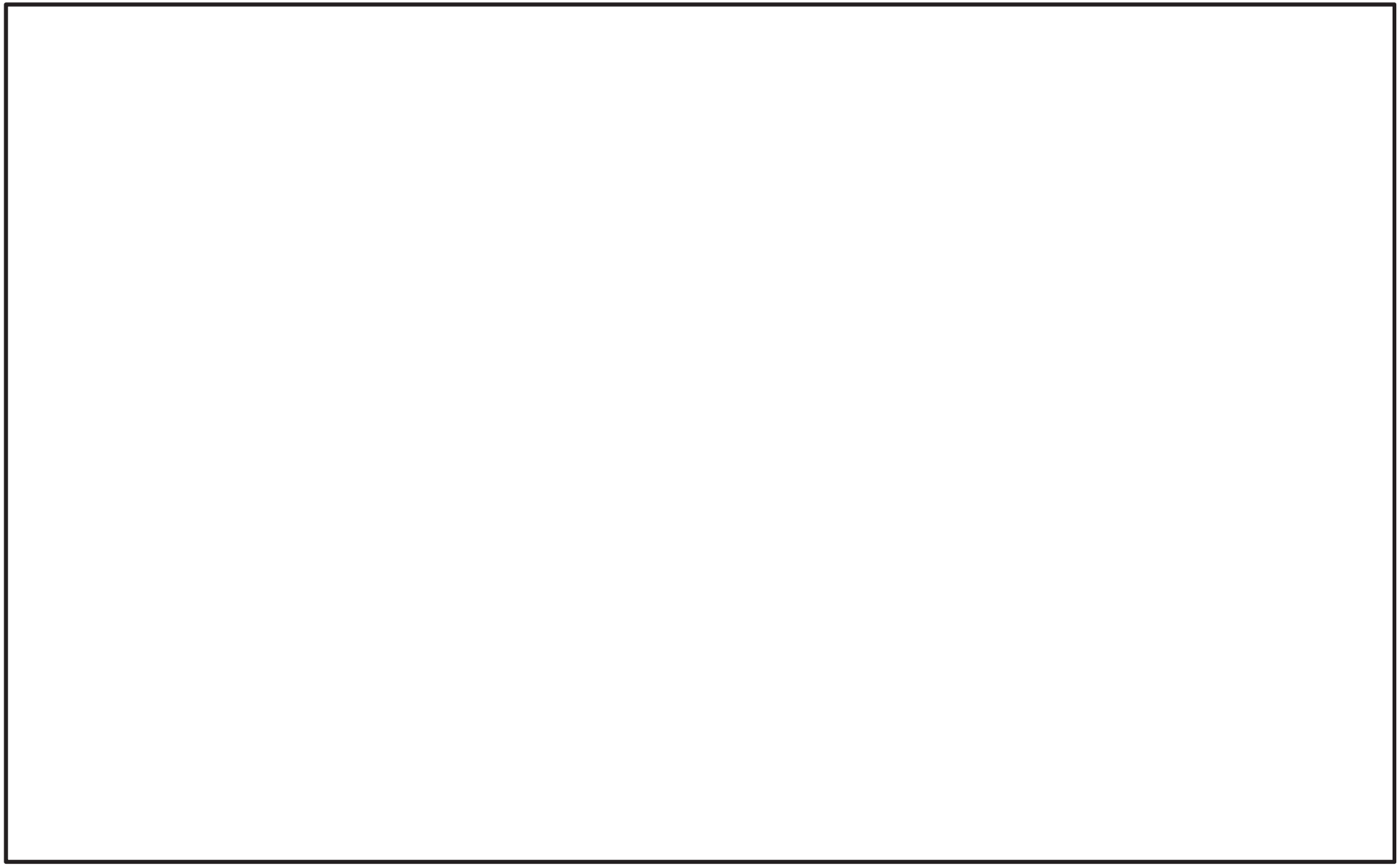
各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　ML-228-1

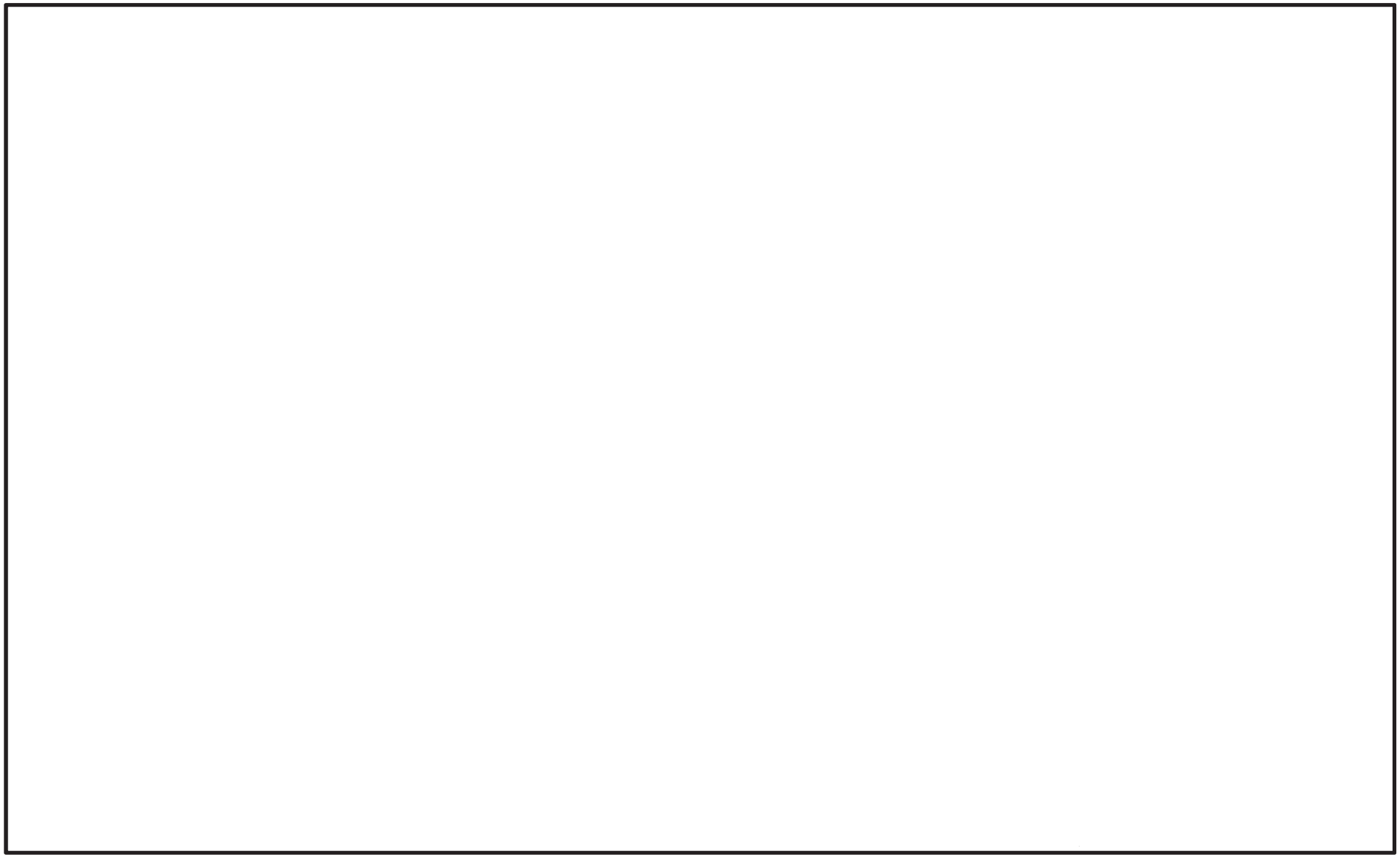
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

代表的振動モード図

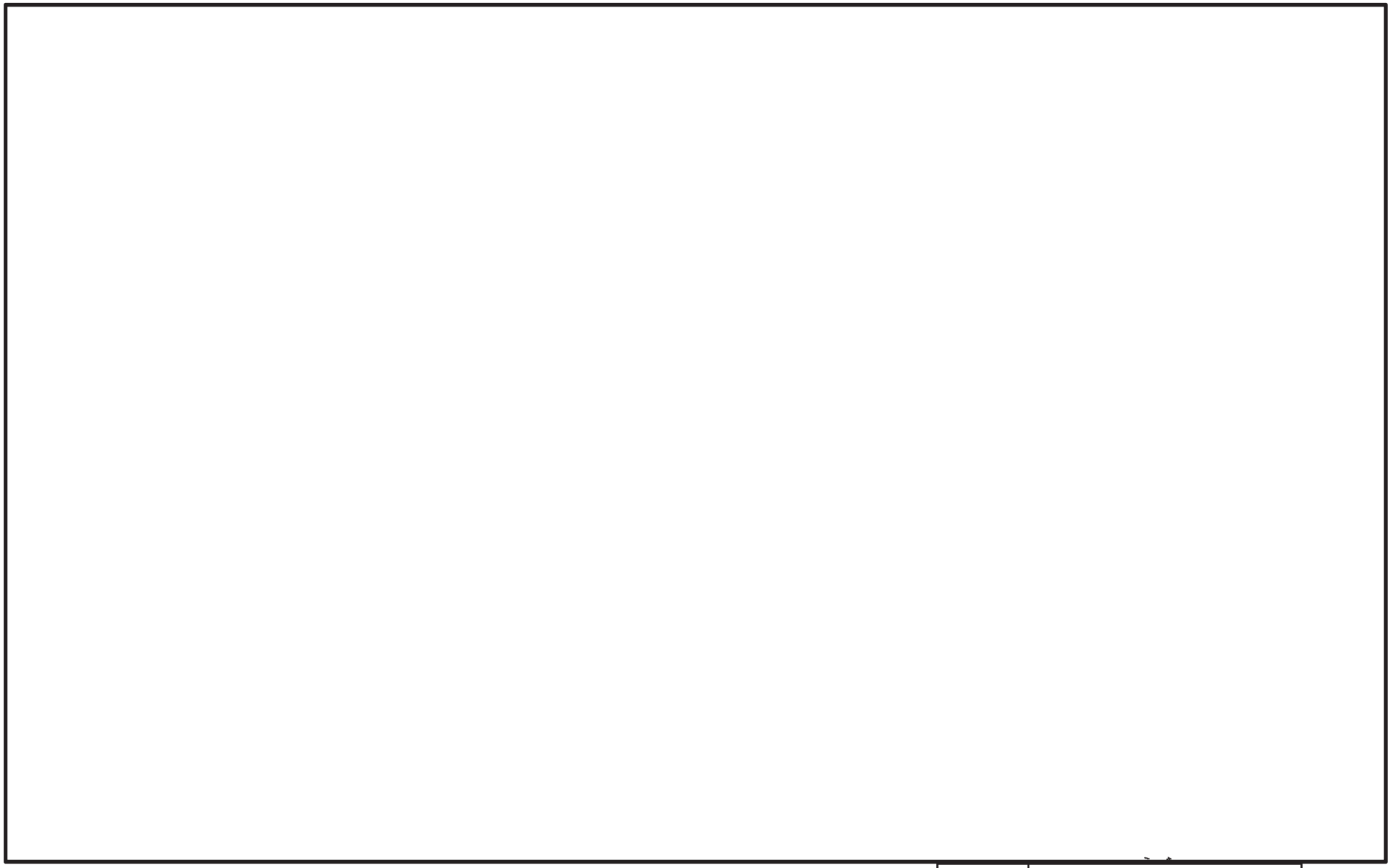
振動モード図は，3 次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。



鳥瞰図	ＭＬ－２２８－１



鳥瞰図	ＭＬ－２２８－１



鳥瞰図	ＭＬ－２２８－１

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管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_d） S_{prm}（S_s）	許容応力 S_y* $0.9S_u$	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
ML-228-1	ⅢAS	1N	S_{prm}（S_d）	76	144	－	－	－
ML-228-1	ⅣAS	1N	S_{prm}（S_s）	124	361	－	－	－
ML-228-1	ⅣAS	1N	S_n（S_s）	－	－	221	288	－

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$1.2S_h$のうち大きい方とする。

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（℃）	評価結果	
					計算荷重（kN）	許容荷重（kN）
SH-ML-904	スプリングハンガ	VAS-1	添付書類「V-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		0.9	0.9

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度（℃）	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN･m）			応力分類	計算応力（MPa）	許容応力（MPa）
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-ML-900	レストレイント	パイプバンド	STKR400 SM400B	105	5.6	34.3	0	—	—	—	圧縮	72	133

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	評価結果（×9.8 m/s^2）		機能確認済加速度（×9.8 m/s^2）		構造強度評価結果（MPa）	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２，３範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 III_AS					許容応力状態 IV_AS												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力					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	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	ML-228-1A	302	7	152	21.71	－	302	10	396	39.60	－	302	12	298	24.83	－	－	－	－
2	ML-228-3A	8N	4	174	43.50	－	8N	5	424	84.80	－	8N	6	348	58.00	－	－	－	－
3	ML-228-1	1N	76	144	1.89	○	1N	124	361	2.91	○	1N	221	288	1.30	○	－	－	－
4	ML-228-3，4	14	29	174	6.00	－	14	43	424	9.86	－	14	92	348	3.78	－	－	－	－
5	ML-36	15	60	225	3.75	－	15	86	365	4.24	－	15	175	450	2.57	－	－	－	－
6	ML-51	16	70	225	3.21	－	16	108	365	3.37	－	16	209	450	2.15	－	－	－	－

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２範囲）

No	配管モデル	許容応力状態　V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					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	ML-228-1A	302	10	396	39.60	－	302	12	298	24.83	－	－	－	－
2	ML-228-3A	8N	5	424	84.80	－	8N	6	348	58.00	－	－	－	－
3	ML-228-1	1N	124	361	2.91	○	1N	221	288	1.30	○	－	－	－
4	ML-228-3, 4	14	43	424	9.86	－	14	92	348	3.78	－	－	－	－

Ⅴ-2-7-2-1-2　格納容器床ドレンサンプの耐震性についての計算書

格納容器床ドレンサンプの耐震性についての計算は，添付書類「Ⅴ-2-9-4-3-5-2　付属設備の耐震性の計算書」の第１章　コリウムシールドの耐震性の計算書に含まれている。

NT2 補② Ⅴ-2-7-2-1-2 R0E

Ⅴ-2-7-2-2-1　管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図 2
2.1 概略系統図 2
2.2 鳥瞰図 7
3. 計算条件 18
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 18
3.2 設計条件 19
3.3 材料及び許容応力 25
3.4 設計用地震力 26
4. 解析結果及び評価 27
4.1 固有周期及び設計震度 27
4.2 評価結果 33
4.2.1 管の応力評価結果 33
4.2.2 弁の動的機能維持評価結果 34
4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 35

1. 概要

新規制基準適合審査の一環で，原子炉建屋付属棟内に重大事故等対処施設（格納容器圧力逃がし装置及び電気盤等）を設置するスペースを確保するため，現在休止状態となっている放射性廃棄物処理設備について，機器の撤去及び配管の撤去・改造を実施することとしている。

このため，本計算書は，配管の改造分について，添付資料「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」及び「Ⅴ-2-1-14-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

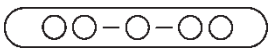
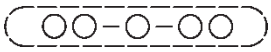
(1) 管

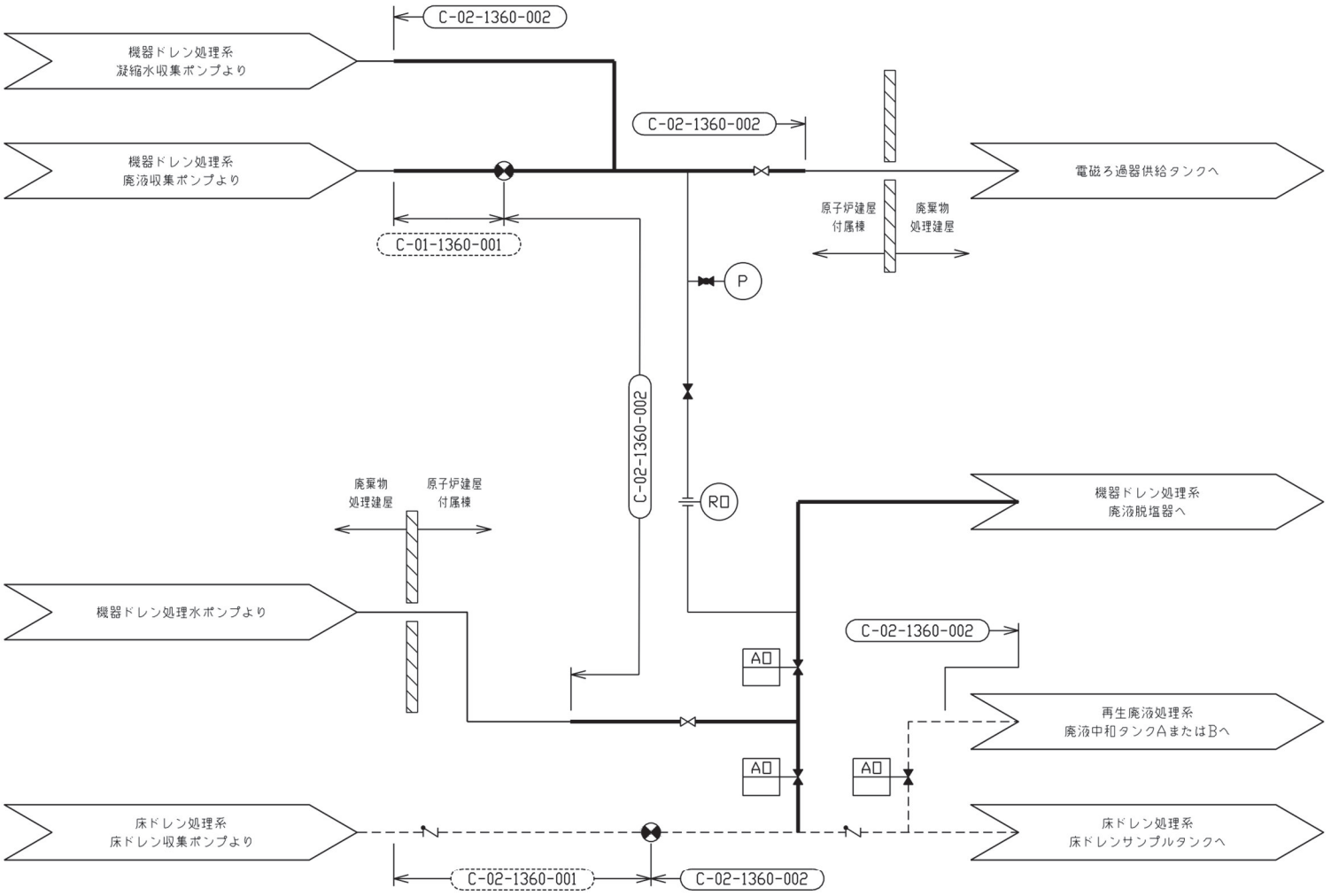
工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全3モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，設計条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.3に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

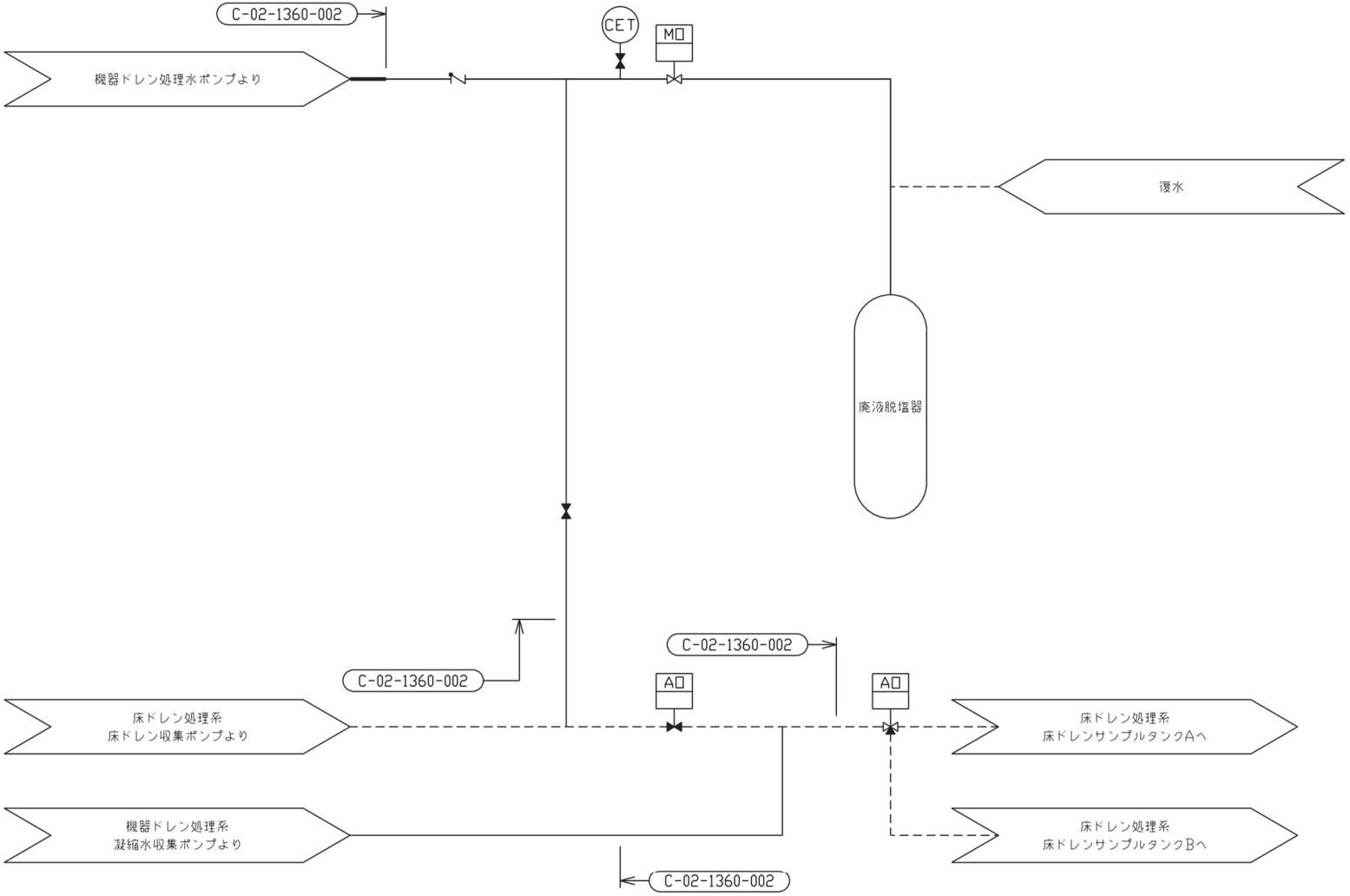
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

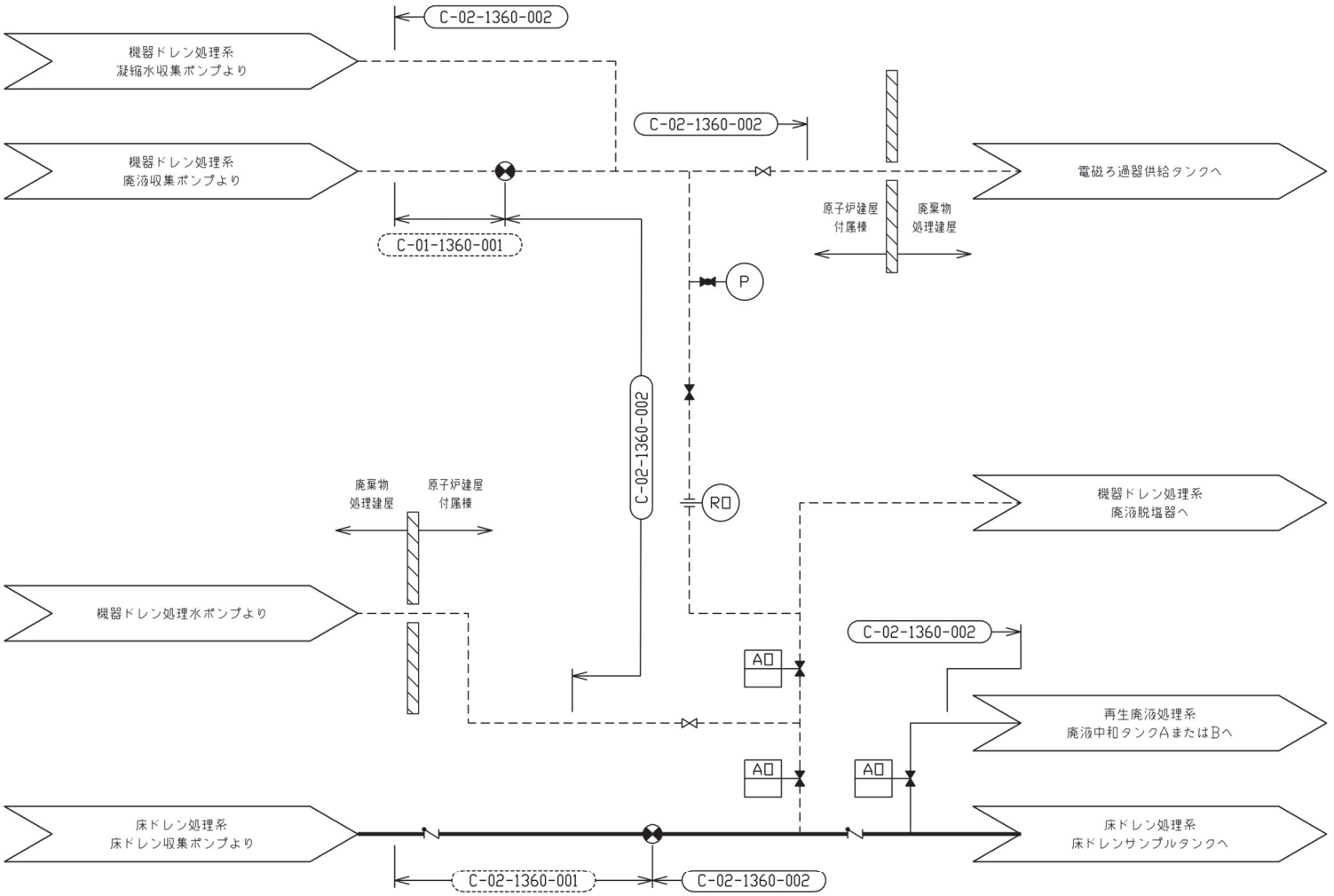
記 号	内 容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （設計基準対象施設）
（細線）	工事計画記載範囲外の管のうち，本計算書記載範囲の管 （設計基準対象施設）
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち， 他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 （鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
	アンカ
［管クラス］	
クラス３	クラス３管



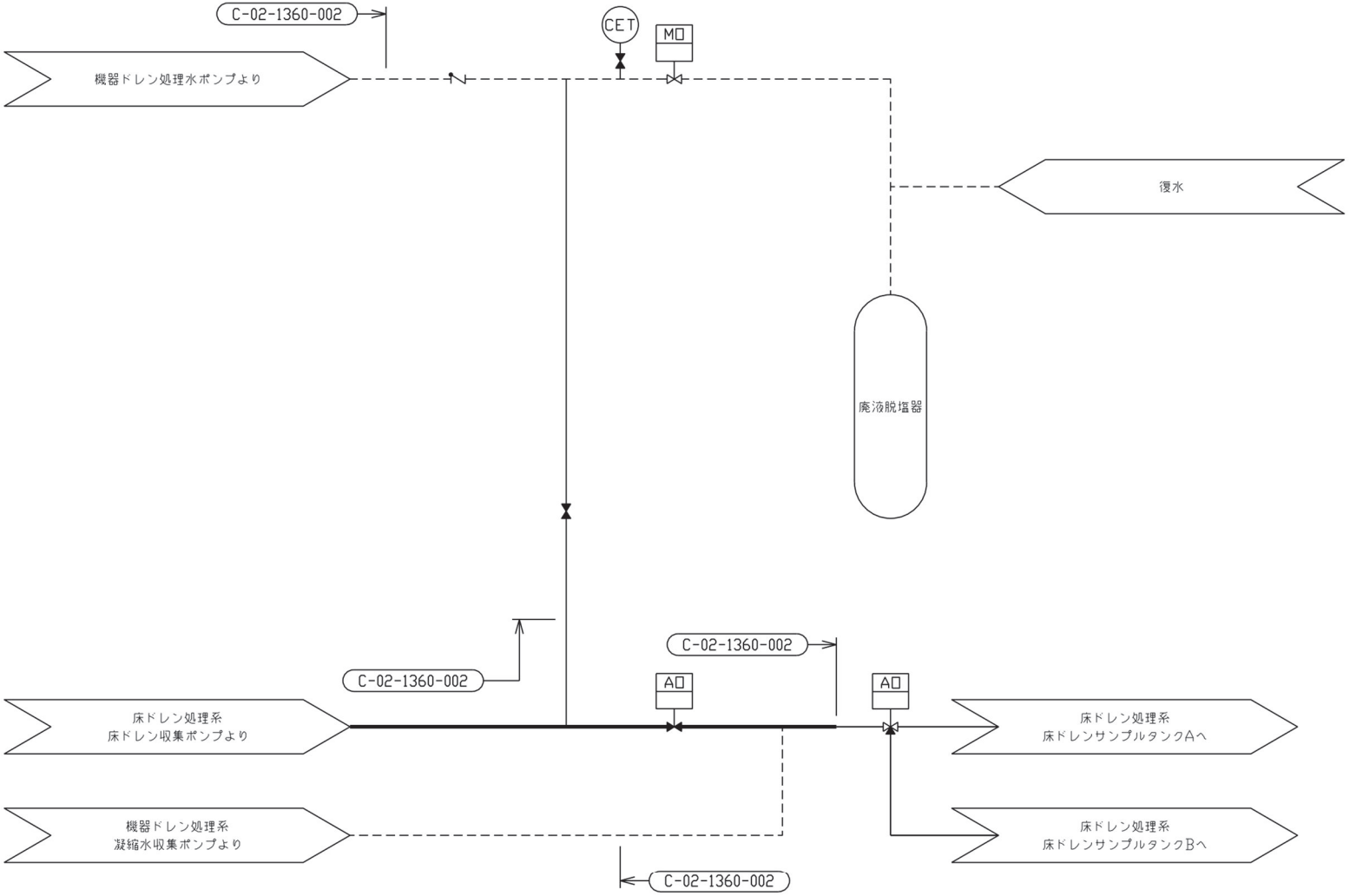
液体廃棄物処理系(機器ドレン処理系)概略系統図(1/2)



液体廃棄物処理系(機器ドレン処理系)概略系統図(2/2)



液体廃棄物処理系(床ドレン処理系)概略系統図(1/2)

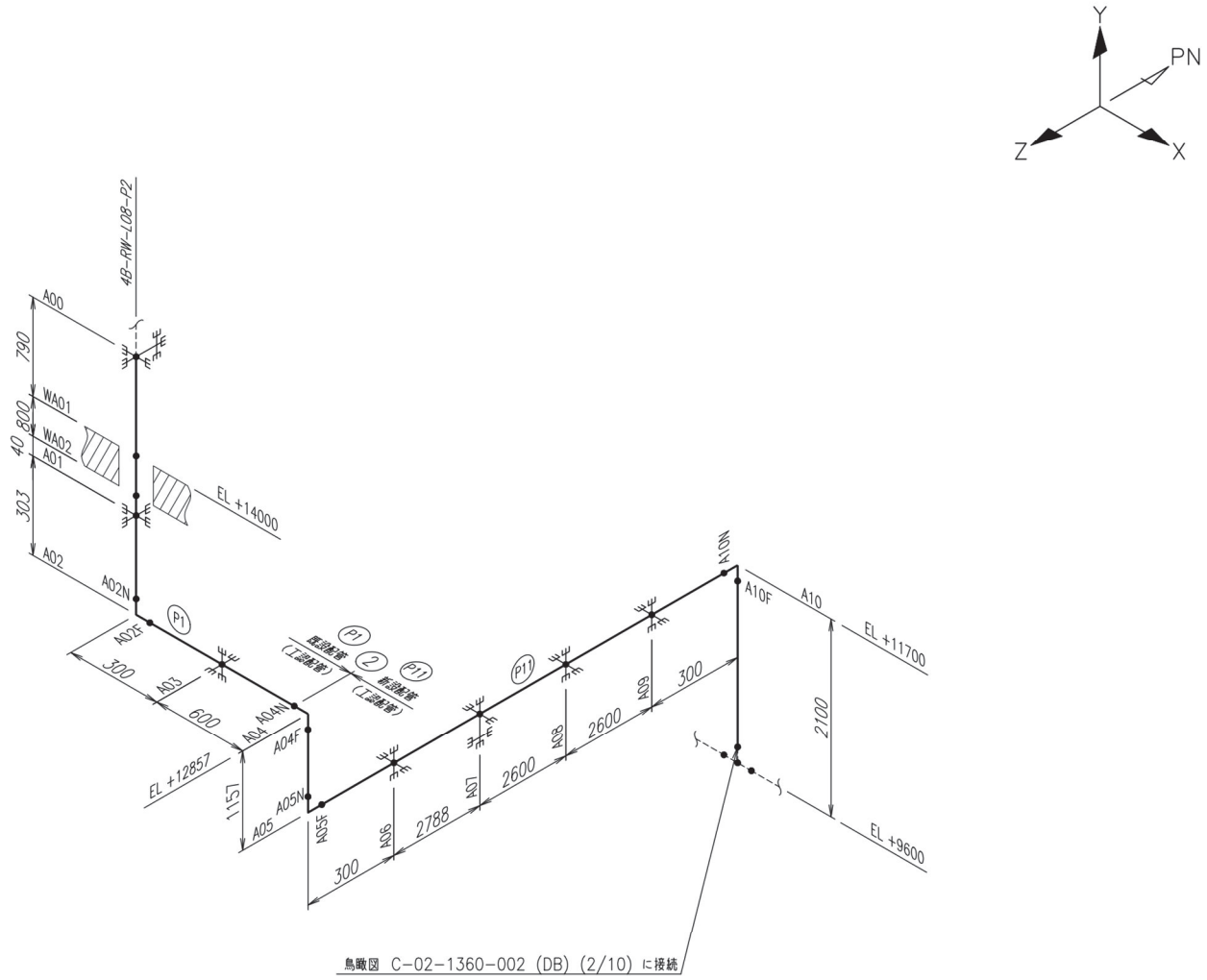


液体廃棄物処理系(床ドレン処理系)概略系統図(2/2)

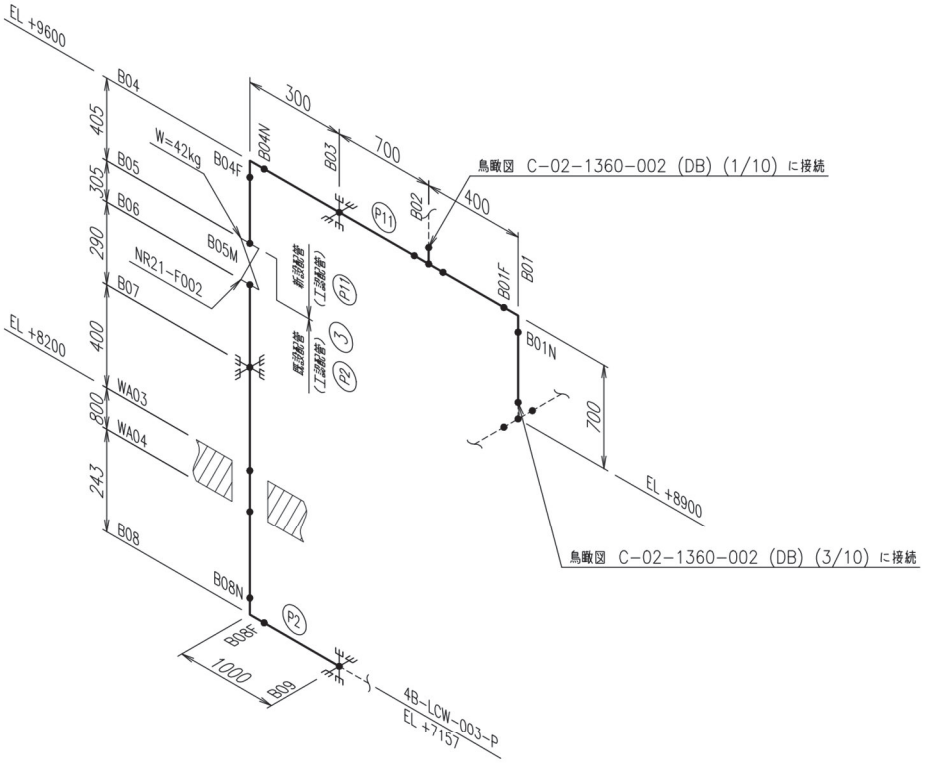
2.2　鳥瞰図

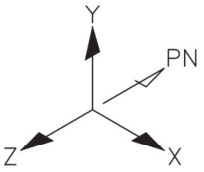
鳥瞰図記号凡例

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）	工事計画記載範囲外の管のうち，本計算書記載範囲の管
	質　　点
	ア　ン　カ
	レストレイント
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

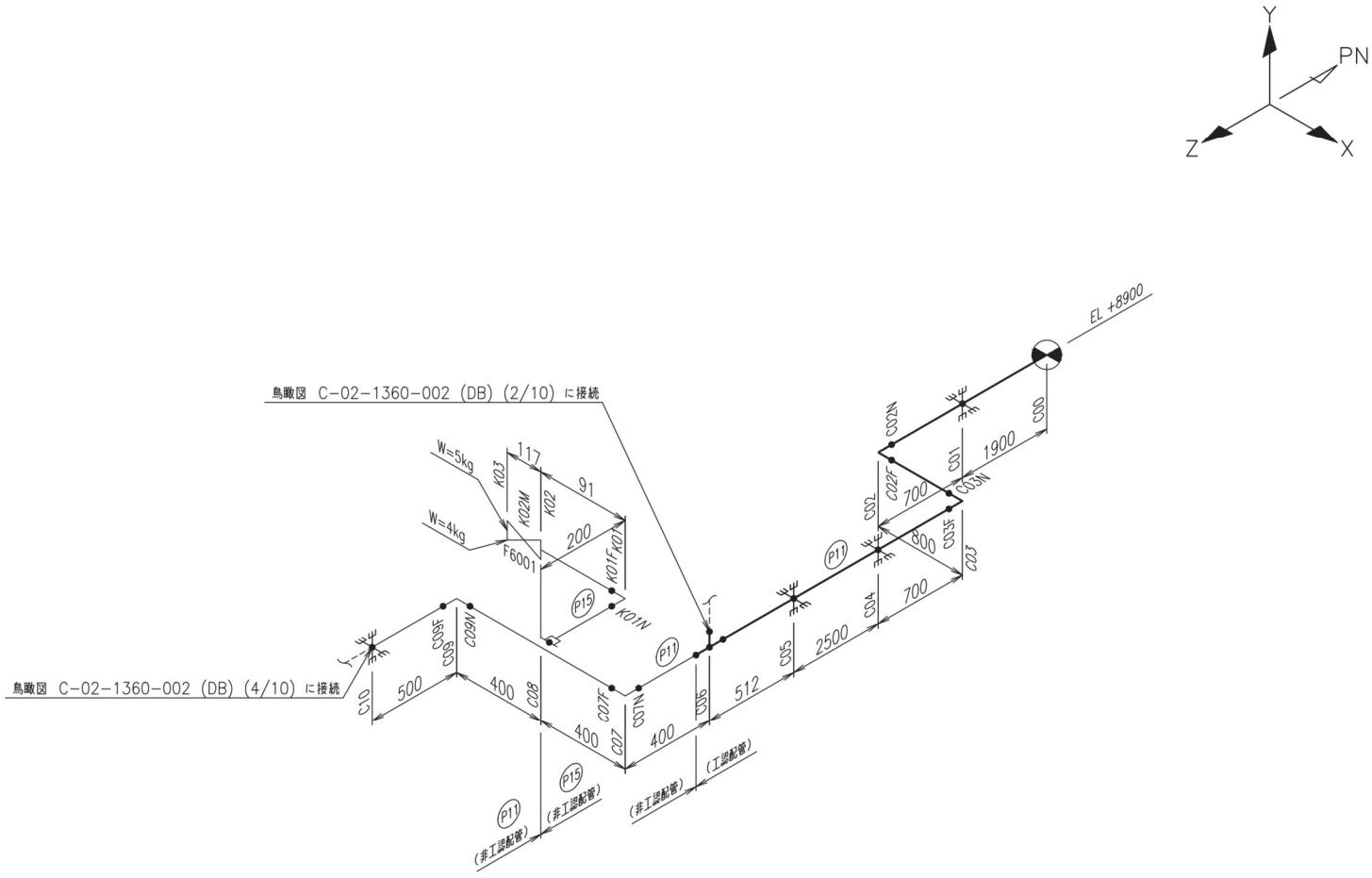


鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (1/10)

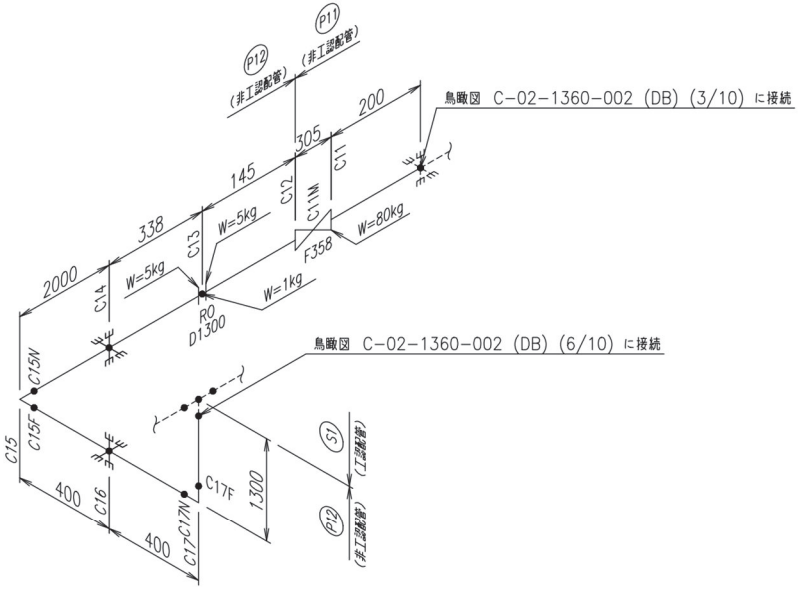




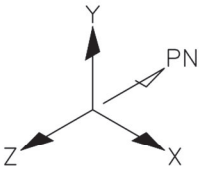
鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (2/10)

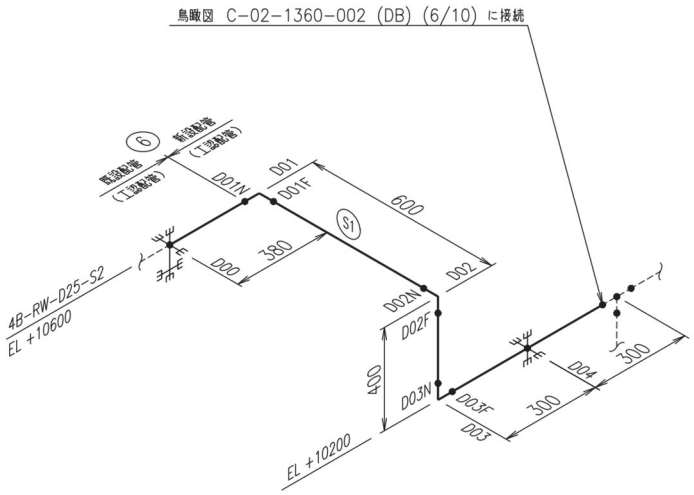


鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (3/10)

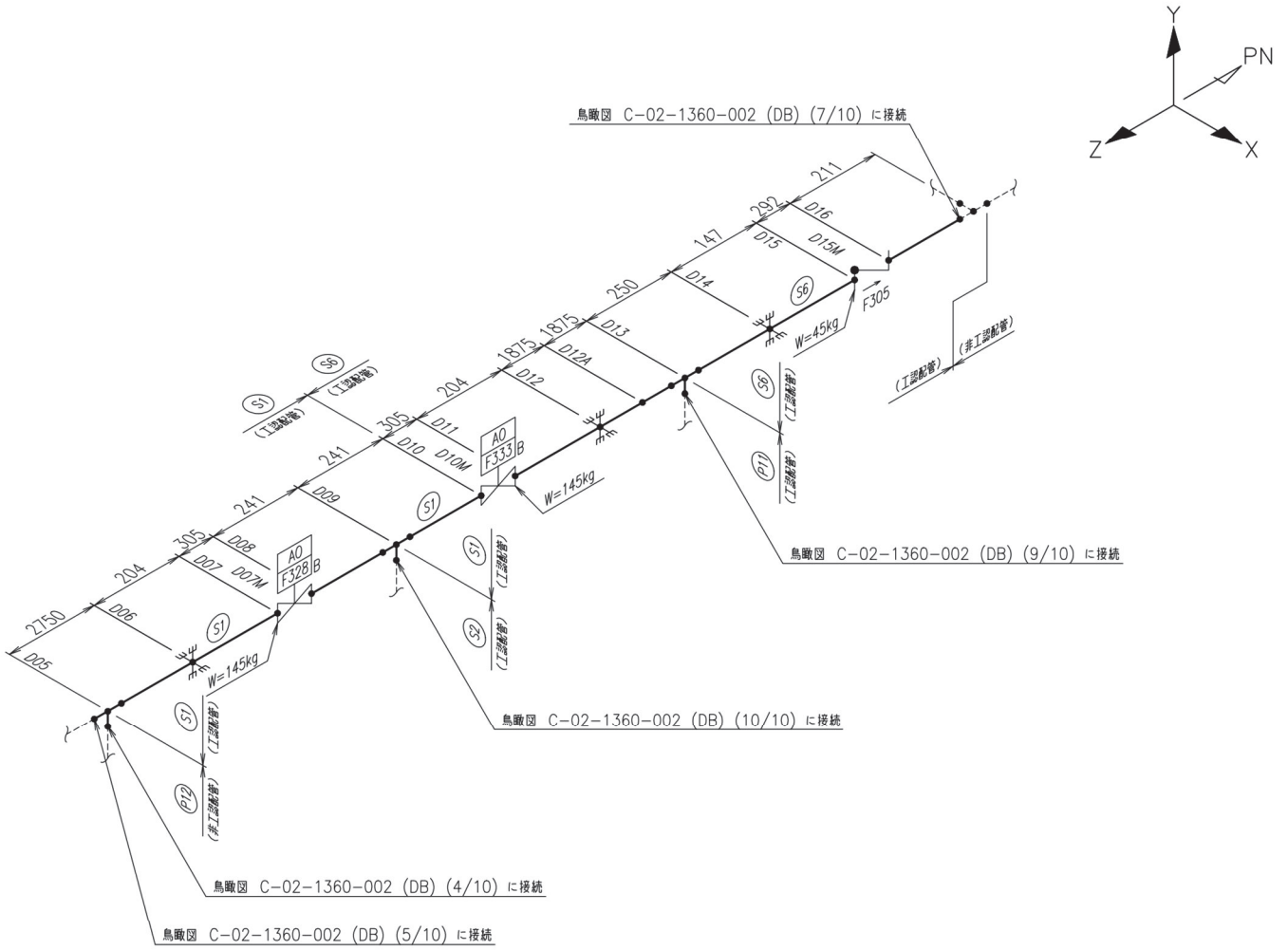


鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (4/10)

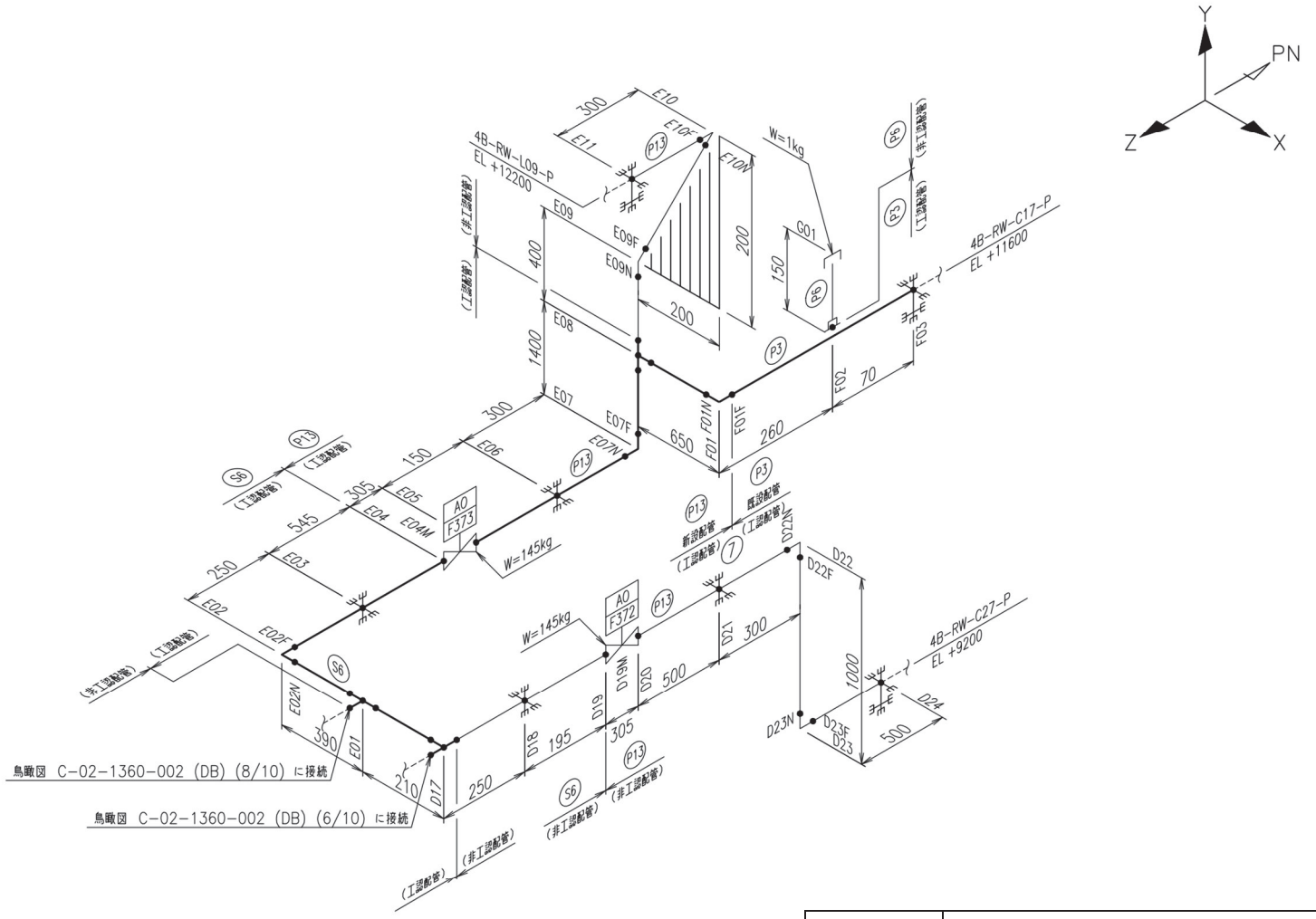




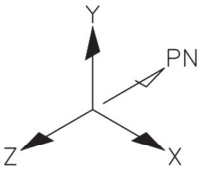
鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (5/10)

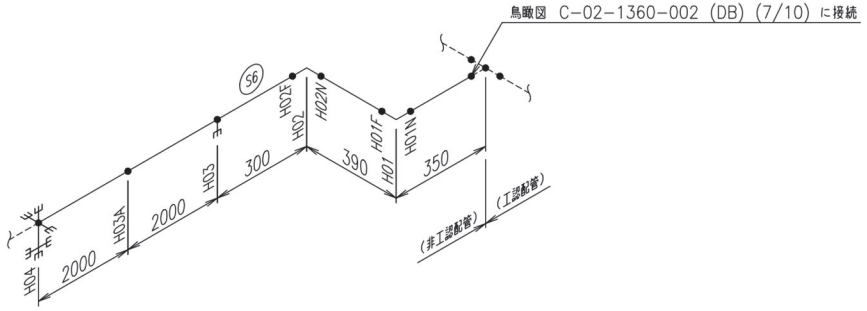


鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (6/10)

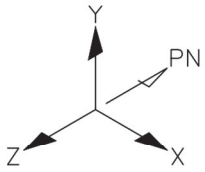


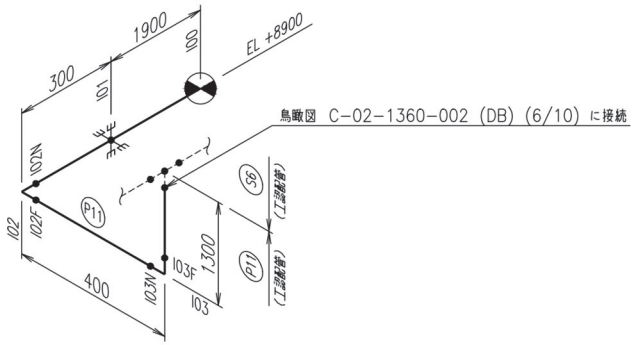
鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (7/10)



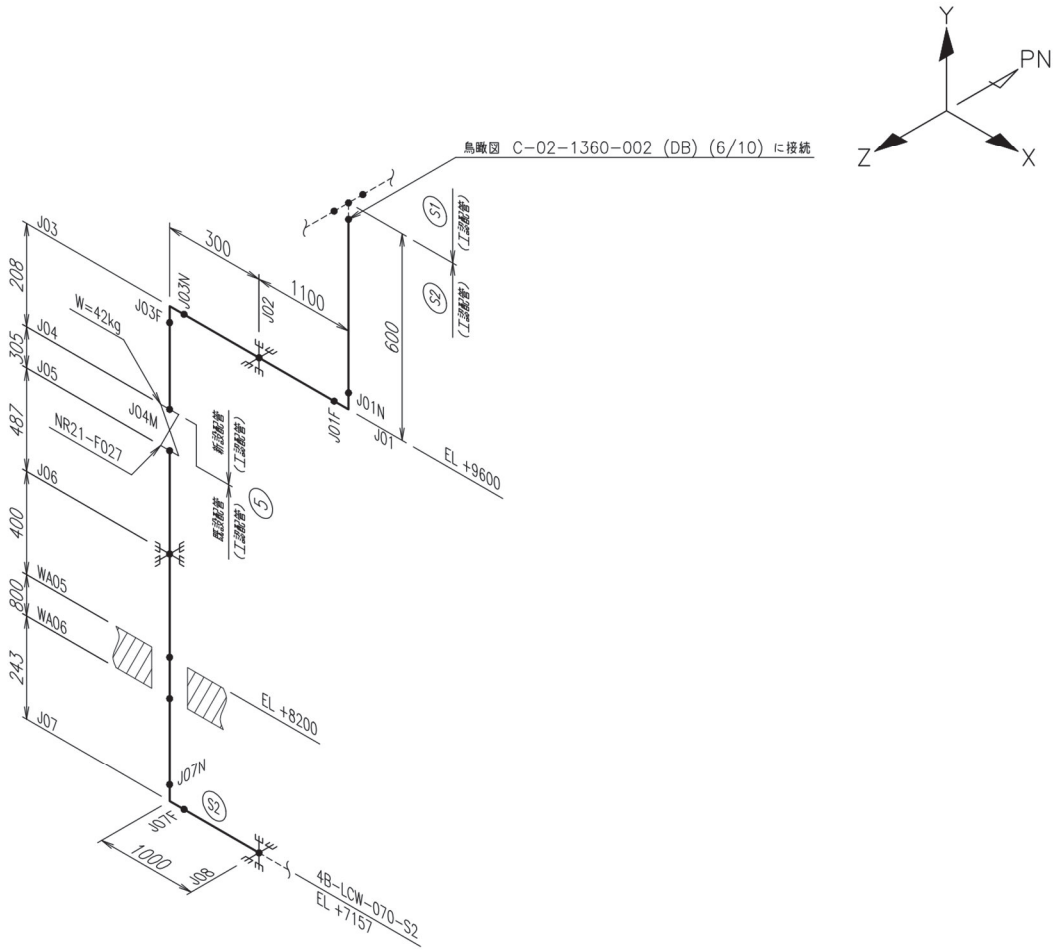


鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (8/10)





鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (9/10)



鳥瞰図	C-02-1360-002 (DB) (10/10)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ *2, *3	許容応力状態
放射性廃棄物の廃棄施設	液体廃棄物処理系	機器ドレン処理系 床ドレン処理系	ＤＢ	―	クラス３管	Ｂ	$Ⅰ_L+1/2S_d$ $Ⅱ_L+1/2S_d$	B_AS

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：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊3：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。

3.2　設計条件

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

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
P1	A00～A04N	1.42	65	114.3	6.0	STPT42	B	200000
P11	A04N～B02 B05～C06 C00～C12 D13～I00	1.42	65	114.3	6.0	STPT410	B	200000
P2	B05～B09	1.32	65	114.3	6.0	STPT42	B	200000
P12	C12～D05	1.32	65	114.3	6.0	STPT410	B	200000
S1	D00～D10	1.32	65	114.3	4.0	SUS304TP	B	192000
S6	D10～D19 D17～E04 E01～H04	1.42	65	114.3	4.0	SUS304TP	B	192000
P13	D19～D24 E04～E11 E08～F01F	1. 03	65	114.3	6.0	STPT410	B	200000
P15	C08～K03	1.42	65	27.2	3.9	STPT410	B	200000
P3	F01F～F03	1.03	65	114.3	6.0	STPT42	B	200000
P6	F02～G01	1.03	65	27.2	3.9	STPT42	B	200000
S2	D09～J08	1.32	65	114.3	6.0	SUS304TP	B	192000

配管の付加質量

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

質量	対応する評価点
1 kg	C13,G01
5 kg	K03

フランジ部の質量

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

質量	対応する評価点
5 kg	C13,C13

弁部の質量

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

質量	対応する評価点
4 kg	K02～K03
42 kg	B05～B06, J04～J05
45 kg	D15～D16
80 kg	C11～C12
145 kg	D07～D08, D10～D11, D19～D20, E04～E05

弁部の寸法

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
K02～K03	27.2	3.9	117
D15～D16	114.3	4.0	292
D07～D08,D10～D11	114.3	4.0	305
B05～B06,C11～C12, D19～D20,E04～E05, J04～J05	114.3	6.0	305

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

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
A00	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A01	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
A03	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A06	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A07	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A08	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A09	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
B03	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
B07	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
B09	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
C00	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
C01	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
C04	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
C05	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
C10	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
C14	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
C16	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
D00	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
D04	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D06	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D12	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D14	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D18	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D21	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
D24	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
E03	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
E06	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
E11	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F03	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
＊ H03	－	1.8×10^{9}	－	－	－	－
H04	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
I00	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
I01	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
J02	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
J06	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
J08	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－

＊印のＹ軸方向のばね定数はマイナス側にのみとする。

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa) *			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	65	—	232	—	103
STPT42	65	—	232	—	103
SUS304TP	65	—	189	—	126

注記　＊：評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は，添付資料「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は，添付資料「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
C-02-1360-002	原子炉建屋付属棟	E.L. 20.300 m	0.5

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号 C-02-1360-002

耐震設計上の重要度分類		B					
適用する地震動等		静的震度*5			1/2 S_d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次	0.087	—	—	—	0.65	0.65	1.10
2 次	0.070	—	—	—	0.65	0.65	0.93
3 次	0.064	—	—	—	0.65	0.65	0.56
4 次	0.061	—	—	—	0.56	0.56	0.50
5 次	0.060	—	—	—	0.53	0.53	0.45
6 次	0.060	—	—	—	0.52	0.52	0.42
7 次*4	0.048	—	—	—	—	—	—
動 的 震 度*2		—	—	—	0.24	0.24	0.18
静 的 震 度*3		0.39	0.39	—	—	—	—

注記 ＊1： 各モードの固有周期に対し，設備評価用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2： S_d地震動に基づく最大設備評価用床応答加速度より定めた震度を示す。

＊3： $1.8C_I$より定めた震度を示す。

＊4： 固有周期が0.050s 以下であることを示す。

＊5： 静的震度を示す為，応答震度については「－」と記載する。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図番号　C-02-1360-002

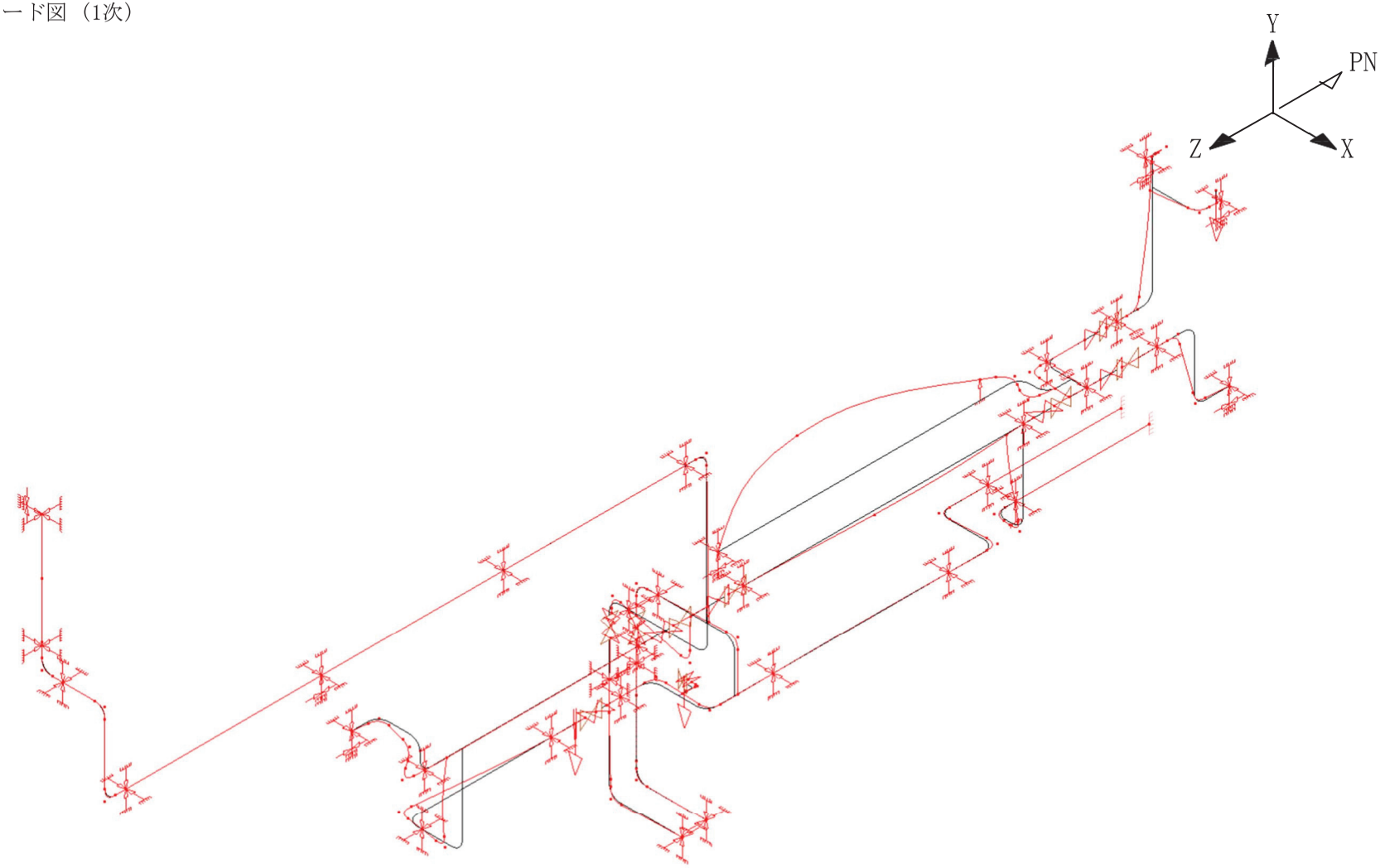
モード	固有周期 (s)	刺激係数[*1]		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次	0.087	-0.400	0.000	1.700
2 次	0.070	0.300	0.000	0.700
3 次	0.064	0.000	0.000	0.000
4 次	0.061	0.400	0.000	1.500
5 次	0.060	0.000	0.500	-0.100
6 次	0.060	-0.200	0.000	-0.500
7 次	0.048	0.300	0.000	-1.300

注記　＊1：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

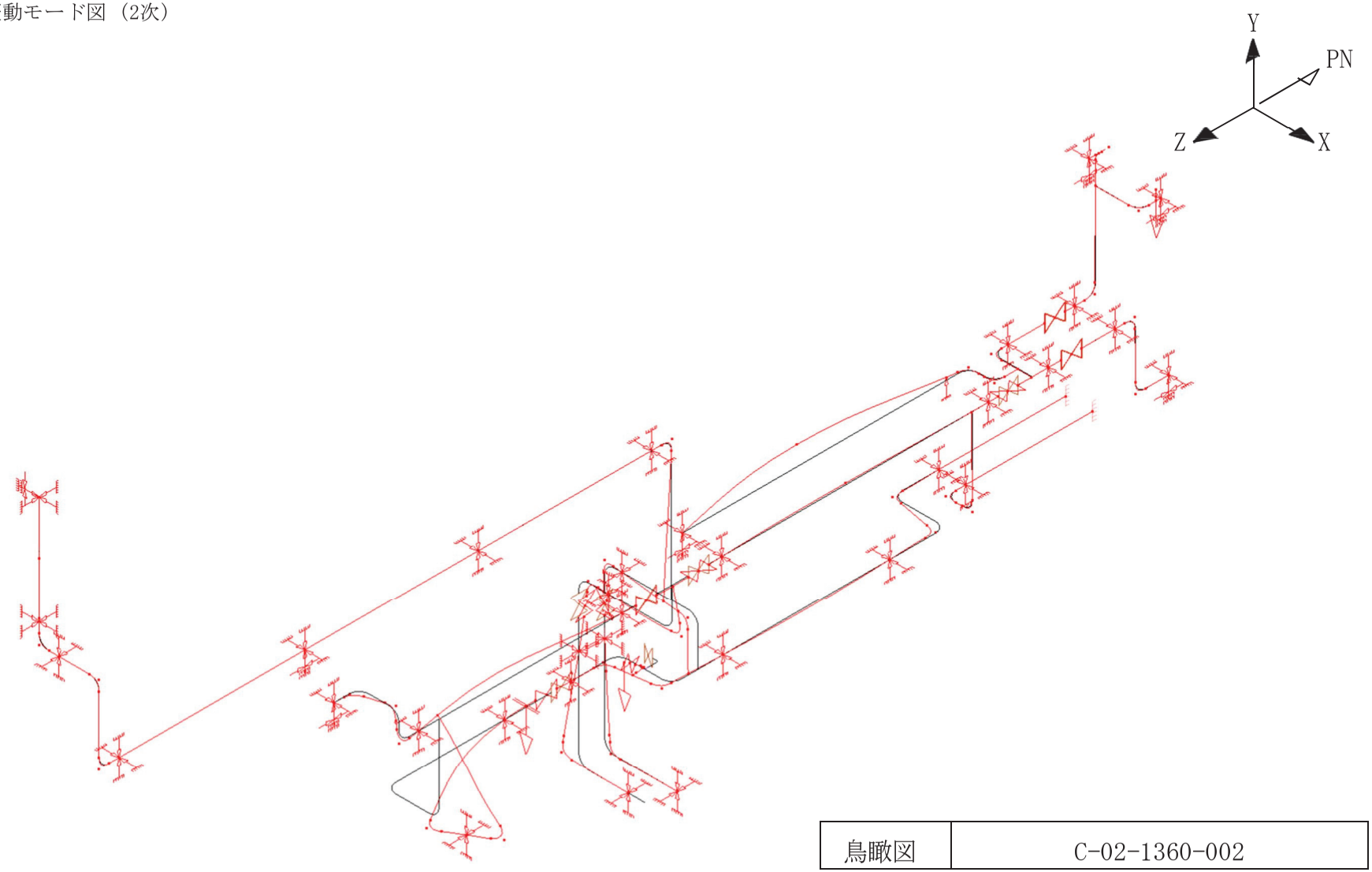
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を赤線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



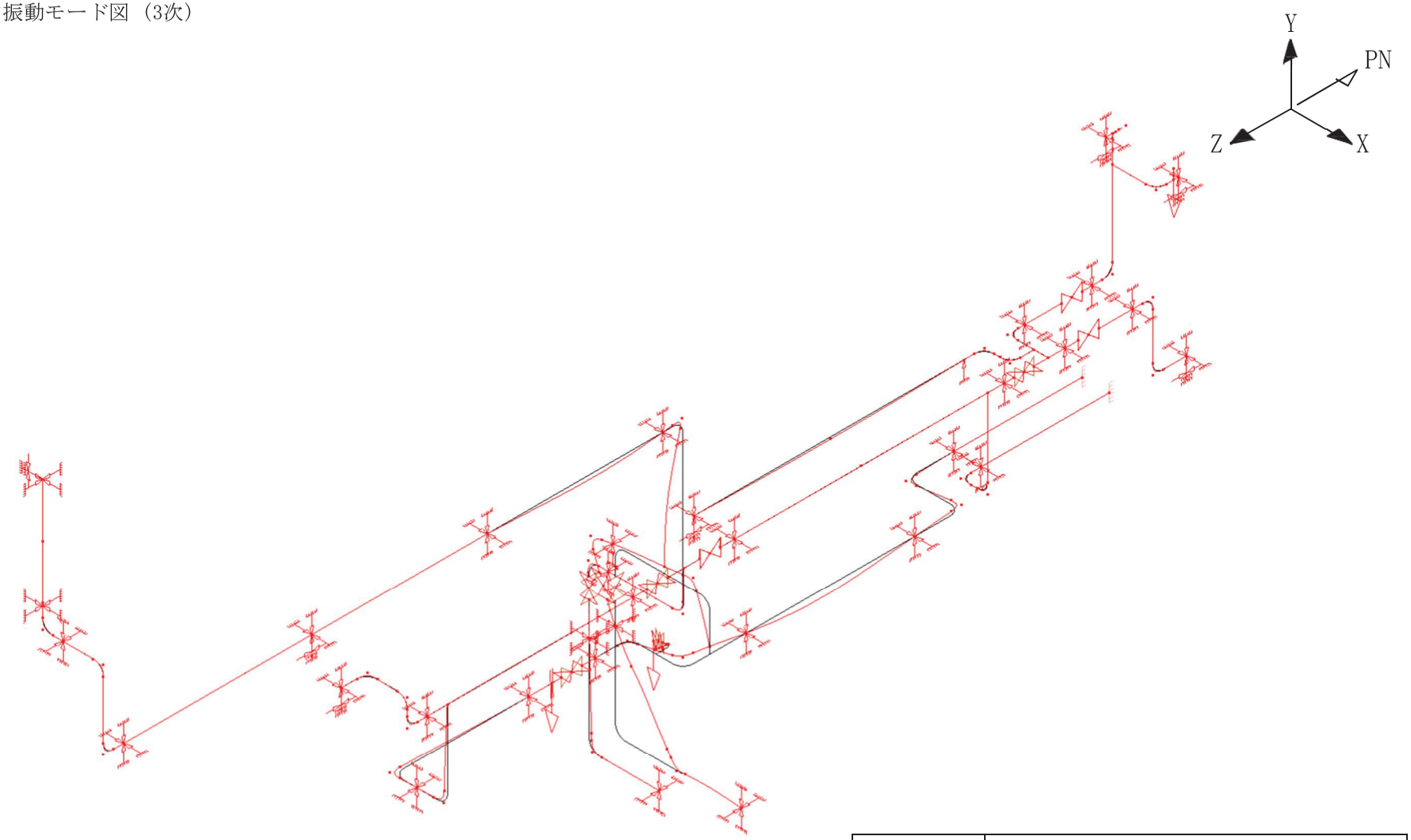
鳥瞰図	C-02-1360-002

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	C-02-1360-002

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	C-02-1360-002

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３管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_d）	許容応力 S_y	計算応力 S_n（S_d）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
C-02-1360-002	BAS	H01N	S_{prm}（S_d）	39	189	—	—	—

4.2.2 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度*（×9.8 m/s²）		機能確認済加速度（×9.8 m/s²）		構造強度評価結果（MPa）	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記　＊：応答加速度は，打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

：評価対象がない場合はすべての欄に「—」と記載する。

4.2.3 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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス３範囲）

No	配管 モデル	許容応力状態B_AS				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	C-01-1360-001	A15N	12	232	19.33	―
2	C-02-1360-001	A32	18	232	12.88	―
3	C-02-1360-002	H01N	39	189	4.84	○

Ⅴ-2-7-2-3-1　管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図 2
2.1 概略系統図 2
2.2 鳥瞰図 6
3. 計算条件 28
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 28
3.2 設計条件 29
3.3 材料及び許容応力 37
3.4 設計用地震力 38
4. 解析結果及び評価 39
4.1 固有周期及び設計震度 39
4.2 評価結果 45
4.2.1 管の応力評価結果 45
4.2.2 弁の動的機能維持評価結果 46
4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 47

1. 概要

新規制基準適合審査の一環で，原子炉建屋付属棟内に重大事故等対処施設（格納容器圧力逃がし装置及び電気盤等）を設置するスペースを確保するため，現在休止状態となっている放射性廃棄物処理設備について，機器の撤去及び配管の撤去・改造を実施することとしている。

このため，本計算書は，配管の改造分について，添付資料「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」及び「Ⅴ-2-1-14-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

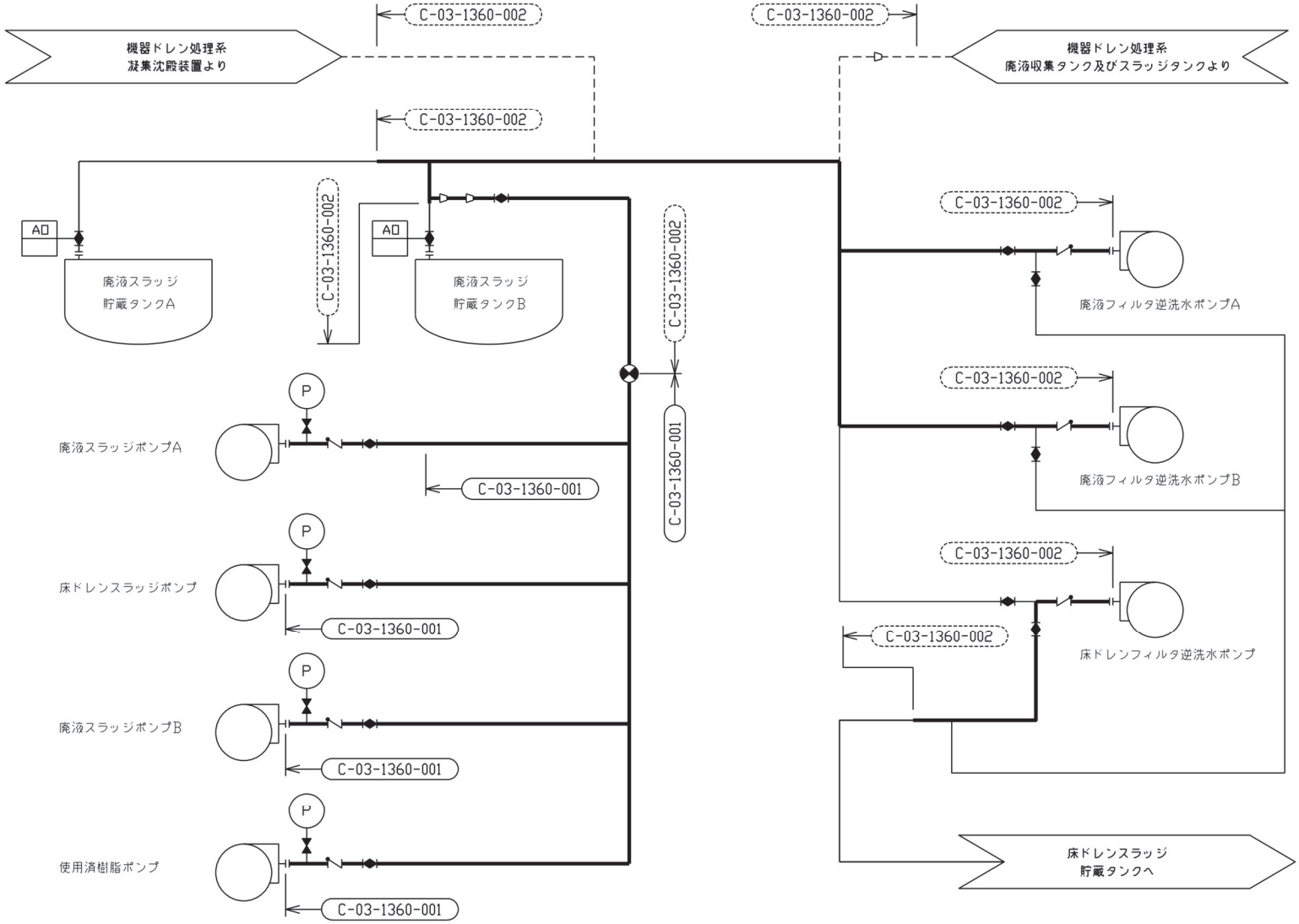
工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全4モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，設計条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.3に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

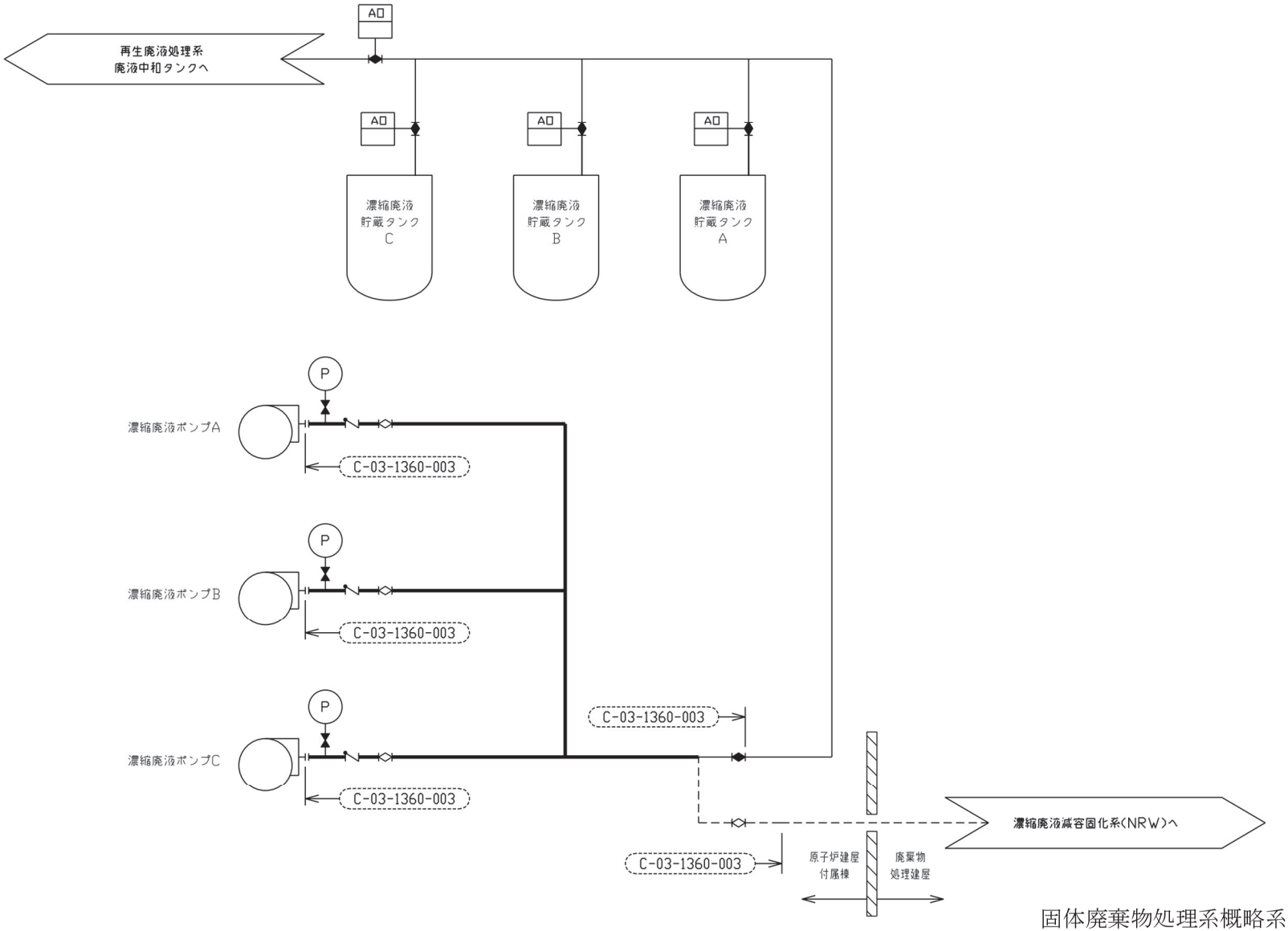
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

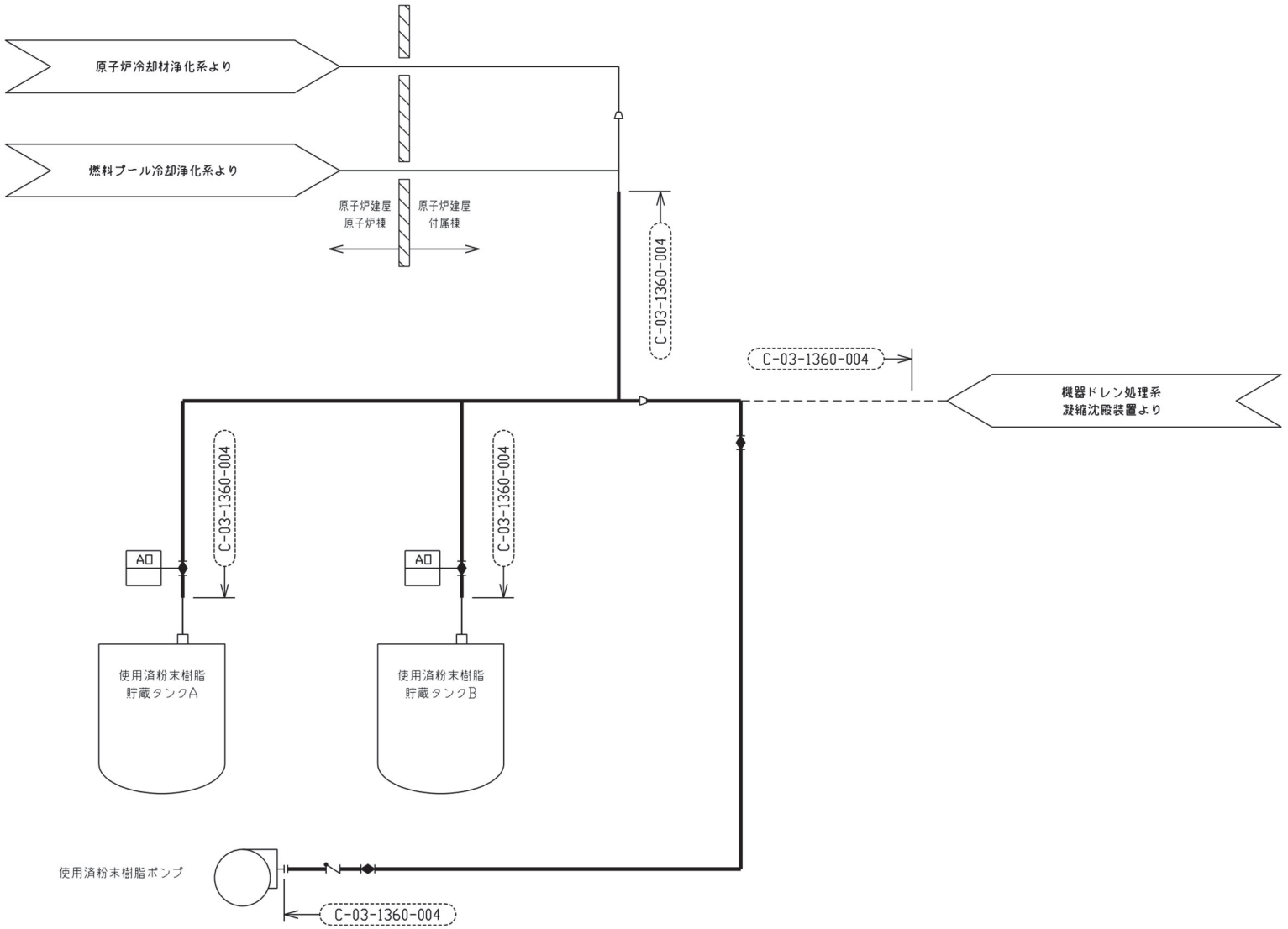
記 号	内 容
―――― （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （設計基準対象施設）
―――― （細線）	工事計画記載範囲外の管のうち，本計算書記載範囲の管 （設計基準対象施設）
- - - - - - - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち， 他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○－○－○○	鳥瞰図番号 （鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○－○－○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
	アンカ
［管クラス］	
クラス３	クラス３管



固体廃棄物処理系概略系統図(1/3)



固体廃棄物処理系概略系統図(2/3)

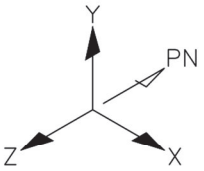


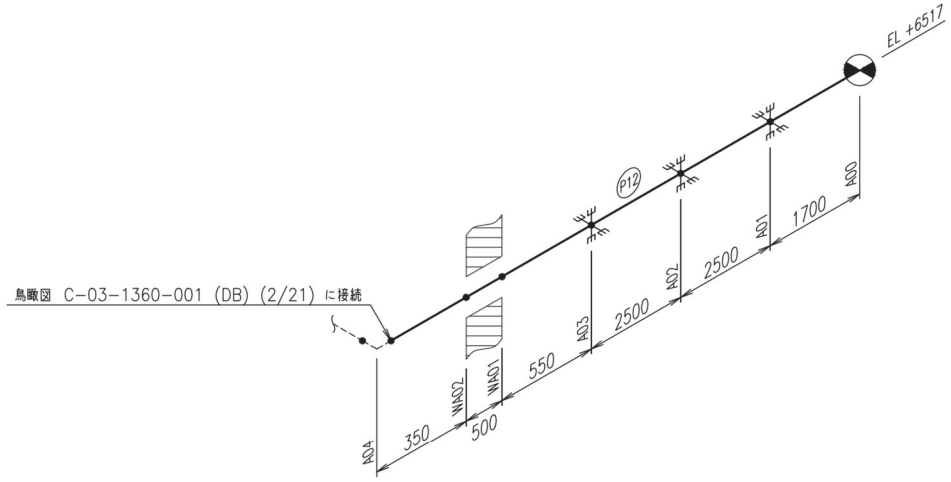
固体廃棄物処理系概略系統図(3/3)

2.2　鳥瞰図

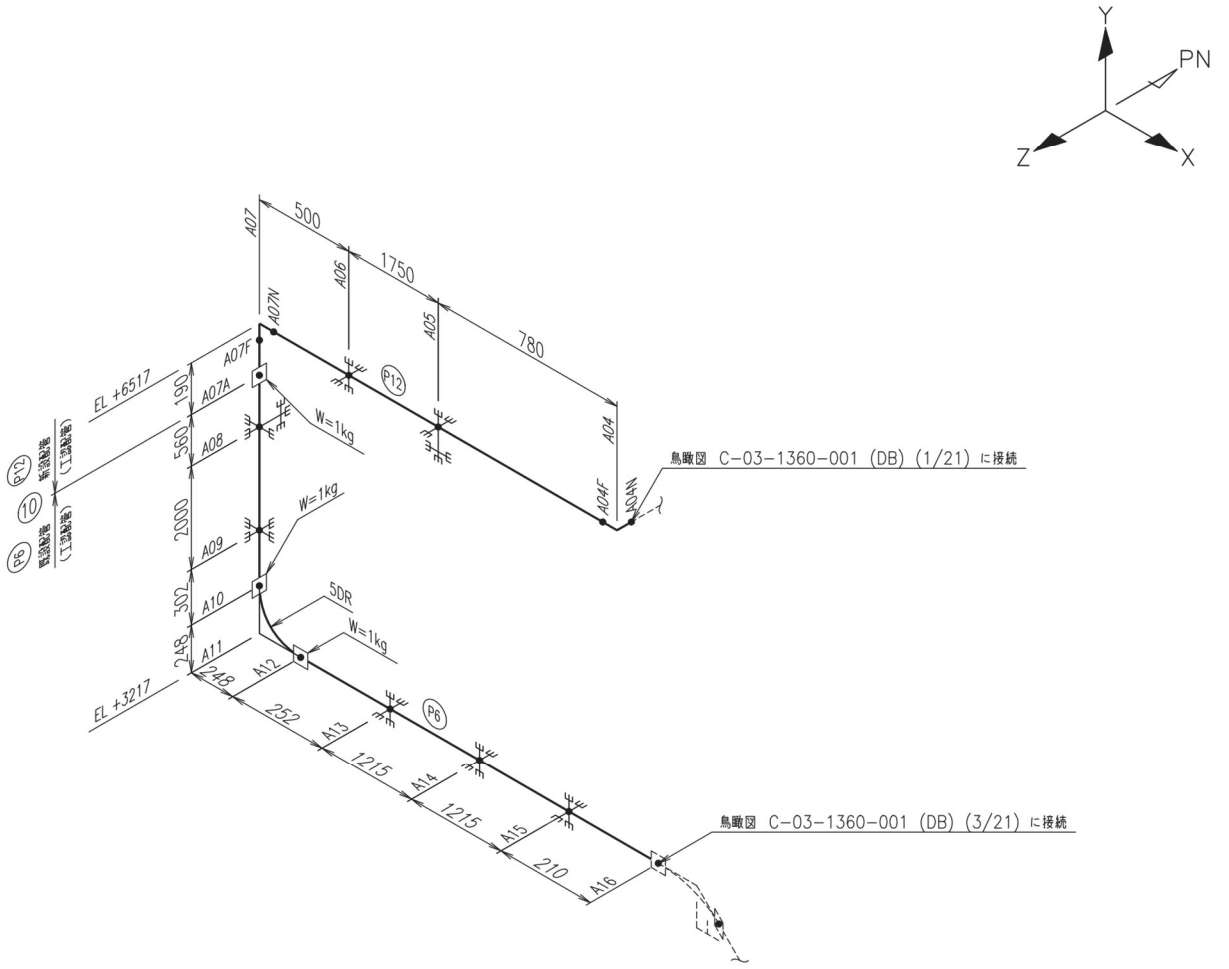
鳥瞰図記号凡例

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）	工事計画記載範囲外の管のうち，本計算書記載範囲の管
	質　　点
	ア　ン　カ
	レストレイント
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

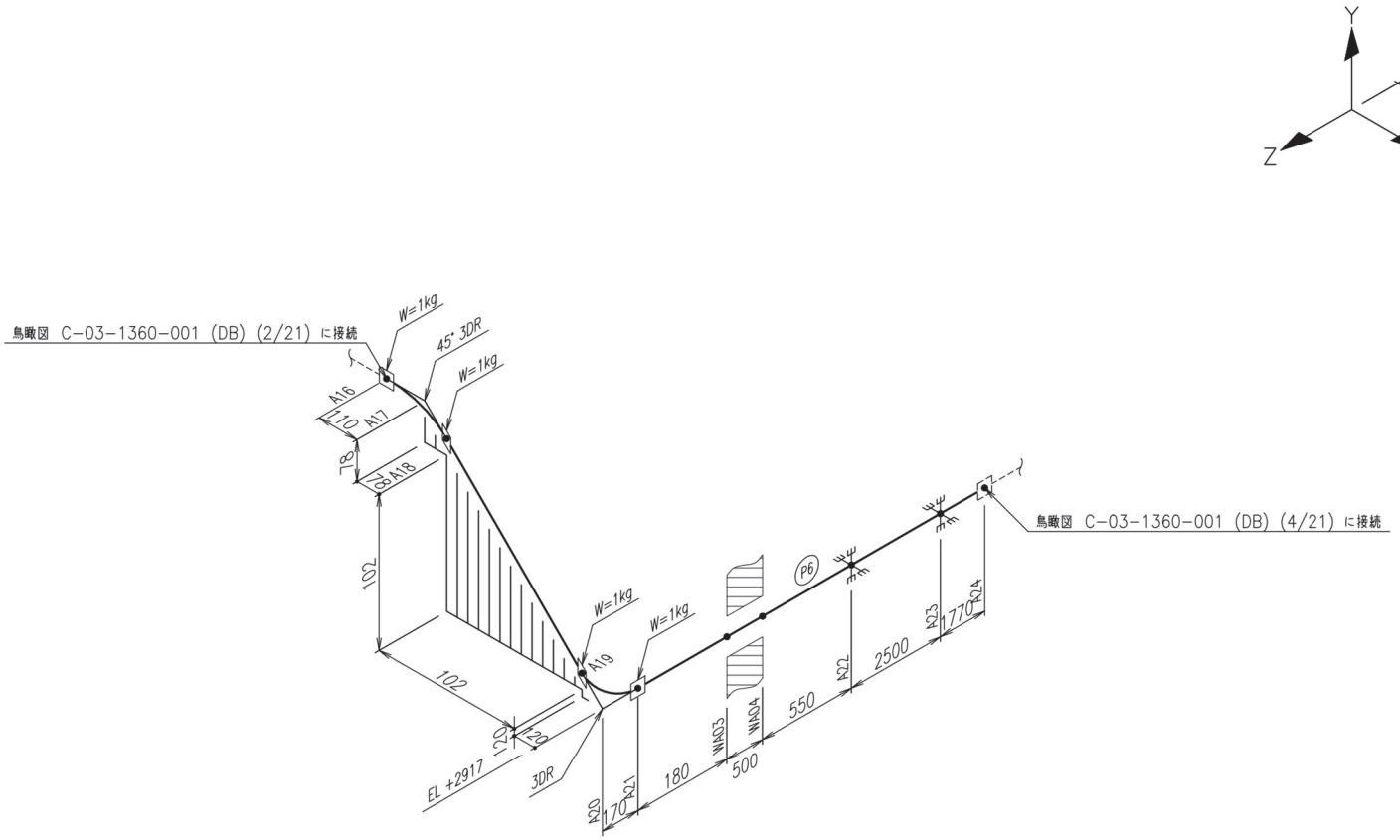




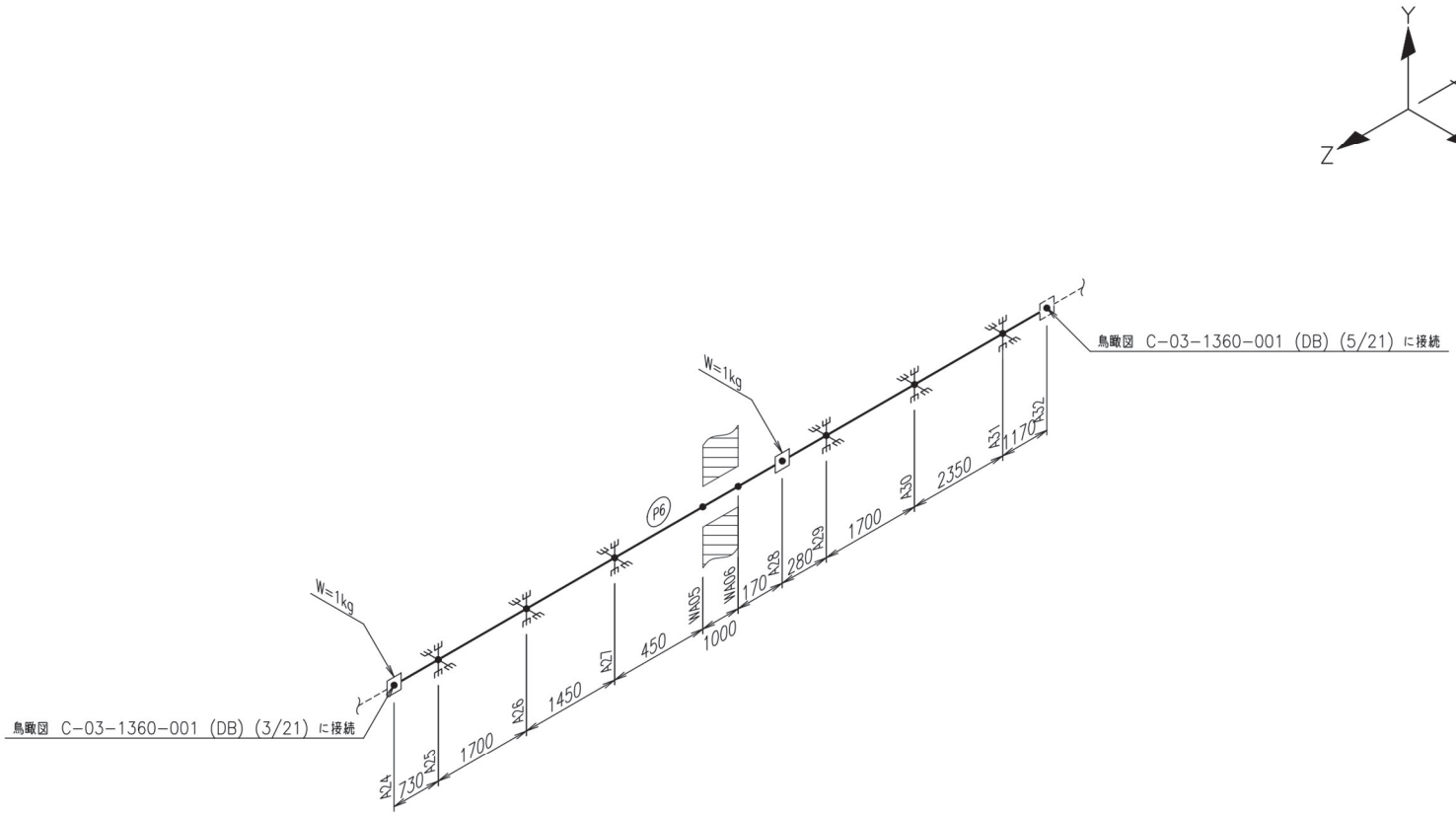
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (1/21)



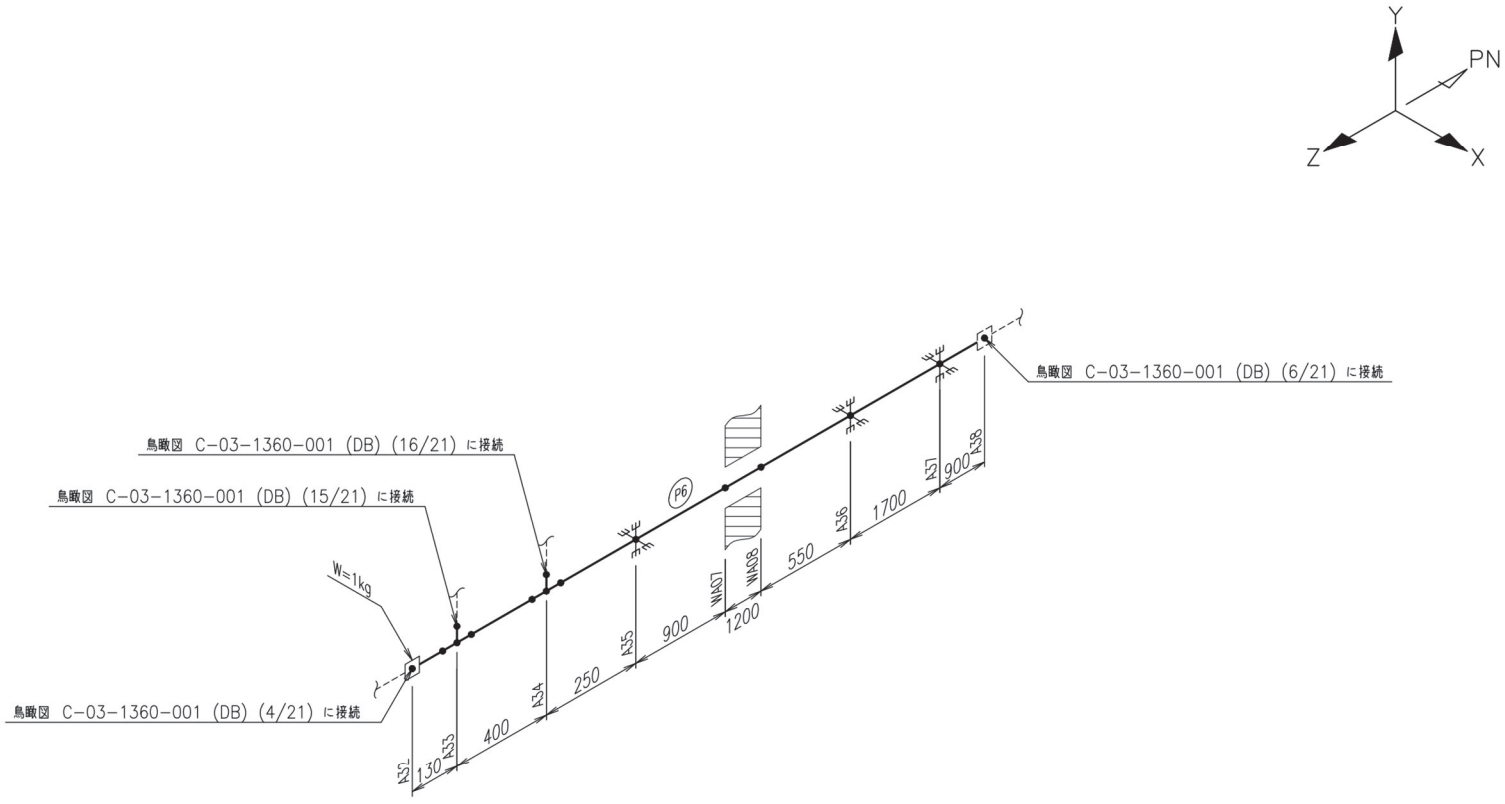
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (2/21)



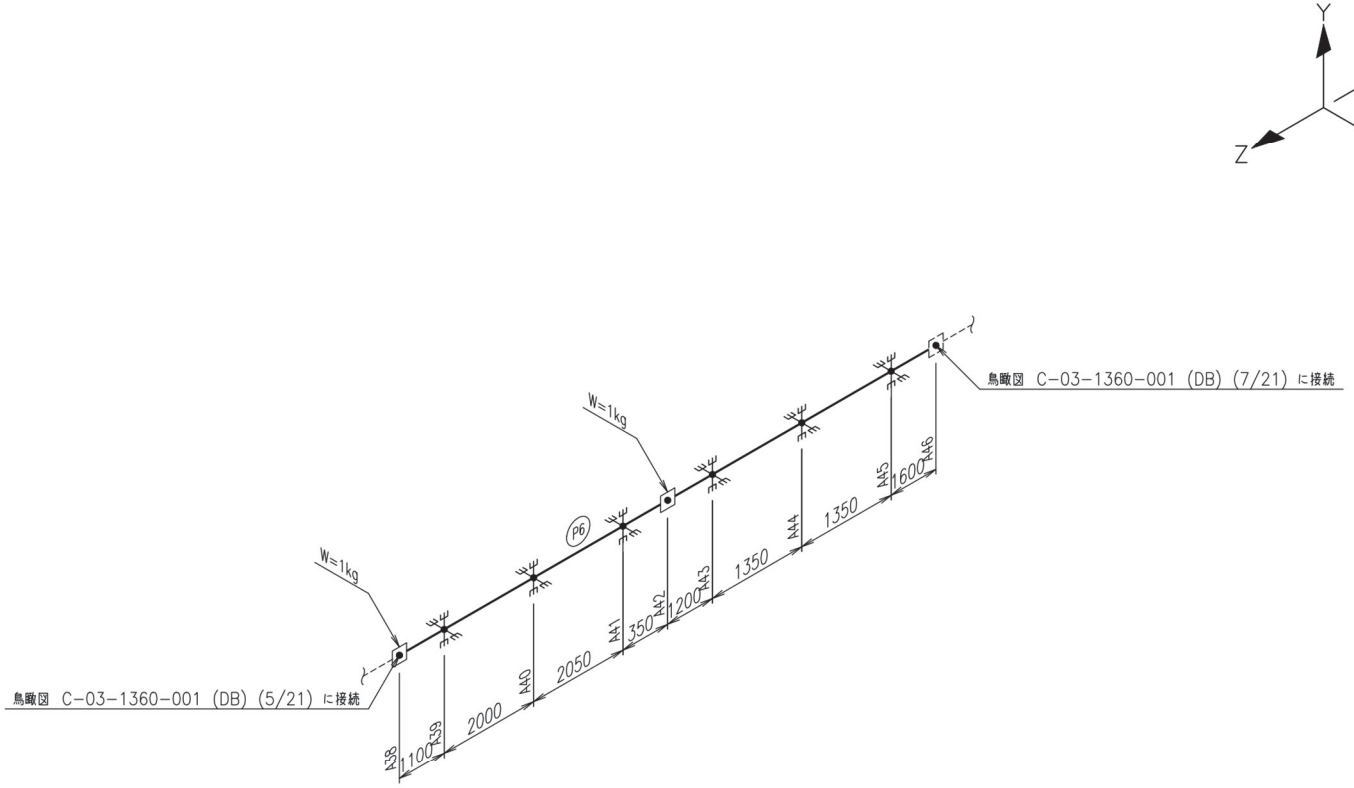
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (3/21)



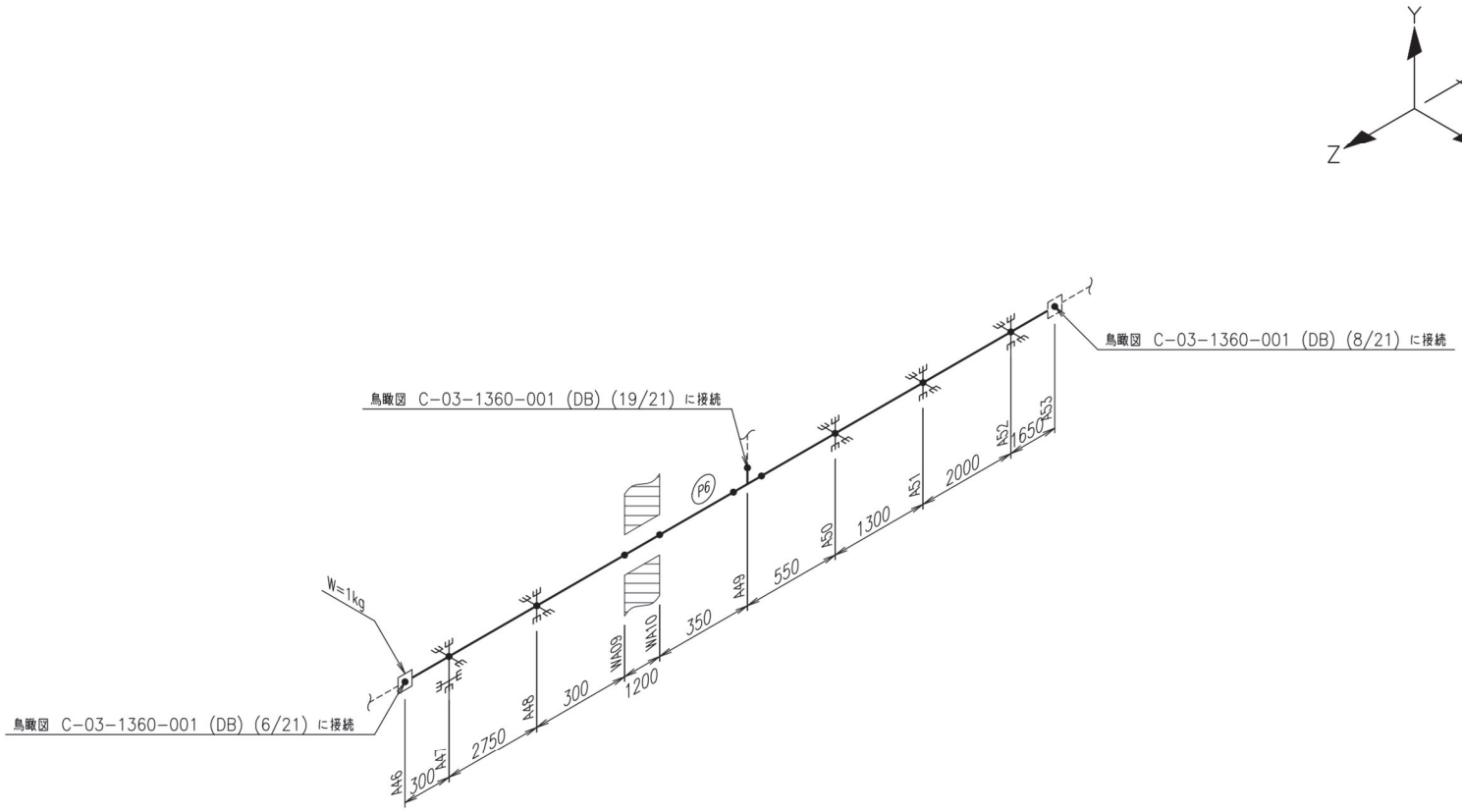
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (4/21)



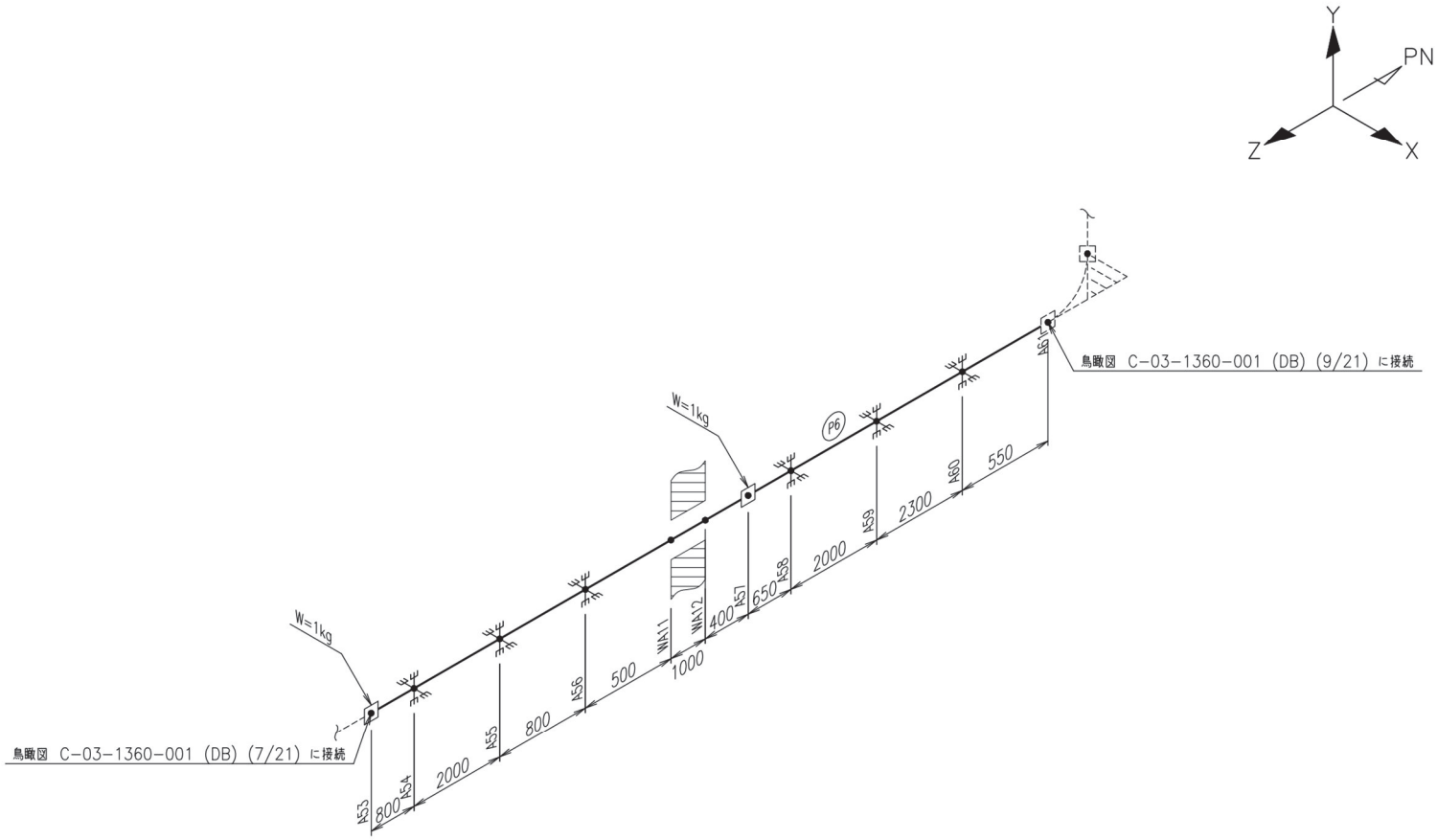
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (5/21)



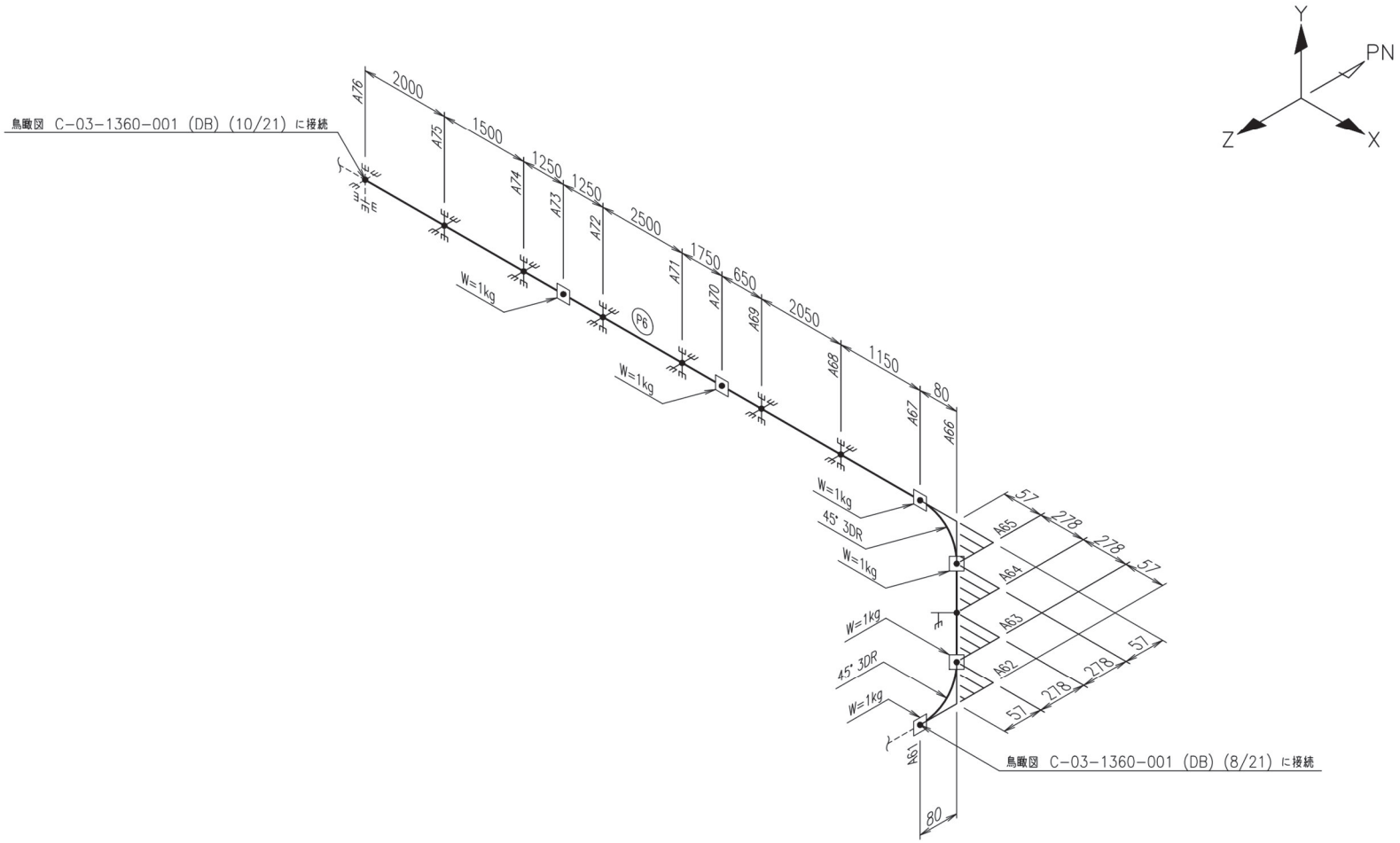
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (6/21)



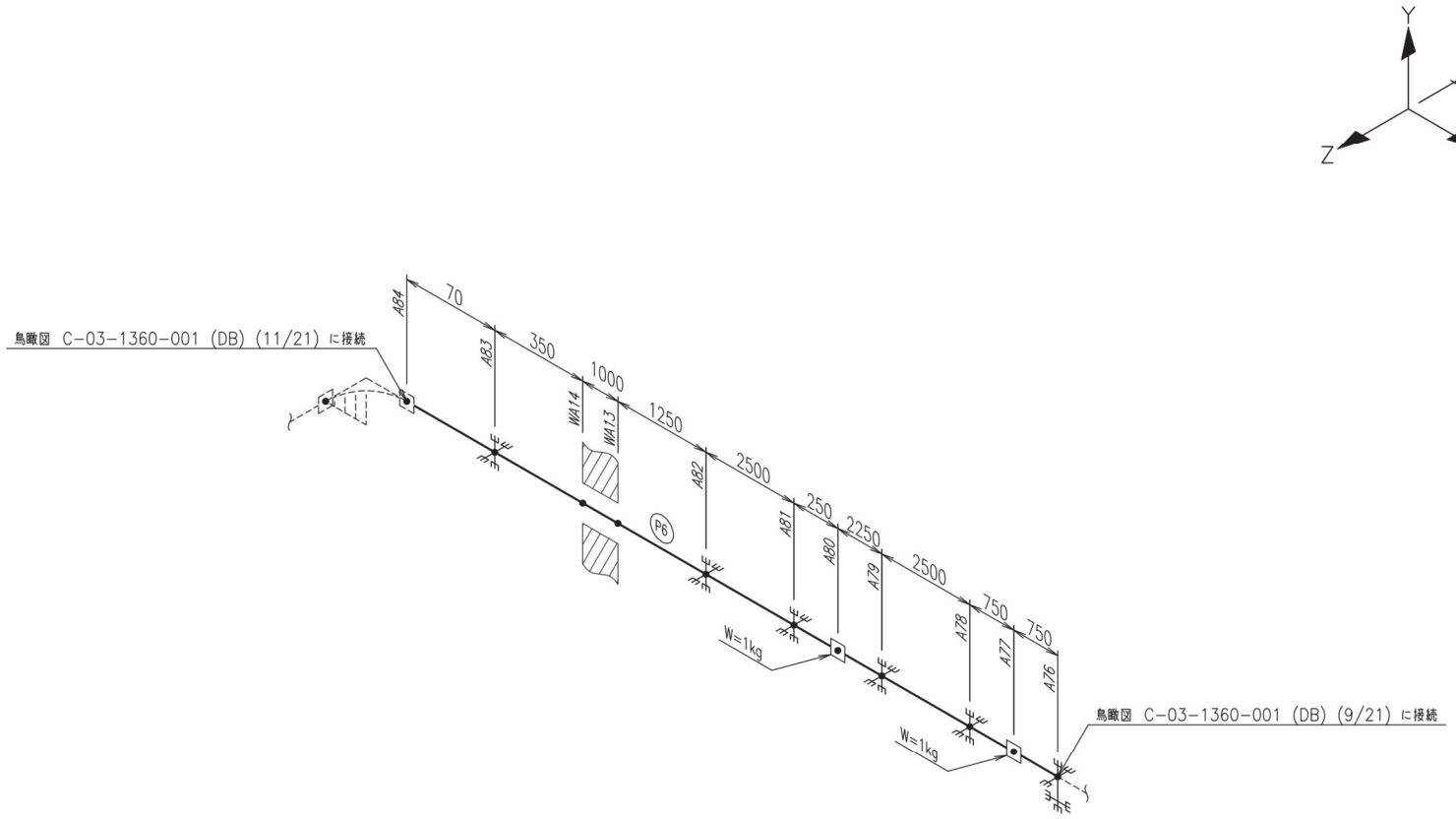
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (7/21)



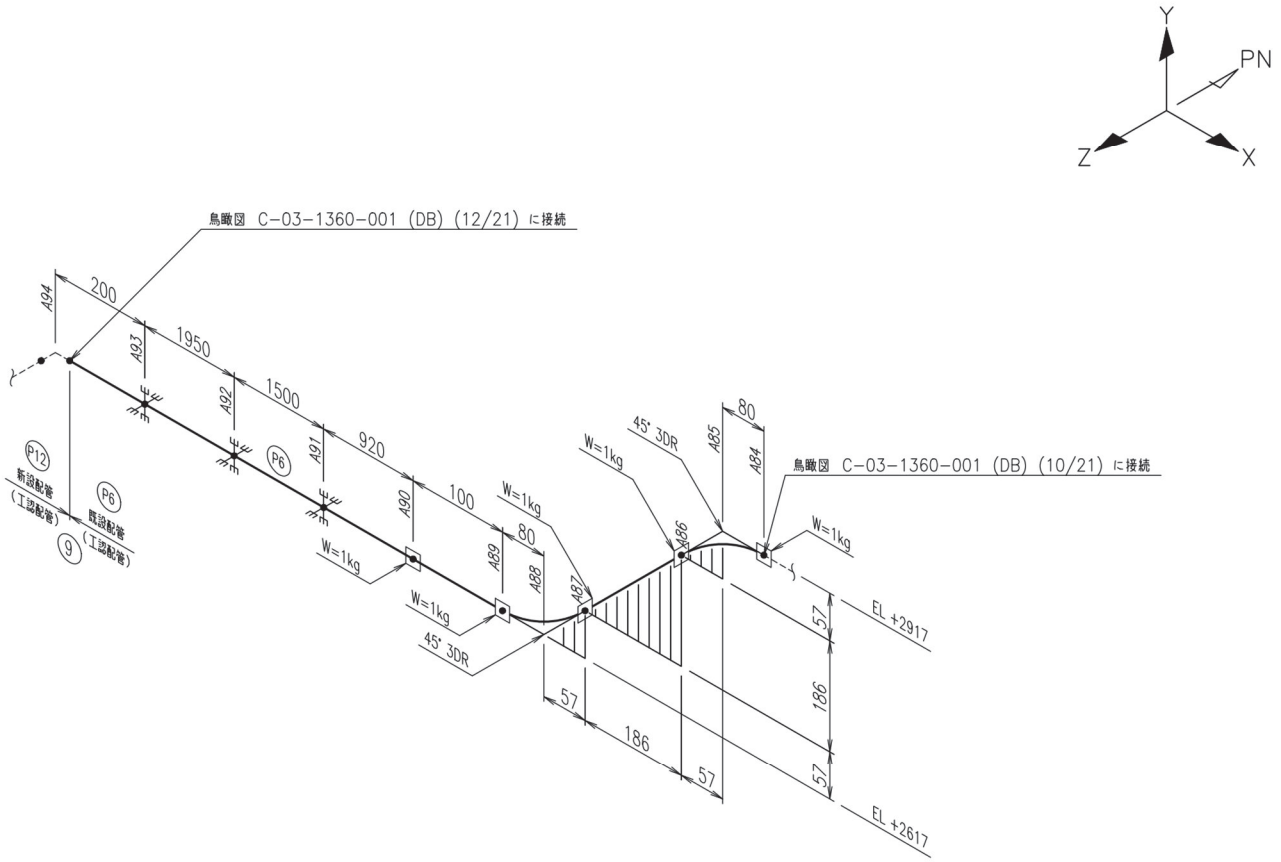
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (8/21)



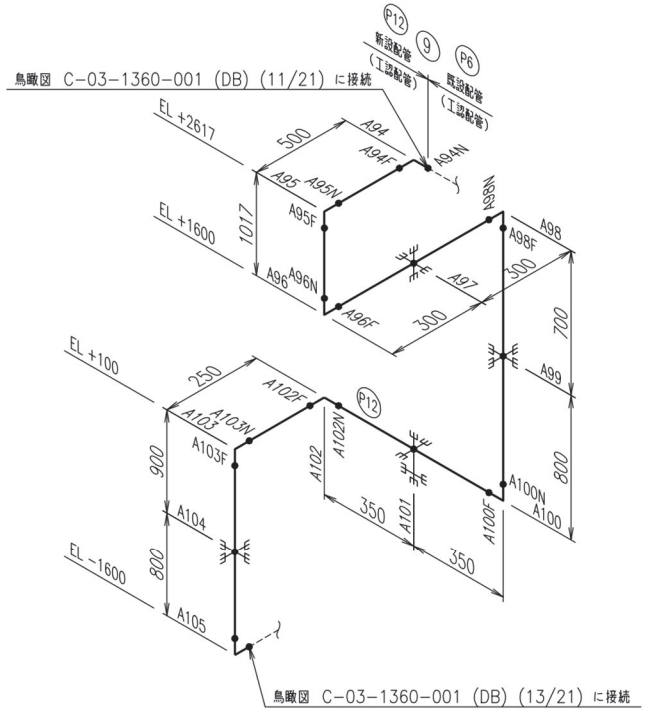
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (9/21)

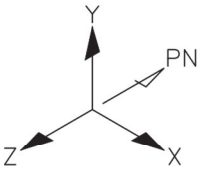


鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (10/21)

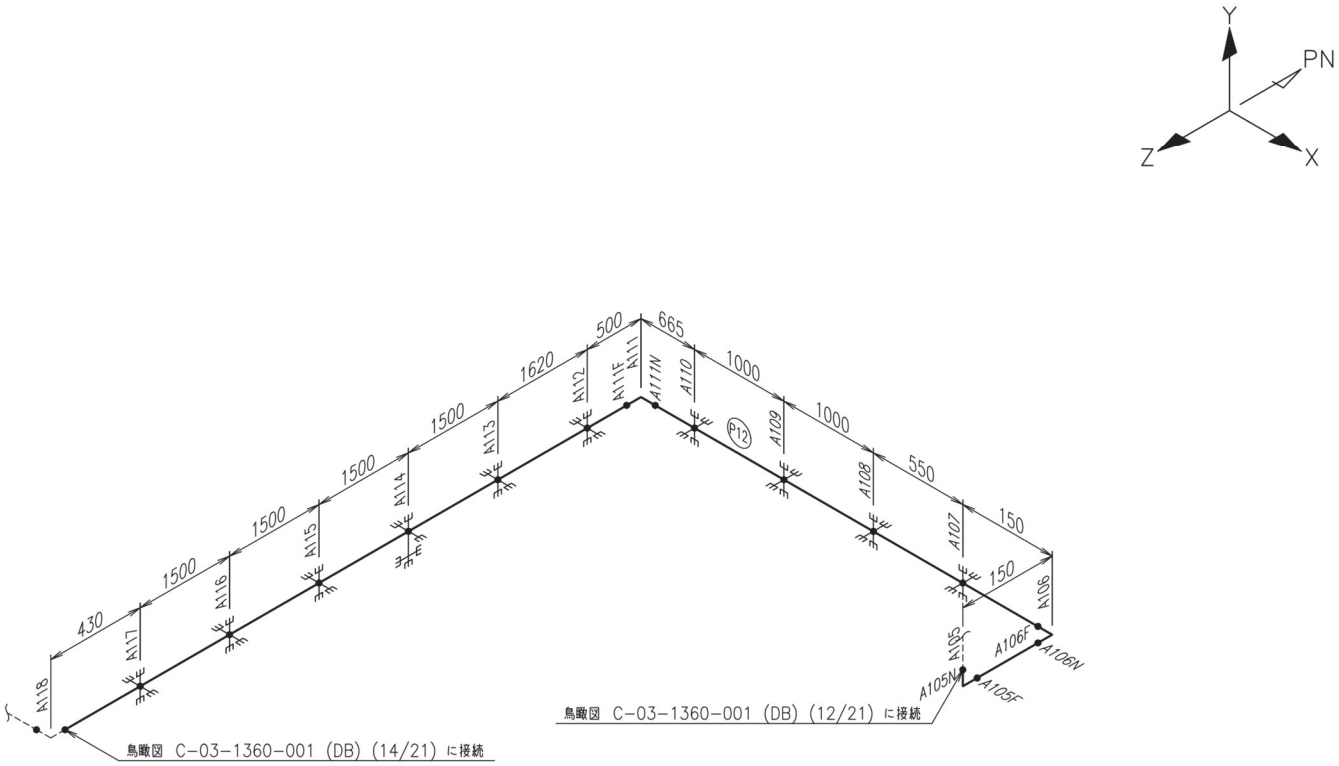


鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (11/21)

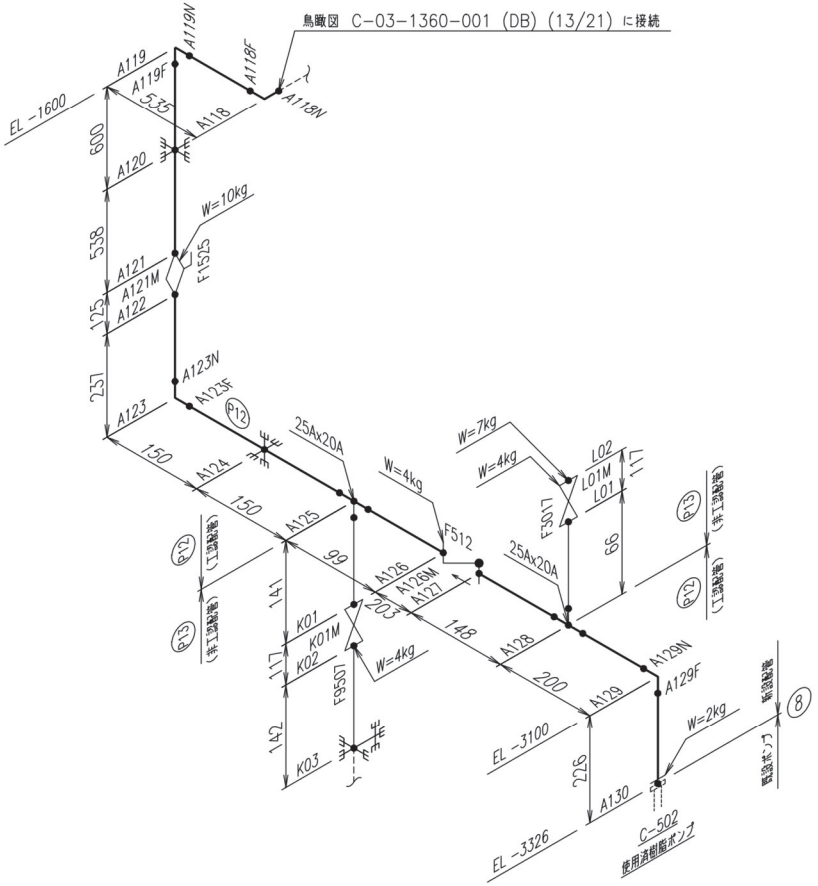


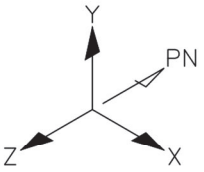


鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (12/21)

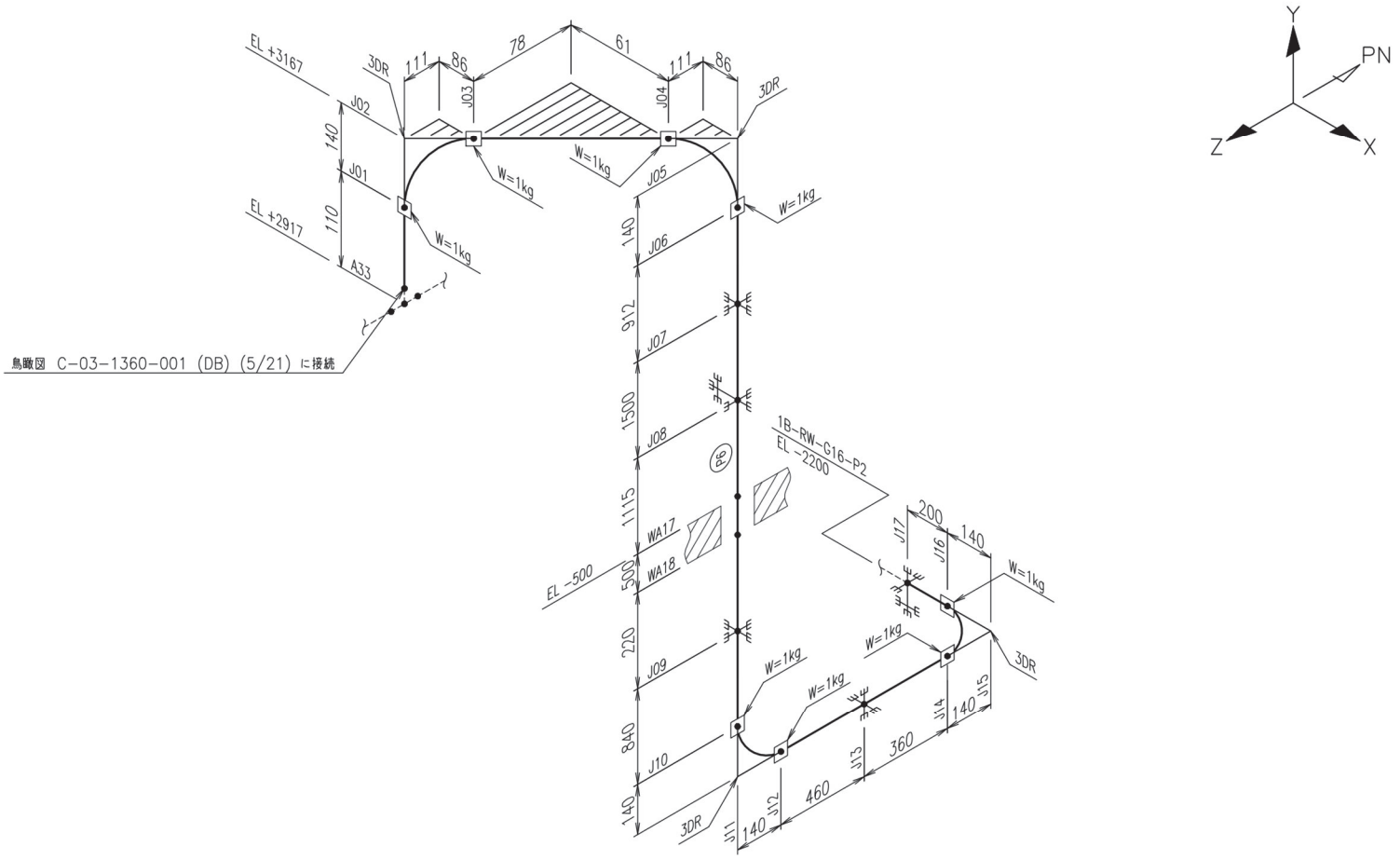


鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (13/21)

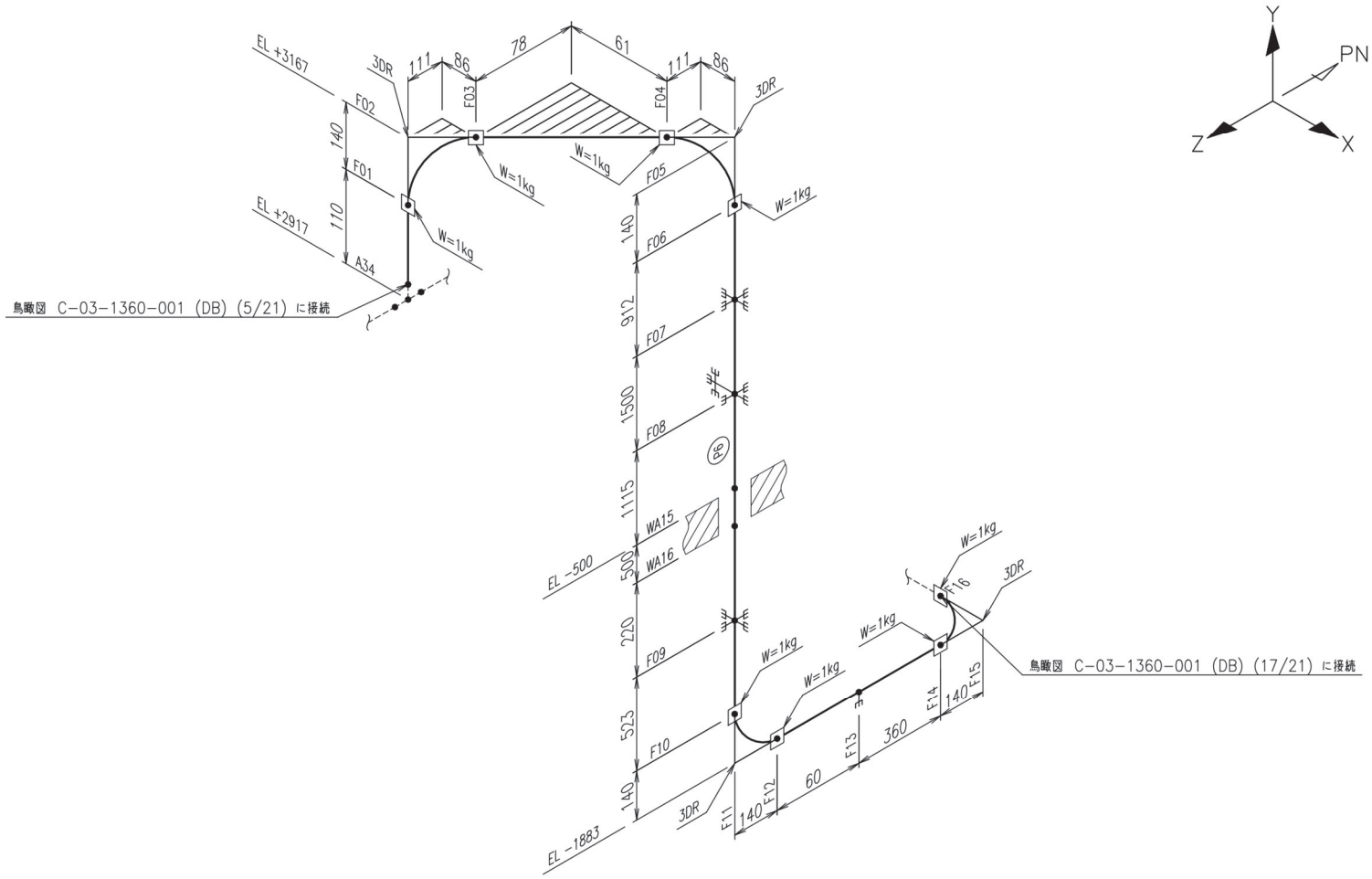




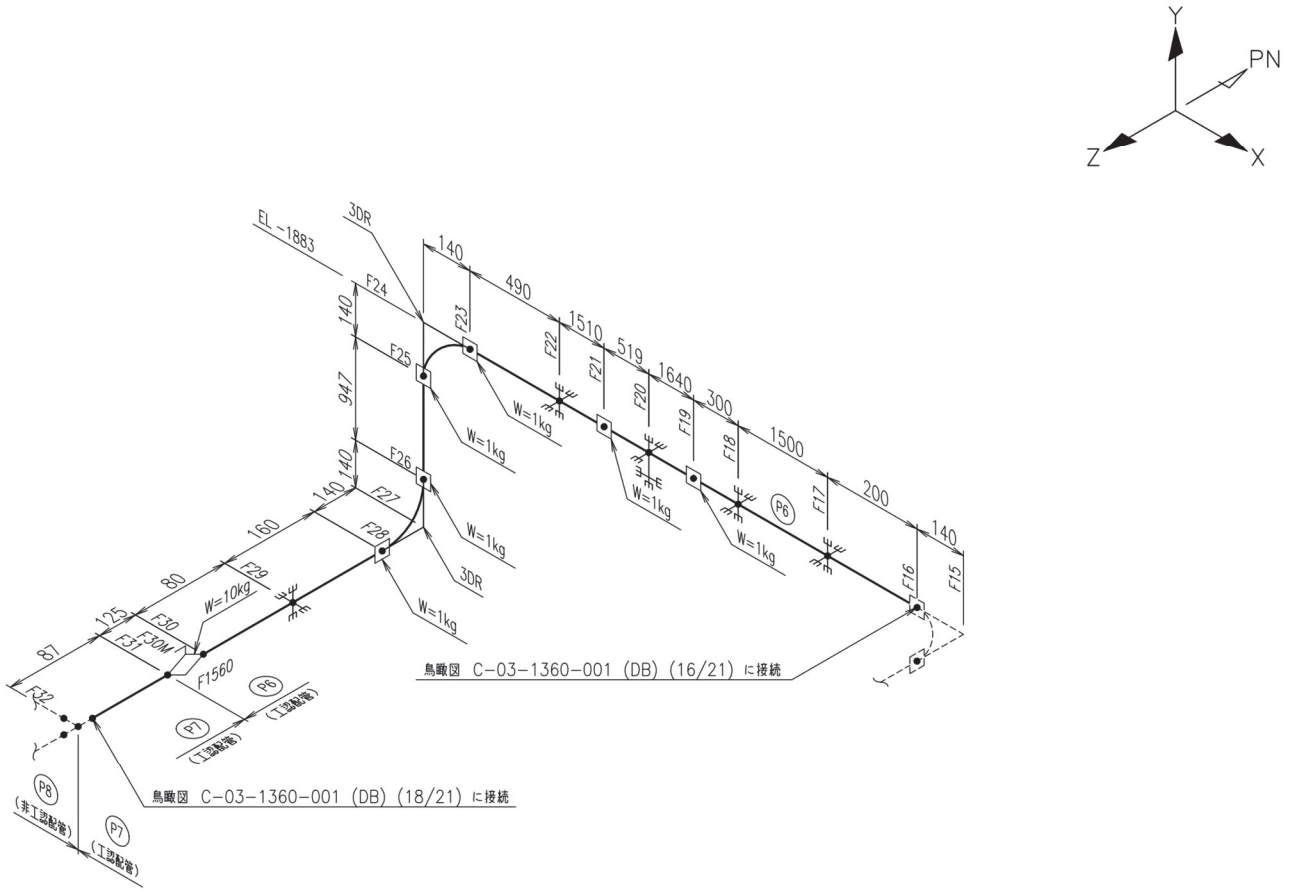
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (14/21)



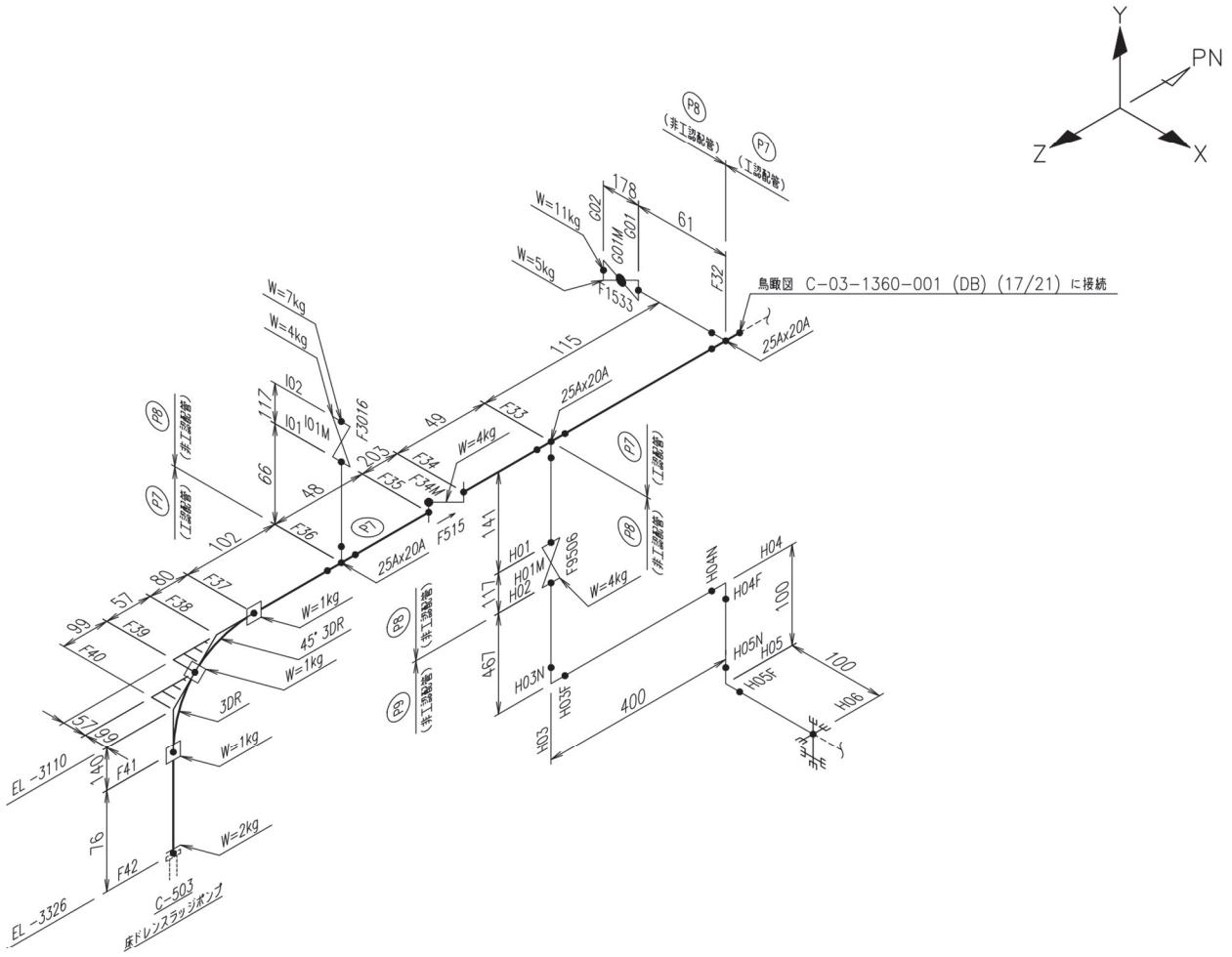
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (15/21)



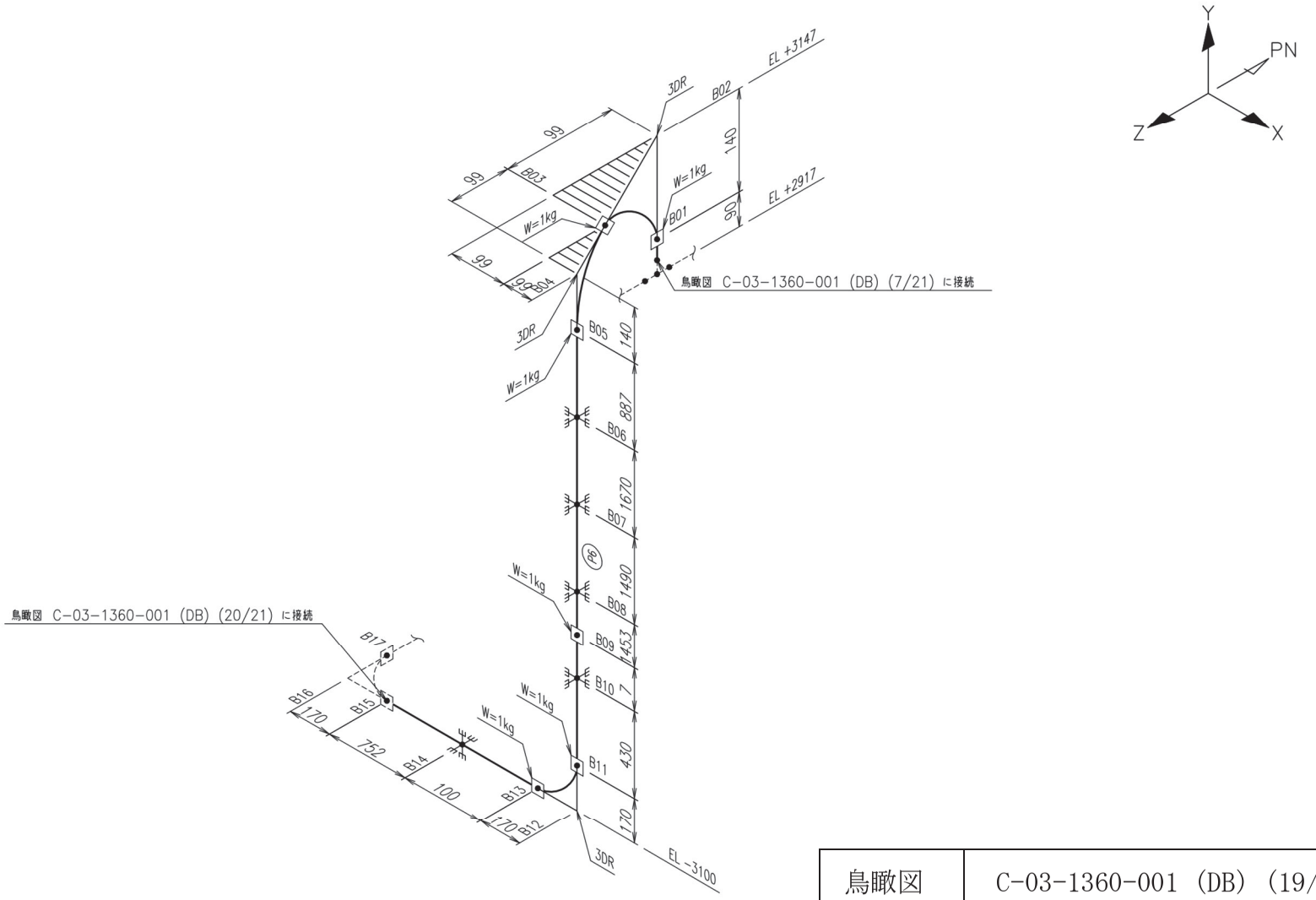
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (16/21)



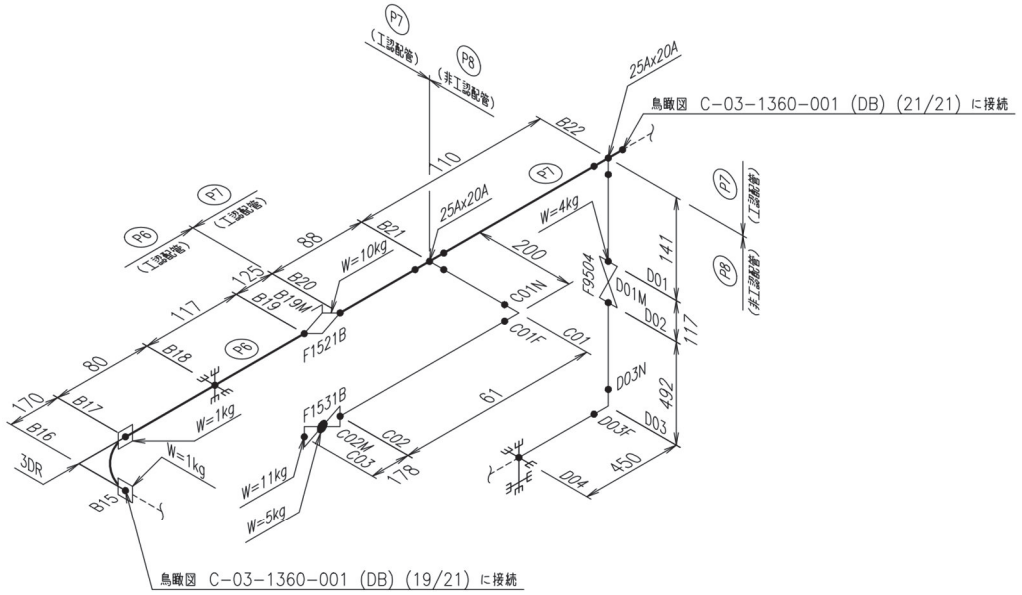
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (17/21)



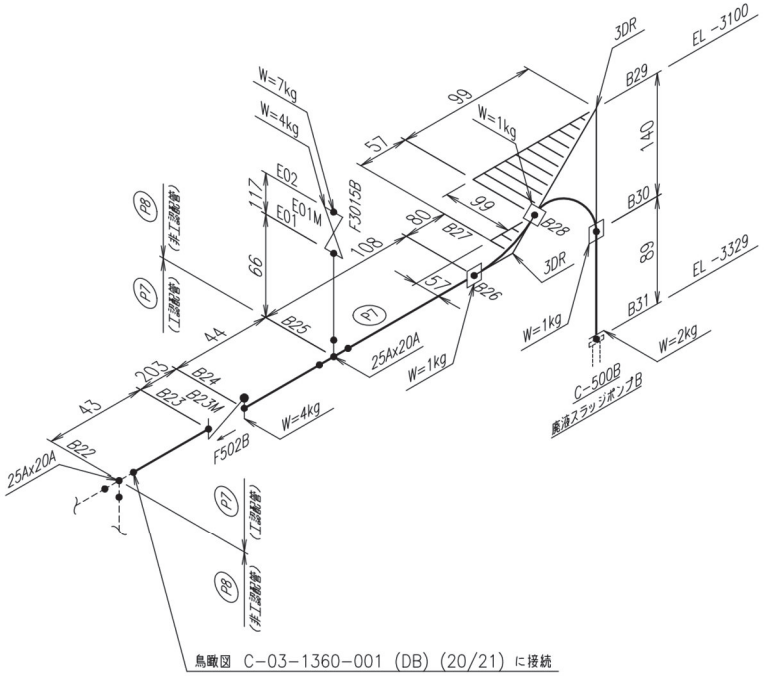
鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (18/21)

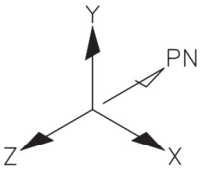


鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (19/21)



鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (20/21)





鳥瞰図	C-03-1360-001 (DB) (21/21)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ *2,*3	許容応力状態
放射性廃棄物の廃棄施設	固体廃棄物処理系	固体廃棄物処理系	ＤＢ	—	クラス３管	Ｂ	$\mathrm{I}_{L}+1/2S_{d}$ $\mathrm{II}_{L}+1/2S_{d}$	$B_{A}S$

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：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊3：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。

3.2　設計条件

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

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
P6	A07A～A94N A33～J17 A34～F31 A49～B20	1.96	65	34.0	4.5	STPT42	B	200000
P7	B20～B31 F31～F42	1.81	65	34.0	4.5	STPT42	B	200000
P8	B21～C03 B22～D04 B25～E02 F33～H02 F32～G02 F36～I02	1.81	65	27.2	3.9	STPT42	B	200000
P9	H02～H06	1.03	65	27.2	3.9	STPT42	B	200000
P12	A00～A07A A94N～A130	1.96	65	34.0	4.5	STPT410	B	200000
P13	A125～K03 A128～L02	1.96	65	27.2	3.9	STPT410	B	200000

配管の付加質量

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

質量	対応する評価点
1 kg	A07A, A10, A12, A16, A18, A19, A21, A24, A28, A32, A38, A42, A46, A53, A57, A61, A63, A65, A67, A70, A73, A77, A80, A84, A86, A87, A89, A90, B01, B03, B05, B09, B11, B13, B15, B17, B26, B28, B30, F01, F03, F04, F06, F10, F12, F14, F16, F19, F21, F23, F25, F26, F28, F37, F39, F41, J01, J03, J04, J06, J10, J12, J14, J16
7 kg	E02, I02, L02
11 kg	C03, G02

フランジ部の質量

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

質量	対応する評価点
2 kg	A130,B31,F42

弁部の質量

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

質量	対応する評価点
4 kg	A126～A127,B23～B24,D01～D02,E01～E02,F34～F35, H01～H02,I01～I02,K01～K02,L01～L02
5 kg	C02～C03,G01～G02
10 kg	A121～A122,B19～B20,F30～F31

弁部の寸法

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
D01～D02,E01～E02, H01～H02,I01～I02, K01～K02,L01～L02	27.2	3.9	117
C02～C03,G01～G02	27.2	3.9	178
A121～A122, B19～B20,F30～F31	34.0	4.5	125
A126～A127, B23～B24,F34～F35	34.0	4.5	203

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

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
A00	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
A01	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A02	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A03	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A05	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A06	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A08	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A09	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
A13	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A14	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A15	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A22	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A23	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A25	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A26	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A27	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A29	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A30	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A31	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A35	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A36	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A37	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A39	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A40	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A41	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A43	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A44	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A45	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A47	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A48	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A50	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A51	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A52	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A54	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A55	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A56	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A58	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A59	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A60	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－

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
＊ A64	－	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A68	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A69	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A71	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A72	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A74	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A75	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A76	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A78	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A79	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A81	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A82	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A83	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A91	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A92	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A93	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A97	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A99	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
A101	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A104	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
A107	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A108	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A109	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A110	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A112	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A113	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A114	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A115	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A116	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A117	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
A120	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
A124	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
A130	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
B06	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
B07	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
B08	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
B10	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
B14	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
B18	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－

＊印のＹ軸方向のばね定数はマイナス側にのみとする。

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
B31	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
D04	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F07	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
F08	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F09	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
＊ F13	－	1.8×10^{9}	－	－	－	－
F17	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F18	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F20	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F22	－	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
F29	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
F42	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}	1.4×10^{10}
H06	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
J07	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
J08	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
J09	1.8×10^{9}	－	1.8×10^{9}	－	－	－
J13	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－	－
J17	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－
K03	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	1.8×10^{9}	－	－	－

＊印のＹ軸方向のばね定数はマイナス側にのみとする。

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa) *			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT42	65	—	232	—	103
STPT410	65	—	232	—	103

注記 ＊：評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は，添付資料「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は，添付資料「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
C-03-1360-001	原子炉建屋付属棟	E.L. 8.200 m	0.5

4. 解析結果及び評価
4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号 C-03-1360-001

耐震設計上の重要度分類		B			
適用する地震動等		静的震度*5			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平
		X方向	Z方向	Y方向	X方向
1 次	0.090	—	—	—	0.40
2 次	0.088	—	—	—	0.40
3 次	0.088	—	—	—	0.40
4 次	0.088	—	—	—	0.40
5 次	0.088	—	—	—	0.40
6 次	0.086	—	—	—	0.40
7 次	0.084	—	—	—	0.40
8 次	0.084	—	—	—	0.40
51 次	0.050	—	—	—	0.26
52 次*4	0.049	—	—	—	—
動 的 震 度*2		—	—	—	0.20
静 的 震 度*3		0.32	0.32	—	—

注記 ＊1： 各モードの固有周期に対し，設備評価用床応答曲線より得られる震度を示す。
＊2： S_d地震動に基づく最大設備評価用床応答加速度より定めた震度を示す。
＊3： $1.8C_I$より定めた震度を示す。
＊4： 固有周期が0.050s 以下であることを示す。
＊5： 静的震度を示す為，応答震度については「－」と記載する。

39

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図番号　C-03-1360-001

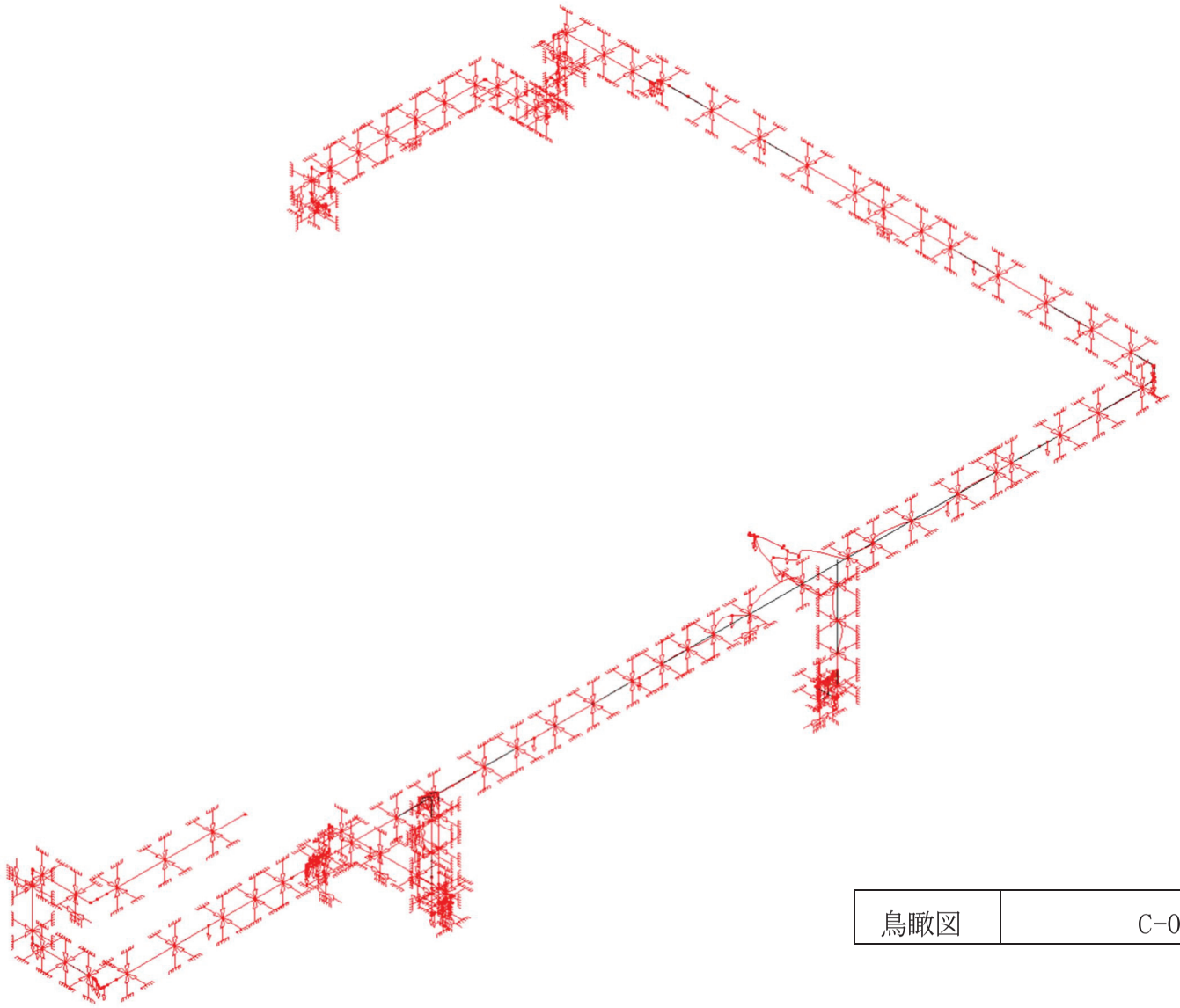
モード	固有周期 (s)	刺激係数*1		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次	0.090	-0.100	0.000	0.000
2 次	0.088	0.000	0.000	0.100
3 次	0.088	-0.100	0.000	0.000
4 次	0.088	0.000	0.100	0.000
5 次	0.088	0.100	0.100	0.000
6 次	0.086	0.100	0.000	0.000
7 次	0.084	0.000	-0.100	0.000
8 次	0.084	0.000	0.000	-0.100
51 次	0.050	0.100	0.100	0.000

注記　＊1：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

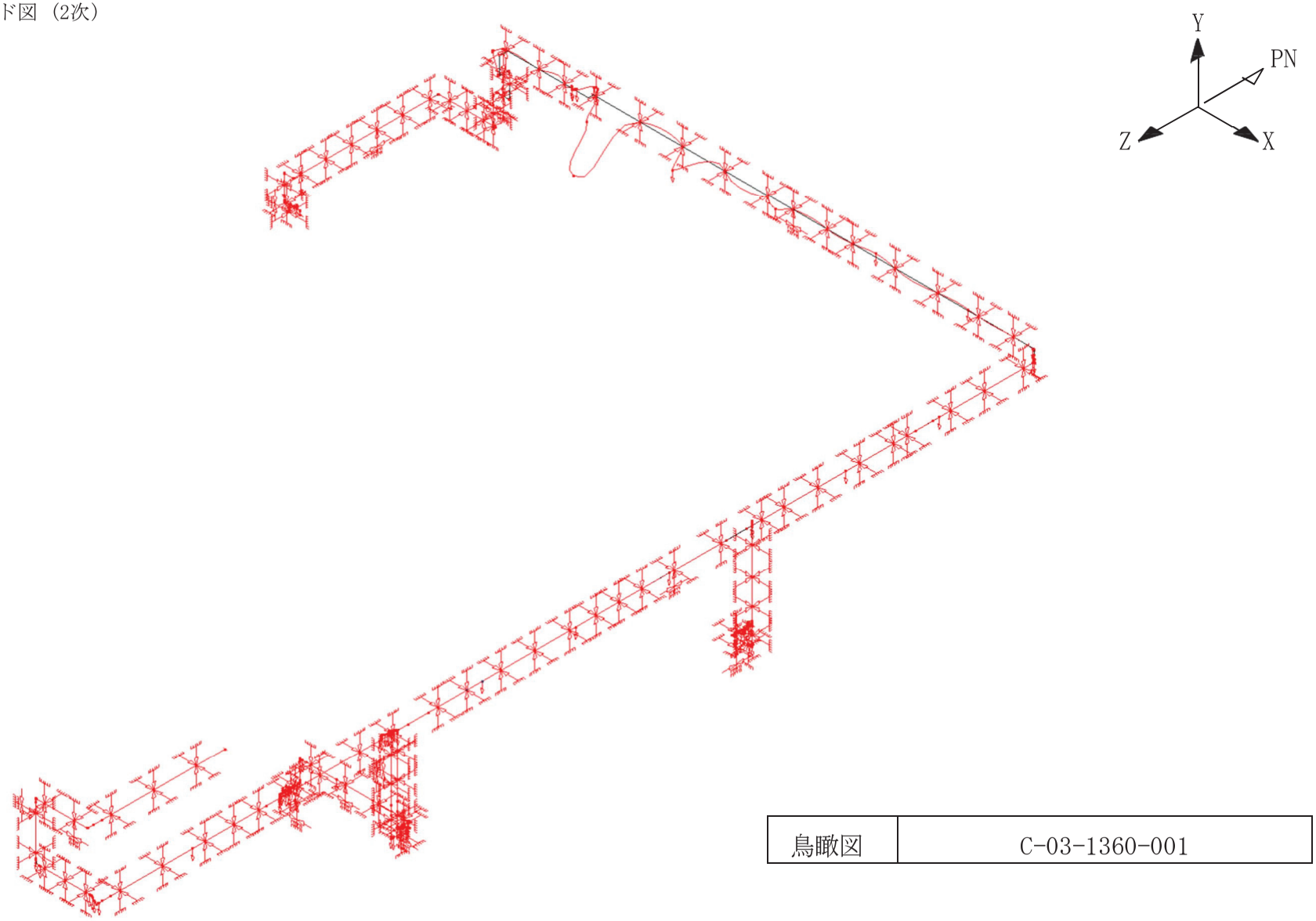
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を赤線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



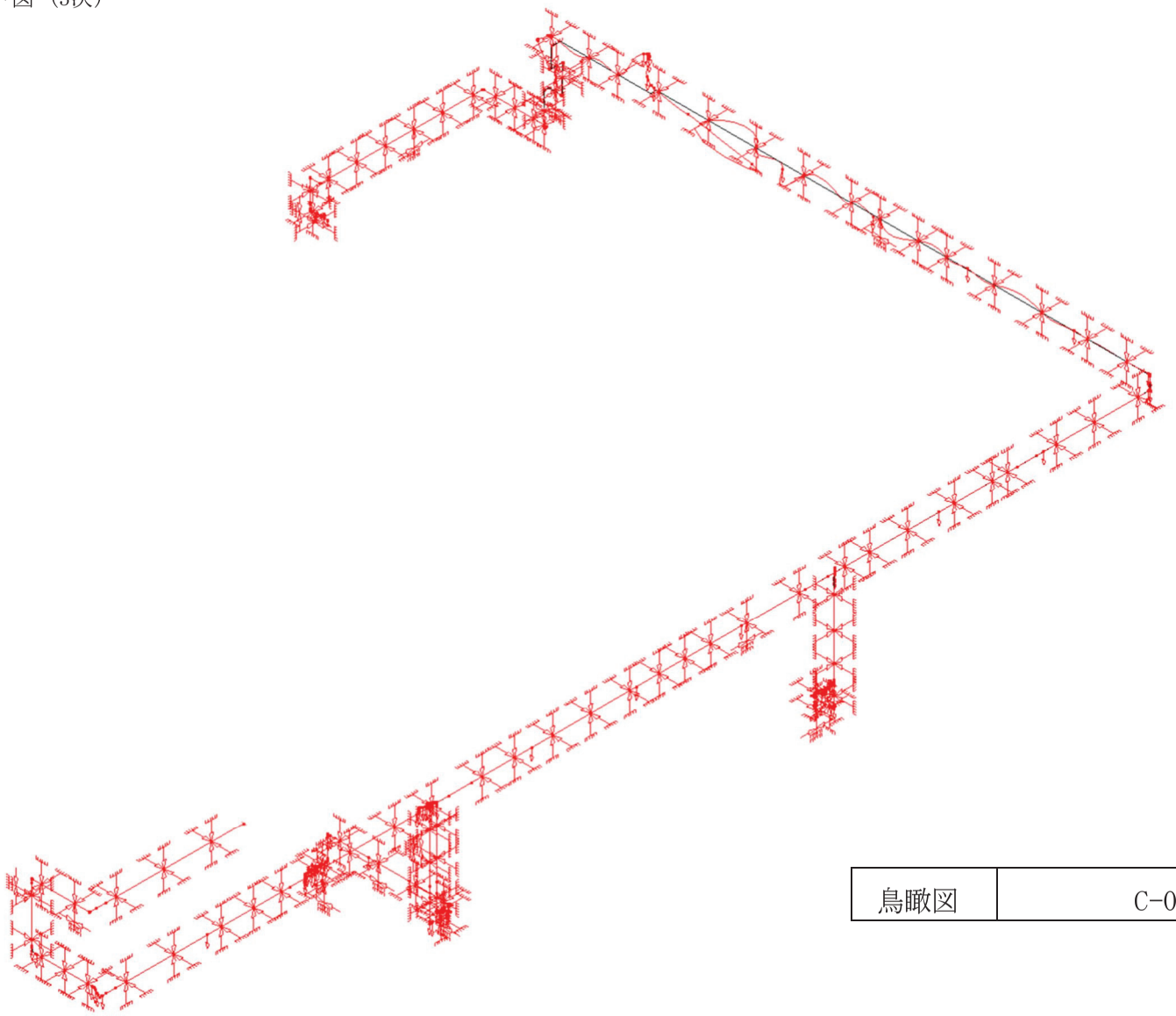
鳥瞰図	C-03-1360-001

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	C-03-1360-001

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	C-03-1360-001

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３管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 $S_{prm}(S_d)$	許容応力 S_y	計算応力 $S_n(S_d)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
C-03-1360-001	BAS	B21	$S_{prm}(S_d)$	81	232	—	—	—

4.2.2 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* (×9.8 m/s²)		機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記 ＊：応答加速度は，打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

：評価対象がない場合はすべての欄に「—」と記載する。

4.2.3 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，応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス３範囲）

No	配管 モデル	許容応力状態 B_AS				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	C-03-1360-001	B21	81	232	2.86	○
2	C-03-1360-002	B19	37	232	6.27	—
3	C-03-1360-003	K03	50	160	3.20	—
4	C-03-1360-004	F01F	58	232	4.00	—

Ⅴ-2-7-2-4　主排気筒の耐震性についての計算書

添付書類「Ⅴ-2-7-2-4　主排気筒の耐震性についての計算書」は，添付書類「Ⅴ-2-2-14 主排気筒の地震応答計算書」，添付書類「Ⅴ-2-2-15-1　主排気筒の耐震性についての計算書」及び添付書類「Ⅴ-2-2-15-2　主排気筒の基礎の耐震性についての計算書」によるものとする。

NT2 補③ Ⅴ-2-7-2-4 ROE

Ⅴ-2-7-2-5　非常用ガス処理系排気筒の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 基本方針 ····· 2
2.1 位置 ····· 2
2.2 構造概要 ····· 3
2.3 適用規格・基準等 ····· 6
3. 評価方法 ····· 7
3.1 評価方針 ····· 7
3.2 荷重及び荷重の組合せ ····· 8
3.2.1 荷重 ····· 8
3.2.2 荷重の組合せ ····· 9
3.3 許容限界 ····· 10
3.3.1 許容限界 ····· 10
3.4 評価方法 ····· 11
3.4.1 応力評価方法 ····· 11
3.4.2 断面の評価方法 ····· 12
4. 評価結果 ····· 14
4.1 非常用ガス処理系排気筒の応力評価結果 ····· 14
4.2 非常用ガス処理系排気筒サポート（水平サポート）の応力評価結果 ····· 20
4.2.1 主排気筒径方向荷重の評価 ····· 21
4.2.2 主排気筒周方向荷重の評価 ····· 25
4.3 非常用ガス処理系排気筒サポート（自重サポート）の応力評価結果 ····· 30
4.3.1 主排気筒径方向荷重の評価 ····· 31
4.3.2 主排気筒周方向荷重の評価 ····· 34

1. 概要

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

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

2.　基本方針

2.1　位置

非常用ガス処理系排気筒の設置位置を図 2-1 に示す。

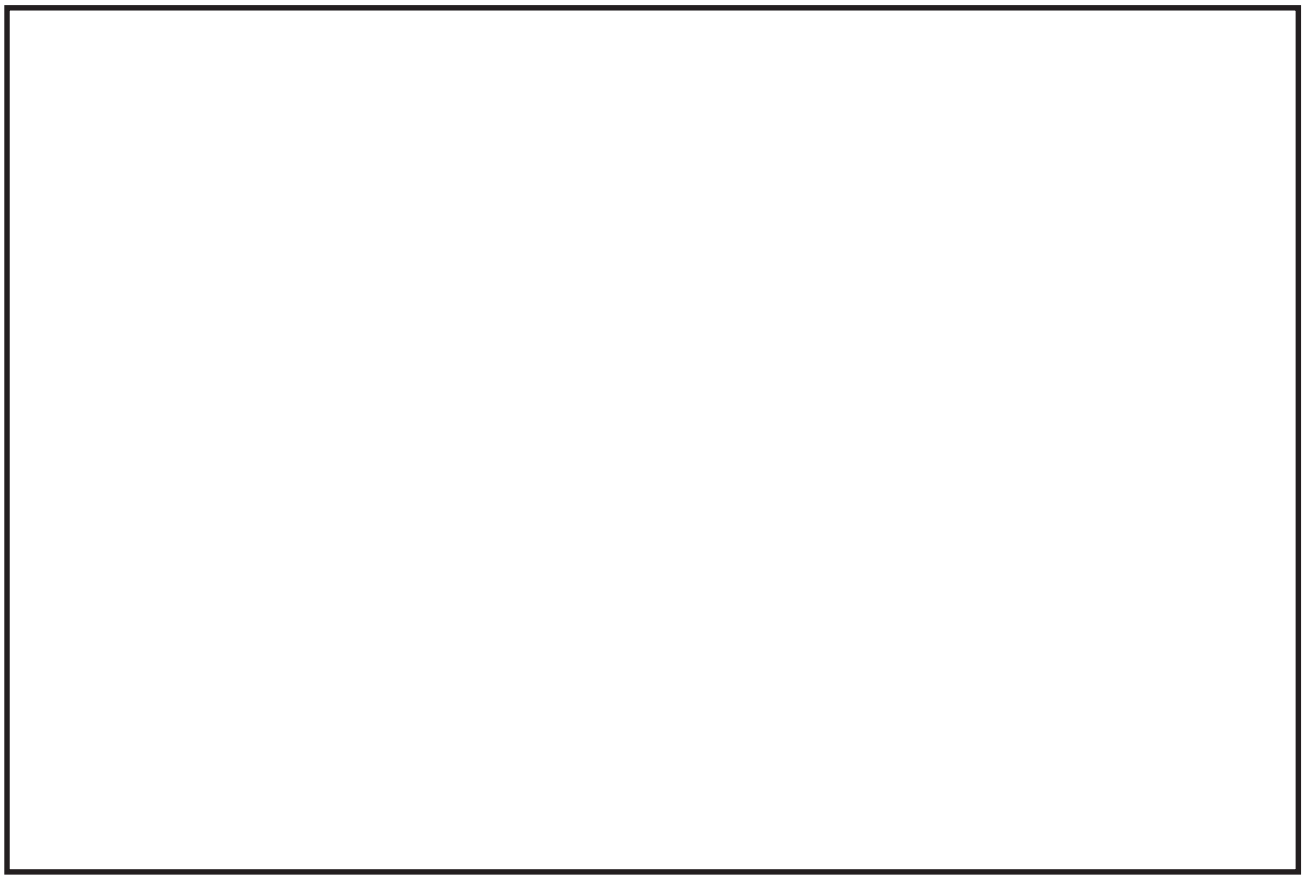


図 2-1　非常用ガス処理系排気筒の設置位置

2.2　構造概要

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

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

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

構造概要

- ・構造形式　　主排気筒支持型鋼製
- ・筒身高さ　　EL.148.000 m
- ・筒身径　　φ428.6 mm（内径）
- ・支持点位置　EL.147.500m，EL.142.950m，EL.138.400m，EL.133.000m，EL.128.000m，EL.123.000m，EL.118.000m，EL.113.000m，EL.108.000m，EL.103.000m，EL.98.000m，EL.93.000m，EL.88.000m，EL.83.000m，EL.78.000m，EL.73.000m，EL.68.000m，EL.63.000m，EL.58.000m，EL.52.618m，EL.48.000m，EL.43.000m，EL.38.000m
- ・接続方法　　U ボルト接合（水平サポート）,溶接接合（自重サポート）

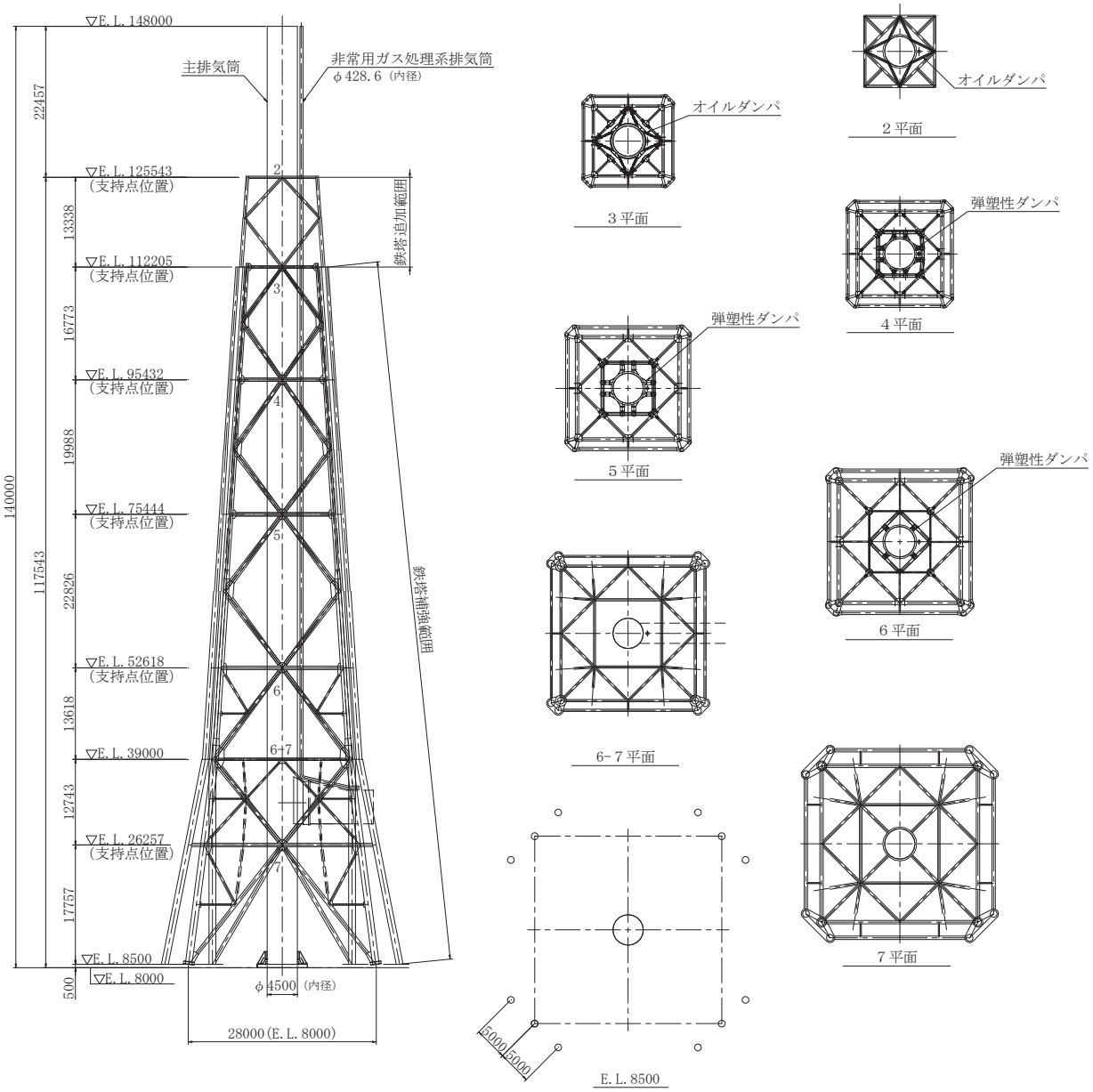


図 2-2　主排気筒及び非常用ガス処理系排気筒の構造概要図（単位：mm）

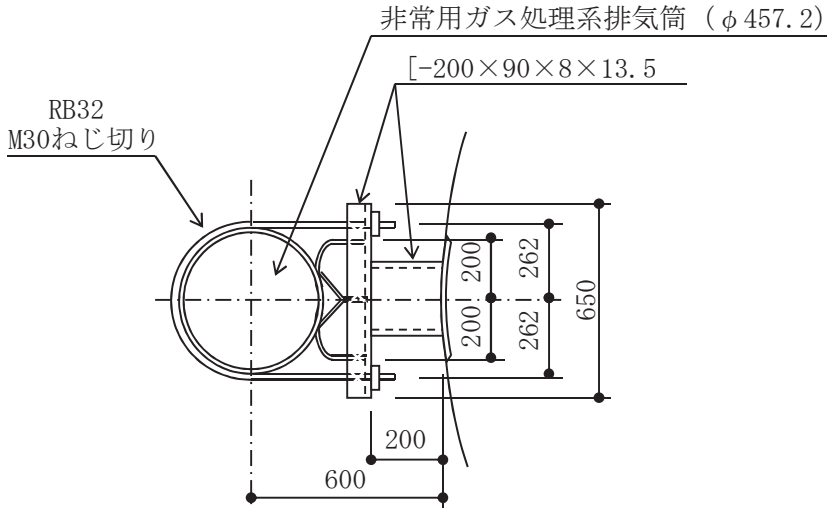


図 2-3　水平サポート構造概要図（単位：mm）

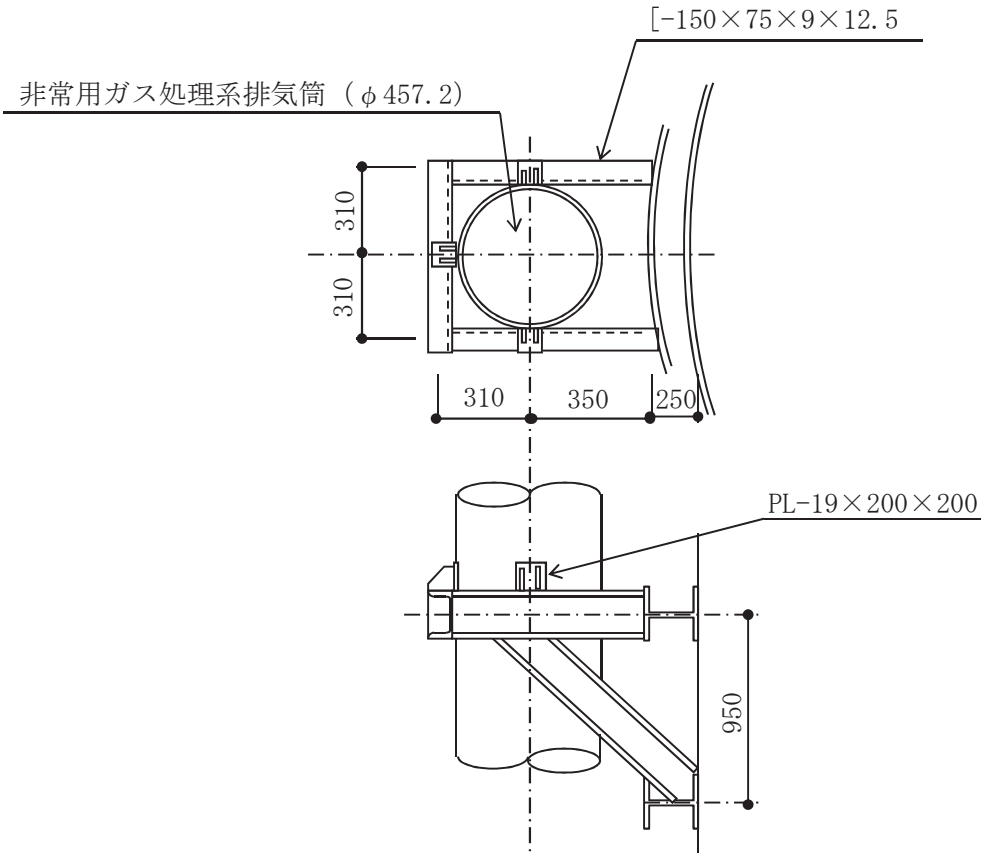


図 2-4　自重サポート構造概要図（単位：mm）

2.3　適用規格・基準等

非常用ガス処理系排気筒の評価において，適用する規格・基準等を以下に示す。

(1)　建築基準法・同施行令

(2)　鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-（(社) 日本建築学会，2005)

(3)　「発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年度版（2007 年追補版を含む))
＜第Ⅰ編　軽水炉規格＞　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007)」(社) 日本機械学会

(4)　日本工業規格（ＪＩＳ）

3. 評価方法

3.1 評価方針

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

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

3.2　荷重及び荷重の組合せ

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

3.2.1　荷重

(1)　固定荷重

非常用ガス処理系排気筒筒身の他に，降灰対策カバーの重量を考慮する。

(2)　積載荷重

非常用ガス処理系排気筒には積載物はない。よって積載荷重は考慮しない。

(3)　積雪荷重

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

(4)　風荷重

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

(5)　地震荷重

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

(6)　使用圧力，温度

最高使用圧力 0.62MPa，最高使用温度 200℃を考慮する。

表 3-1　主排気筒の変位

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

3.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せは以下の表 3-2 による。

表 3-2　荷重の組合せ

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

［記号の説明］

G　：固定荷重

K_s　：S_s地震力

K_d　：S_d地震力又は静的地震力

S　：建築基準法の算出法に基づいた積雪荷重

W　：建築基準法の算出法に基づいた風荷重

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

3.3　許容限界

3.3.1　許容限界

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

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

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

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

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

3.4 評価方法

3.4.1 応力評価方法

非常用ガス処理系排気筒の断面の評価に用いる応力は，3 次元ＦＥＭモデルを用いた弾性応力解析から求める。また，この解析より得られるサポート位置反力を用いて，サポートの検討を実施する。解析には，解析コード「ＭＳＣ ＮＡＳＴＲＡＮ」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，添付書類「Ⅴ-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

応力解析にあたって，主排気筒筒身の剛性による影響を考慮するため，非常用ガス処理系排気筒及び主排気筒筒身を 3 次元の梁要素にてモデル化する。梁要素には，表 3-5 に示す物性値を与える。解析モデルは，主排気筒の脚部で完全固定されるとの境界条件を与える。非常用ガス処理系排気筒の応力解析モデルを図 3-1 に示す。

表 3-5 非常用ガス処理系排気筒の解析モデルに与える物性値

諸元	物性値
ヤング係数（非常用ガス処理系排気筒）	191000 N/mm^2
ヤング係数（主排気筒筒身）	202000 N/mm^2
ポアソン比	0.3

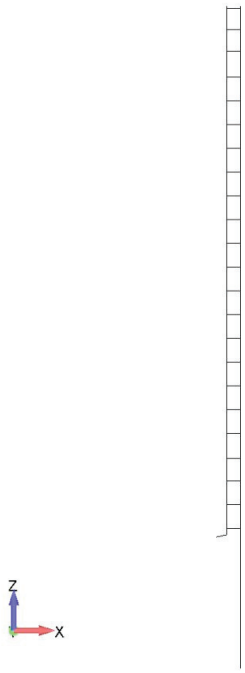


図 3-1 非常用ガス処理系排気筒の応力解析モデル

3.4.2　断面の評価方法

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

(1)　非常用ガス処理系排気筒に対する断面の評価方法

応力検定

短期許容応力度に対する断面算定は，鋼構造設計規準に準拠して行う。

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

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

ここで

σ_c　：平均圧縮応力度（$\sigma_c = N \cdot 10^3 / A$）（N/mm^2）

N　：圧縮力（kN）

A　：非常用ガス処理系排気筒の断面積（mm^2）

σ_b　：曲げ応力度（$\sigma_b = M \cdot 10^6 / Z$）（N/mm^2）

M　：曲げモーメント（kN･m）

Z　：断面係数（mm^3）

f_c　：短期許容圧縮応力度（N/mm^2）

f_b　：短期許容曲げ応力度（N/mm^2）

（f_c，f_b は次項による。）

(2)　サポートに対する断面の評価方法

応力検定

短期許容応力度に対する断面算定は，鋼構造設計規準に準拠して行う。

なお，断面性能の算定に腐食代１㎜（表面：1mm）を控除した値を用いる。

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

ここで

σ_c ：平均圧縮応力度（$\sigma_c = N \cdot 10^3 / A$）（N/mm^2）

N　：圧縮力（kN）

A　：断面積（mm^2）

σ_b ：曲げ応力度（$\sigma_b = M \cdot 10^6 / Z$）（N/mm^2）

M　：曲げモーメント（kN･m）

Z　：断面係数（mm^3）

f_c ：短期許容圧縮応力度（N/mm^2）

f_b ：短期許容曲げ応力度（N/mm^2）

（f_c，f_bは次項による。）

4.　評価結果

4.1　非常用ガス処理系排気筒の応力評価結果

「3.4.2　断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を，表4-1及び表4-2に示す。

(1) S_s地震荷重による非常用ガス処理系排気筒に対する断面の評価

以下に，断面評価結果を示す。

表 4-1 S_s地震荷重による非常用ガス処理系排気筒の断面評価（短期許容応力度検討時 軸力＋曲げ）(1/2)

EL. Z (m)	使用部材	材質	設計用断面力		断面性能			座屈長	細長比	短期許容		応力度		判定
			軸力 N (kN)	曲げ M (kN･m)	断面積 A (mm^2)	断面係数 Z_t (mm^3)	回転半径 i (mm)	L_k (mm)	λ	圧縮 f_c (N/mm^2)	曲げ f_b (N/mm^2)	圧縮 $\sigma_c=N/A$ (N/mm^2)	曲げ $\sigma_b=M/Z_t$ (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
148.000	Φ457.2×14.3	SM400B	15.90	0.000	17110	1850000	156.7	1000.0	6.4	192.8	193.0	1.0	0.1	0.01≦ 1.00
147.500	Φ457.2×14.3	SM400B	45.32	1.437	17110	1850000	156.7	4550.0	29.0	185.3	193.0	2.7	0.8	0.02≦ 1.00
142.950	Φ457.2×14.3	SM400B	74.73	1.660	17110	1850000	156.7	4550.0	29.0	185.3	193.0	4.4	0.9	0.03≦ 1.00
138.400	Φ457.2×14.3	SM400B	59.43	10.94	17110	1850000	156.7	5400.0	34.5	181.3	193.0	3.5	6.0	0.06≦ 1.00
133.000	Φ457.2×14.3	SM400B	76.95	18.09	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	4.5	9.8	0.08≦ 1.00
128.000	Φ457.2×14.3	SM400B	94.47	21.57	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	5.6	11.7	0.10≦ 1.00
123.000	Φ457.2×14.3	SM400B	112.0	21.57	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	6.6	11.7	0.10≦ 1.00
118.000	Φ457.2×14.3	SM400B	129.5	25.24	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	7.6	13.7	0.12≦ 1.00
113.000	Φ457.2×14.3	SM400B	271.3	11.40	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	15.9	6.2	0.12≦ 1.00
108.000	Φ457.2×14.3	SM400B	303.6	9.443	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	17.8	5.2	0.13≦ 1.00
103.000	Φ457.2×14.3	SM400B	335.9	8.677	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	19.7	4.7	0.14≦ 1.00
98.000	Φ457.2×14.3	SM400B	368.2	8.340	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	21.6	4.6	0.15≦ 1.00

注１ ：腐食代 2mm（内側：1mm，外側：1mm）を控除した断面により算定した断面性能により断面評価

注２ ：設計用応力Ｎには，鉛直震度による上下方向の地震荷重を含む

表 4-1　S_s地震荷重による非常用ガス処理系排気筒の断面評価（短期許容応力度検討時　軸力＋曲げ）（2/2）

EL. Z (m)	使用部材	材質	設計用断面力		断面性能			座屈長	細長比	短期許容		応力度		判定
			軸力 N (kN)	曲げ M (kN・m)	断面積 A (mm^2)	断面係数 Z_t (mm^3)	回転半径 i (mm)	L_k (mm)	λ	圧縮 f_c (N/mm^2)	曲げ f_b (N/mm^2)	圧縮 $\sigma_c=N/A$ (N/mm^2)	曲げ $\sigma_b=M/Z_t$ (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
93.000	Φ457.2×14.3	SM400B	400.6	7.268	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	23.5	4.0	0.15≦ 1.00
88.000	Φ457.2×14.3	SM400B	432.9	5.266	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	25.4	2.9	0.16≦ 1.00
83.000	Φ457.2×14.3	SM400B	465.2	4.017	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	27.2	2.2	0.16≦ 1.00
78.000	Φ457.2×14.3	SM400B	497.5	1.784	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	29.1	1.0	0.17≦ 1.00
73.000	Φ457.2×14.3	SM400B	529.9	1.468	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	31.0	0.8	0.18≦ 1.00
68.000	Φ457.2×14.3	SM400B	562.2	1.570	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	32.9	0.9	0.19≦ 1.00
63.000	Φ457.2×14.3	SM400B	594.5	1.114	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	34.8	0.7	0.20≦ 1.00
58.000	Φ457.2×14.3	SM400B	629.3	1.114	17110	1850000	156.7	5382.4	34.3	181.3	193.0	36.8	0.7	0.21≦ 1.00
52.618	Φ457.2×14.3	SM400B	106.6	1.108	17110	1850000	156.7	4617.6	29.5	183.9	193.0	6.3	0.6	0.04≦ 1.00
48.000	Φ457.2×14.3	SM400B	76.76	1.856	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	4.5	1.1	0.04≦ 1.00
43.000	Φ457.2×14.3	SM400B	44.44	15.01	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	2.6	8.2	0.06≦ 1.00
38.000	Φ457.2×14.3	SM400B	12.11	15.01	17110	1850000	156.7	7178.0	45.8	172.6	193.0	0.8	8.2	0.05≦ 1.00

注１　：腐食代 2mm（内側：1mm，外側：1mm）を控除した断面により算定した断面性能により断面評価

注２　：設計用応力Ｎには，鉛直震度による上下方向の地震荷重を含む

(2) 静的地震荷重による非常用ガス処理系排気筒に対する断面の評価

以下に，断面評価結果を示す。

表 4-2 静的地震荷重による非常用ガス処理系排気筒の断面評価（短期許容応力度検討時 軸力＋曲げ）(1/2)

EL. Z (m)	使用部材	材質	設計用断面力		断面性能			座屈長	細長比	短期許容		応力度		判定
			軸力 N (kN)	曲げ M (kN･m)	断面積 A (mm^2)	断面係数 Z_t (mm^3)	回転半径 i (mm)	L_k (mm)	λ	圧縮 f_c (N/mm^2)	曲げ f_b (N/mm^2)	圧縮 $\sigma_c=N/A$ (N/mm^2)	曲げ $\sigma_b=M/Z_t$ (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
148.000	Φ457.2×14.3	SM400B	4.895	0.000	17110	1850000	156.7	1000.0	6.4	192.8	193.0	0.3	0.1	0.01≦ 1.00
147.500	Φ457.2×14.3	SM400B	13.95	2.592	17110	1850000	156.7	4550.0	29.0	185.3	193.0	0.9	1.5	0.02≦ 1.00
142.950	Φ457.2×14.3	SM400B	23.00	2.592	17110	1850000	156.7	4550.0	29.0	185.3	193.0	1.4	1.5	0.02≦ 1.00
138.400	Φ457.2×14.3	SM400B	33.74	9.354	17110	1850000	156.7	5400.0	34.5	181.3	193.0	2.0	5.1	0.04≦ 1.00
133.000	Φ457.2×14.3	SM400B	43.69	12.68	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	2.6	6.9	0.05≦ 1.00
128.000	Φ457.2×14.3	SM400B	53.64	18.65	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	3.2	10.1	0.07≦ 1.00
123.000	Φ457.2×14.3	SM400B	63.58	26.89	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	3.8	14.6	0.10≦ 1.00
118.000	Φ457.2×14.3	SM400B	73.53	32.27	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	4.3	17.5	0.12≦ 1.00
113.000	Φ457.2×14.3	SM400B	83.48	41.90	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	4.9	22.7	0.15≦ 1.00
108.000	Φ457.2×14.3	SM400B	93.43	47.51	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	5.5	25.7	0.17≦ 1.00
103.000	Φ457.2×14.3	SM400B	103.4	66.09	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	6.1	35.8	0.22≦ 1.00
98.000	Φ457.2×14.3	SM400B	113.3	66.09	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	6.7	35.8	0.23≦ 1.00

注１ ：腐食代 2mm（内側：1mm，外側：1mm）を控除した断面により算定した断面性能により断面評価

注２ ：設計用応力Ｎには，鉛直震度（0.3G)による上下方向の地震荷重を含む

表 4-2　静的地震荷重による非常用ガス処理系排気筒の断面評価（短期許容応力度検討時　軸力＋曲げ）(2/2)

EL. Z (m)	使用部材	材質	設計用断面力		断面性能			座屈長	細長比	短期許容		応力度		判定
			軸力 N (kN)	曲げ M (kN･m)	断面積 A (mm^2)	断面係数 Z_t (mm^3)	回転半径 i (mm)	L_k (mm)	λ	圧縮 f_c (N/mm^2)	曲げ f_b (N/mm^2)	圧縮 $\sigma_c=N/A$ (N/mm^2)	曲げ $\sigma_b=M/Z_t$ (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
93.000	Φ457.2×14.3	SM400B	123.3	64.87	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	7.3	35.1	0.23≦ 1.00
88.000	Φ457.2×14.3	SM400B	133.2	40.57	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	7.8	22.0	0.16≦ 1.00
83.000	Φ457.2×14.3	SM400B	143.2	31.92	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	8.4	17.3	0.14≦ 1.00
78.000	Φ457.2×14.3	SM400B	153.1	13.20	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	9.0	7.2	0.09≦ 1.00
73.000	Φ457.2×14.3	SM400B	163.1	8.785	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	9.6	4.8	0.08≦ 1.00
68.000	Φ457.2×14.3	SM400B	173.0	8.785	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	10.2	4.8	0.09≦ 1.00
63.000	Φ457.2×14.3	SM400B	183.0	4.959	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	10.7	2.7	0.08≦ 1.00
58.000	Φ457.2×14.3	SM400B	193.7	3.838	17110	1850000	156.7	5382.4	34.3	181.3	193.0	11.4	2.1	0.08≦ 1.00
52.618	Φ457.2×14.3	SM400B	32.81	1.747	17110	1850000	156.7	4617.6	29.5	183.9	193.0	2.0	1.0	0.02≦ 1.00
48.000	Φ457.2×14.3	SM400B	23.62	1.955	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	1.4	1.1	0.02≦ 1.00
43.000	Φ457.2×14.3	SM400B	13.67	4.619	17110	1850000	156.7	5000.0	31.9	183.2	193.0	0.8	2.5	0.02≦ 1.00
38.000	Φ457.2×14.3	SM400B	3.727	4.619	17110	1850000	156.7	7178.0	45.8	172.6	193.0	0.3	2.5	0.02≦ 1.00

注１　：腐食代 2mm（内側：1mm，外側：1mm）を控除した断面により算定した断面性能により断面評価

注２　：設計用応力Ｎには，鉛直震度（0.3G)による上下方向の地震荷重を含む

(3) 内圧による非常用ガス処理系排気筒に対する断面の評価

内圧は非常用ガス処理系排気筒の円周方向の応力度を評価する。

・検討諸元

非常用ガス処理系排気筒内径	D_I＝430.6 mm（腐食代 2mm 控除）
非常用ガス処理系排気筒板厚	t＝12.3 mm（腐食代 2mm 控除）
内圧	P＝0.62 N/mm^2（ＳＡ）
内圧による発生応力度	$\sigma_h = P \cdot D_I / 2t$ ＝0.62×430.6／（2×12.3）＝10.9 N/mm^2
内圧以外による圧縮応力度	σ_c＝6.7 N/mm^2（表 4-2 より）
内圧以外による曲げ応力度	σ_b＝35.8 N/mm^2（表 4-2 より）
許容引張応力度	f_t＝193.0 N/mm^2
許容圧縮応力度	f_c＝183.2 N/mm^2（表 4-2 より）
許容曲げ応力度	f_b＝193.0 N/mm^2（表 4-2 より）
内圧に対する評価結果	σ_h / f_t＝10.9／193.0＝0.06≦1.00
軸力と曲げに対する評価結果	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}=\frac{6.7}{183.2}+\frac{35.8}{193.0}$＝0.23≦1.00

4.2　非常用ガス処理系排気筒サポート（水平サポート）の応力評価結果

短期許容検討時に発生する水平サポートが受ける水平力の最大値を用いて検討を行う。

水平サポートの形状図は，図 4-1 に示す。また，応力評価結果を表 4-3 に整理する。

設計荷重

最大水平力　　H　＝ 4616 N　　静的地震荷重

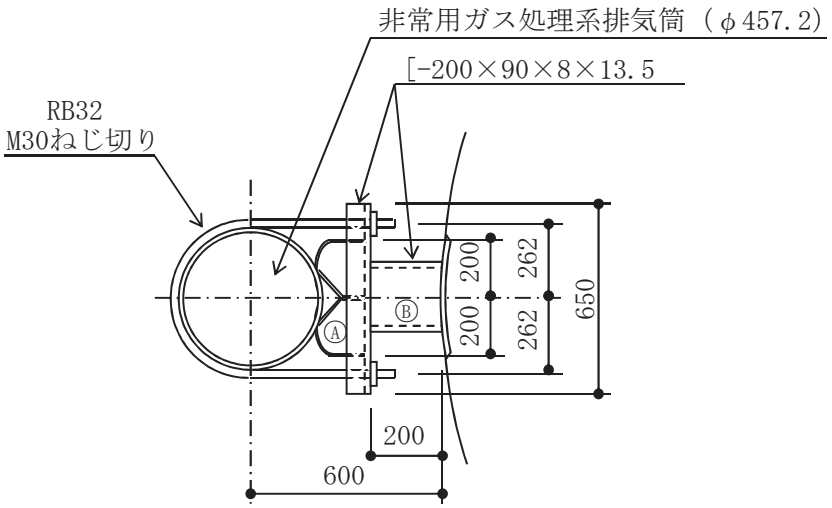


図 4-1　水平サポート概略図（単位：mm）

4.2.1　主排気筒径方向荷重の評価

(1)　Uボルト

Uボルトの引抜きに対する検討を行う。

・ボルト1本に作用する引抜力

ボルト引抜力　　$T = H / 2 = 2308$ N

・Uボルト諸元

サイズ	M30(ねじ切り)
材質	400 材相当
有効断面積	$A_1 = 479.8$ mm^2
設計基準強度	$f_t = F = 185.0$ N/mm^2
許容引張応力度（短期許容）	$f_{ts} = \min\{f_t,\ 1.4 f_t - 1.6\tau\} = 185.0$ N/mm^2

・応力度照査

Uボルトに作用する引張応力度　$\sigma_t = T / A_1 = \dfrac{2308}{479.8} = 4.9$ N/mm^2

応力度比　　$\sigma_t / f_{ts} = 4.9 / 185.0 = 0.03 \leqq 1.00$

(2)　受梁Ⓐの検討

受梁Ⓐが受梁Ⓑによって支持される片持梁とみなし，非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じるせん断力と曲げモーメントについて検討を行う。

・受梁Ⓐ諸元

サイズ	[-200×90×8×13.5
材質	400 材相当
断面係数	Z_2＝42600 mm^3
せん断断面積	A_{s2}＝2024 mm^2
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
許容曲げ応力度	f_b＝193.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝111.4 N/mm^2

・作用力

せん断力	Q＝H／2＝4616／2＝2308 N
曲げモーメント	M＝Q・(524－200) ／2
	＝2308×（524－200）／2＝373900 N・mm

・作用応力度

曲げ応力度　$\sigma_b = M / Z_2 = \dfrac{373900}{42600} = 8.8$ N/mm^2

せん断応力度　$\tau = Q / A_{s2} = \dfrac{2308}{2024} = 1.2$ N/mm^2

・応力度照査

曲げ応力度比	σ_b / f_b＝8.8／193.0＝0.05 ≦ 1.00
せん断応力度比	τ / f_s＝1.2／111.4＝0.02 ≦ 1.00

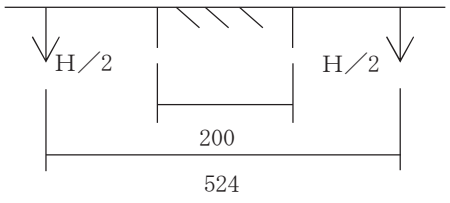


図 4-2　受梁Ⓐ寸法（単位：mm）

(3)　受梁Ⓑの検討

受梁Ⓑが非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じる圧縮力について検討を行う。

・受梁Ⓑ諸元

サイズ	[-200×90×8×13.5
材質	400 材相当
断面積	A_3＝3074 mm^2
回転半径	i_3＝28.4 mm
座屈長	ℓ_3＝200 mm
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
細長比	λ_3＝7.0
限界細長比	Λ_3＝127.6 N/mm^2
座屈安全率	ν_3＝1.5 N/mm^2
許容圧縮応力度	$f_c = F \cdot \dfrac{1-0.4\,(\lambda_3/\Lambda_3)^2}{\nu_3} \cdot 1.5$
	＝192.7 N/mm^2

・作用力

圧縮力	N＝H＝4616 N

・作用応力度

圧縮応力度	$\sigma_c = N / A_3 = \dfrac{4616}{3074}$ ＝1.6 N/mm^2

・応力度照査

応力度比	σ_c / f_c＝1.6／192.7＝0.01 ≦ 1.00

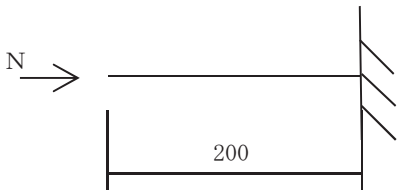


図 4-3　受梁Ⓑ寸法（単位：mm）

(4)　主排気筒当板溶接部の検討

主排気筒当板溶接部が非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じるせん断力について検討を行う。

・溶接部諸元

当板サイズ	PL-22×400×400
材質	400 材相当
隅肉サイズ	s_4＝10.0 mm
有効のど厚	a_4＝10.0×0.7－1.0＝6.0 mm
鉛直方向溶接長	ℓ_{V4}＝400.0×2＝800.0 mm
水平方向溶接長	ℓ_{H4}＝400.0×2＝800.0 mm
有効断面積	$A_4 = a_4 \cdot (\ell_{V4} + \ell_{H4})$ ＝6.0×（800.0＋800.0）＝9600 mm^2
設計基準強度	F＝185.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝106.8 N/mm^2

・作用力

せん断力	Q＝H＝4616 N

・作用応力度

せん断応力度	$\tau = Q / A_4 = \frac{4616}{9600}$ ＝0.5 N/mm^2

・応力度照査

応力度比	τ / f_s＝0.5／106.8＝0.01 ≦ 1.00

4.2.2　主排気筒周方向荷重の評価

(1)　Uボルト

Uボルトのせん断に対する検討を行う。

・ボルト1本に作用するせん断力

ボルトせん断力　　$Q = H / 2 = 2308$ N

・Uボルト諸元

サイズ	M30(ねじ切り)
材質	400材相当
有効断面積	$A_1 = 479.8$ mm^2
設計基準強度	$F = 185.0$ N/mm^2
許容引張応力度（短期許容）	$f_s = F / \sqrt{3} = 106.8$ N/mm^2

・応力度照査

Uボルトに作用するせん断応力度　　$\tau = Q / A_1 = \dfrac{2308}{479.8} = 4.9$ N/mm^2

応力度比　　$\tau / f_s = 4.9 / 106.8 = 0.05 \leqq 1.00$

(2)　受梁Ⓐの検討

受梁Ⓐが受梁Ⓑによって支持される片持梁とみなし，非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じる圧縮力について検討を行う。

・受梁Ⓐ諸元

サイズ	[-200×90×8×13.5
材質	400 材相当
断面積	A_2＝3074 mm^3
回転半径	i_2＝28.4 mm
座屈長	ℓ_2＝（524－200）／2＝162 mm
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
細長比	λ_2＝5.7
限界細長比	Λ_2＝127.6 N/mm^2
座屈安全率	ν_2＝1.5
許容圧縮応力度	$f_c = F \cdot \dfrac{1-0.4(\lambda_2/\Lambda_2)^2}{\nu_2} \cdot 1.5$
	＝192.8 N/mm^2

・作用力

圧縮力　　N＝H／2＝4616／2＝2308 N

・作用応力度

圧縮応力度　　$\sigma_c = N/A_2 = \dfrac{2308}{3074}$ ＝0.8 N/mm^2

・応力度照査

応力度比　　σ_c / f_c＝0.8／192.8＝0.01 ≦ 1.00

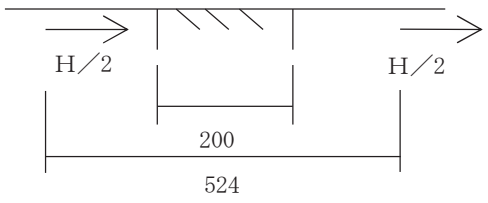


図 4-4　受梁Ⓐ寸法（単位：mm）

(3)　受梁Ⓑの検討

受梁Ⓑが非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じるせん断力及び曲げモーメントについて検討を行う。

・受梁Ⓑ諸元

サイズ	[-200×90×8×13.5
材質	400 材相当
断面係数	Z_3＝205100 mm^3
せん断断面積	A_{s3}＝1050 mm^2
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
許容曲げ応力度	f_t＝193.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝111.4 N/mm^2

・作用力

せん断力	Q＝H＝4616 N
曲げモーメント	M＝Q・200
	＝4616×200＝923200 N・mm

・作用応力度

曲げ応力度　$\sigma_b = M / Z_3 = \dfrac{923200}{205100} = 4.6$ N/mm^2

せん断応力度　$\tau = Q / A_{s3} = \dfrac{4616}{1050} = 4.4$ N/mm^2

・応力度照査

曲げ応力度比	σ_b / f_b＝4.6／193.0＝0.03 ≦ 1.00
せん断応力度比	τ / f_s＝4.4／111.4＝0.04 ≦ 1.00

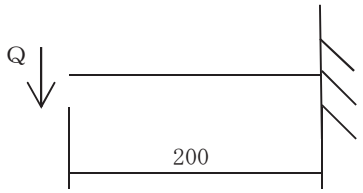


図 4-5　・受梁Ⓑ寸法（単位：mm）

(4)　主排気筒当板溶接部の検討

主排気筒当板溶接部が非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じるせん断力と曲げモーメントについて検討を行う。なお，せん断力は溶接部全断面で，曲げモーメントについては，鉛直方向溶接部で負担するものとして検討する。

・溶接部諸元

当板サイズ	ＰＬ－22×400×400
材質	400 材相当
隅肉サイズ	s_4＝10.0 mm
有効のど厚	a_4＝10.0×0.7－1.0＝6.0 mm
鉛直方向溶接長	ℓ_{V4}＝400.0×2＝800.0 mm
水平方向溶接長	ℓ_{H4}＝400.0×2＝800.0 mm
鉛直方向有効断面積	$A_{V4}=a_4\cdot\ell_{V4}$ ＝6.0×800.0＝4800 mm^2
水平方向有効断面積	$A_{H4}=a_4\cdot\ell_{H4}$ ＝6.0×800.0＝4800 mm^2
合計有効断面積	$A_{S4}=A_{V3}+A_{V4}$＝4800＋4800＝9600 mm^2
鉛直方向有効断面係数	$Z_{V4}=A_{V4}\cdot(400/2+a_4/2)$ ＝4800×（400／2＋6.0／2） ＝974400 mm^3
設計基準強度	F＝185.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝106.8 N/mm^2

・作用力

せん断力	Q＝H＝4616 N
曲げモーメント	M＝Q・200＝4616×200＝923200 N・mm

・作用応力度

せん断応力度（曲げ）	$\tau_b=M/Z_{V4}=\dfrac{923200}{974400}$ ＝1.0 N/mm^2
せん断応力度（水平力）	$\tau_s=Q/A_{S4}=\dfrac{4616}{9600}$ ＝0.5 N/mm^2
せん断応力度	$\tau=\tau_b+\tau_s$＝1.0＋0.5 ＝1.5 N/mm^2

・応力度照査

応力度比	τ/f_s＝1.5／106.8＝0.02 ≦ 1.00

表 4-3　短期許容荷重時算定結果一覧

		発生応力度 (N/mm^2)	許容応力度 (N/mm^2)	発生応力度 / 許容応力度
Uボルトの検討	せん断応力度	4.9	106.8	0.05　≦1.00
受梁Ⓐの検討	曲げ応力度	8.8	193.0	0.05　≦1.00
受梁Ⓑの検討	せん断応力度	4.4	111.4	0.04　≦1.00
当板溶接部の検討	せん断応力度	1.5	106.8	0.02　≦1.00

4.3　非常用ガス処理系排気筒サポート（自重サポート）の応力評価結果

短期許容検討時に発生する自重サポートが受ける水平力及び鉛直力の最大値を用いて検討を行う。ただし鉛直力には，鉛直震度による上下方向の地震荷重を含む。

自重サポートの形状図は，図 4-6 に示す。また，応力評価結果を表 4-4 に整理する。

設計荷重

最大引抜力	N_t	＝	386600 N	S_s地震動
最大圧縮力	N_c	＝	734300 N	S_s地震動
最大水平力	H	＝	1749 N	静的地震荷重

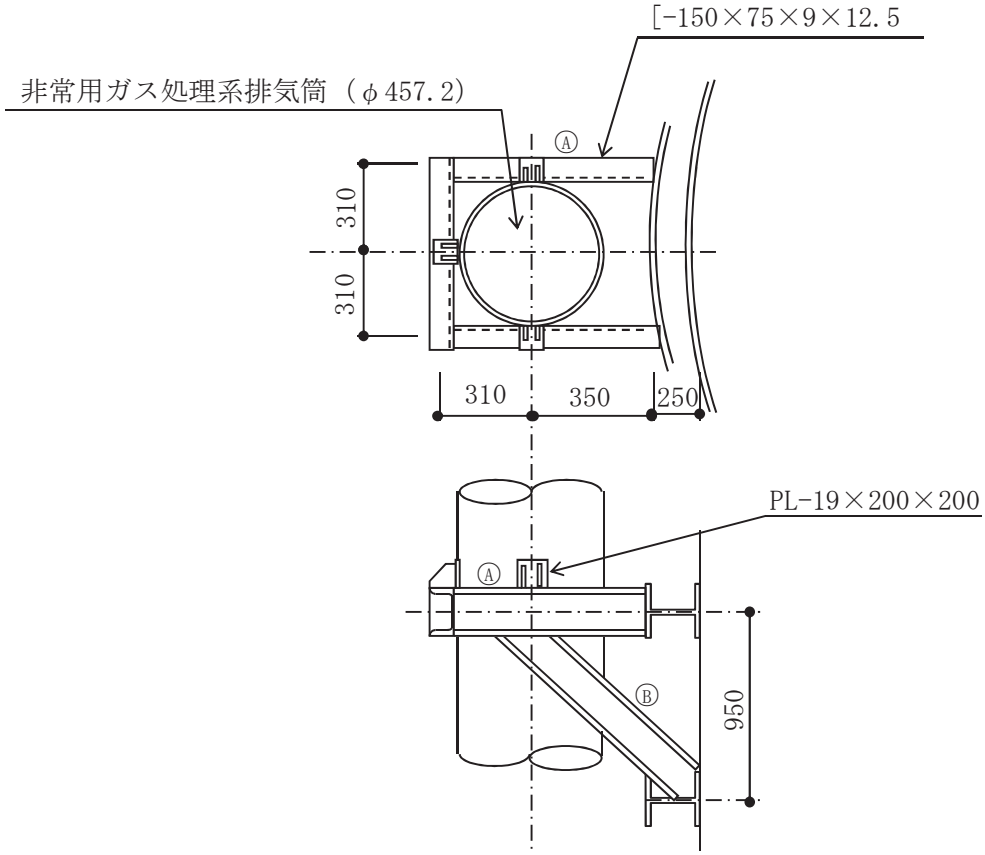


図 4-6　自重サポート概略図（単位：mm）

4.3.1　主排気筒径方向荷重の評価

(1)　受梁Ⓑの検討

受梁Ⓑが非常用ガス処理系排気筒の鉛直力によって生じる圧縮力に対する検討を行う。

・受梁Ⓑ諸元

サイズ	[-150×75×9×12.5 ＋ FB-9×90
材質	400 材相当
断面積	$A_1=3214$ mm^3
回転半径	$i_1=20.9$ mm
座屈長	$\ell_1=1200$ mm
設計基準強度	$F=193.0$ N/mm^2
細長比	$\lambda_1=57.4$
限界細長比	$\Lambda_1=127.6$ N/mm^2
座屈安全率	$\nu_1=1.63$ N/mm^2
許容圧縮応力度	$f_c=F\cdot\dfrac{1-0.4(\lambda_1/\Lambda_1)^2}{\nu_1}\cdot 1.5$
	$=163.2$ N/mm^2

・作用力

圧縮力　$N_c'=(N_c/2)/\cos(30°)$

$=(734300/2)/\cos(30°)=423900$ N

・作用応力度

圧縮応力度　$\sigma_c=N_c'/A_1=\dfrac{423900}{3214}=131.9$ N/mm^2

・応力度照査

応力度比　$\sigma_c/f_c=131.9/163.2=0.81\leqq 1.00$

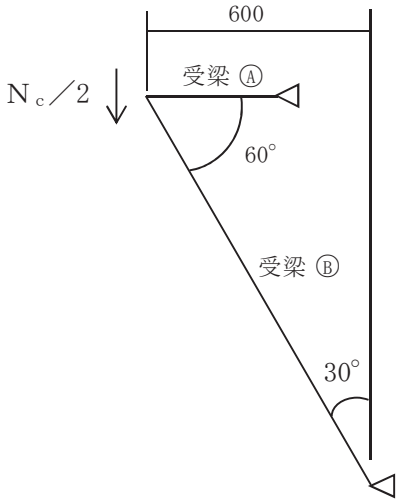


図 4-7　受梁Ⓑ寸法（単位：mm）

(2)　受梁Ⓐの検討

受梁Ⓐが，非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じる圧縮力について検討を行う。

・受梁Ⓐ諸元

サイズ	[-150×75×9×12.5
材質	400 材相当
断面積	A_2＝2422 mm^3
回転半径	i_2＝23.1 mm
座屈長	ℓ_2＝350.0 mm
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
細長比	λ_2＝15.2
限界細長比	Λ_2＝127.6 N/mm^2
座屈安全率	ν_2＝1.51 N/mm^2
許容圧縮応力度	$f_c = F \cdot \dfrac{1-0.4(\lambda_1/\Lambda_1)^2}{\nu_1} \cdot 1.5$
	＝190.6 N/mm^2

・作用力

圧縮力	$N_c' = (H + N_c \cdot \tan(30°))/2$
	$= (1749 + 734300 \times \tan(30°))/2 = 212800$ N

・作用応力度

圧縮応力度	$\sigma_c = N_c' / A_2 = \dfrac{212800}{2422} = 87.9$ N/mm^2

・応力度照査

応力度比	$\sigma_c / f_c = 87.9/190.6 = 0.47 \leqq 1.00$

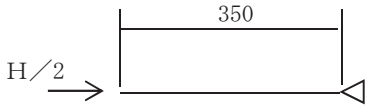


図 4-8　受梁Ⓐ寸法（単位：mm）

(3)　非常用ガス処理系排気筒当板溶接部の検討

非常用ガス処理系排気筒当板溶接部が非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力及び鉛直力によって生じるせん断力について検討を行う。なお水平力は水平方向溶接部で，鉛直力は鉛直方向溶接部で負担するものとする。

・溶接部諸元

当板サイズ	PL-19×200×200
材質	400 材相当
隅肉サイズ	s_3＝12.0 mm
有効のど厚	a_3＝12.0×0.7－1.0＝7.4 mm
鉛直方向溶接長	ℓ_{V3}＝200.0×2＝400.0 mm
水平方向溶接長	ℓ_{H3}＝200.0×2＝400.0 mm
鉛直方向有効断面積	$A_{V3}=a_4\cdot\ell_{V3}$ ＝7.4×400.0＝2960 mm^2
水平方向有効断面積	$A_{H3}=a_4\cdot\ell_{H3}$ ＝7.4×400.0＝2960 mm^2
合計有効断面積	$A_{S3}=A_{V3}+A_{H3}$ ＝2960＋2960＝5920 mm^2
設計基準強度	F＝185.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝106.8 N/mm^2

・作用力

鉛直力	$Q_V=N_c/2$＝（734300／2）＝367200 N
水平力	$Q_H=H/2$＝（1749／2）＝874.5 N

・作用応力度

せん断応力度（鉛直方向）	$\tau_V=Q_V/A_{S3}=\dfrac{367200}{5920}$ ＝62.1 N/mm^2
せん断応力度（水平方向）	$\tau_H=Q_H/A_{S3}=\dfrac{874.5}{5920}$ ＝0.2 N/mm^2
せん断応力度（合計）	$\tau=\sqrt{\tau_V^2+\tau_H^2}=\sqrt{62.1^2+0.2^2}$ ＝62.2 N/mm^2

・応力度照査

応力度比	τ/f_s＝62.2／106.8＝0.59 ≦ 1.00

4.3.2　主排気筒周方向荷重の評価

(1)　受梁Ⓑの検討

受梁Ⓑが非常用ガス処理系排気筒の鉛直力によって生じる圧縮力に対する検討を行う。

・受梁Ⓑ諸元

サイズ	[-150×75×9×12.5 ＋ FB-9×90
材質	400 材相当
断面積	A_1＝3214 mm^3
回転半径	i_1＝20.9 mm
座屈長	ℓ_1＝1200 mm
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
細長比	λ_1＝57.4
限界細長比	Λ_1＝127.6 N/mm^2
座屈安全率	ν_1＝1.63 N/mm^2
許容圧縮応力度	$f_c = F \cdot \dfrac{1-0.4(\lambda_1/\Lambda_1)^2}{\nu_1} \cdot 1.5$
	＝163.2 N/mm^2

・作用力

圧縮力　　$N_c' = (N_c/2)/\cos(30°)$

$= (734300/2)/\cos(30°) = 423900$ N

・作用応力度

圧縮応力度　　$\sigma_c = N_c'/A_1 = \dfrac{423900}{3214} = 131.9$ N/mm^2

・応力度照査

応力度比　　$\sigma_c / f_c = 131.9/163.2 = 0.81 \leqq 1.00$

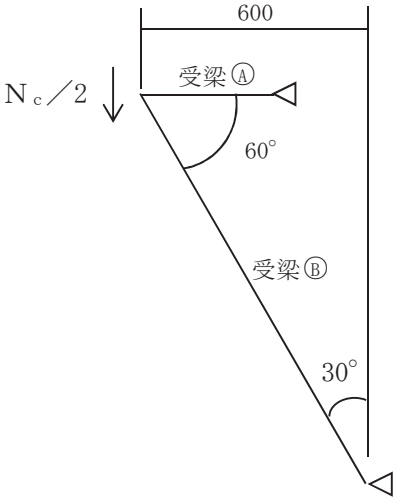


図 4-9　受梁Ⓑ寸法（単位：mm）

(2)　受梁Ⓐの検討

受梁Ⓐが，非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力によって生じるせん断力と曲げモーメントについて検討を行う。

・受梁Ⓐ諸元

サイズ	[-150×75×9×12.5
材質	400 材相当
断面積	A_2＝2422 mm^3
断面係数	Z_2＝26660 mm^3
せん断断面積	A_{s2}＝1533 mm^3
回転半径	i_2＝23.1 mm
座屈長	ℓ_2＝350.0 mm
設計基準強度	F＝193.0 N/mm^2
細長比	λ_2＝15.2
限界細長比	Λ_2＝127.6 N/mm^2
座屈安全率	ν_2＝1.51 N/mm^2
許容圧縮応力度	$f_c = F \cdot \dfrac{1-0.4(\lambda_1/\Lambda_1)^2}{\nu_1} \cdot 1.5$
	＝190.6 N/mm^2
許容曲げ応力度	f_b＝193.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝111.4 N/mm^2

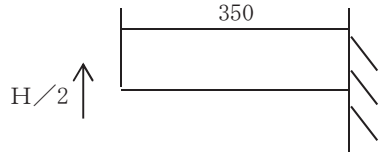


図4-10　受梁Ⓐ寸法
（単位：mm）

・作用力

圧縮力	$N_c' = (N_c \cdot \tan(30°))/2$
	＝(734300×tan(30°))／2＝212000 N
せん断力	Q＝H／2＝1749／2＝874.5 N
曲げモーメント	M＝Q・350＝874.5×350＝306100 N・mm

・作用応力度

圧縮応力度	$\sigma_c = N_c' / A_2 = \dfrac{212000}{2422}$ ＝87.6 N/mm^2
曲げ応力度	$\sigma_b = M / Z_2 = \dfrac{306100}{26660}$＝11.5 N/mm^2
せん断応力度	$\tau = Q / A_{s2} = \dfrac{874.5}{1533}$ ＝0.6 N/mm^2

・応力度照査

応力度比（圧縮＋曲げ）	$\sigma_c / f_c + \sigma_b / f_b = \dfrac{87.6}{190.6} + \dfrac{11.5}{193.0}$
	＝0.52 ≦ 1.00
応力度比（せん断）	τ / f_s＝0.6／111.4＝0.01 ≦ 1.00

(3)　非常用ガス処理系排気筒当板溶接部の検討

非常用ガス処理系排気筒当板溶接部が非常用ガス処理系排気筒から受ける水平力及び鉛直力によって生じるせん断力について検討を行う。なお水平力は水平方向溶接部で，鉛直力は鉛直方向溶接部で負担するものとする。

・溶接部諸元

当板サイズ	PL-19×200×200
材質	400 材相当
隅肉サイズ	s_3＝12.0 mm
有効のど厚	a_3＝12.0×0.7－1.0＝7.4 mm
鉛直方向溶接長	ℓ_{V3}＝200.0×2＝400.0 mm
水平方向溶接長	ℓ_{H3}＝200.0×2＝400.0 mm
鉛直方向有効断面積	$A_{V3}=a_4\cdot\ell_{V3}$ ＝7.4×400.0＝2960 mm^2
水平方向有効断面積	$A_{H3}=a_4\cdot\ell_{H3}$ ＝7.4×400.0＝2960 mm^2
合計有効断面積	$A_{S3}=A_{V3}+A_{H3}$ ＝2960＋2960＝5920 mm^2
設計基準強度	F＝185.0 N/mm^2
許容せん断応力度	f_s＝106.8 N/mm^2

・作用力

鉛直力	$Q_V=N_c/2$＝（734300／2）＝367200 N
水平力	$Q_H=H/2$＝（1749／2）＝874.5 N

・作用応力度

せん断応力度（鉛直方向）	$\tau_V=Q_V/A_{S3}=\dfrac{367200}{5920}$ ＝62.1 N/mm^2
せん断応力度（水平方向）	$\tau_H=Q_H/A_{S3}=\dfrac{874.5}{5920}$ ＝0.2 N/mm^2
せん断応力度（合計）	$\tau=\sqrt{\tau_V^2+\tau_H^2}=\sqrt{62.1^2+0.2^2}$ ＝62.2 N/mm^2

・応力度照査

応力度比	τ/f_s＝62.2／106.8＝0.59 ≦ 1.00

表 4-4　短期許容荷重時算定結果一覧

		発生応力度 (N/mm^2)	許容応力度 (N/mm^2)	発生応力度 / 許容応力度
受梁Ⓑの検討	圧縮応力度	131.9	163.2	0.81　≦1.00
受梁Ⓐの検討	圧縮応力度	87.6	190.6	0.52　≦1.00
	曲げ応力度	11.5	193.0	
非常用ガス処理系排気筒当板溶接部の検討	せん断応力度	62.2	106.8	0.59　≦1.00

Ⅴ-2-8-1　放射線管理施設の耐震計算結果

目次

1. 概要 ····· 1
2. 耐震評価条件整理 ····· 1

1. 概要

本資料は，放射線管理施設の設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

放射線管理施設の設備に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処施設の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績と差異の有無を整理した。また，重大事故等対処施設のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

放射線管理施設のうち，新設又は，新規登録の設計基準対象施設並びに重大事故等対処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。

なお，既設の設備における弾性設計用地震動S_d又は静的地震力による耐震計算については，基準地震動S_sによる評価結果が弾性設計用地震動S_d又は静的地震力の許容限界を満足する場合，省略することとする。弾性設計用地震動S_dによる疲労評価については，弾性設計用地震動S_dによる繰返し回数が，基準地震動S_sで設定している繰返し回数以内であることを確認しているため，省略する。

表 2-1　耐震評価条件整理一覧表（1/4）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震設計上の重要度分類	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	Ⅴ-2-8-2-1	－	－	－
		格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	S	無	Ⅴ-2-8-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-8-2-2
		格納容器雰囲気放射線モニタ（S／C）	S	無	Ⅴ-2-8-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-8-2-3
		原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ	S	無	Ⅴ-2-8-2-4	－	－	－
		フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-2-5
		フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-2-6
		耐圧強化ベント系放射線モニタ	－	－	－	常設耐震／防止	－	Ⅴ-2-8-2-7

表 2-1　耐震評価条件整理一覧表（2/4）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震設計上の重要度分類	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	使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-2-8
		使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-2-9
	換気設備	主配管（ダクト）	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-3-1-1
		中央制御室換気系空気調和機ファン	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-3-1-2
		中央制御室換気系フィルタ系ファン	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-3-1-2
		中央制御室換気系フィルタユニット	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-3-1-3

表 2-1　耐震評価条件整理一覧表（3/4）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震設計上の重要度分類	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	主配管	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-2-1
		中央制御室待避室差圧計	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-2-2
		主配管（ダクト）	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-3-1
		主配管	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-3-2
		緊急時対策所非常用送風機	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-3-3
		緊急時対策所非常用フィルタ装置	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-3-4
		緊急時対策所用差圧計	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-3-5

表 2-1　耐震評価条件整理一覧表（4/4）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震設計上の重要度分類	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	主配管	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-4-1
		第二弁操作室差圧計	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-3-4-2
	生体遮蔽装置	二次遮蔽	B	無	Ⅴ-2-8-4-2	常設／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-4-1
		中央制御室遮蔽	S	－	Ⅴ-2-8-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-4-2
		中央制御室待避室遮蔽	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-4-3
		緊急時対策所遮蔽	－	－	－	常設／緩和	－	Ⅴ-2-8-4-4
		第二弁操作室遮蔽	－	－	－	常設耐震／防止 常設／緩和	－	Ⅴ-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／緩和」は常設重大事故緩和設備，「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を示す。

Ⅴ-2-8-2-1　主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 4
2.4 記号の説明 ····· 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 7
3. 評価部位 ····· 8
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 ····· 11
4.4 固有周期 ····· 13
4.5 設計用地震力 ····· 14
4.6 計算方法 ····· 15
4.7 計算条件 ····· 17
4.8 応力の評価 ····· 17
5. 機能維持評価 ····· 18
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 18
6. 評価結果 ····· 18
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 18

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，主蒸気管放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

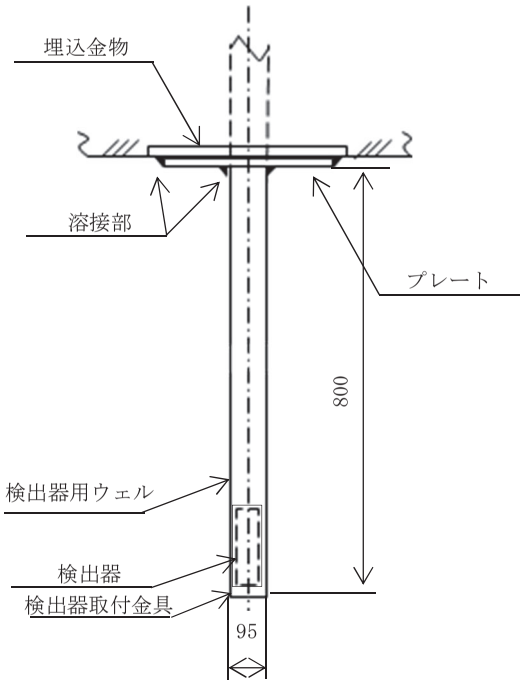
主蒸気管放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，検出器取付金具により，検出器用ウェルに固定され，検出器用ウェルは埋込金物に溶接されたプレートに溶接で設置する。	電離箱	 （単位：mm）

2.2　評価方針

主蒸気管放射線モニタの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す主蒸気管放射線モニタの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期及び荷重に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

主蒸気管放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

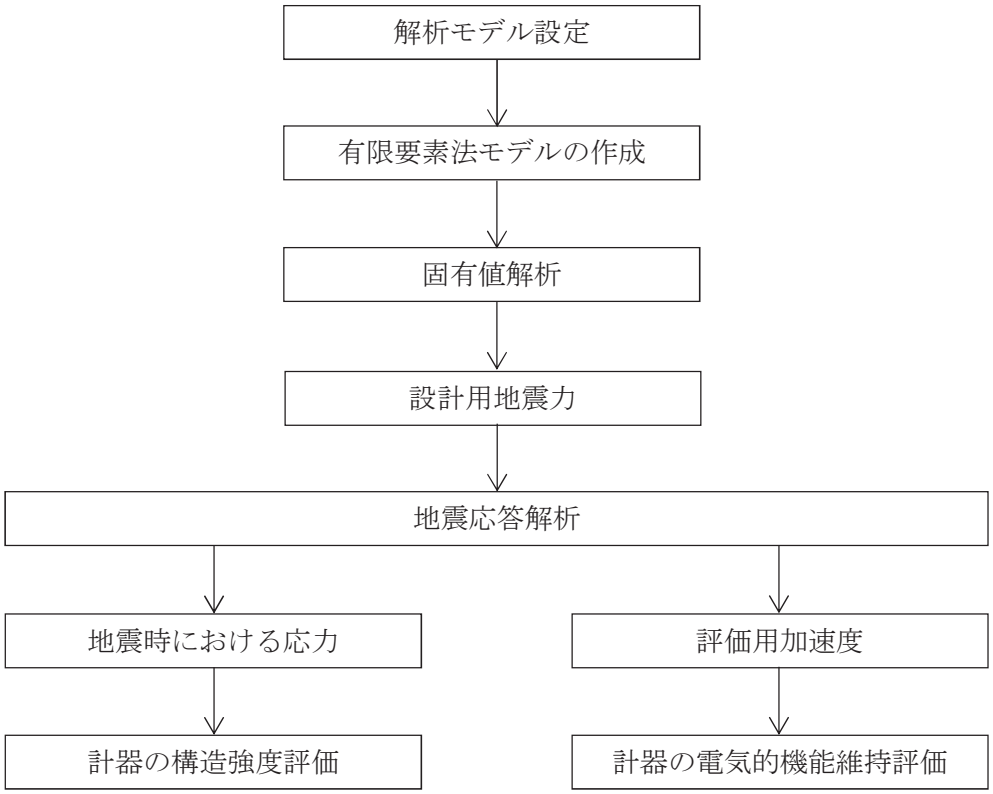


図 2-1　主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））

ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

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	検出器用ウェルの断面積	mm^2
A_w	溶接部の有効断面積	mm^2
A_{wX}	溶接部のF_X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
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
D_1	検出器用ウェルの外径	mm
D_2	検出器用ウェルの内径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値	MPa
F_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_s	溶接部の許容せん断応力（f_sを1.5倍した値またはf_s*を1.5倍した値）	MPa
Ip	検出器用ウェルの断面二次極モーメント	mm^4
Iy	検出器用ウェルの断面二次モーメント（y軸）	mm^4
Iz	検出器用ウェルの断面二次モーメント（z軸）	mm^4
ℓ	据付面から検出器及び検出器取付金具の重心までの距離	mm
m_a	検出器，検出器取付金具の質量	kg
M_X	溶接部に作用するモーメント（X軸周り）	N･m
M_Y	溶接部に作用するモーメント（Y軸周り）	N･m
M_Z	溶接部に作用するモーメント（Z軸周り）	N･m
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
Z_{p1}	検出器用ウェルのねじり断面係数	mm^4
Z_{y1}	検出器用ウェルの断面係数（y軸）	mm^4
Z_{z1}	検出器用ウェルの断面係数（z軸）	mm^4
Z_{X2}	溶接全断面におけるX軸方向の断面係数	mm^3
Z_{Z2}	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm^3
Z_{p2}	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm^3
ν	ポアソン比	－
π	円周率	－

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
σ_t	溶接部に生じる引張応力	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
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*1	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

主蒸気管放射線モニタの耐震評価は，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる溶接部を選定して実施する。主蒸気管放射線モニタの耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4.　地震応答解析及び構造強度評価

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　地震力は主蒸気管放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

(2)　主蒸気管モニタは，溶接により天井の埋込金物に固定されるものとする。

(3)　主蒸気管モニタの質量は，検出器，検出器取付金具，検出器用ウェル及びプレートを考慮する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気管放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

4.2.2　許容応力

主蒸気管放射線モニタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管放射線モニタ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 2-5 に示す。

表 2-3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	主蒸気管放射線モニタ	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-4　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 以 外）			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_c	1.5・f_b
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・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 2-5　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
溶接部	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	170	373	－

4.3　解析モデル及び諸元

主蒸気管放射線モニタの解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 2-2 に，解析モデルの概要を以下に示す。検出器用ウェルは円筒で原子炉建屋に固定されることから，解析モデルにおいて，①の部材の直線とみなし，支持点（検出器用ウェル基礎部）1 点で固定されるものとする。また，解析モデルにおいて，検出器及び検出器取付金具の質量は質点に集中するものとし，質点は検出器取付位置に設置する。機器の諸元を表 2-6，部材の機器要目を表 2-7 に示す。

(1)　図 2-2 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

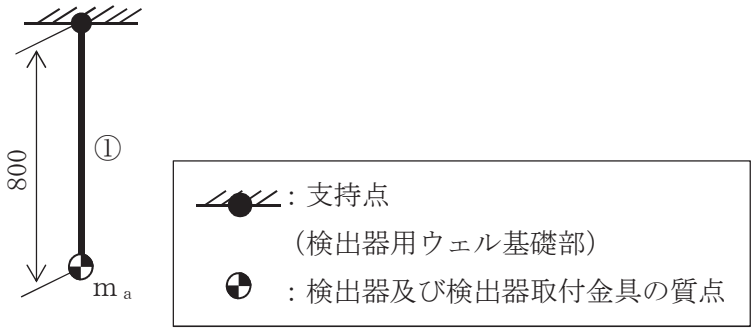
(2)　図 2-2 中の ⊕ は検出器及び検出器取付金具の質量を示し，m_a は□ kg である。

(3)　図 2-2 中の ― は検出器用ウェルを，⋀● は支持点（検出器用ウェル基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向及び回転方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



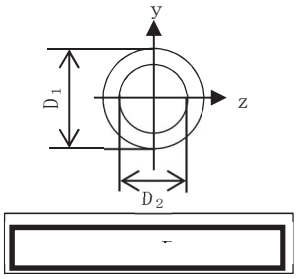
（単位：mm）

図 2-2　解析モデル

表 2-6　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	

表 2-7　部材の機器要目

材料			
対象要素	①		
A（mm^2）			
I_y（mm^4）			
I_z（mm^4）			
I_p（mm^4）			
Z_{y1}（mm^3）			
Z_{z1}（mm^3）			
Z_{p1}（mm^3）			
断面形状（mm）			

4.4　固有周期

固有値解析結果を表 2-8 に示す。

１次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表2-8　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「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，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-9 に示す。

表 2-9　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	鉛直	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
EL. 20. 30＊1	[redacted]		C_H＝0. 78	C_v＝0. 54	C_H＝1. 34	C_v＝1. 01

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0. 05 秒以下であり剛であることを確認した。

4.6　計算方法

4.6.1　溶接部の応力

次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し，その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

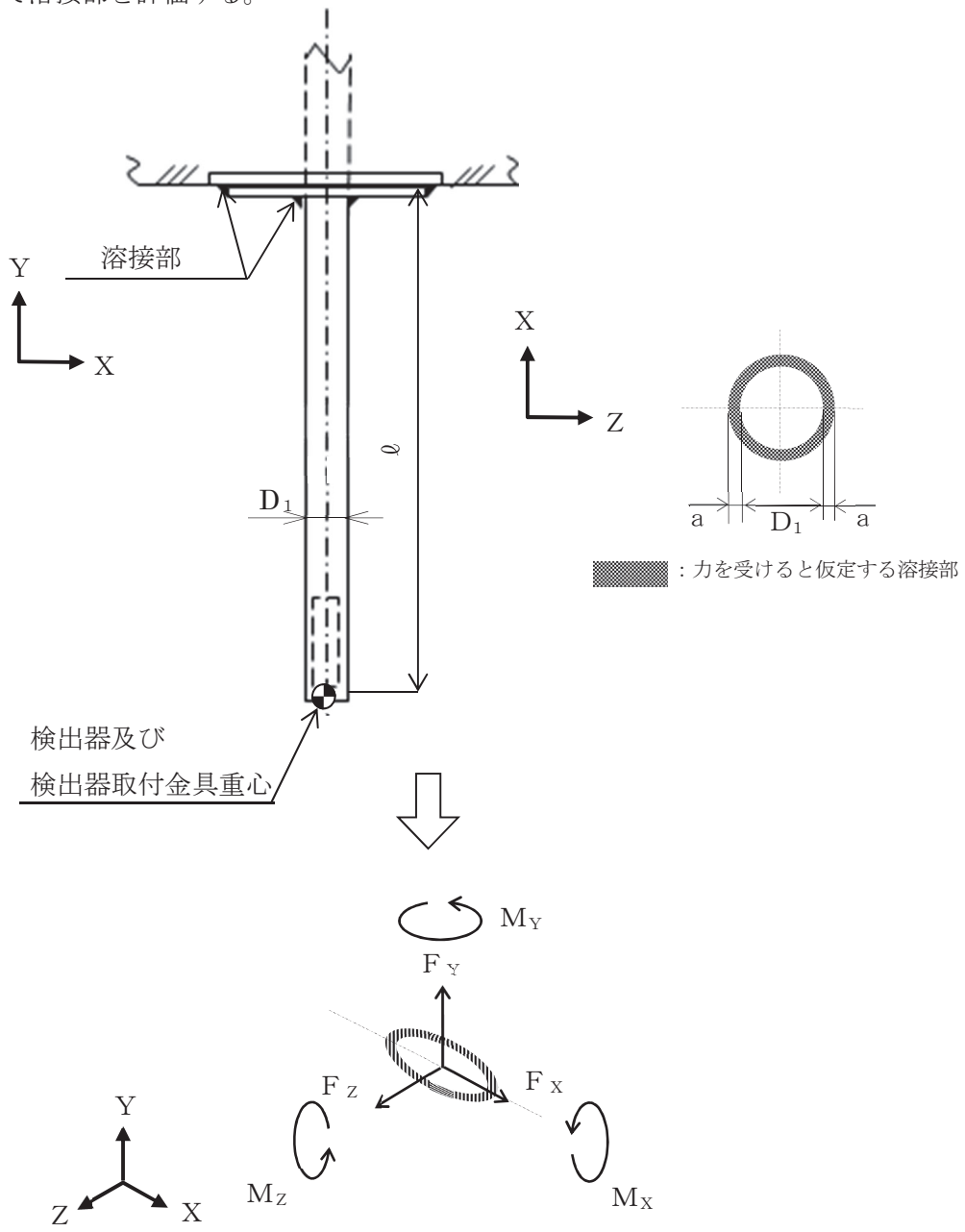


図 2-3　計算モデル（溶接部）

地震対応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 2-10 に示す。

表2-10　溶接部発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z
D17-N003A D17-N003B D17-N003C D17-N003D						

(1)　引張応力

溶接部に対する引張応力は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力（σ_t）

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1)$$

ここで，引張り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。

$$A_w = \frac{\pi}{4} \{(D_1+2\cdot a)^2 - D_1^2\} \quad \cdots\cdots (4.6.1.2)$$

ただし，溶接部の有効のど厚 a は，

$$a = 0.7\cdot s \quad \cdots\cdots (4.6.1.3)$$

(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）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_{p2}}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_{p2}}\right)^2} \quad \cdots\cdots (4.6.1.4)$$

ここで，A_{wX}，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_{wX}，A_{wZ}は，次式により求める。

$$A_{wX} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\pi}{4}((D_1+2\cdot a)^2 - D_1^2) \quad \cdots\cdots (4.6.1.5)$$

$$A_{wZ} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\pi}{4}((D+2\cdot a)^2 - D^2) \quad \cdots\cdots (4.6.1.6)$$

(3)　曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図4-2でＸ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。

16

曲げ応力（σ_b）

$$\sigma_b = \frac{M_X}{Z_{X2}} + \frac{M_Z}{Z_{Z2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.7)$$

Z_X，Z_Zは溶接断面のＸ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。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.8)$$

4.7　計算条件

4.7.1　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【主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

4.8　応力の評価

4.8.1　溶接部の応力評価

4.6.1項で求めた溶接部に発生する応力は，許容応力f_S以下であること。

ただし，f_Sは下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

主蒸気管放射線モニタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

主蒸気管放射線モニタの機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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 2-11 に示す。

表 2-11 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ	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

主蒸気管放射線モニタ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管放射線モニタの耐震性についての評価結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
主蒸気管放射線モニタ	S	EL. 20. 30*1			C_H=0.78	C_v=0.54	C_H=1.34	C_v=1.01	

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管放射線モニタ

部材	ℓ (mm)	s (mm)	a (mm)	D_1 (mm)	A_w (mm^2)	A_{wX} (mm^2)	A_{wZ} (mm^2)	Z_{X2} (mm^3)	Z_{Z2} (mm^3)	Z_{p2} (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部											170	373	170	204

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･m)

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		引張り	σ_t＝1	f_s＝98	σ_t＝2	f_s＝117
		せん断	τ＝2	f_s＝98	τ＝3	f_s＝117
		曲げ	σ_b＝22	f_s＝98	σ_b＝37	f_s＝117
		組合せ	σ_w＝23	f_s＝98	σ_w＝39	f_s＝117

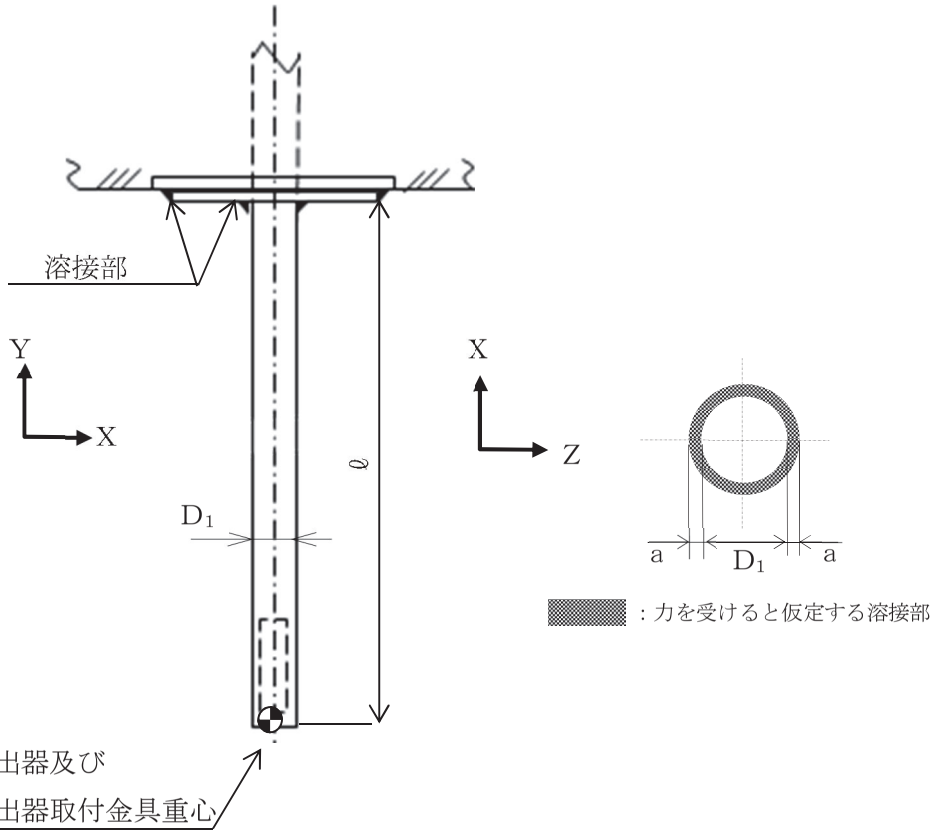
すべて許容応力以下である。

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



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

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　固有周期 …… 7
4.1　固有値解析方法 …… 7
4.2　解析モデル及び諸元 …… 7
4.3　固有値解析結果 …… jj9
5.　構造強度評価 …… f10
5.1　構造強度評価方法 …… 110
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 110
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 …… 18
6.　機能維持評価 …… 19
6.1　電気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
7.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 20

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

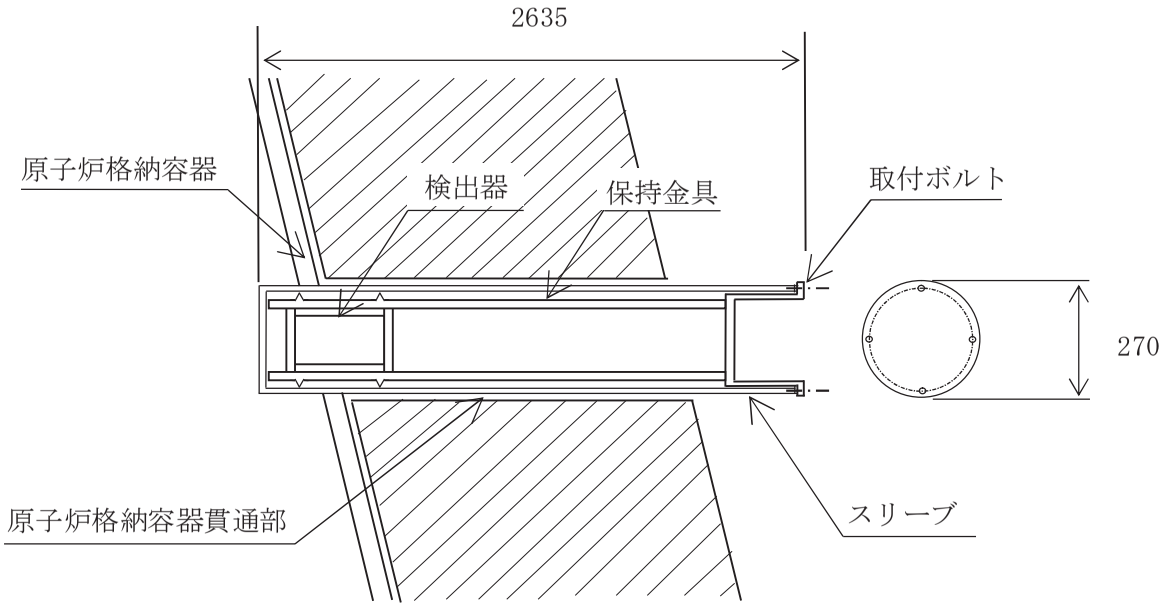
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，保持金具に固定され取付ボルトで格納容器貫通部のスリーブに固定する。 保持金具のボルト固定部分は格納容器貫通部のスリーブにより半径方向は固定される。 スリーブは原子炉格納容器に溶接される。	電離箱	 （単位：mm）

2.2　評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の応力評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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，格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の機能維持評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

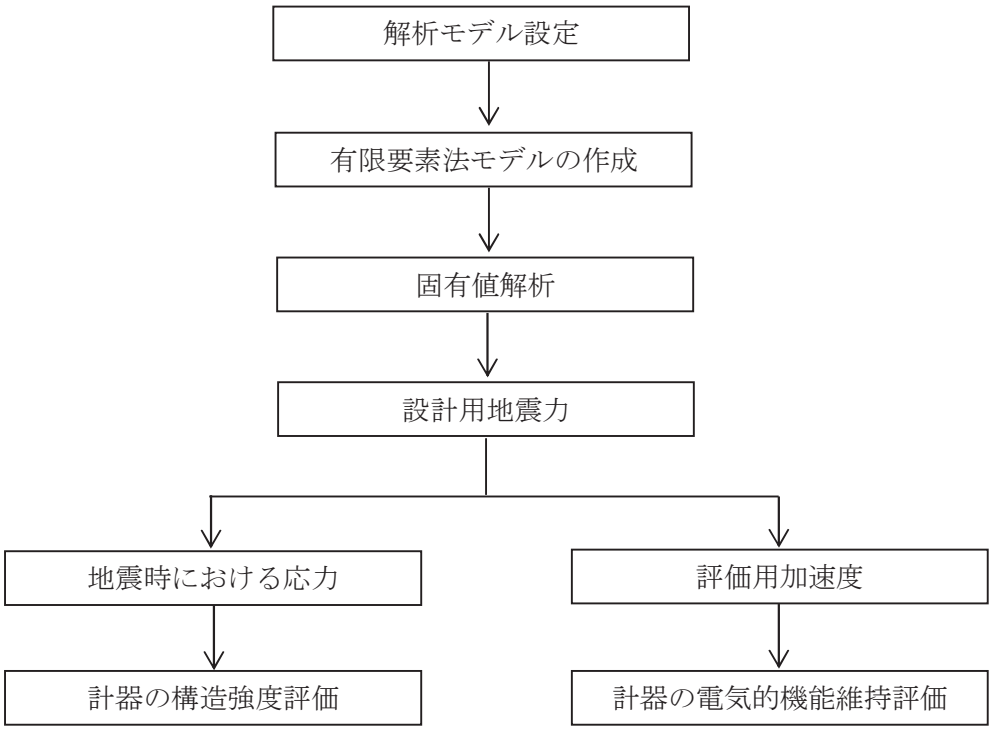


図 2-1　格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A	スリーブの断面積	mm^2
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	取付ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{to}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
I_p	スリーブの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	スリーブの断面二次モーメント（ｙ軸）	mm^4
I_z	スリーブの断面二次モーメント（ｚ軸）	mm^4
m	格納容器貫通部のスリーブ及び検出器の総質量	kg
m_a	検出器及び保持金具の質量	kg
n	取付ボルトの本数	―
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
Z_p	スリーブのねじり断面係数	mm^3
Z_y	スリーブの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	スリーブの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	―
π	円周率	―
σ_b	取付ボルトに生じる引張応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表 2-2 に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積	mm^2	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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取付ボルトについて実施する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の固有値解析方法を「4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

4.2　解析モデル及び諸元

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。スリーブは円筒で格納容器に溶接されることから，解析モデルにおいて，①の部材の直線とみなし，支持点（格納容器との溶接部）１点で固定されるものとする。また，解析モデルにおいて，検出器及び保護金具の質量は質点に集中するものとし，重心はスリーブの中心に位置することから，質点はスリーブの中心に設置する。

機器の諸元を表 4-1，部材の機器要目を表 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

(2)　図 4-1 中の ◓ は検出器及び保持金具の質点を示し，m_aは□kg である。

(3)　図 4-1 中の ━ はスリーブを，● は格納容器との溶接部を示す。

(4)　拘束条件として，溶接部は原子炉格納容器の剛性を模擬したばねでＸＹＺ方向を固定されるものとする。

(5)　解析コードは，「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，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

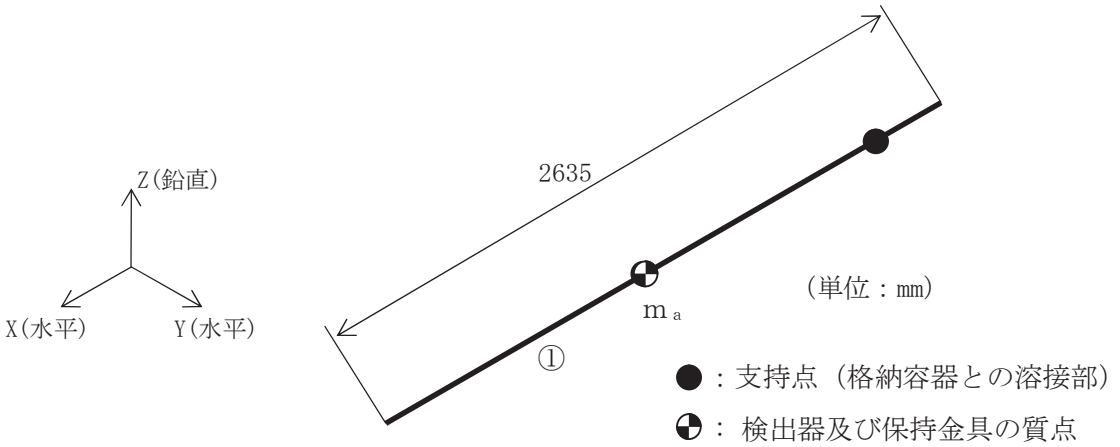


表 4-1　格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）機器諸元

項目	記号	単位	
材質	－	－	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	

表 4-2　部材の機器要目

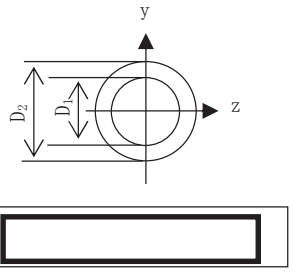
材料		
対象要素	①	
A （mm^2）		
I_y （mm^4）		
I_z （mm^4）		
I_p （mm^4）		
Z_y （mm^3）		
Z_z （mm^3）		
Z_p （mm^3）		
断面形状 （mm）		

図 4-1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の固有値解析の結果を表 4-3 に示す。固有値解析の結果，X方向（スリーブの長手方向）については固有周期が 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表4-3　固有値解析結果

モード	固有周期（s）	卓越方向	刺激係数		
			X方向	Y方向	Z方向
1次		水平	0.000	0.439	0.000
2次		鉛直	0.000	0.000	0.438
3次		水平	0.529	0.000	0.000

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)　格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）は取付ボルトにより格納容器貫通部のスリーブにより固定されているため，取付ボルトについて評価を行う。

(2)　評価対象の取付ボルトで固定している保持金具によりスリーブの半径方向は固定されており，取付ボルトに対するせん断力は生じないことから，評価はスリーブの長手方向に発生する引張力について行う。

(3)　評価を行うスリーブの長手方向は固有値解析の結果，剛であることを確認していることから，静的解析により評価を行う。

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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の許容応力を表 5-3 に示す。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊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	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	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 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	192	373	—

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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	185	373	—

5.3　設計用地震力

「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，添付書類「Ⅴ-2-3-2　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格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。評価に用いる設計用地震力を表 5-6，表 5-7 に示す。なお，固有周期及び設計用震度については，水平方向には評価を行う格納容器貫通部スリーブの長手方向の値を記載し，鉛直方向については評価を行わないため，記載を省略する。

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
EL. 24. 80 (EL. 27. 43*1)			C_H=0. 88	－*3	C_H=1. 61	－*3
EL. 24. 00 (EL. 24. 42*1)			C_H=0. 88	－*3	C_H=1. 54	－*3

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。

＊3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

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
EL. 24. 80 (EL. 27. 43*1)			－	－	C_H=1. 61	－*3
EL. 24. 00 (EL. 24. 42*1)			－	－	C_H=1. 54	－*3

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。

＊3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　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生じる引張力について計算する。引張力は固有値解析において剛であることを確認した格納容器貫通部スリーブの長手方向に発生することから，引張力の計算は静的解析とする。なお，せん断力は格納容器貫通部のスリーブ及び保持金具により固定されており，取付ボルトに対するせん断力は生じないことから計算しない。

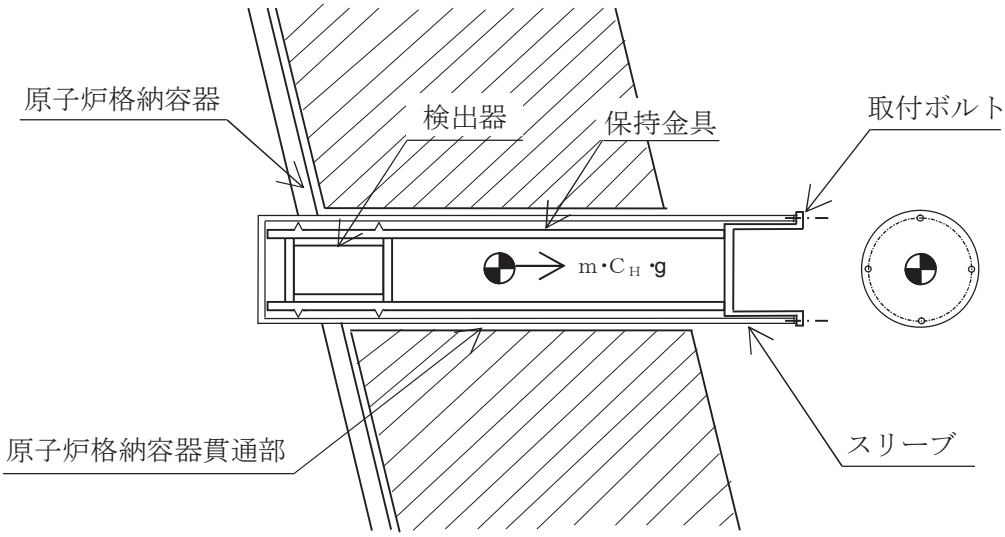


図5-1　計算モデル

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は，図5-1で示すように取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

引張力（F_b）

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot g}{n} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

5.5　計算条件

5.5.1　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【格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の耐震性についての計算結果】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

5.5.1項で求めたボルトの引張応力σ_bは許容引張応力f_{to}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「V-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）の機能確認済加速度は，添付書類「V-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気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　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）（D23-N003A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		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	
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	S	EL. 24.80 (EL. 27.43*1)			C_H=0.88	－*3	C_H=1.61	－*3	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。
＊3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）

部材	m (kg)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト				192	373	192	231

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	
	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		

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	[redacted]	引張り	σ_b=2	f_{to}=144	σ_b=4	f_{to}=173

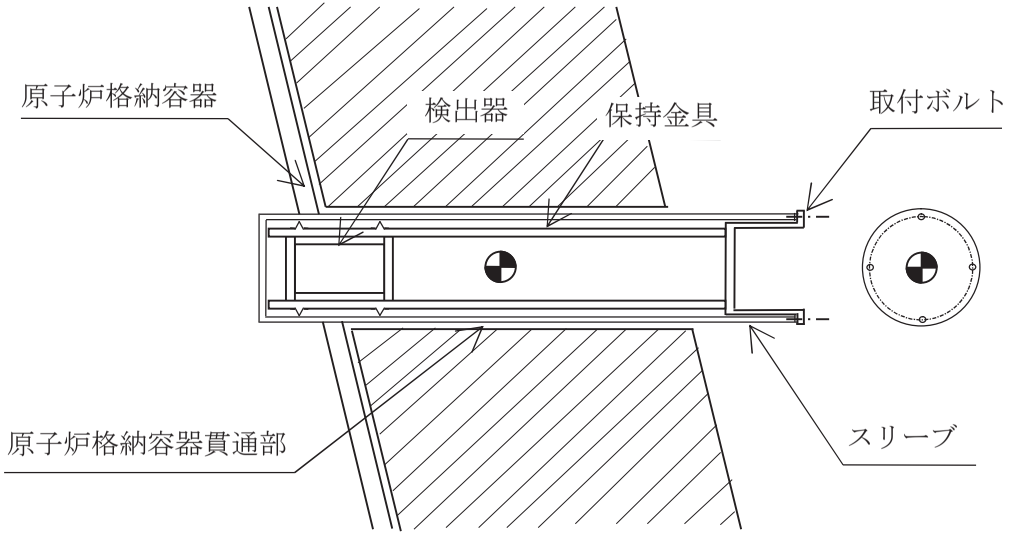
すべて許容応力以下である。

1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s²）

		評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	水平方向	1.31	[redacted]
	鉛直方向	4.42	

注記　＊：評価用加速度は格納容器貫通部の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれかの大きい値。



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	
格納容器雰囲気放射線モニタ (D／W)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 24.80 (EL. 27.43*1)			－	－	C_H＝1.61	－*3	

注記　*1：基準床レベルを示す。
*2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。
*3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D／W)

部材	m (kg)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト				185	373	222

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	
	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		

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
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_b＝4	f_{to}＝166

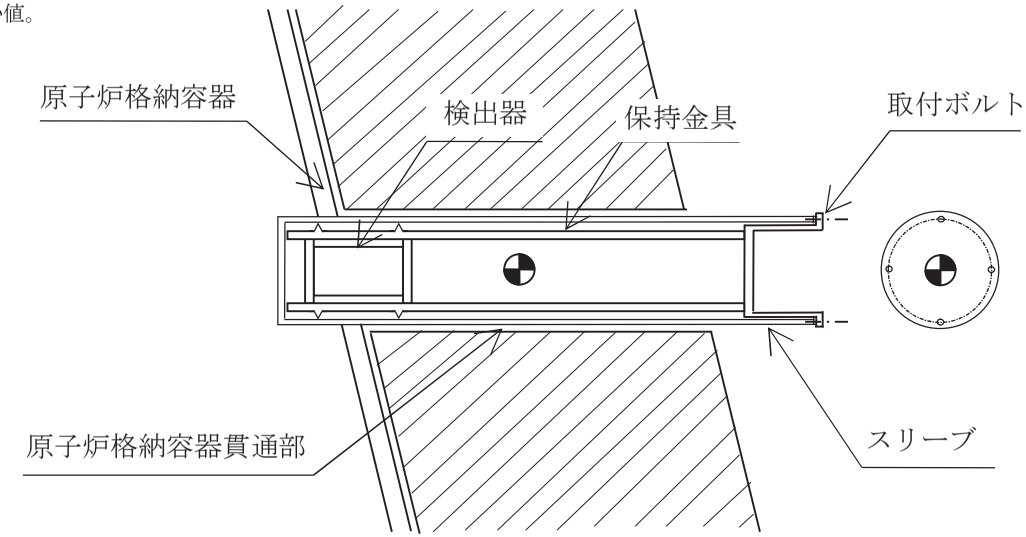
すべて許容応力以下である。

2.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	水平方向	1.31	[redacted]
	鉛直方向	4.42	

注記　＊：評価用加速度は格納容器貫通部の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれかの大きい値。



【格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）（D23-N003B）の耐震性についての計算結果】

3. 設計基準対象施設

3.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	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	
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	S	EL. 24. 00 (EL. 24. 42*1)			C_H=0. 88	－*3	C_H=1. 54	－*3	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。
＊3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

3.2 機器要目

3.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）

部材	m (kg)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト				192	373	192	231

3.3 計算数値

3.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b	
	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		

3.4 結　論

3.4.1 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		引張り	σ_b＝2	f_{to}＝144	σ_b＝4	f_{to}＝173

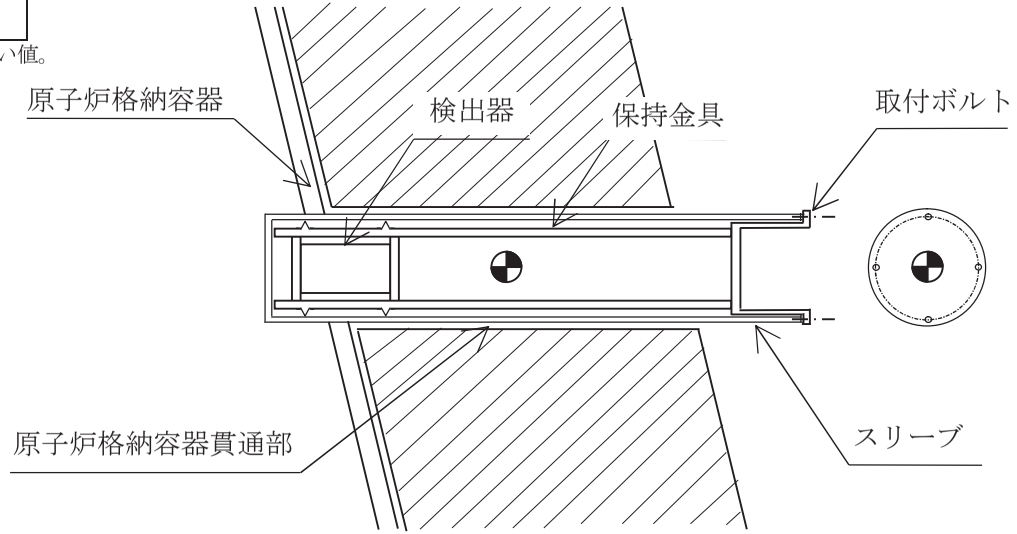
すべて許容応力以下である。

3.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	水平方向	1.13	
	鉛直方向	4.25	

注記　＊：評価用加速度は格納容器貫通部の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれかの大きい値。



4. 重大事故等対処設備

4.1 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	
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 24. 00 (EL. 24. 42*1)			－	－	C_H＝1. 54	－*3	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：格納容器貫通部スリーブの長手方向の固有周期を記載する。
＊3：せん断力の評価を行わないため，記載を省略する。

4.2 機器要目

4.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）(D23-N003B)

部材	m (kg)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト				185	373	222

4.3 計算数値

4.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b	
	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	－	

4.4 結　論

4.4.1　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	[redacted]	引張り	－	－	σ_b＝4	f_{to}＝166

すべて許容応力以下である。

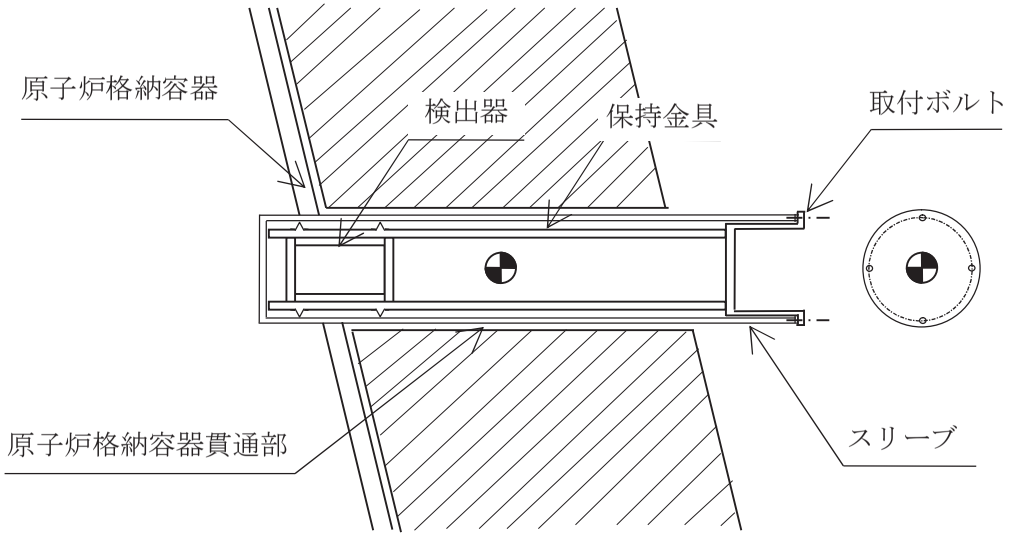
4.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	水平方向	1.13	[redacted]
	鉛直方向	4.25	

注記

＊：評価用加速度は格納容器貫通部の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれかの大きい値。



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

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 4
2.4 記号の説明 ····· 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 7
3. 評価部位 ····· 8
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 ····· 11
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 ····· 19
5.6 応力の評価 ····· 19
6. 機能維持評価 ····· 20
6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 20
7. 評価結果 ····· 21
7.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 21
7.2 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，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

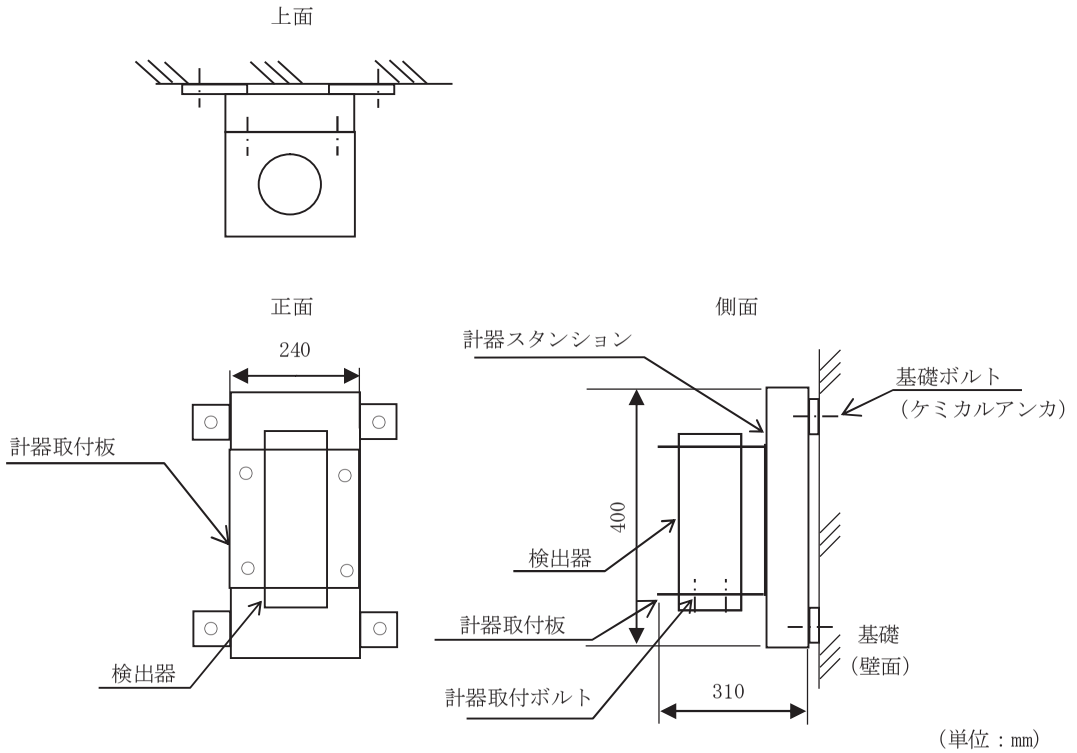
格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

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

2.2　評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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，格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

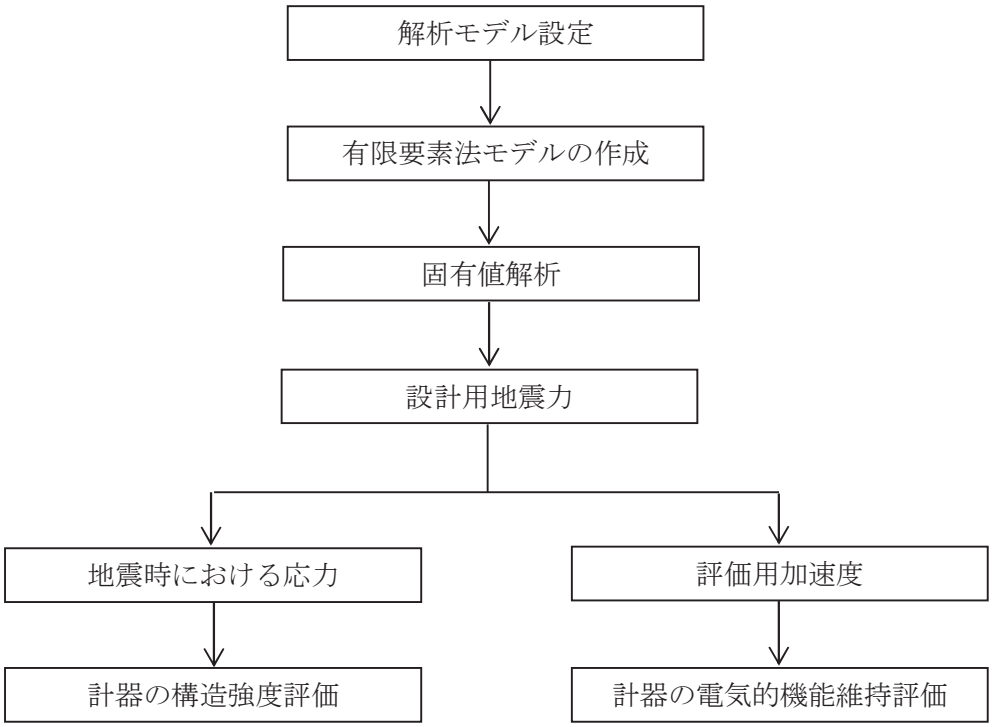


図 2-1　格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版(日本電気協会)

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
A	計器スタンションの断面積	mm^2
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-3131　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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）（壁掛形）	N
F_{b2}	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本当たり）（壁掛形）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値又はf_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値又はf_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_2	取付面から重心までの距離（壁掛形）	mm
I_p	計器スタンションの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	計器スタンションの断面二次モーメント（ｙ軸）	mm^4
I_z	計器スタンションの断面二次モーメント（ｚ軸）	mm^4
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離（壁掛形）	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離（壁掛形）	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離（壁掛形）	mm
m	検出器及び計器スタンションの総質量	kg
m_a	検出器の質量	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	―
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	―
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	―
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
Z_p	計器スタンションのねじり断面係数	mm^3
Z_y	計器スタンションの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	計器スタンションの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	－
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

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2-2に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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。格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の固有値解析方法を「4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

4.2　解析モデル及び諸元

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。計器スタンションは長方形に組んだ鋼材で原子炉建屋の壁面に 4 箇所で固定されることから，解析モデルにおいて，①～④の部材で組んだ長方形とみなし，支持点（計器スタンション基礎部）4 点で固定されるものとする。また，解析モデルにおいて，検出器の質量は質点に集中するものとし，質点は検出器の取付位置に設置する。機器の諸元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。また，部材の機器要目を表 4-3 に示す。

(1)　図 4-1 中○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

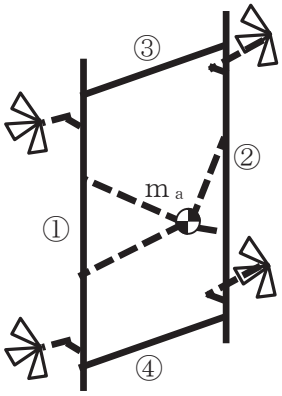
(2)　図 4-1 中の ◓ は検出器質点を示し，m_a は [redacted] kg である。

(3)　図 4-1 中の ━━ は計器スタンション，╍╍ は仮想鋼材，  は支持点（計器スタンション基礎部）を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



（単位：mm）

：支持点（計器スタンション基礎部）

：検出器質点

図 4-1　解析モデル

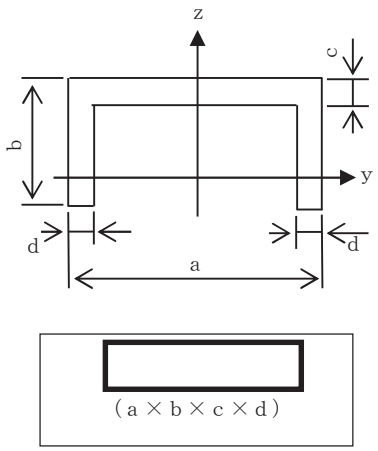
表 4-1　機器諸元（設計基準対象施設）

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表4-2　機器諸元（重大事故等対処設備）

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 4-3　部材の機器要目

材料	
対象要素	①-④
A （mm^2）	
I_y （mm^4）	
I_z （mm^4）	
I_p （mm^4）	
Z_y （mm^3）	
Z_z （mm^3）	
Z_p （mm^3）	
断面形状（mm）	

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果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。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表4-4　固有値解析結果（設計基準対象施設）

モード	固有周期（s）	卓越方向
1次	[redacted]	水平

表4-5　固有値解析結果（重大事故等対処設備）

モード	固有周期（s）	卓越方向
1次	[redacted]	水平

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，格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）に対して，水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ（S／C）	S	―*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ（S／C）	常設耐震／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
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 5-4　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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	－

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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	207	373	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6，表 5-7 に示す。

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
EL. 2.00 (EL. 3.79*1)			0.63*1	0.49*1	C_H＝1.01	C_V＝0.93

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

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
EL. 2.00 (EL. 3.79*1)			－	－	C_H＝1.01	C_V＝0.93

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

5.4　計算方法

5.4.1　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。

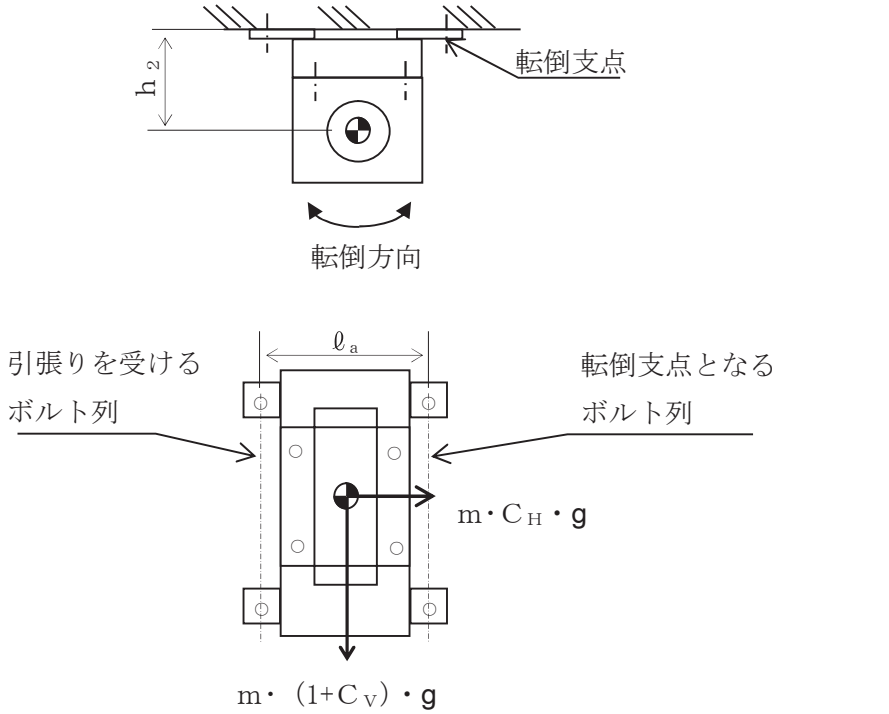


図5-1（1）　計算モデル

（壁掛型　水平方向転倒の場合）

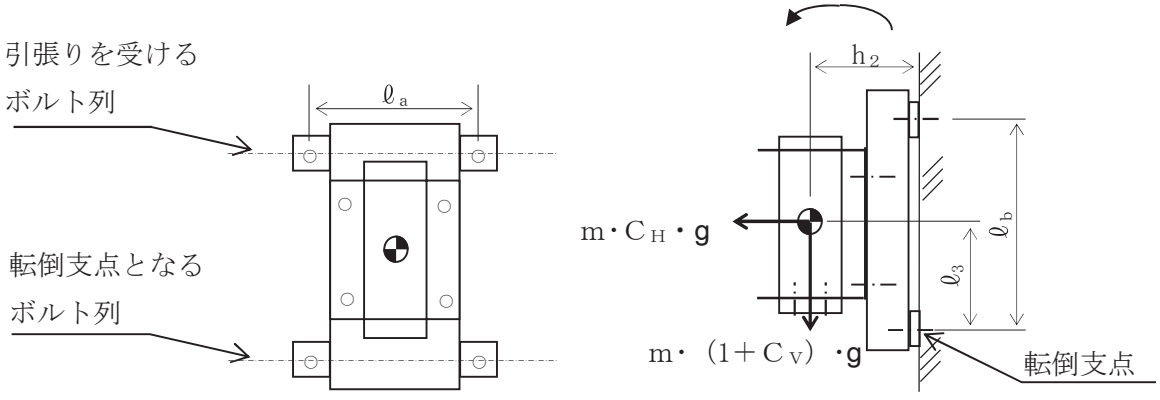


図5-1（2）　計算モデル

（壁掛型　鉛直方向転倒の場合）

(1) 引張応力

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

引張力（F_b）

計算モデル図5-1（1）の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1)$$

計算モデル図5-1（2）の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \quad \cdots\cdots (5.4.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \quad \cdots\cdots (5.4.1.3)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots (5.4.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_{b1}=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots (5.4.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot g\cdot(1+C_V) \quad \cdots\cdots (5.4.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.8)$$

せん断応力（τ_b）

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.9)$$

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【格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）	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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気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

格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機　器　名　称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$		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	
格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）	Ｓ	EL. 2.00 (EL. 3.79*1)			C_H＝0.63	C_V＝0.49	C_H＝.01	C_V＝0.93	

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2　機器要目

1.2.1　格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）

部　　材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部　　材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度	基準地震動Ｓ$_s$
基礎ボルト	234	385	234	270	水平方向	水平方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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$_s$	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		引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=140^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=108$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

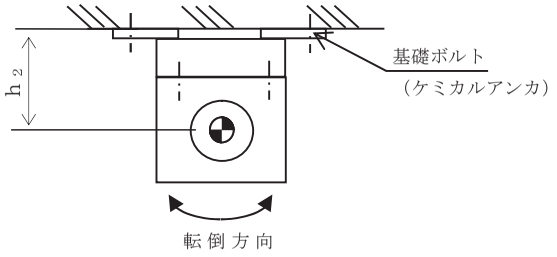
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$より算出

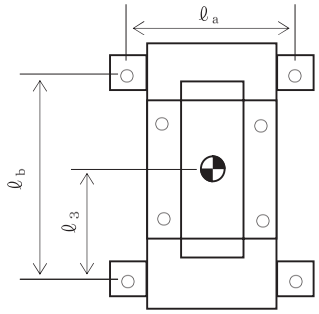
1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

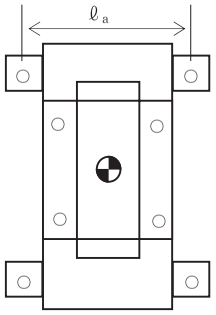
		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ（S／C）	水平方向	0.84	
	鉛直方向	0.78	

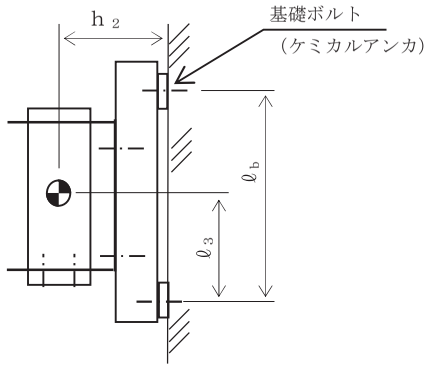
評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





正面（水平方向）





側面（鉛直方向）

【格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　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 (℃)
			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	
格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 2.00 (EL. 3.79*1)			－	－	C_H=1.01	C_V=0.93	

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

2.2　機器要目

2.2.1　格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ）

部　　材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト									

部　　材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 Ｓ$_d$又は静的震度	基準地震動 Ｓ$_s$
基礎ボルト	207	373	－	249	－	水平方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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$_s$	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								

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	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=149$*
		せん断	－	－	$\tau_b=2$	$f_{sb}=115$

すべて許容応力以下である。

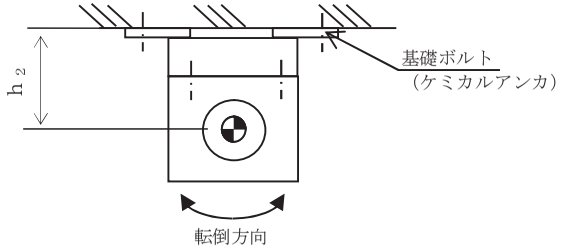
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$より算出

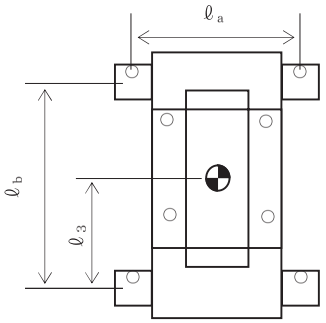
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

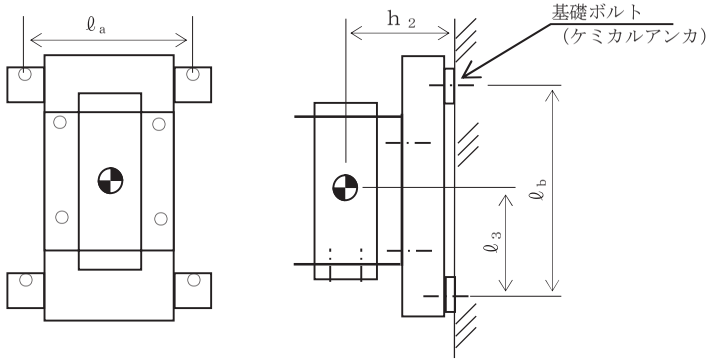
		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ（S／C）	水平方向	0.84	[redacted]
	鉛直方向	0.78	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-8-2-4　原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの

耐震性についての計算書

目次

1. 概要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
3. 固有周期 …… 4
3.1 固有周期の算出方法 …… 4
4. 構造強度評価 …… 5
4.1 構造強度評価方法 …… 5
4.2 荷重の組み合わせ及び許容応力 …… 5
5. 機能維持評価 …… 9
5.1 電気的機能維持評価方法 …… 9
6. 評価結果 …… 10
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 …… 10

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造計画を表 2-1，表 2-2 に示す。

表 2-1　構造計画

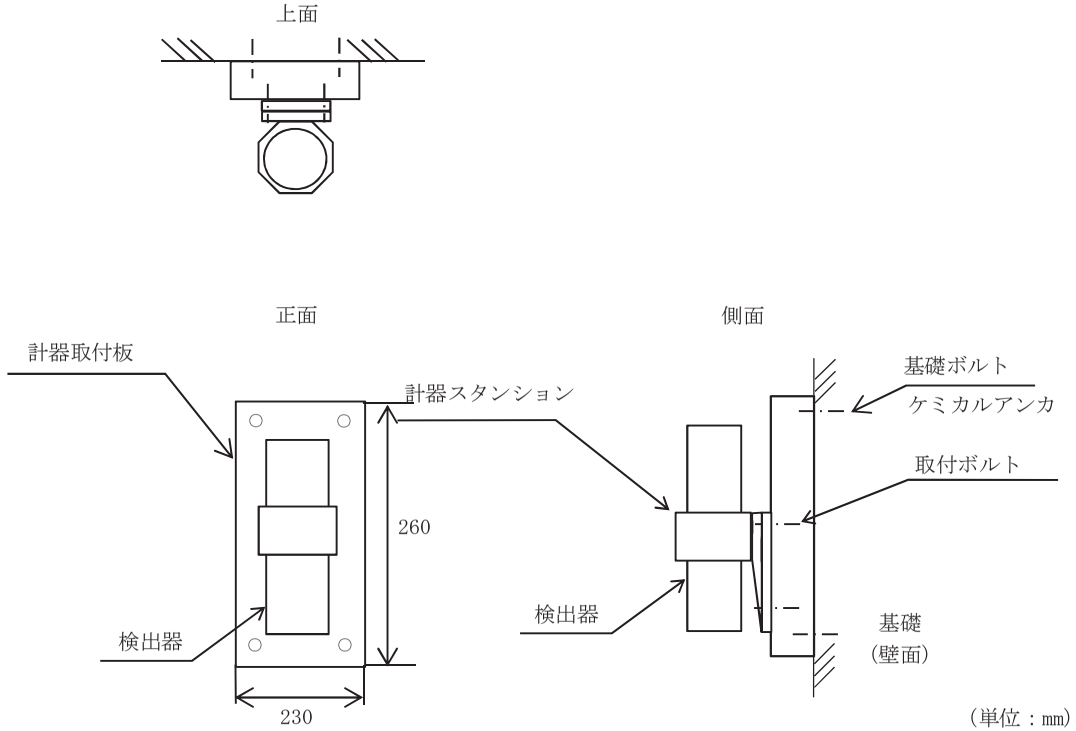
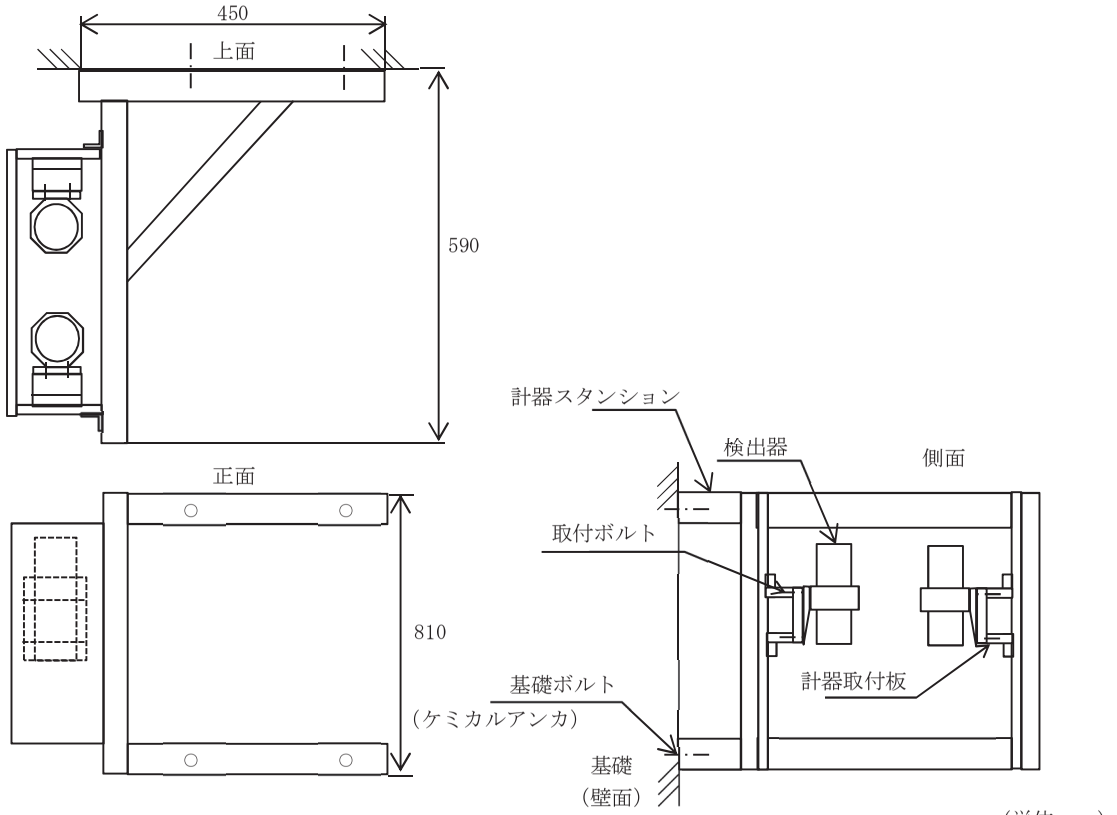
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は,計器スタンションに固定され,取付ボルトにより計器取付板に固定される。 計器取付板は,基礎に基礎ボルトで設置する。	半導体検出器	【RE-D17-N300A, B, C, D】 

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	
検出器は,計器取付板に取付ボルトにより固定され,計器取付板は計器スタンションに固定される。 計器スタンションは,基礎に基礎ボルトで設置する。	半導体検出器	【RE-D17-N009A, B, C, D】



3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は0.05秒以下であり剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

対象計器	水平方向	鉛直方向
RE-D17-N300A		
RE-D17-N300B		
RE-D17-N300C		
RE-D17-N300D		
RE-D17-N009A,B		
RE-D17-N009C,D		

注記　＊：鉛直方向については，剛構造とみなす。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造は壁掛形計器スタンションであるため,構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ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 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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

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　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト (RE-D17-N300A, B, C, D)			245	400	－
基礎ボルト (RE-D17-N009A, B, C, D)			205	520	－

＊：新 JIS における SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

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

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの機能確認済加速度には，同型式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ	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

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ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，設計地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果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。

【原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ（RE-D17-N300A，B，C，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計地震動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	
原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ	S	EL. 46. 50 (EL. 57. 00*1)			C_H＝1. 23	C_V＝0. 94	C_H＝2. 09	C_V＝1. 77	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：鉛直方向は剛構造とみなす

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	245	280	水平方向	水平方向

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		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

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	[redacted]	引張り	σ_b=1	f_{ts}=147*	σ_b=2	f_{ts}=168*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=113	τ_b=1	f_{sb}=129

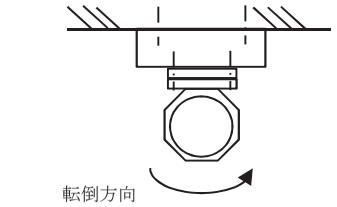
すべて許容応力以下である。

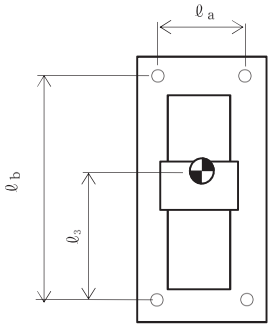
注記＊：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s^2)

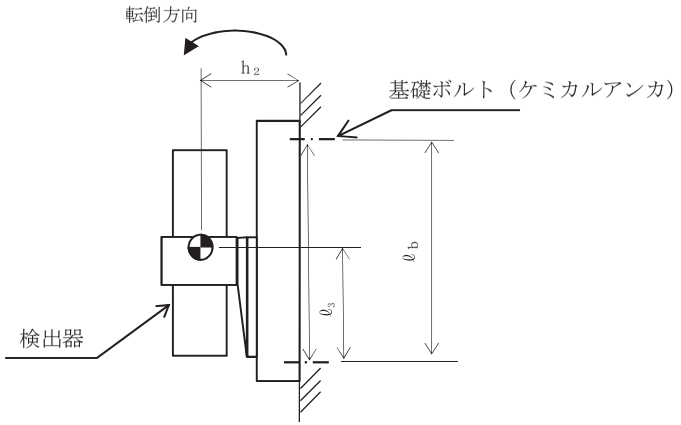
		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	水平方向	1.74	[redacted]
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

【原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ（RE-D17-N009A，B，C，D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計地震動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	
原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ	S	EL. 23.00 (EL. 29.00*1)			C_H＝0.79	C_V＝0.62	C_H＝1.55	C_V＝1.17	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	205	520	205	246	鉛直方向	鉛直方向

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		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

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		引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=123^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=147^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=94$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=113$

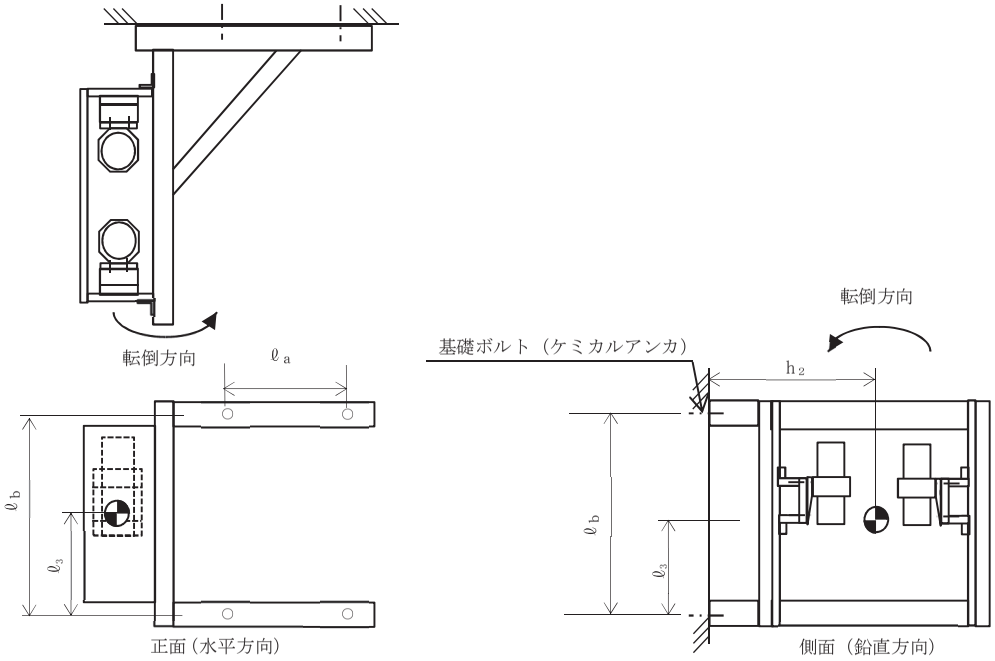
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能維持の評価結果　　(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である



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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
3. 固有周期 3
3.1 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 3
4.2.2 許容応力 3
4.2.3 使用材料の許容応力 3
5. 機能維持評価 6
5.1 電気的機能維持評価方法 6
6. 評価結果 7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 7

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

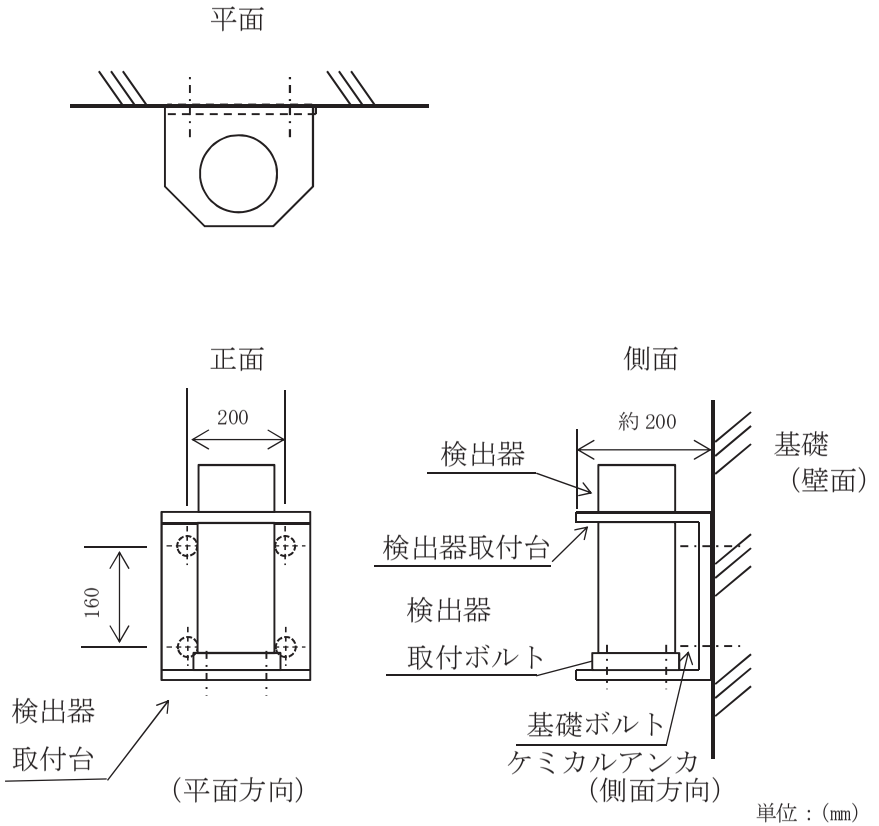
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。 検出器取付台は，基礎に基礎ボルトで設置する。	電離箱	 平面 正面 200 160 検出器 取付台 （平面方向） 側面 約 200 検出器 検出器取付台 検出器 取付ボルト 基礎 （壁面） 基礎ボルト ケミカルアンカ （側面方向） 単位：（mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定した。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の構造は検出器取付台であり，壁掛形計器スタンションと類似するため，構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，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

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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。

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
放射線管理施設	フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_S$*3	$Ⅳ_AS$
				$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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，評価計算の記載を省略する。

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（ボルト等）*1*2	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊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（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の電気的機能維持評価について，以下に示す。電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度には，同型式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	水平	[redacted]
	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

フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20 (EL. 14.00*)			—	—	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	—	280	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）に作用する力

（単位：N）

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		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	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 フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）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		引張り	－	－	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

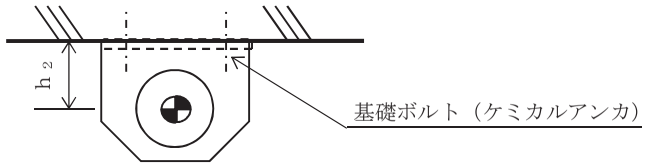
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

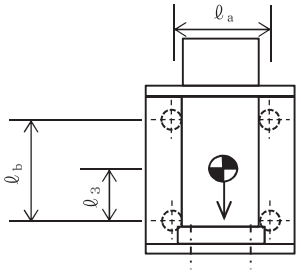
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ（低レンジ）	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

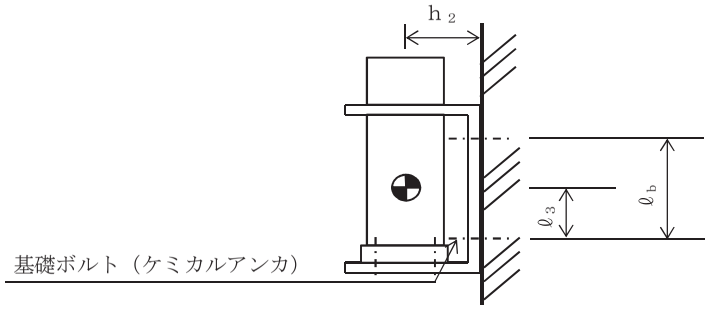
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。







正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

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

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
3. 固有周期 3
3.1 固有周期の算出方法 3
4. 構造強度評価 3
4.1 構造強度評価方法 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
5. 機能維持評価 6
5.1 電気的機能維持評価方法 6
6. 評価結果 7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 7

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，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。

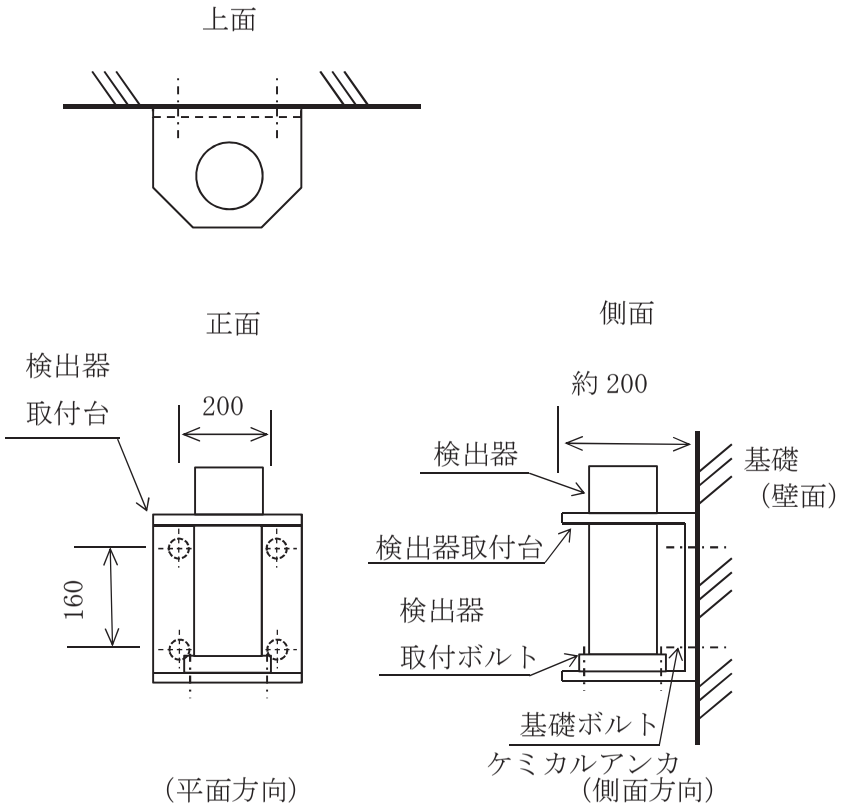
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。 検出器取付台は，基礎に基礎ボルトで設置する。	電離箱	

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の構造は検出器取付台であり，壁掛形計器スタンションと類似するため，構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，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

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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。

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
放射線管理施設	フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
				$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊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，評価計算の記載を省略する。

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（ボルト等）*1*2	
	一次応力	
	引張り	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（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	392	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の電気的機能維持評価について，以下に示す。電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度には，同型式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）（RE-SA14-N500）	水平	
	鉛直	
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）（RE-SA14-N502）	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

フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）（RE-SA14-N500）の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20 (EL. 14.00*)			—	—	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	—	280	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）に作用する力

（単位：N）

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		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	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 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）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		引張り	－	－	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

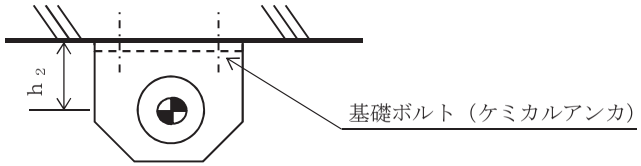
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

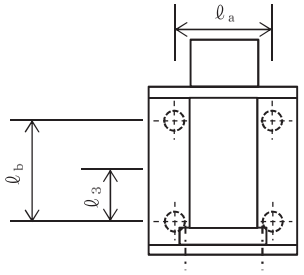
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

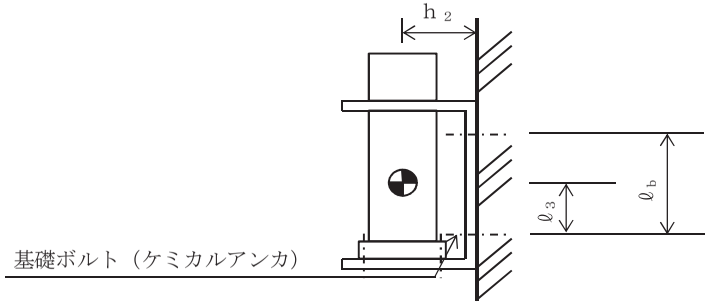
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。







正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

【フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）（RE-SA14-N502）の耐震性についての評価結果】

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	
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 23.70 (EL. 29.00*)			—	—	C_H=1.55	C_V=1.17	

注記 ＊：基準レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	245	400	—	280	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）に作用する力

（単位：N）

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		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	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 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）（RE-SA14-N502）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		引張り	－	－	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

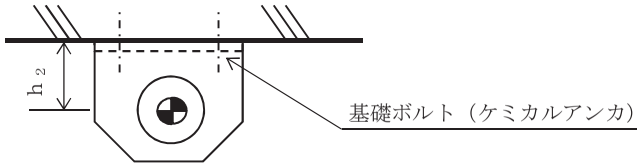
注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

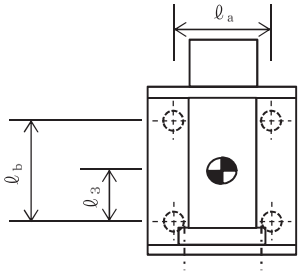
（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ）	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.98	

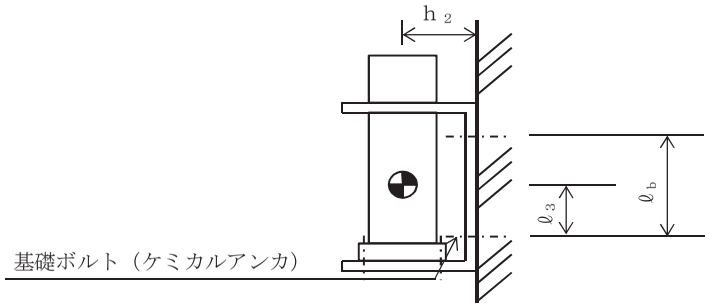
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。







正面（水平方向）



側面（鉛直方向）

Ⅴ-2-8-2-7　耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 4
2.4 記号の説明 ····· 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3. 評価部位 ····· 7
4. 固有周期 ····· 7
4.1 固有値解析方法 ····· 7
4.2 解析モデル及び諸元 ····· 7
4.3 固有値解析結果 ····· 10
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 ····· 18
6. 機能維持評価 ····· 19
6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 19
7. 評価結果 ····· 20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 20

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，耐圧強化ベント系放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

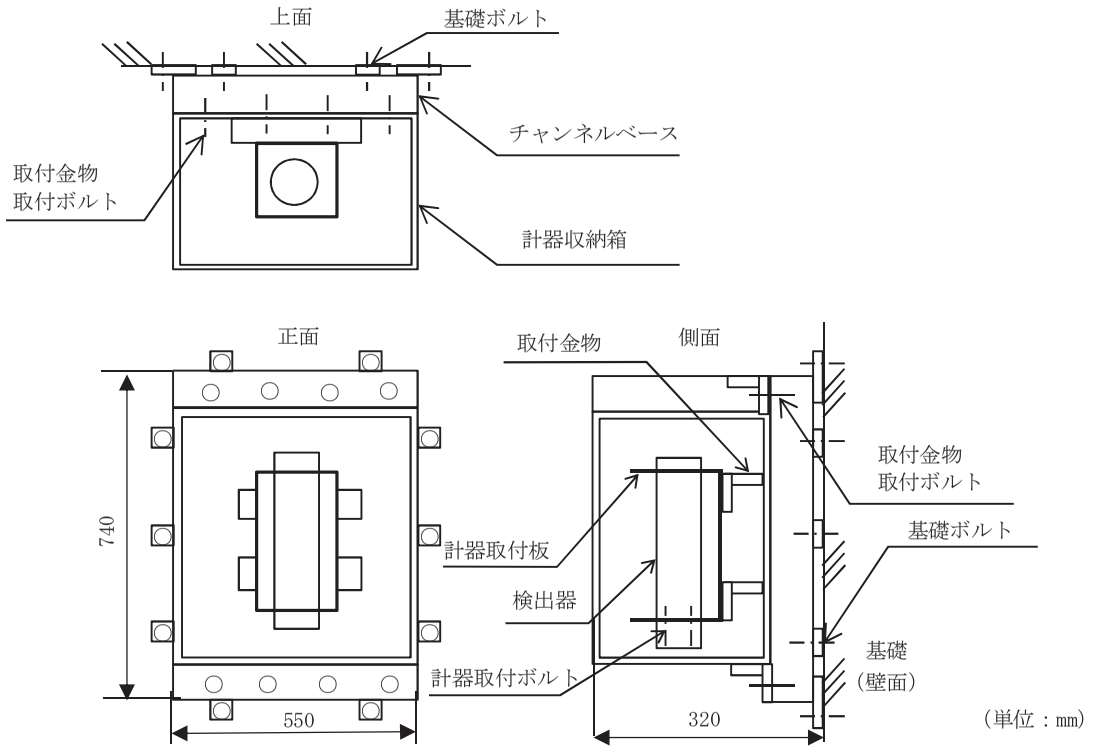
耐圧強化ベント系放射線モニタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての分類に応じた構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

耐圧強化ベント系放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付金物に取り付けられた計器取付板に固定され，取付金物は取付金物取付ボルトによりチャンネルベースに固定される。 チャンネルベースは，基礎に基礎ボルトで設置する。	電離箱	

2.2　評価方針

耐圧強化ベント系放射線モニタの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針 3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1 構造計画」にて示す耐圧強化ベント系放射線モニタの部位を踏まえ「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，耐圧強化ベント系放射線モニタの機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

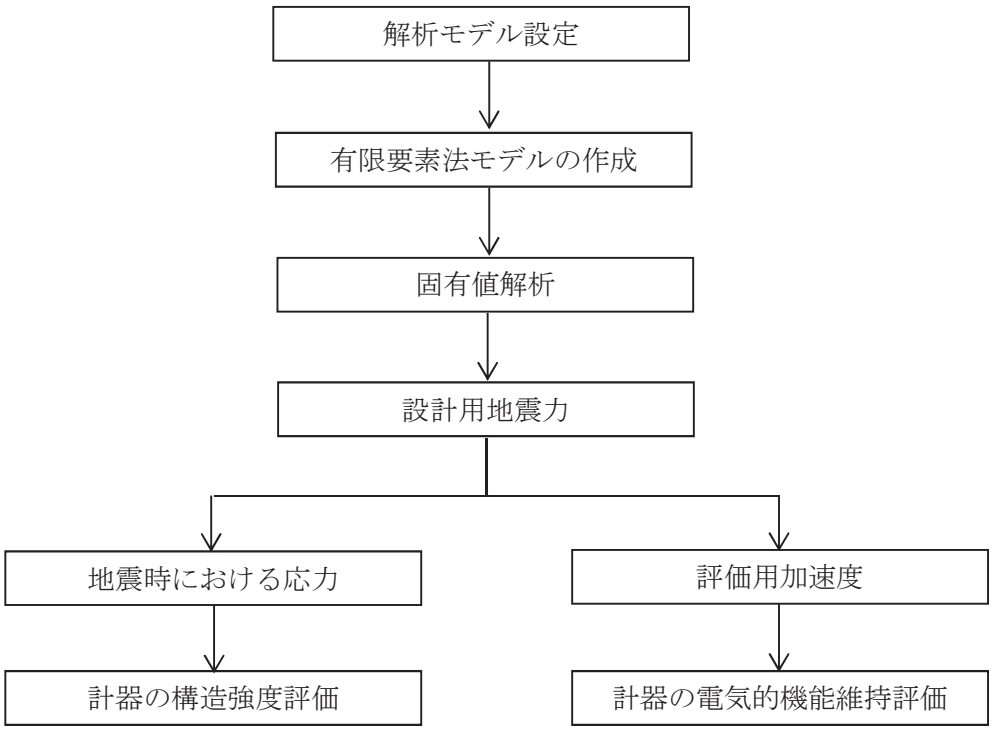


図 2-1　耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記 号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
A	計器収納箱及びチャンネルベースの断面積	mm^2
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
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 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本当たり）	N
F_{b1}	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本当たり）（壁掛形）	N
F_{b2}	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本当たり）（壁掛形）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	mm
I_p	計器収納箱及びチャンネルベースの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	計器収納箱及びチャンネルベースの断面二次モーメント（ｙ軸）	mm^4
I_z	計器収納箱及びチャンネルベースの断面二次モーメント（ｚ軸）	mm^4
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	検出器，計器収納箱及びチャンネルベースの総質量	kg
m_a	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	－
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	－
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part５　表8に定める値	MPa

記号	記　　号　　の　　説　　明	単 位
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
Z_p	計器収納箱及びチャンネルベースのねじり断面係数	mm^3
Z_y	計器収納箱及びチャンネルベースの断面係数（ｙ軸）	mm^3
Z_z	計器収納箱及びチャンネルベースの断面係数（ｚ軸）	mm^3
ν	ポアソン比	－
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

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2-2に示すとおりとする。

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
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	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の場合は，小数点以下表示とする。

＊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

耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価は，「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部について実施する。耐圧強化ベント系放射線モニタ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

耐圧強化ベント系放射線モニタの固有値解析方法を「4.2　解析モデル及び諸元」に示す。

4.2　解析モデル及び諸元

耐圧強化ベント系放射線モニタの解析モデルを 3 次元はりモデルとして図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。計器収納箱は箱型で検出器を覆うように取り付けられることから，解析モデルにおいて，⑤～⑱の部材で組んだ直方体とみなす。また，チャンネルベースは長方形に組んだ鋼材で原子炉建屋の壁面に 10 箇所で固定されることから，解析モデルにおいて，①～④の部材で組んだ長方形とみなし，支持点（チャンネルベース基礎部））10 点で固定されるものとする。解析モデルにおいて，検出器の質量は質点m_aに集中するものとし，質点m_aは保守的に検出器の取付位置の上部に設置する。また，解析モデルにおいて，計器収納箱の質量は 5 箇所の質点m_bに分散されるものとし，質点m_bは保守的に計器収納箱の上部に設置する。機器の諸元を表 4-1，部材の機器要目を表 4-2 に示す。

(1)　図 4-1 中の○内の数字は部材番号（要素番号）を示す。

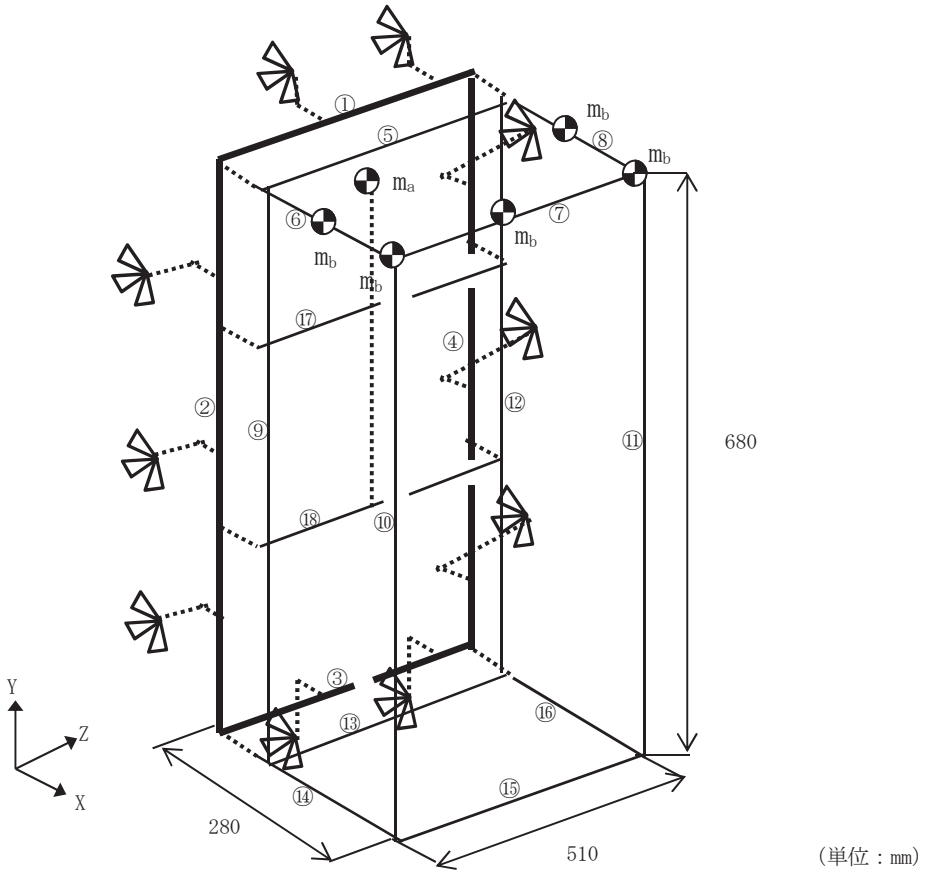
(2)　図 4-1 中の ◓ は検出器の質点m_a及び計器収納箱の質点m_bを示し，質点m_bについては 5 箇所に分散している。なお，質点m_aの質量は□kg，質点m_bの質量は 1 個あたり□kg で 5 箇所を合計すると□kg である。

(3)　図 4-1 中の ━━ は計器収納箱及びチャンネルベース，┅┅は仮想鋼材，  は支持点(チャンネルベース基礎部)を示す。

(4)　拘束条件として，基礎部のＸＹＺ方向を固定する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」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，添付書類「Ⅴ-5-4　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＨＩＳＡＰ及びＮＳＡＦＥ」に示す。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。



：支持点(チャンネルベース基礎部)

：検出器及び計器収納箱の質点

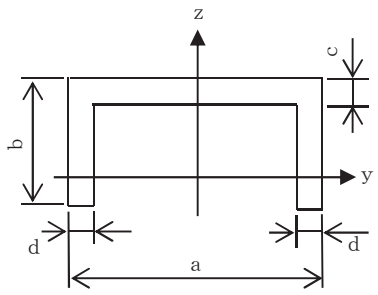
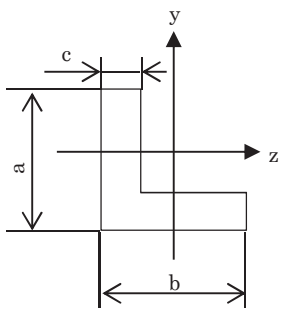
図 4-1　解析モデル

表4-1　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	
質量	m_a	kg	
	m_b		
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	

注記＊：（）内は合計質量を示す。

表 4-2　部材の機器要目

材料		
対象要素	①－④	⑤－⑱
A （mm^2）		
I_y （mm^4）		
I_z （mm^4）		
I_p （mm^4）		
Z_y （mm^3）		
Z_z （mm^3）		
Z_p （mm^3）		
断面形状（mm）	 （a × b × c × d）	 （a× b × c）

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 に示す。

１次モードは鉛直方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，水平方向は２次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表4-3　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向
１次	[redacted]	鉛直

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，耐圧強化ベント系放射線モニタに対して，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

耐圧強化ベント系放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2　許容応力

耐圧強化ベント系放射線モニタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-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

耐圧強化ベント系放射線モニタ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	放射線管理用計測装置	耐圧強化ベント系放射線モニタ	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$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	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－

5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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
EL. 38.80 (EL. 46.50*1)			－	－	C_H=1.74	C_V=1.52

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

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。

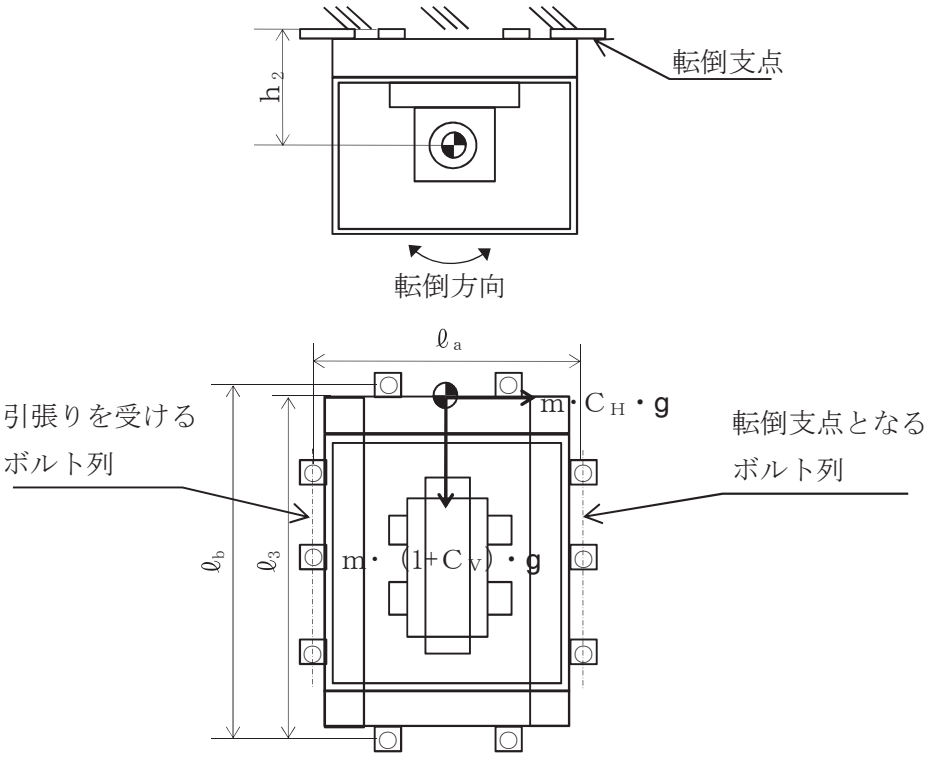


図5-1(1)　計算モデル

（壁掛型　水平方向転倒の場合）

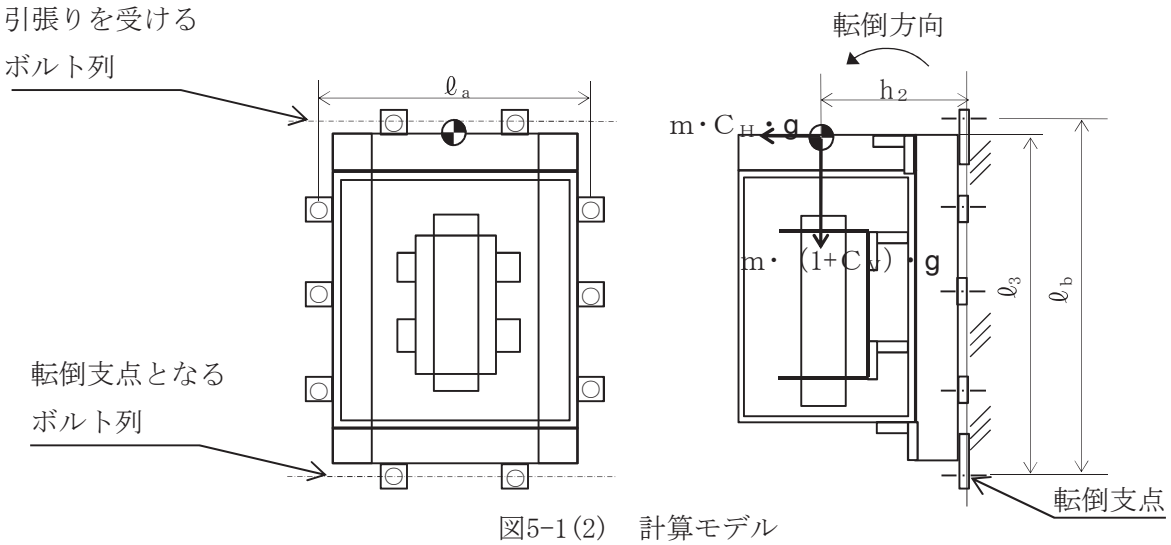


図5-1(2)　計算モデル

（壁掛型　鉛直方向転倒の場合）

(1)　引張応力

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

引張力（F_b）

計算モデル図5-1 (1)の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{fH}\cdot \ell_a}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1 (2)の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{fV}\cdot \ell_b}\right) \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},\ F_{b2}) \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力（σ_b）

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_{b1}=m\cdot g\cdot C_H \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot g\cdot(1+C_V) \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力（τ_b）

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

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【耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

耐圧強化ベント系放射線モニタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

耐圧強化ベント系放射線モニタの機能確認済加速度は，添付書類「Ⅴ-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気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 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系 放射線モニタ	水平	□
	鉛直	□

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設備としての評価結果

耐圧強化ベント系放射線モニタ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震性についての計算結果】

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	
耐圧強化ベント系放射線モニタ	常設耐震／防止	EL. 38.80 (EL. 46.50*1)			－	－	C_H＝1.74	C_V＝1.52	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 耐圧強化ベント系放射線モニタ

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm^2)	n	n_{fV}	n_{fH}
基礎ボルト								2	3

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	205	520	－	246	－	鉛直方向

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		F_{b1}		F_{b2}		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	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		引張り	－	－	σ_b=14	f_{ts}=147*
		せん断	－	－	τ_b=4	f_{sb}=113

すべて許容応力以下である。

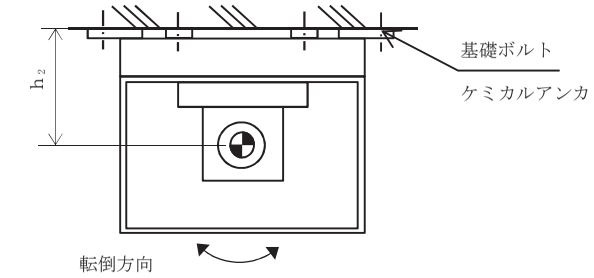
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

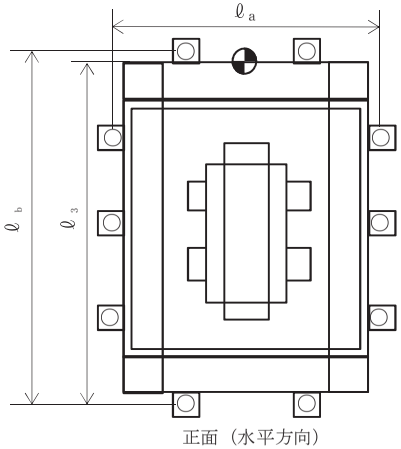
1.4.2　電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

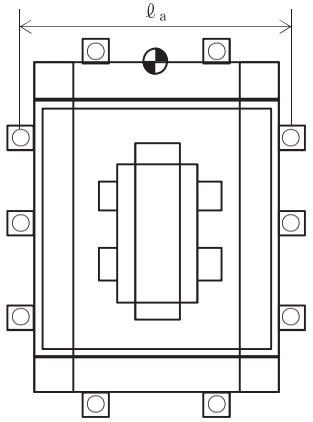
		評価用加速度	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系放射線モニタ	水平方向	1.46	
	鉛直方向	1.00	

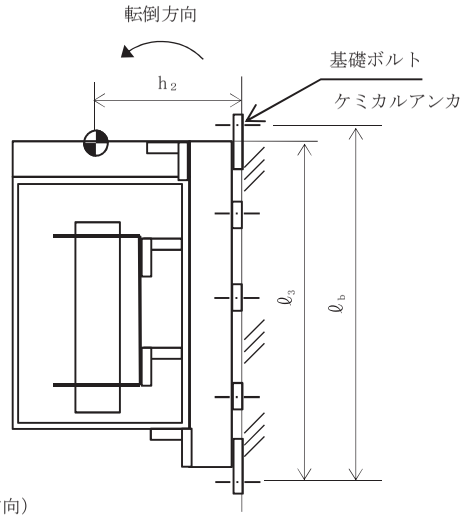
評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





正面（水平方向）





側面（鉛直方向）

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

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
3.　評価部位 ····· 3
4.　機能維持評価 ····· 4
4.1　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

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）が設計用地震力に対して十分な電気的機能を有していることを説明するものである。

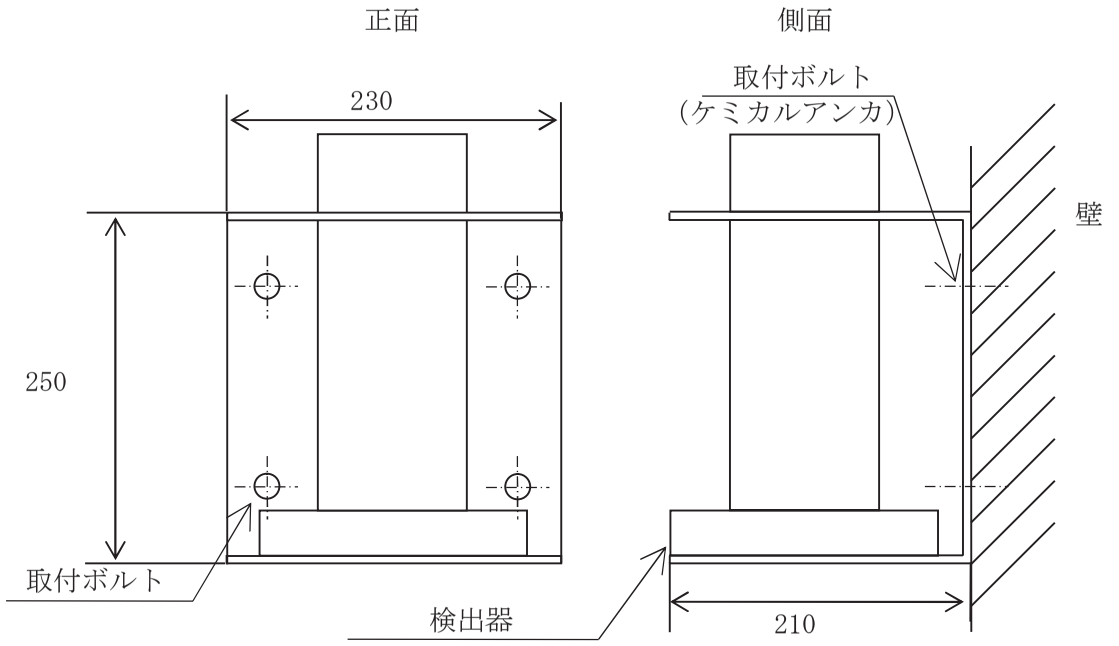
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，取付ボルトで壁に設置する。	電離箱	

(単位：mm)

2.2　評価方針

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「4.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

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

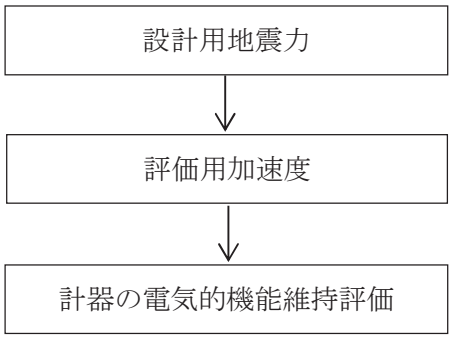


図 2-1　使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）は，原子炉建屋に直接取り付けられた取付台に固定されることから，原子炉建屋が支持している。原子炉建屋の構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-2-2　原子炉建屋の耐震性についての計算書」にて実施しているため，本計算書では，原子炉建屋の地震応答解析結果を用いた使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の電気的機能維持評価について示す。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4.　機能維持評価

4.1　評価用加速度

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）は，原子炉建屋に直接取り付けられた取付台に固定されることから，評価用加速度は，「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力として添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1　評価用加速度　　（×9.8 m/s^2）

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動Ｓ$_s$ 評価用加速度
[redacted]	[redacted] EL. 46. 50 (EL. 57. 00*)	水平	1. 74
		鉛直	1. 47

注記　＊：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度については以下に示す。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度には，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，実際の取付方法を模擬した同形式の検出器の正弦波加振試験において電気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 4-2 に示す。

表 4-2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）	水平	
	鉛直	

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電気的機能が維持されていることを確認した。

(1)　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。

【使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア 放射線モニタ（低レンジ）	水平方向	1.74	[redacted]
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
2.2 評価方針 ····· 3
2.3 適用基準 ····· 3
3. 評価部位 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 4
4.1 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

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

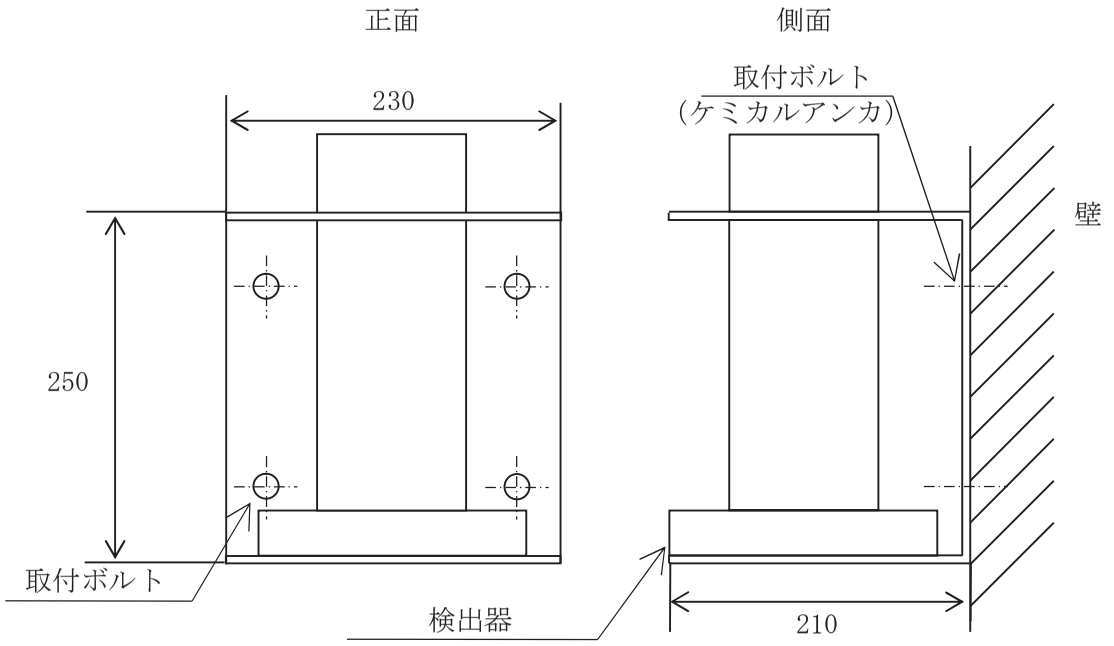
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，取付ボルトで壁に設置する。	電離箱	

(単位：mm)

2.2　評価方針

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「4.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

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

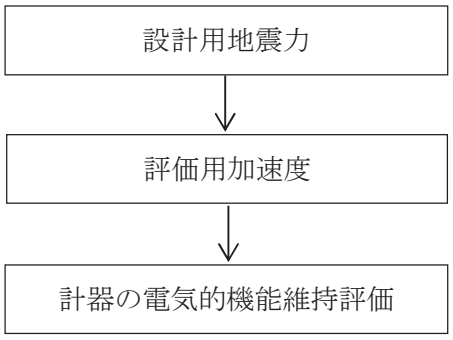


図 2-1　使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991追補版（日本電気協会）

3.　評価部位

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）は，原子炉建屋に直接取り付けられた取付台に固定されることから，原子炉建屋が支持している。原子炉建屋の構造強度評価は添付書類「Ⅴ-2-2-2　原子炉建屋の耐震性についての計算書」にて実施しているため，本計算書では，原子炉建屋の地震応答解析結果を用いた使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の電気的機能維持評価について示す。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4.　機能維持評価

4.1　評価用加速度

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）は，原子炉建屋に直接取り付けられた取付台に固定されることから，評価用加速度は，「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力として添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1　評価用加速度　　（×9.8 m/s^2）

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動Ｓ$_s$ 評価用加速度
[redacted]	[redacted] EL. 46. 50 (EL. 57. 00*)	水平	1. 74
		鉛直	1. 47

注記　＊：基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度については以下に示す。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度には，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，実際の取付方法を模擬した同形式の検出器の正弦波加振試験において電気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 4-2 に示す。

表 4-2　機能確認済加速度　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）	水平	
	鉛直	

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電気的機能が維持されていることを確認した。

(1)　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。

【使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア 放射線モニタ（高レンジ）	水平方向	1.74	[redacted]
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。