

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-732 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-9-4-3-3-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.2 設計条件	9
3.3 材料及び許容応力	18
3.4 設計用地震力	19
4. 解析結果及び評価	20
4.1 固有周期及び設計震度	20
4.2 評価結果	26
4.2.1 管の応力評価結果	26
4.2.2 支持構造物評価結果	27

1. 概要

本計算書は、「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-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき,管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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,各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として記載する。





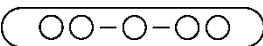
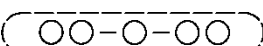

(2) 支持装置

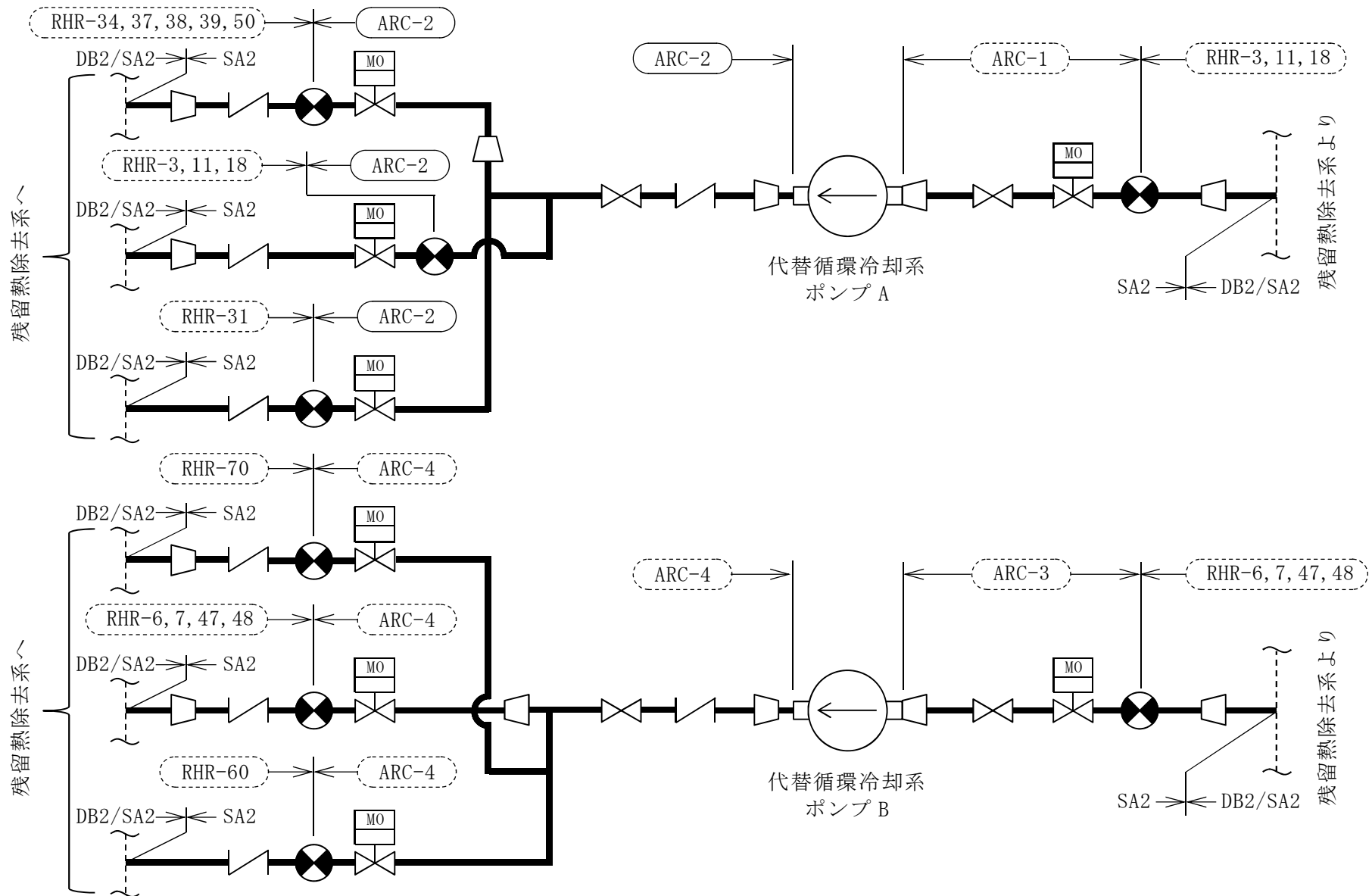
工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例







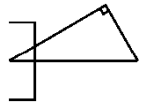
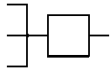

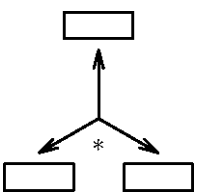
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2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



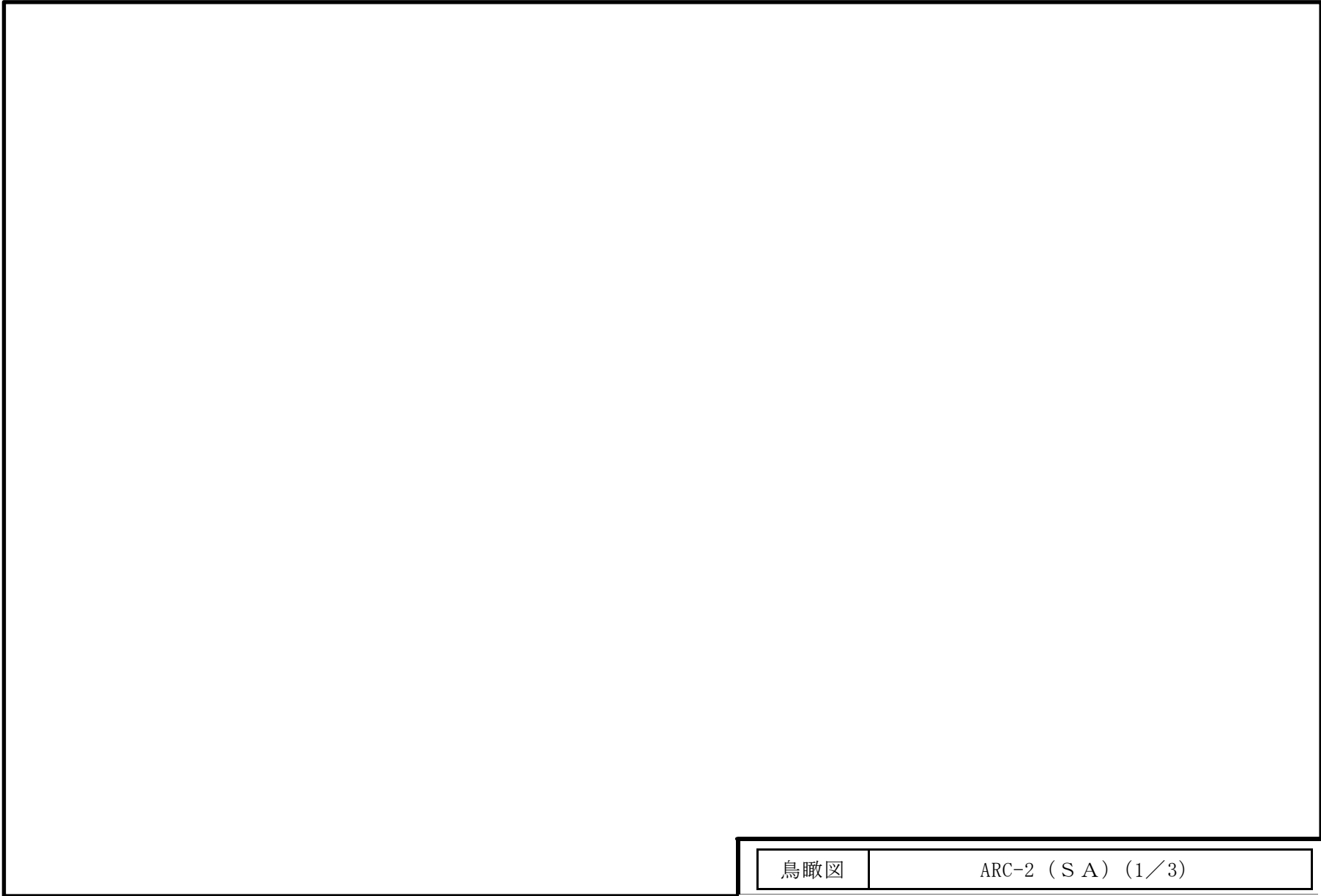
代替循環冷却系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

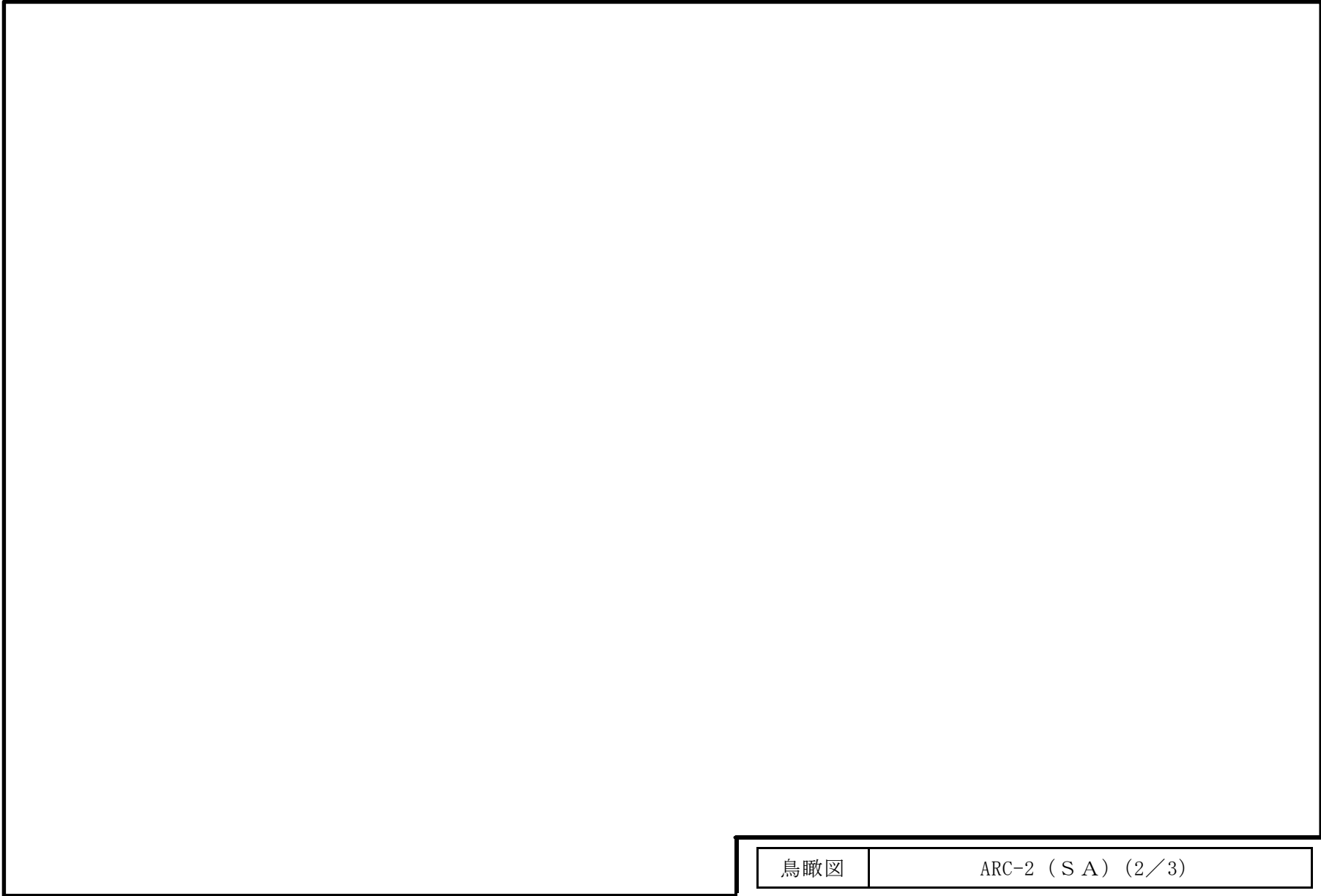
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	拘束点の地震による相対変位量 (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。	

NT2 補② V-2-9-4-3-3-1 R0



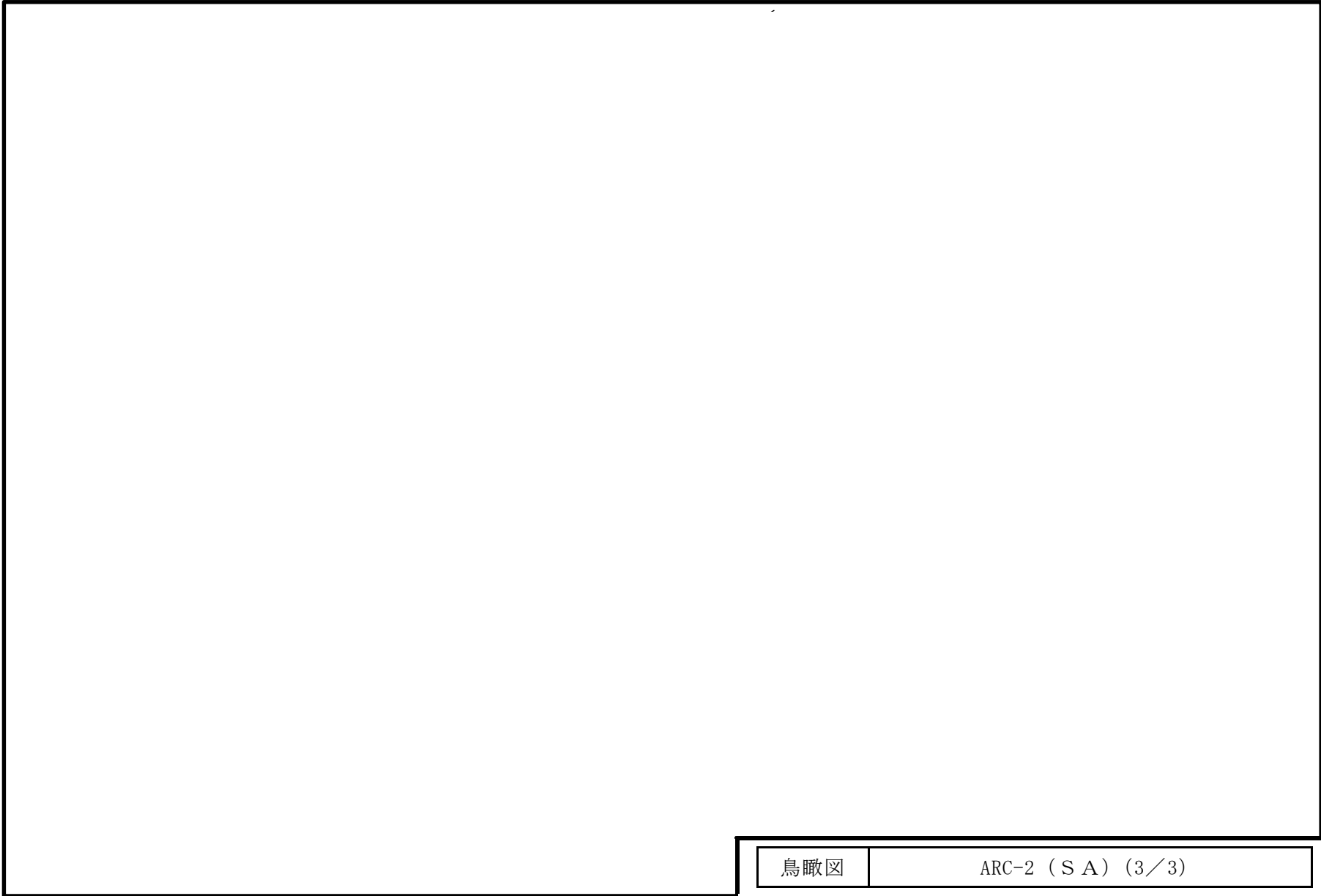
鳥瞰図

ARC-2 (S A) (1/3)



鳥瞰図

ARC-2 (S A) (2/3)



鳥瞰図

ARC-2 (S A) (3/3)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替循環冷却系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記 *1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「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。

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 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	212, 502, 2, 4, 600, 311 901, 312, 6, 801, 503, 7 601, 9, 802, 321, 902, 322 11, 803, 504, 12, 14, 602 15, 17, 505, 804, 603, 506 805, 412, 411, 413, 421, 221 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104 831, 105, 624, 107, 832, 341 904	3.45	80	216.3	8.2	STPT410	—	<input type="text"/>
2	904, 342, 108, 625, 110, 833 111, 113, 114, 626, 116, 834	0.86	80	216.3	8.2	STPT410	—	<input type="text"/>

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 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
3	1001, 501, 211, 411, 414, 604 806, 18, 20, 21, 23, 605 807, 507, 606, 24, 26, 808 27, 29, 701, 30, 32, 809 607, 33, 35, 810, 36, 38 39, 41, 811	3.45	80	165.2	7.1	STPT410	—	

設計条件

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

鳥 瞰 図 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
4	222, 812, 42, 44, 608, 45 47, 813, 48, 50, 609, 814 610, 815, 611, 51, 53, 816 54, 56, 612, 57, 59, 60 62, 817, 63, 65, 66, 68 613, 69, 71, 72, 74, 818 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616 508, 822, 84, 86, 823, 87 89, 824, 617, 825, 618, 826 619, 331, 903, 332, 827, 90 92, 620, 93, 95, 828	3.45	80	114.3	6.0	STPT410	—	<input type="text"/>

配管の付加質量

鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点
	212, 502, 2, 4, 600, 311, 901, 312, 6, 801, 503, 7, 601, 9 802, 321, 902, 322, 11, 803, 504, 12, 14, 602, 15, 17, 505, 804 603, 506, 805, 412, 411, 413, 421, 221, 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104, 831, 105, 624, 107, 832, 341, 904, 342 108, 625, 110, 833, 111, 113, 114, 626, 116, 834
	1001, 501, 211, 411, 414, 604, 806, 18, 20, 21, 23, 605, 807, 507 606, 24, 26, 808, 27, 29, 701, 30, 32, 809, 607, 33, 35, 810 36, 38, 39, 41, 811
	222, 812, 42, 44, 608, 45, 47, 813, 48, 50, 609, 814, 610, 815 611, 51, 53, 816, 54, 56, 612, 57, 59, 60, 62, 817, 63, 65 66, 68, 613, 69, 71, 72, 74, 818, 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616, 508, 822, 84, 86, 823, 87, 89, 824 617, 825, 618, 826, 619, 331, 903, 332, 827, 90, 92, 620, 93, 95 828

NT2 補② V-2-9-4-3-3-1 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点
	501
	502, 503, 504, 505
	506
	507
	508

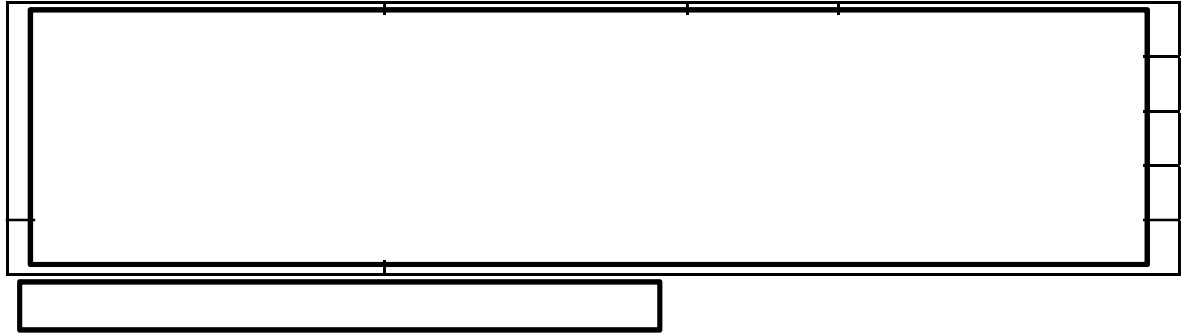
弁部の質量

鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901		902
	903		953
	904		954

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ARC-2



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1001						
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						
827						
828						

NT2 補② V-2-9-4-3-3-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
829						
830						
831						
832						
833						
834						

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	80	—	225	406	103

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高		減衰定数(%)
ARC-2	原子炉建屋			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 ARC-2

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		X方向	Z方向	Y方向
		動的震度		
動的震度				

各モードに対応する刺激係数

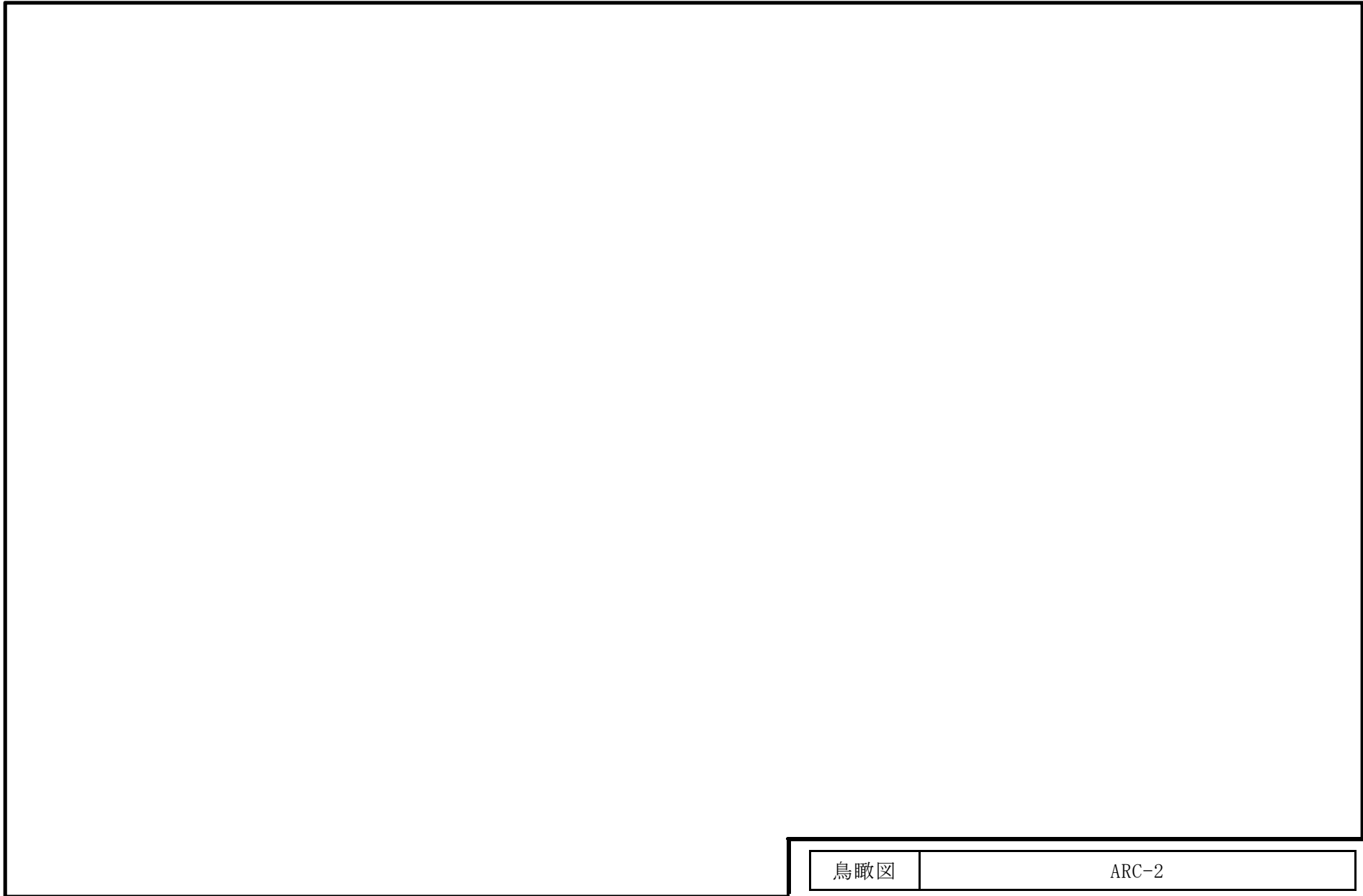
鳥 瞰 図 ARC-2

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向

NT2 補② V-2-9-4-3-3-1 R0

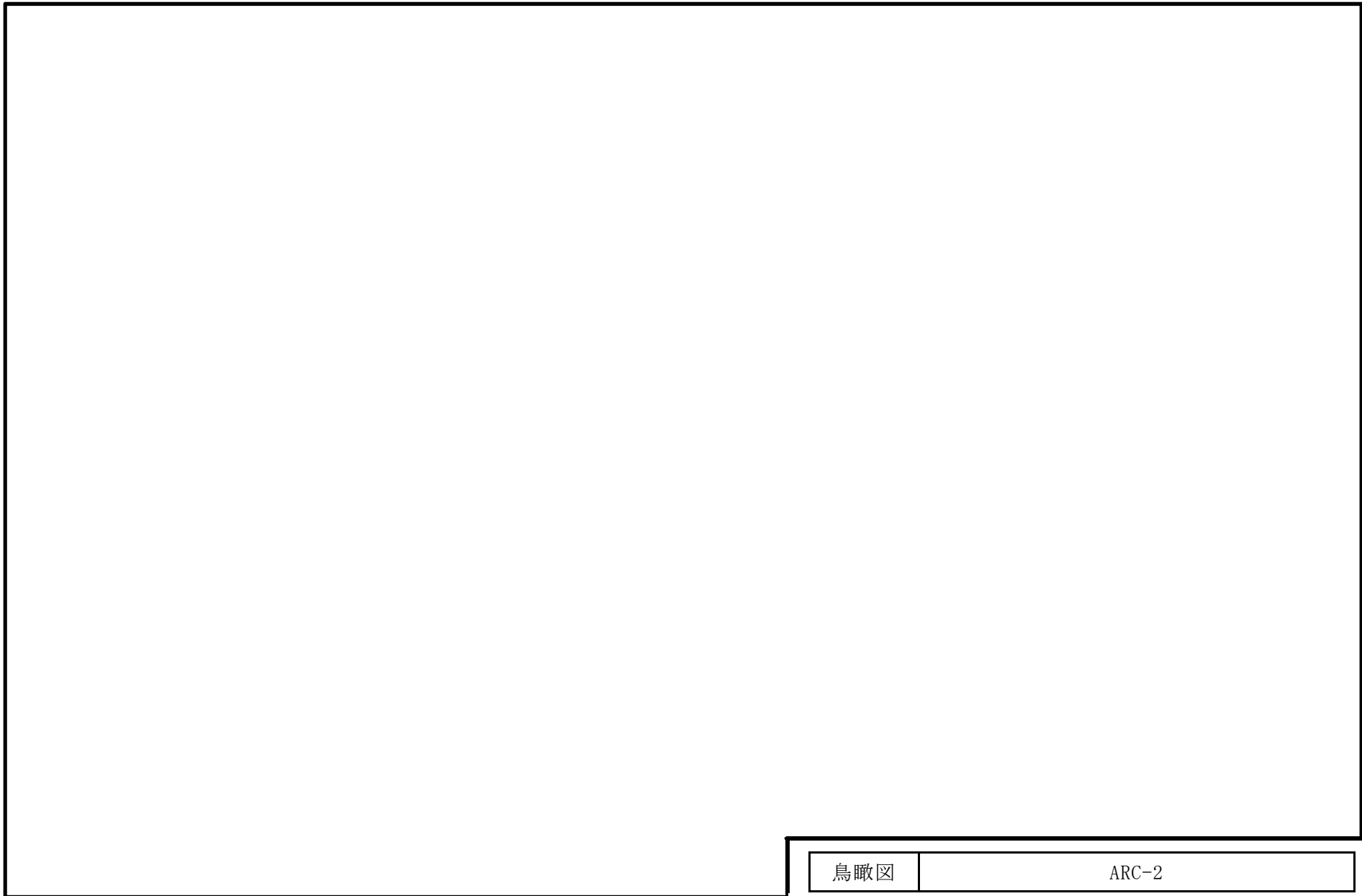
代表的振動モード図

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

ARC-2



鳥瞰図

ARC-2

25

鳥瞰図

ARC-2

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 $S_{pr m}(S_s)$	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
ARC-2	$V_A S$	68	$S_{pr m}(S_s)$	186	365	—	—	—
ARC-2	$V_A S$	68	$S_n(S_s)$	—	—	316	450	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示す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-ARC-1-002	オイルスナップ	SN-3	「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」参照		20	45
RO-ARC-1-003	ロッドレストレイント	RSA-3			40	54

27

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-ARC-2-032	レストレイント	Uボルト	SS400	80	—	6.8	33	—	—	—	組合せ	125	277
AN-ARC-2-004	アンカ	ラグ	STPT410	80	15.8	22	42	46	11.2	15.6	組合せ	117	155

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-808 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-4-3-3-1 代替燃料プール冷却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
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	9
3. 評価部位	10
4. 固有周期	11
4.1 固有周期の計算方法	11
4.2 固有周期の計算条件	14
4.3 固有周期の計算結果	14
5. 構造強度評価	14
5.1 構造強度評価方法	14
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3 設計用地震力	19
5.4 計算方法	20
5.5 計算条件	28
5.6 応力の評価	28
6. 評価結果	30
7. 引用文献	35

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替燃料プール冷却系熱交換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

代替燃料プール冷却系熱交換器は、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、分類に応じた構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替燃料プール冷却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
支持構造	主体構造	
代替燃料プール冷却系熱交換器は取付ボルトで架台に取り付ける。	伝熱板、側板、脚を有するプレート式熱交換器	<p>The diagram illustrates a plate heat exchanger assembly. It consists of a stack of horizontal plates held together by vertical side plates. The assembly is supported by a base frame with four legs. Labels with arrows point to '側板' (side plate), '脚' (leg), and '取付ボルト' (mounting bolt).</p>

2.2 評価方針

代替燃料プール冷却系熱交換器の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す代替燃料プール冷却系熱交換器の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

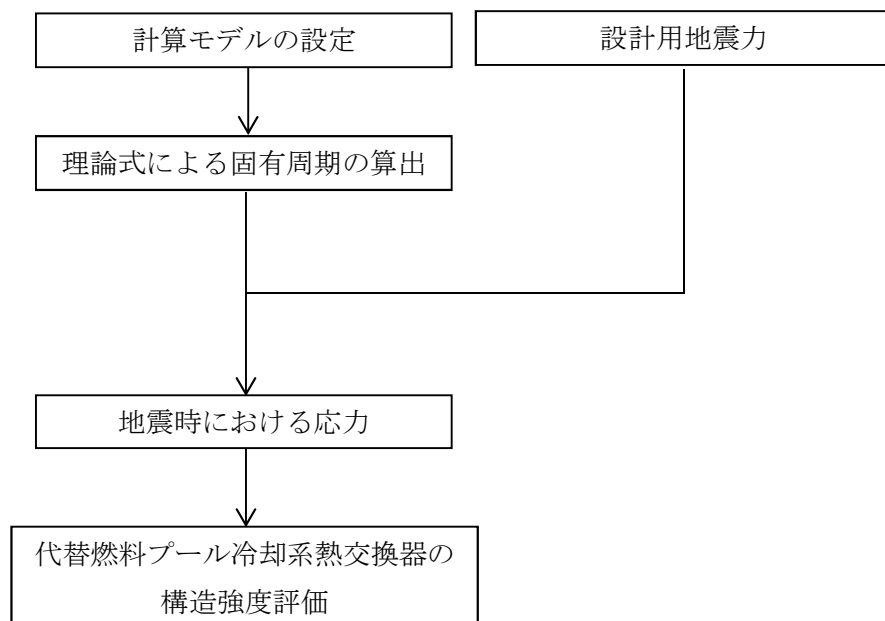


図 2-1 代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震評価フロー

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 J E A G 4 6 0 1 ・補—1984, J E A G 4 6 0 1 —1987 及び J E A G 4 6 0 1 —1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (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。)) J S M E S N C 1—2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a_p		
$A_{,F,j}$	側板の断面積	mm ²
$A_{b,j}$	取付ボルトの断面積	mm ²
$A_{e,BP1,j}$	脚の有効せん断断面積	mm ²
$A_{s,F,j}$	側板の有効せん断断面積	mm ²
$A_{s,BPx,j}$	長手方向地震に対する脚の有効せん断断面積	mm ²
$A_{s,BPy,j}$	横方向振動に対する脚の有効せん断断面積	mm ²
b_p		
C_V	鉛直方向設計震度	—
C_H	水平方向設計震度	—
d_N		
$E_{,b,j}$	取付ボルト材の縦弾性係数	MPa
$E_{,BP,j}$	脚材の縦弾性係数	MPa
$E_{,F,j}$	側板材の縦弾性係数	MPa
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
$F_{,bzi,j}$	取付ボルトの引張力	N
$F_{,BPx,j}$	長手方向地震により脚に作用するせん断力	N
$F_{,BPy,j}$	横方向地震により脚に作用するせん断力	N
$F_{,BPz,j}$	運転時質量による脚のせん断力	N
$F_{,Fgv,j}$	運転時質量による側板の軸力	N
$F_{,Fv,j}$	鉛直方向地震による側板の軸力	N
$F_{,Fx,j}$	長手方向地震により重心位置に作用するせん断力	N
$F_{,Fy,j}$	横方向地震により重心位置に作用するせん断力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	脚の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける取付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取付ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
$G_{,BP,j}$	脚のせん断弾性係数	MPa
$G_{,F,j}$	側板のせん断弾性係数	MPa
H	機器の重心高さ	mm
$I_{,BPx,j}$	長手方向振動に対する脚の断面二次モーメント	mm ⁴
$I_{,BPy,j}$	横方向振動に対する脚の断面二次モーメント	mm ⁴
$I_{,Fi,j}$	側板の断面二次モーメント	mm ⁴

記号	記号の説明	単位
$k_{b,j}$	取付ボルトの締結部剛性	N/mm
$k_{b\theta, BPx,j}$	長手方向振動に対する脚の曲げによる回転剛性	N・mm/rad
$k_{,Fi,j}$	側板の剛性	N/mm
$k_{,BPy,j}$	横方向振動に対する脚のせん断/曲げ剛性	N/mm
$k_{s, BPx,j}$	長手方向振動に対する脚のせん断剛性	N/mm
$k_{\theta, bi,j}$	取付ボルト締結部の回転剛性	N・mm/rad
$k_{\theta, Bi,j}$	脚の剛性	N・mm/rad
$k_{\theta, BPi,j}$	脚の回転剛性	N・mm/rad
K_i	固定側及び可動側の並列剛性	N/mm
$K_{i,j}$	固定側, 若しくは可動側の全体剛性	N/mm
$l_{b,j}$		
$l_{x,j}$		
$l_{x, BP1,j}$		
$l_{x, BP2,j}$		
$l_{y, BP1,j}$		
$l_{y, BP2,j}$		
m_0	機器の運転時質量	kg
$M_{,Fx,j}$	長手方向地震による重心位置の曲げモーメント	N・mm
$M_{,Fy,j}$	横方向地震による重心位置の曲げモーメント	N・mm
$M_{,Fz,j}$	運転時質量により脚に作用する曲げモーメント	N・mm
n_N		
$n_{x, BP,j}$		
$n_{y, BP1,j}$		
$n_{y, BP2,j}$		
P	機器に作用する内圧	MPa
S_a	側板の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	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
$t_{,F,j}$	側板の板厚	mm
T_i	機器の固有周期	s
$Z_{,Fx,j}$	長手方向地震に対する側板の断面係数	mm ³
$Z_{,Fy,j}$	横方向地震に対する側板の断面係数	mm ³
$Z_{,BP2,j}$	長手方向地震に対する脚の総断面係数	mm ³
$Z_{e, BP1,j}$	脚の有効断面係数	mm ³

記号	記号の説明	単位
β_i	応力係数	—
π	円周率	—
$\sigma_{a, BPz, j}$	鉛直方向地震による脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{a, Fz, j}$	鉛直方向地震による側板の応力	MPa
$\sigma_{ab, BPx, j}$	鉛直方向地震と長手方向地震による脚の長手方向の組合せ応力	MPa
$\sigma_{ab, BPy, j}$	鉛直方向地震と横方向地震による脚の横方向の組合せ応力	MPa
$\sigma_{, b}$	取付ボルトの最大引張応力	MPa
$\sigma_{, bi, j}$	取付ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_{b, Fx, j}$	長手方向地震による側板の曲げ応力	MPa
$\sigma_{b, Fy, j}$	横方向地震による側板の曲げ応力	MPa
$\sigma_{b, BPx, j}$	長手方向地震による脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{b, BPy, j}$	横方向地震による脚の曲げ応力	MPa
σ_m	側板の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{m1, j}$	側板軸方向の一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{m2, j}$	側板水平方向の一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{(m+b)}$	側板の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{(m+b)x, j}$	長手方向地震が作用した場合の側板の一次応力	MPa
$\sigma_{(m+b)x1, j}$	長手方向地震が作用した場合の側板軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{(m+b)x2, j}$	長手方向地震が作用した場合の側板水平方向の一次応力	MPa
$\sigma_{(m+b)y, j}$	横方向地震が作用した場合の側板の一次応力	MPa
$\sigma_{(m+b)y1, j}$	横方向地震が作用した場合の側板軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{(m+b)y2, j}$	横方向地震が作用した場合の側板水平方向の一次応力	MPa
$\sigma_{p, Fi, j}$	内圧による側板の応力	MPa
$\sigma_{r(m+b)}$	側板の一次＋二次応力の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{r(m+b)x, j}$	長手方向地震による側板の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{r(m+b)x1, j}$	長手方向地震による側板軸方向の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{r(m+b)x2, j}$	長手方向地震による側板水平方向の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{r(m+b)y, j}$	横方向地震による側板の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{r(m+b)y1, j}$	横方向地震による側板軸方向の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{r(m+b)y2, j}$	横方向地震による側板水平方向の一次＋二次応力の変動値	MPa
$\sigma_{, BP}$	脚の組合せ応力の最大値	MPa
$\sigma_{, BPx, j}$	鉛直方向地震と長手方向地震による脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{, BPy, j}$	鉛直方向地震と横方向地震による脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{w, BPz, j}$	運転時質量による脚の曲げ応力	MPa
$\sigma_{w, Fz, j}$	運転時質量による側板の応力	MPa
$\tau_{ab, BPx, j}$	鉛直方向地震と長手方向地震による脚長手方向の組合せせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\tau_{ab, BP_y, j}$	鉛直方向地震と横方向地震による脚横方向の組合せせん断応力	MPa
$\tau_{a, BP_z, j}$	鉛直方向地震による脚のせん断応力	MPa
$\tau_{, b}$	取付ボルトの最大せん断応力	MPa
$\tau_{, bi, j}$	取付ボルトのせん断応力	MPa
$\tau_{b, BP_x, j}$	長手方向地震による脚のせん断応力	MPa
$\tau_{b, BP_y, j}$	横方向地震による脚のせん断応力	MPa
$\tau_{w, BP_z, j}$	運転時質量による脚のせん断応力	MPa
$\tau_{, F_x, j}$	長手方向地震による側板のせん断応力	MPa
$\tau_{, F_y, j}$	横方向地震による側板のせん断応力	MPa

注：添字の意味は、以下のとおりとする。

x：長手方向，y：横方向

i：1＝長手方向，2＝横方向

j：1＝固定側，2＝可動側

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
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
温度*1	℃	—	—	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
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、地震荷重を受け持つ主要な部材である側板、脚、取付ボルトについて実施する。代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

代替燃料プール冷却系熱交換器の固有周期の計算方法を以下に示す。

4.1.1 水平方向

- (1) 代替燃料プール冷却系熱交換器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 代替燃料プール冷却系熱交換器は、固定側板と可動側板の並列結合により1質点を支持するものとし、図4-1に示す計算モデルとして考える。
- (3) 各側板は、脚及び取付ボルト締結部の剛性からなる回転ばねと側板の剛性からなる曲げせん断ばねの直列結合と考える。長手方向の振動モデルを図4-2、横方向の振動モデルを図4-3に示す。



図4-1 固有周期の計算モデル



図4-2 長手方向の振動モデル



図4-3 横方向の振動モデル

(4) 固有周期は次式で求める。

$$T_i = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_i \times 10^3}} \dots\dots\dots (4.1.1.1)$$

$$K_i = K_{i,1} + K_{i,2} \dots\dots\dots (4.1.1.2)$$

$$K_{i,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.3)$$

ここに、添字： i=1,2 (1:長手方向, 2:横方向)
j=1,2 (1:固定側, 2:可動側)

1) 側板の剛性

$$k_{,Fi,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.4)$$

2) 脚の剛性

$$k_{\theta, Bi,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.5)$$

a. 長手方向に対する脚の剛性

(a) 脚の回転剛性

$$k_{\theta, BP1,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.6)$$

イ. せん断剛性

$$k_{s, BPx,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.7)$$

ロ. 曲げによる回転剛性

$$k_{b\theta, BPx,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.8)$$

(b) 取付ボルト締結部の回転剛性

$$k_{\theta, b1, j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.9)$$

ここに, $\boxed{\phantom{\hspace{5em}}}$

b. 横方向に対する脚の剛性

(a) 脚の回転剛性

$$k_{\theta, BP2, j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.10)$$

イ. 固定脚の面外剛性

$$k_{, BP_y, 1} = \boxed{\phantom{\hspace{15em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.11)$$

ロ. 可動脚の面外剛性

$$k_{, BP_y, 2} = \boxed{\phantom{\hspace{15em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.12)$$

(b) 取付ボルト締結部の回転剛性

$$k_{\theta, b2, j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.13)$$

ここに, $\boxed{\phantom{\hspace{10em}}}$

c. 取付ボルト締結部の剛性

$$k_{b, j} = \boxed{\phantom{\hspace{5em}}} \dots\dots\dots (4.1.1.14)$$

4.1.2 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。

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 示す。

表 4-1 固有周期 (s)

水平方向		鉛直方向
長手方向	横方向	
		—*

注記 * : 固有周期は十分に小さく計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 計算方法は既往研究「BWRプラントへのプレート式熱交換器適用化に関する研究」(引用文献(1))に準拠する。
- (2) 代替燃料プール冷却系熱交換器の質量は、重心に集中するものとする。
- (3) 地震力は、代替燃料プール冷却系熱交換器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (4) 代替燃料プール冷却系熱交換器は2個の脚で支持され、脚は1個につき取付ボルトが2列以上になっている。このため、脚は固定支持として扱う。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替燃料プール冷却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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

代替燃料プール冷却系熱交換器の許容応力を表 5-2 及び表 5-3 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

代替燃料プール冷却系熱交換器の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質 の取扱施設 及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵槽冷却 浄化設備	代替燃料プール冷却系熱交換器	常設／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*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（重大事故等クラス2容器（クラス2，3容器））

許容応力状態	許容限界*1			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+ 二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV _A S	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値	S _s 地震動のみによる疲労解析*2を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば，疲労解析*2は不要	
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)				

注記 *1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。S_mは2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-3 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物（クラス 2, 3 支持構造物））

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (脚)	許容限界 ^{*1, *2} (取付ボルト)		
	一次応力	一次応力		
	組合せ	引張り	せん断	組合せ
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, 2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b\}$
V _{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（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
側板	SGV410	最高使用温度	80	206	375	—
脚	SGV410	周囲環境温度	100	201	373	—
取付ボルト	SNB7	周囲環境温度	100	673	759	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

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

表 5-5 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)		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
常設／防止 常設／緩和			—*2		

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 部材力の算定



(1) 運転時質量による軸力

$$F_{,Fgv,j} = \frac{m_0 \cdot g}{2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

添字： j=1,2 (1：固定側，2：可動側)

(2) 鉛直方向地震力

$$F_{,Fv,j} = \frac{m_0 \cdot g \cdot C_v}{2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

(3) 長手方向地震力

1) 側板のせん断力

a. 固定側

$$F_{,Fx,1} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

b. 可動側

$$F_{,Fx,2} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

2) 側板の曲げモーメント

$$M_{,Fx,j} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(4) 横方向地震力

1) 側板のせん断力

a. 固定側

$$F_{,Fy,1} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

b. 可動側

$$F_{,Fy,2} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

2) 側板の曲げモーメント

$$M_{,Fy,j} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

5.4.1.2 側板の計算方法

(1) 内圧による応力



$$\sigma_{p,Fi,j} = \boxed{} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$



(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{w,Fz,j} = \frac{F_{,Fgv,j}}{A_{,F,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$\sigma_{a,Fz,j} = \frac{F_{,Fv,j}}{A_{,F,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(3) 長手方向地震による応力

a. 曲げ応力

$$\sigma_{b,Fx,j} = \frac{M_{,Fx,j}}{Z_{,Fx,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

b. せん断応力

$$\tau_{,Fx,j} = \frac{F_{,Fx,j}}{A_{s,F,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

(4) 横方向地震による応力

a. 曲げ応力

$$\sigma_{b,Fy,j} = \frac{M_{,Fy,j}}{Z_{,Fy,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

b. せん断応力

$$\tau_{,Fy,j} = \frac{F_{,Fy,j}}{A_{s,F,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

(5) 組合せ応力

a. 一次一般膜応力



$$\sigma_m = \text{Max}(\sigma_{m1,j}, \sigma_{m2,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

$$\sigma_{m1,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

$$\sigma_{m2,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

b. 一次応力

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{(m+b)x,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.11)$$

$$\sigma_{(m+b)x1,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.12)$$

$$\sigma_{(m+b)x2,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.13)$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{(m+b)y,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.14)$$

$$\sigma_{(m+b)y1,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.15)$$

$$\sigma_{(m+b)y2,j} = \boxed{\phantom{\text{expression}}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.16)$$

(c) 一次応力の最大値

$$\sigma_{(m+b)} = \text{Max}(\sigma_{(m+b)x,j}, \sigma_{(m+b)y,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.17)$$

c. 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

(a) 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{r(m+b)x,j} = \boxed{\hspace{15em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.18)$$

$$\sigma_{r(m+b)x1,j} = \boxed{\hspace{10em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.19)$$

$$\sigma_{r(m+b)x2,j} = \boxed{\hspace{3em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.20)$$

(b) 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{r(m+b)y,j} = \boxed{\hspace{15em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.21)$$

$$\sigma_{r(m+b)y1,j} = \boxed{\hspace{10em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.22)$$

$$\sigma_{r(m+b)y2,j} = \boxed{\hspace{3em}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.23)$$

(c) 一次+二次応力の変動値の最大値

$$\sigma_{r(m+b)} = \text{Max}(\sigma_{r(m+b)x,j}, \sigma_{r(m+b)y,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.24)$$

5.4.1.3 脚の計算方法

(1) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

a. 曲げモーメント

$$M_{,Fz,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.1)$$

$$F_{,BPz,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.2)$$

ただし,

b. 運転時質量により脚に作用する応力

(a) 曲げ応力

$$\sigma_{w,BPz,j} = \frac{M_{,Fz,j}}{Z_{e,BP1,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.3)$$

(b) せん断応力

$$\tau_{w,BPz,j} = \frac{F_{,BPz,j}}{A_{e,BP1,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.4)$$

c. 鉛直方向地震により脚に作用する応力

(a) 曲げ応力

$$\sigma_{a,BPz,j} = C_v \cdot \frac{M_{,Fz,j}}{Z_{e,BP1,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.5)$$

(b) せん断応力

$$\tau_{a,BPz,j} = C_v \cdot \frac{F_{,BPz,j}}{A_{e,BP1,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.6)$$

(2) 長手方向地震による応力

a. 曲げ応力

$$\sigma_{b,BPx,j} = \frac{M_{,Fz,j}}{Z_{,BP2,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.7)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b,BPx,j} = \frac{F_{,BPx,j}}{A_{s,BPx,j}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.8)$$

$$F_{,BPx,j} = \boxed{\phantom{\hspace{10em}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.9)$$

(3) 横方向地震による応力

a. 曲げ応力

$$\sigma_{b,BP_y,j} = \boxed{\phantom{\sigma_{b,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.10)$$

ただし,

$$F_{,BP_y,j} = \boxed{\phantom{F_{,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.11)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b,BP_y,j} = \boxed{\phantom{\tau_{b,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.12)$$

ただし,

(4) 組合せ応力

a. 長手方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{,BP_x,j} = \boxed{\phantom{\sigma_{,BP_x,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.13)$$

$$\sigma_{ab,BP_x,j} = \boxed{\phantom{\sigma_{ab,BP_x,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.14)$$

$$\tau_{ab,BP_x,j} = \boxed{\phantom{\tau_{ab,BP_x,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.15)$$

b. 横方向地震及び鉛直方向地震が作用した場合

$$\sigma_{,BP_y,j} = \boxed{\phantom{\sigma_{,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.16)$$

$$\sigma_{ab,BP_y,j} = \boxed{\phantom{\sigma_{ab,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.17)$$

$$\tau_{ab,BP_y,j} = \boxed{\phantom{\tau_{ab,BP_y,j}}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.18)$$

c. 組合せ応力の最大値

$$\sigma_{,BP} = \text{Max}(\sigma_{,BP_x,j}, \sigma_{,BP_y,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.3.19)$$

5.4.1.4 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、運転時質量による軸力と水平方向（長手方向，横方向）及び鉛直方向地震の組合せによる引張力，水平方向地震によるせん断力に基づき計算する。

(1) 取付ボルトの引張応力



a. 取付ボルトに作用する引張力

$F_{,bzi,j} =$  (5.4.1.4.1)

ただし，

ここに，添字 i : x =長手方向， y =横方向， j : 1 =固定側， 2 =可動側

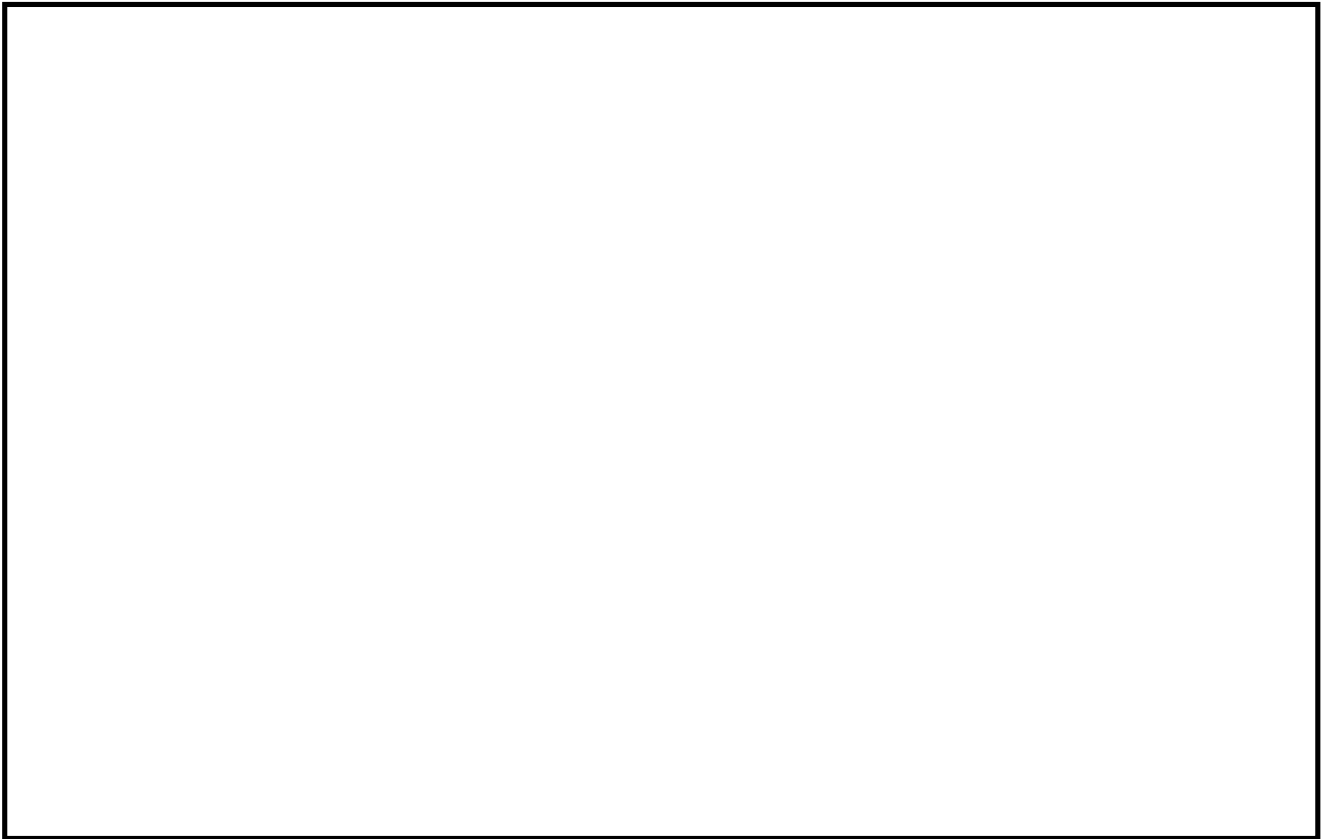


図 5-1 脚部に作用する外荷重と取付ボルトの引張力の関係

b. 鉛直方向地震及び水平方向地震による引張応力

[Redacted]

$$\sigma_{,bi,j} = [Redacted] \dots\dots\dots (5.4.1.4.2)$$

ただし, [Redacted]

(2) 取付ボルトのせん断応力

[Redacted]

$$\tau_{,bi,j} = [Redacted] \dots\dots\dots (5.4.1.4.3)$$

(3) 最大応力

a. 引張応力

$$\sigma_{,b} = \text{Max}(\sigma_{,bx,j}, \sigma_{,by,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.4.4)$$

b. せん断応力

$$\tau_{,b} = \text{Max}(\tau_{,bx,j}, \tau_{,by,j}) \dots\dots\dots (5.4.1.4.5)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 側板の応力評価

5.4.1.2 項で求めた側板の組合せ応力 $\sigma_{(m+b)}$ は許容応力 S_a 以下であること。

	許 容 応 力 S_a	
応力の種類	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
一次一般膜応力	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS 及び HNA については上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方	$0.6 \cdot S_u$
一 次 応 力	上記の1.5倍の値	上記の1.5倍の値
一次+二次応力	地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば, 疲労解析は不要	

5.6.2 脚の応力評価

5.4.1.3 項で求めた脚の組合せ応力 σ_{BP} は許容引張応力 f_t 以下であること。

	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_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.3 取付ボルトの応力評価

5.4.1.4項で求めた取付ボルトの引張応力 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.3.1)$$

せん断応力 τ, b はせん断力のみを受ける取付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. 評価結果

代替燃料プール冷却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を有していることを確認した。構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替燃料プール冷却系熱交換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		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
代替燃料プール冷却系熱交換器	常設/防止 常設/緩和			—*2	—	—	C _H = 1.55	C _V = 1.17	0.98	80	100

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく計算は省略する。

1.2 機器要目

m ₀ (kg)	H (mm)	E _{F,1} (MPa)	E _{F,2} (MPa)	G _{F,1} (MPa)	G _{F,2} (MPa)	t _{F,1} (mm)	t _{F,2} (mm)	A _{F,1} (mm ²)	A _{F,2} (mm ²)	A _{S,F,1} (mm ²)	A _{S,F,2} (mm ²)	I _{F,1,1} (mm ⁴)	I _{F,2,1} (mm ⁴)	I _{F,1,2} (mm ⁴)	I _{F,2,2} (mm ⁴)
	601	200000	200000	76900	76900	70.0	70.0	3.220×10 ⁴	3.220×10 ⁴	2.147×10 ⁴	2.147×10 ⁴	1.315×10 ⁷	5.678×10 ⁸	1.315×10 ⁷	5.678×10 ⁸

A _{S,BPx,1} (mm ²)	A _{S,BPx,2} (mm ²)	I _{BPx,1} (mm ⁴)	I _{BPx,2} (mm ⁴)	n _{x,BP,1}	n _{x,BP,2}	ℓ _{x,BP1,1} (mm)	ℓ _{x,BP1,2} (mm)	ℓ _{x,BP2,1} (mm)	ℓ _{x,BP2,2} (mm)	n _{y,BP1,1}	n _{y,BP1,2}	n _{y,BP2,1}	n _{y,BP2,2}	E _{BP,1} (MPa)	E _{BP,2} (MPa)
3.220×10 ⁴	3.500×10 ⁴	1.972×10 ⁷	2.144×10 ⁷	4	4	100	94	100	116	2	2	2	2	198000	198000

G _{BP,1} (MPa)	G _{BP,2} (MPa)	A _{S,BPy,1} (mm ²)	A _{S,BPy,2} (mm ²)	I _{BPy,1} (mm ⁴)	I _{BPy,2} (mm ⁴)	E _{b,1} (MPa)	E _{b,2} (MPa)	ℓ _{b,1} (mm)	ℓ _{b,2} (mm)	A _{b,1} (mm ²)	A _{b,2} (mm ²)	a _p (mm)	b _p (mm)	β ₁	β ₂
76200	76200	1.400×10 ³	1.400×10 ³	8.575×10 ⁵	8.575×10 ⁵	199000	199000	113	138	7.069×10 ² (M30)	7.069×10 ² (M30)	380	1044		

d _N (mm)	n _N	Z _{Fx,1} (mm ³)	Z _{Fx,2} (mm ³)	Z _{Fy,1} (mm ³)	Z _{Fy,2} (mm ³)	Z _{e,BP1,1} (mm ³)	Z _{e,BP1,2} (mm ³)	A _{e,BP1,1} (mm ²)	A _{e,BP1,2} (mm ²)	Z _{BP2,1} (mm ³)	Z _{BP2,2} (mm ³)	ℓ _{x,1} (mm)	ℓ _{x,2} (mm)	ℓ _{y,BP1,1} (mm)	ℓ _{y,BP1,2} (mm)
100	4	3.757×10 ⁵	3.757×10 ⁵	2.469×10 ⁶	2.469×10 ⁶	9.800×10 ⁴	9.800×10 ⁴	5.600×10 ³	5.600×10 ³	4.582×10 ⁵	3.797×10 ⁵	200	210	300	330

ℓ _{y,BP2,1} (mm)	ℓ _{y,BP2,2} (mm)	S _y (側板) (MPa)	S _u (側板) (MPa)	S _y (脚) (MPa)	S _u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	S _y (取付ボルト) (MPa)	S _u (取付ボルト) (MPa)	F (取付ボルト) (MPa)	F* (取付ボルト) (MPa)
100	150	206*1	375*1	201*2	373*2	—	241*2	673*2 (径≦63mm)	759*2 (径≦63mm)	—	531*2

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 側板に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

a. 固定側

(単位：MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
内圧による応力	—	—	$\sigma_{p,F1,1} = 8$	$\sigma_{p,F2,1} = 22$
運転時質量による応力	—	—	$\sigma_{w,Fz,1} = 1$	—
鉛直方向地震による応力	—	—	$\sigma_{a,Fz,1} = 1$	—
組合せ応力	—	—	$\sigma_{m1,1} = 9$	$\sigma_{m2,1} = 22$

b. 可動側

(単位：MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
内圧による応力	—	—	$\sigma_{p,F1,2} = 8$	$\sigma_{p,F2,2} = 22$
運転時質量による応力	—	—	$\sigma_{w,Fz,2} = 1$	—
鉛直方向地震による応力	—	—	$\sigma_{a,Fz,2} = 1$	—
組合せ応力	—	—	$\sigma_{m1,2} = 9$	$\sigma_{m2,2} = 22$

(2) 一次応力

a. 固定側

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{p,F1,1} = 8$	$\sigma_{p,F2,1} = 22$	$\sigma_{p,F1,1} = 8$	$\sigma_{p,F2,1} = 22$
運転時質量による応力	—	—	—	—	$\sigma_{w,Fz,1} = 1$	—	$\sigma_{w,Fz,1} = 1$	—
鉛直方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{a,Fz,1} = 1$	—	$\sigma_{a,Fz,1} = 1$	—
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	—	$\sigma_{b,Fx,1} = 20$	—	$\sigma_{b,Fy,1} = 3$	—
	せん断	—	—	—	$\tau_{,Fx,1} = 1$	—	$\tau_{,Fy,1} = 1$	—
組合せ応力	—	—	—	—	$\sigma_{(m+b)x,1} = 28$	—	$\sigma_{(m+b)y,1} = 22$	—

b. 可動側

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{p,F1,2} = 8$	$\sigma_{p,F2,2} = 22$	$\sigma_{p,F1,2} = 8$	$\sigma_{p,F2,2} = 22$
運転時質量による応力	—	—	—	—	$\sigma_{w,Fz,2} = 1$	—	$\sigma_{w,Fz,2} = 1$	—
鉛直方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{a,Fz,2} = 1$	—	$\sigma_{a,Fz,2} = 1$	—
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	—	$\sigma_{b,Fx,2} = 20$	—	$\sigma_{b,Fy,2} = 4$	—
	せん断	—	—	—	$\tau_{,Fx,2} = 1$	—	$\tau_{,Fy,2} = 1$	—
組合せ応力	—	—	—	—	$\sigma_{(m+b)x,2} = 28$	—	$\sigma_{(m+b)y,2} = 22$	—

(3) 地震動のみによる一次+二次応力の変動値

a. 固定側

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
鉛直方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{a,Fz,1} = 1$	—	$\sigma_{a,Fz,1} = 1$	—
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	—	$\sigma_{b,Fx,1} = 20$	—	$\sigma_{b,Fy,1} = 3$	—
	せん断	—	—	—	$\tau_{,Fx,1} = 1$	—	$\tau_{,Fy,1} = 1$	—
組 合 せ 応 力	—	—	—	—	$\sigma_{r(m+b)x,1} = 40$	—	$\sigma_{r(m+b)y,1} = 7$	—

b. 可動側

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力	軸方向応力	横方向応力
鉛直方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{a,Fz,2} = 1$	—	$\sigma_{a,Fz,2} = 1$	—
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	—	$\sigma_{b,Fx,2} = 20$	—	$\sigma_{b,Fy,2} = 4$	—
	せん断	—	—	—	$\tau_{,Fx,2} = 1$	—	$\tau_{,Fy,2} = 1$	—
組 合 せ 応 力	—	—	—	—	$\sigma_{r(m+b)x,2} = 40$	—	$\sigma_{r(m+b)y,2} = 8$	—

1.3.2 脚に生じる応力

a. 固定側

(単位：MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	曲げ	—	$\sigma_{w,BPz,1} = 4$	$\sigma_{w,BPz,1} = 4$
	せん断	—	$\tau_{w,BPz,1} = 1$	$\tau_{w,BPz,1} = 1$
鉛直方向地震による応力	曲げ	—	$\sigma_{a,BPz,1} = 5$	$\sigma_{a,BPz,1} = 5$
	せん断	—	$\tau_{a,BPz,1} = 1$	$\tau_{a,BPz,1} = 1$
水平方向地震による応力	曲げ	—	$\sigma_{b,BPx,1} = 16$	$\sigma_{b,BPy,1} = 23$
	せん断	—	$\tau_{b,BPx,1} = 2$	$\tau_{b,BPy,1} = 4$
組 合 せ 応 力	—	—	$\sigma_{,BPx,1} = 25$	$\sigma_{,BPy,1} = 33$

b. 可動側

(単位：MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	曲げ	—	$\sigma_{w,BPz,2} = 5$	$\sigma_{w,BPz,2} = 5$
	せん断	—	$\tau_{w,BPz,2} = 1$	$\tau_{w,BPz,2} = 1$
鉛直方向地震による応力	曲げ	—	$\sigma_{a,BPz,2} = 5$	$\sigma_{a,BPz,2} = 5$
	せん断	—	$\tau_{a,BPz,2} = 1$	$\tau_{a,BPz,2} = 1$
水平方向地震による応力	曲げ	—	$\sigma_{b,BPx,2} = 19$	$\sigma_{b,BPy,2} = 26$
	せん断	—	$\tau_{b,BPx,2} = 1$	$\tau_{b,BPy,2} = 5$
組 合 せ 応 力	—	—	$\sigma_{,BPx,2} = 29$	$\sigma_{,BPy,2} = 36$

1.3.3 取付ボルトに生じる応力

a. 固定側 (単位: MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			
		長手方向	横方向		
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{,bx,1} = 14$	$\sigma_{,by,1} = 9$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{,bx,1} = 3$	$\tau_{,by,1} = 2$

b. 可動側 (単位: MPa)

地震の種類 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			
		長手方向	横方向		
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{,bx,2} = 13$	$\sigma_{,by,2} = 9$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{,bx,2} = 3$	$\tau_{,by,2} = 3$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方 向	固 有 周 期
長 手 方 向	$T_1 =$ <input type="text"/>
横 方 向	$T_2 =$ <input type="text"/>

1.4.2 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
側 板	SGV410	一次一般膜	—	—	$\sigma_n = 22$	$S_n = 225$
		一 次	—	—	$\sigma_{(a+b)} = 28$	$S_n = 337$
		一次+二次	—	—	$\sigma_{r(a+b)} = 40$	$S_n = 413$
脚	SGV410	組 合 せ	—	—	$\sigma_{,BP} = 36$	$f_t = 241$
取付ボルト	SNB7	引 張 り	—	—	$\sigma_{,b} = 14$	$f_{ts} = 398^*$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{,b} = 3$	$f_{sb} = 306$

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

すべて許容応力以下である。

7. 引用文献

- (1) 大山 ほか, BWRプラントへのプレート式熱交換器適用化に関する研究, 火力原子力発電, 第576号, Vol. 55, No. 9, 2004年, pp. 962-969.
- (2) チモシェンコ・ヴォアノフスキー・リーガー共著, 板とシェル理論<上> (長谷川 節訳), ブレイン図書出版, 1994年5月
- (3) Warren C. Young, Richard G. Budynas: Roark's Formulas for Stress and Strain, 7th Edition, 2002, McGraw-Hill, pp. 194-196.

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-861 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5-2 緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震
性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 燃料油サービスタンクの耐震計算方法	14
3. 耐震計算結果	22

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクは、重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要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耐震評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

燃料油サービスタンクの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 燃料油サービスタンクの耐震計算モデルは平底たて置円筒形容器の1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 評価は、JEAG4601に記載の平底たて置円筒形容器の評価式ベースとした評価式にて評価を実施する。
- (3) 水平方向地震による水平力は、容器の胴下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、容器胴下端のベースプレートを架台に取り付ける場合、水平方向地震による水平力は、ベースプレートと鉄鋼面との摩擦力によって、剛に設置された架台に伝達させるものとする。この場合、基礎ボルトは取付ボルトに読み替える。
したがって、基礎ボルト及び取付ボルトにはせん断力は作用しないものとし、ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力を上回ることを確認する。しかし、この評価で満足しない場合は、せん断力の評価を実施して確認する。なお、本評価の際、ボルトの締付トルクは考慮しないものとする。
- (4) 平底たて置円筒形容器の仮定条件及び設計条件
 - a 仮定条件
 - (a) 容器の質量は重心に集中したものとする。
 - (b) 容器の胴下端部（ベースプレート）を、多数の基礎ボルトで基礎に固定されているので固定端とする。
 - b 設計条件
 - (a) 変形モードは、容器全体をはりと考えた時の曲げ及びせん断変形とする。
- (5) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (7) ボルトの減肉は考慮しないものとする。

2.1.3 変形モードの組合せ

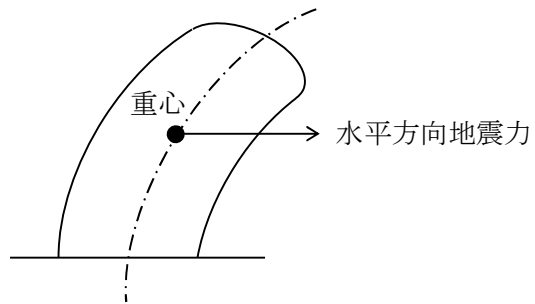
容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、平底たて置円筒形容器は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

(1) 変形モード

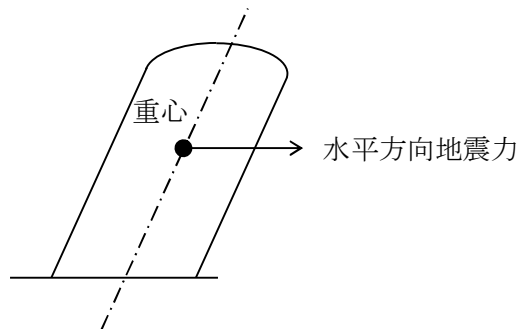
a A型変形

容器胴体の曲げ変形モード。



b B型変形

容器胴体のせん断変形モード。



(2) 変形モードの組合せ

平底たて置円筒形容器 = A + B

なお、B型変形については、容器胴体のA型変形に対して、組み合わせる変形モードである。

2.1.4 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、燃料油サービスタンクの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.5 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A	断面積	mm ²
D	死荷重	N
E	材料の縦弾性係数（設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定される値） ^(注)	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 により規定される F の値	MPa
F*	F の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3131 本文中「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値」とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値	MPa
f _{b b}	曲げモーメントに対する座屈応力	MPa
f _{c b}	軸圧縮荷重に対する座屈応力	MPa
f _t *	f _t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f _s *	f _s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
g	重力加速度（g = 9.80665）	m/s ²
M	曲げモーメント	N・mm
M _D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B（供用状態 C がある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P	軸圧縮荷重	N
P _D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B（供用状態 C がある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N

記号	記 号 の 説 明	単位
R	円筒の平均半径	mm
S	設計引張応力（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定される値） ^(注)	MPa
S _s	基準地震動 S _s により定まる地震力	N
S _u	設計引張強さ（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 に規定される値） ^(注)	MPa
S _y	設計降伏点（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定される値） ^(注)	MPa
S _I	胴板の一次応力の許容値	MPa
t	円筒の板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
α	安全率	—
η	R / t	—
η ₁	1,200 × g / F	—
η ₂	8,000 × g / F	—
η ₃	9,600 × g / F	—
IV _A S	設計・建設規格の供用状態 D の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ ₁	胴の組合せ一次応力	MPa
σ _b	基礎ボルト，取付ボルトの引張応力	MPa
σ _φ	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ _x	胴の長手方向一次一般膜応力	MPa
τ _b	基礎ボルト，取付ボルトのせん断応力	MPa

(注) 胴については，最高使用温度における値。基礎ボルトについては，雰囲気温度における値。取付ボルトについては，架台に設置されるため機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3容器及び支持構造物に準拠する。

a 耐圧部（胴板）

耐圧部（胴板）の許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 胴板の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 分類	応力分類 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力
C (S _s) クラス		$IV_A S$	$0.6 S_u$	左欄の 1.5 倍の値	地震動のみによる 一次+二次応力の 変動値を $2S_y$ 以下 とすることにより 疲れ解析は行わな い。

第6表 胴板の評価する応力

容器種類 \ 応力分類	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力
平底たて置 円筒形容器	σ_1 (注1)	— (注1)	— (注2)

(注1) σ_1 は、長手方向一次一般膜応力 (σ_x)、周方向一次一般膜応力 (σ_ϕ) 及びせん断応力を組み合わせたものとする。なお、 σ_1 は一次一般膜応力の許容値で評価するため、一次一般膜応力の欄に記載するものとする。

(注2) 地震力のみを考慮した発生応力である一次+二次応力の評価は、自重と地震力を考慮した発生応力である一次一般膜応力の評価に包絡されるため、一次一般膜応力の評価に含めるものとする。

b 耐圧部 (胴板の座屈評価)

$$\frac{\alpha(P/A)}{f_{cb}} + \frac{\alpha(M/Z)}{f_{bb}} \leq 1$$

軸圧縮荷重に対する座屈応力 f_{cb} は次による。

$$f_{cb} = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left[1 - \frac{1}{6,800 g} \{F - \phi_c(\eta_2)\}(\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \phi_c(\eta) & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで、

$$\phi_c(\eta) = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

曲げモーメントに対する座屈応力 f_{bb} は次による。

$$f_{bb} = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left[1 - \frac{1}{8,400 g} \{F - \phi_b(\eta_3)\}(\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \\ \phi_b(\eta) & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_b(\eta) = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

安全率 α は, 次による。

$$\alpha = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13,600 \text{ g}} (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta \geq \eta_2) \end{cases}$$

c 支持構造物

基礎ボルトの許容応力を第7表に示す。

また, 評価する応力を第8表に示す。

第7表 基礎ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	支持構造物の 種類	許容 応力 状態	応力 分類	基礎ボルト, 取付ボルト		
				一次応力		
				引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス		IV _A S		1.5 f _t * 1.5 f _s *	f _{ts} *	

(注) ボルトにせん断力が作用する場合, 以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_{AS} : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第8表 基礎ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
平 底 た て 置 円 筒 形 容 器		σ_b	τ_b

2.1.6 記載する数値に関する注意事項

- (1) 耐震計算において計算結果がいくつかあるもの、例えば、基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 計算結果の出ないもの、例えば引張力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力は、計算結果表の記入欄には として記載する。

2.1.7 耐震計算書のフォーマット

次に耐震計算書のフォーマットを示す。

1. 設計条件

機器等の区分	耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
—	C (Ss)		平底 たて置円筒形			

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		設計加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1.0			

3. 機器要目

m_o (kg)	W_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l_g (mm)

H (mm)	s (-)	n (-)	D_c (mm)	D_{b_o} (mm)	D_{b_i} (mm)	A_b (mm^2)

評価部材	評価温度 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板						
基礎ボルト						

NT2 補③ V-2-10-1-1-5-2 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 F (N)	
水平地震力 F_H (N)	
評価結果	

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力		
			算出応力	許容応力	
胴板		一次一般膜	周方向	$\sigma_\phi =$	$S_1 =$
			軸方向	$\sigma_x =$	
		組合せ一次	$\sigma_1 =$		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha \cdot \sigma_{xc}}{f_{cb}} + \frac{\alpha \cdot \sigma_{xb}}{f_{bb}} \leq 1$		
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5 f_t^* =$	
		せん断	$\tau_b =$	$1.5 f_s^* =$	
		組合せ	$\sigma_b =$	$f_{ts}^* =$	

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

2.2 燃料油サービスタンクの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

燃料油サービスタンクの耐震計算に使用する記号を第 9 表に示す。

第 9 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_c	基礎ボルト計算における係数	—
C_t	基礎ボルト計算における係数	—
D_i	胴の内径	mm
D_c	基礎ボルトのピッチ円径	mm
D_{b_o}	ベースプレートの外径	mm
D_{b_i}	ベースプレートの内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
e	計算における係数	—
F	ベースプレートと据付面の摩擦力	N
F_H	水平地震力	N
F_c	基礎に作用する圧縮力	N
F_f	基礎ボルトの締付力	N
F_t	基礎ボルトに作用する引張力	N
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
H	水頭	Mm
I	胴の断面 2 次モーメント	mm^4
K	ばね定数	N/mm
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
l_g	基礎から容器重心までの距離	mm

記号	記 号 の 説 明	単位
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
M	転倒モーメント	N・mm
m_o	容器の有効運転質量 ^(注)	kg
m_e	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P_r	最高使用圧力	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s = 10$, 鋼の場合 $s = 1$)	—
T	固有周期	s
t	胴の板厚	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
ρ	液体の比重	—
μ	ベースプレートと基礎の摩擦係数 (コンクリートの場合 $\mu = 0.4$, 鋼の場合 $\mu = 0.3$)	—
σ_1	胴の組合せ応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ_x	胴の軸方向応力の和	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}, σ_{x3}	胴の空質量及び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軸方向応力	MPa
σ_{xb}	胴の曲げモーメントによる軸圧縮応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸圧縮荷重による軸圧縮応力	MPa
σ_ϕ	胴の周方向応力の和	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa

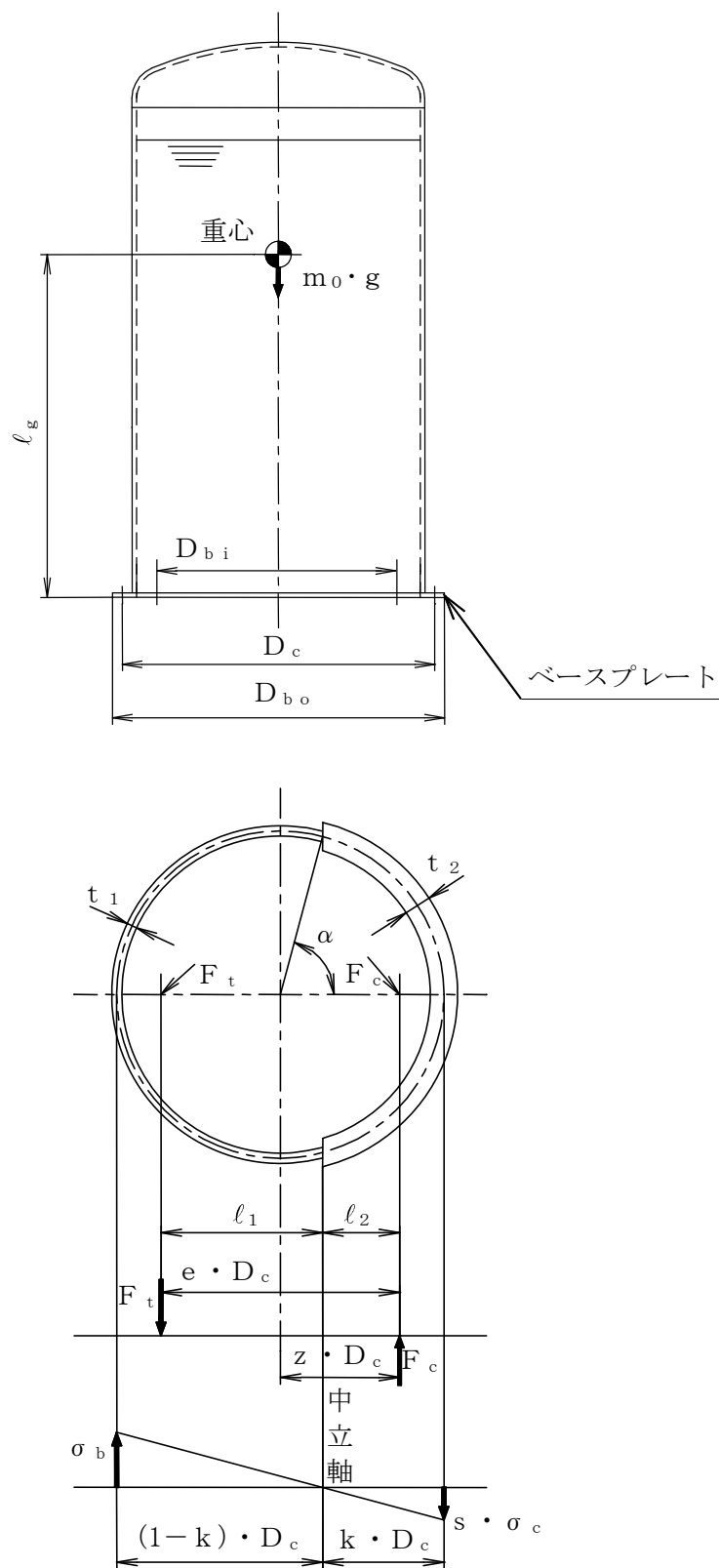
(注) 有効運転質量は、容器の満水時及び充満時における質量とする。

なお、満水時の質量とは以下の状態の質量とする。

- ① 開放容器若しくは連続水位制御している圧力容器については、100%水位における質量
- ② 貯留構造になっていない圧力容器については、想定される最大水量を加えた質量

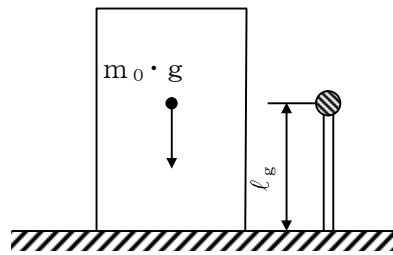
2.2.2 容器説明図

NT2 補③ V-2-10-1-5-2 R0



第1図 容器の形状及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図

2.2.3 固有周期の計算方法



第2図 固有周期の計算モデル

(1) 計算モデル

本容器は，下端固定の1質点系振動モデルとして考える。

(2) 固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数Kは，次式で求められる。

$$K = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3E \cdot I} + \frac{l_g}{G \cdot A_e}}$$

ここで，胴の断面性能は，次式で求める。

$$I = \frac{\pi}{8}(D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3}\pi(D_i + t)t$$

したがって，固有周期は，次式で求める。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{K \times 10^3}}$$

2.2.4 胴の応力計算

(1) 静水頭又は、内圧による応力

a 静水頭による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho(g + a_v)H \times 10^{-6} D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

b 内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{4t}$$

(2) 空質量及び鉛直方向地震による応力

空質量による圧縮応力及び鉛直方向地震による圧縮応力又は引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi(D_i + t)t}$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot a_v}{\pi(D_i + t)t}$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により、胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g}{\pi(D_i + t)^2 t}$$

$$\tau = \frac{2m_0 \cdot a_H}{\pi(D_i + t)t}$$

(4) 組合せ応力

(1)項～(3)項によって求めた胴の応力を以下のように組み合わせる。

a 一次一般膜応力

周方向応力 σ_{ϕ}

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

軸方向応力 σ_x

$$\sigma_x = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4}$$

組合せ応力 σ_1

組合せ応力は、周方向応力 σ_{ϕ} 、軸方向応力 σ_x 及びせん断応力 τ を組み合わせて求

める。

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_x + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_x)^2 + 4\tau^2} \right\}$$

b 一次応力

一次応力は，一次一般膜応力と同じになるため省略する。

c 組合せ圧縮応力

組合せ圧縮応力については，座屈評価を行う。

軸圧縮荷重による軸圧縮応力

$$\sigma_{xc} = \sigma_{x2} + \sigma_{x3}$$

曲げモーメントによる軸圧縮応力

$$\sigma_{xb} = \sigma_{x4}$$

座屈評価式の(P/A)に σ_{xc} を，(M/Z)に σ_{xb} を代入して評価する。

2.2.5 基礎ボルトの応力計算

(1) 引張応力

転倒モーメントMが作用した場合に生じる基礎ボルト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。

以下にその手順を示す。

a σ_b ， σ_c を仮定して係数kを求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

b α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - 2k)$$

c 各定数e，z， C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cos^2 \alpha + \frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \left(\cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right)$$

$$C_t = \frac{2\{(\pi - \alpha)\cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha}$$

$$C_c = \frac{2(\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha}$$

d 各定数を用いて F_t , F_c を求める。

$$F_t = \frac{M - m_0(g - a_v)z \cdot D_c}{e \cdot D_c}$$

$$F_c = F_t + m_0(g - a_v)$$

ここで,

$$M = m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α が π に等しくなったときであり、 α を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を F_t を求める式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判断する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e σ_b , σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) D_c \cdot C_c}$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi D_c}$$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{bo} - D_{bi}) - t_1$$

σ_b , σ_c が a 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の σ_b , σ_c を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_0 \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

2.2.6 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

(1) ベースプレートと据付面の摩擦力

ベースプレートと据付面の摩擦力Fを次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力F_Hと比較する。

$$F = \mu \cdot \{ m_0 \cdot (g - a_v) \}$$

(2) 水平方向地震による水平方向荷重

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

(3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

(a) $F \geq F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力は発生しない。

従って、計算結果表の記入欄は と記載する。

(b) $F < F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認することとし、発生応力は水平方向荷重F_Hをボルト全数の断面積で除した値とする。

3. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 設計条件

機器等の区分	耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
—	C (Ss)	緊急時対策所 EL. 23. 3	平底 たて置円筒形	静水頭	50	0. 870

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		設計加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1. 0			

3. 機器要目

m_o (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l_g (mm)

H (mm)	s (-)	n (-)	D_c (mm)	D_{b_o} (mm)	D_{b_i} (mm)	A_b (mm^2)

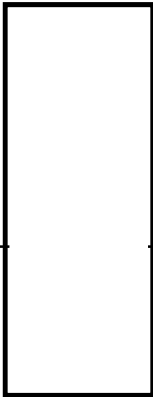
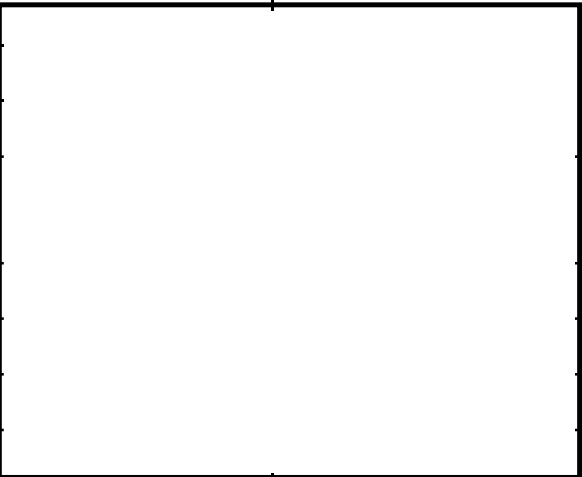
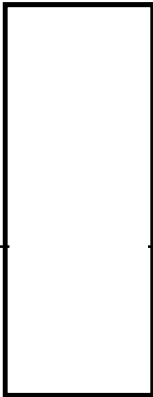
評価部材	評価温度(°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板		241	394	—	241	275
基礎ボルト		241	394	—	241	275

NT2 補③ V-2-10-1-5-2 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 $F(N)$	—
水平地震力 $F_H(N)$	1.8×10^4
評価結果	$F < F_H$ より, 基礎(取付)ボルトの組合せ応力評価を実施する

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力	
			算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	周方向	
			軸方向	
		組合せ一次		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		
基礎ボルト		引張		
		せん断		
		組合せ		

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-806 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V—2—10—3—1

可搬型設備用軽油タンクの耐震性についての計算書

まえがき

本計算書は、「V-2-10-1-2-5 軽油貯蔵タンクの耐震性についての計算書 1. 基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づいて計算を行う。

なお、本計算書においては、基本方針で定義された記号を使用する。

目次

1. 設計条件.....	1
2. 機器概要.....	1
3. 計算数値.....	2
3.1 胴に生じる応力.....	2
3.2 脚に生じる応力.....	3
3.3 基礎ボルトに生じる応力.....	3
4. 結論.....	4
4.1 固有周期.....	4
4.2 応力.....	4

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)	静的震度又は弾性設計用地震動 S_d		基準地震動 S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
					水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
可搬型設備用軽油タンク	S	可搬型重大事故等対処設備保管場所 (南側) EL. 約 25m	可搬型重大事故等対処設備保管場所 (西側) EL. 約 23m	0.016	0.880	0.290	1.660	2.420	静水頭			1.00

2. 機器概要

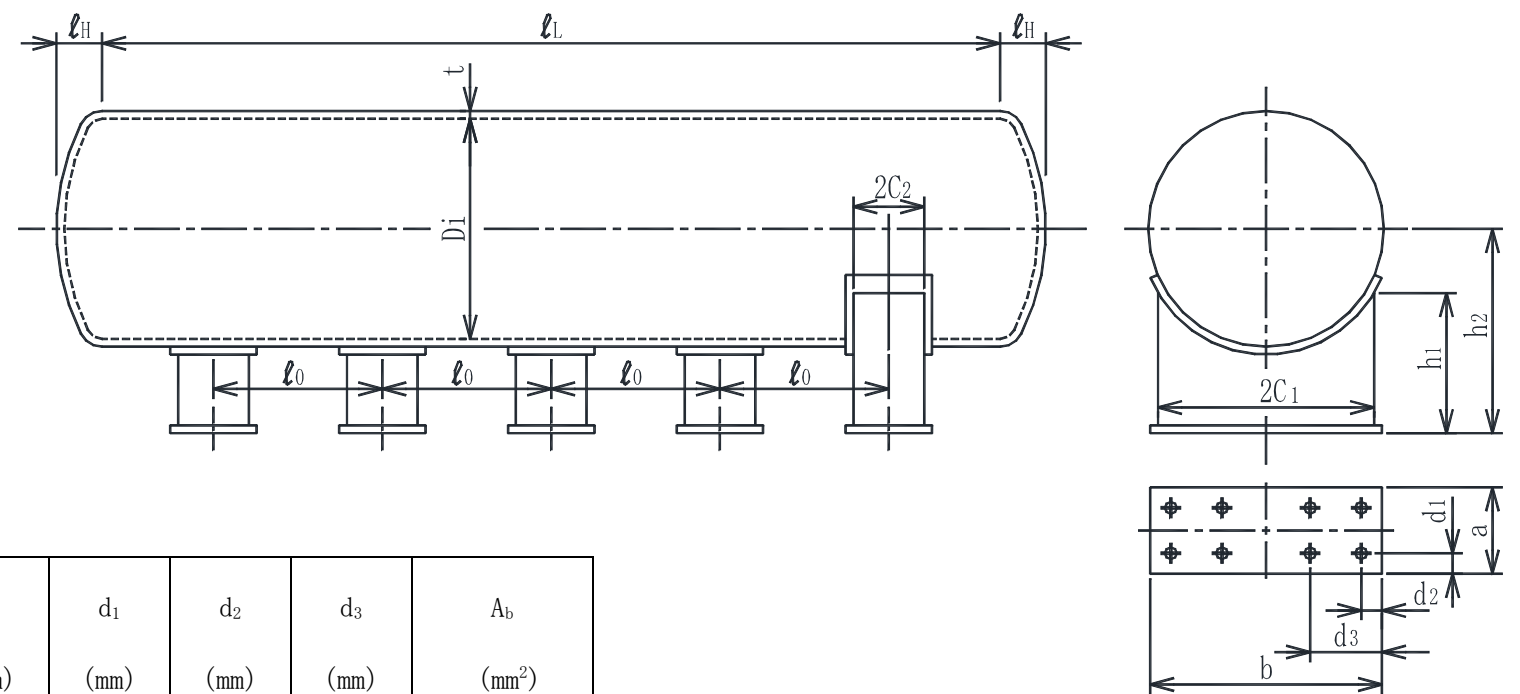
m_0 (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	l_0 (mm)	l_L (mm)	l_H (mm)

h_1 (mm)	h_2 (mm)	H (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)	E_s (MPa)	G_s (MPa)

θ (rad)	θ_0 (rad)	θ_w (rad)	l_w (mm)	s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)	A_b (mm ²)

I_{Sx} (mm ⁴)	I_{Sy} (mm ⁴)	Z_{Sx} (mm ³)	Z_{Sy} (mm ³)	A_s (mm ²)	A_{S1} (mm ²)	A_{S2} (mm ²)	A_{S3} (mm ²)	A_{S4} (mm ²)

S (胴板) (MPa)	S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
152	482	591	235	280	651	651



3. 計算数値

3.1 洞に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類	静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力								
運転時質量による応力								
鉛直方向地震による 運転時質量による応力								
水平方向地震による応力								
組合せ応力	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類	静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力								
運転時質量による応力								
鉛直方向地震による 運転時質量による応力								
運転時質量による 脚反力による応力								
鉛直方向地震による 脚反力による応力								
水平方向地震 による応力	引張	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
	せん断							
組合せ応力	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

(3) 地震動のみによる一次+二次応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類		静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力		□	□	□	□	□	□	□	□
	鉛直方向地震による 運転時質量による応力								
	鉛直方向地震による 脚反力による応力								
水平方向地震 による応力	引張	□	□	□	□	□	□	□	□
	せん断								
組合せ応力		□	□	□	□	□	□	□	□

3.2 脚に生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		静的震度又は弾性設計用地震動 S d		基準地震動 S s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	□	□	□	□
鉛直方向地震による応力	圧縮				
水平方向地震による応力	曲げ				
	せん断				
組合せ応力		□	□	□	□

3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		静的震度又は弾性設計用地震動 S d		基準地震動 S s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
引張応力		□	□	□	□
せん断応力		□	□	□	□

4. 結論

4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	
横方向	

4.2 応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	静的震度又は弾性設計用地震動 S _d		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜				
		一次				
		一次+二次				
脚		組合せ				
基礎ボルト		引張				
		せん断				

すべて許容応力以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-706 改1
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-6 その他の電源装置の耐震性についての計算書

V-2 耐震性に関する説明書

V-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

V-2-10-1 非常用電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6 その他の電源装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-1 非常用無停電電源装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-2 緊急用無停電電源装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-3 125V系蓄電池 A系/B系の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-4 125V系蓄電池 HPCS系の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-5 中性子モニタ用蓄電池の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-6 緊急用 125V系蓄電池の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-7 緊急時対策所用 125V系蓄電池の耐震性についての計算書

V-2-10-1-6-1 非常用無停電電源装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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 電氣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、「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、非常用無停電電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

非常用無停電電源装置は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

非常用無停電電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用無停電電源装置は、基礎に埋め込まれた後打ち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。	直立形	<p>(長辺方向) (短辺方向)</p>

3 固有周期

非常用無停電電源装置の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

非常用無停電電源装置の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

非常用無停電電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

非常用無停電電源装置の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用無停電電源装置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として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 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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	非常用無停電電源装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他の電 源装置	非常用無停電電源装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	245	400	—
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	215	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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	245	400	—
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

非常用無停電電源装置の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

非常用無停電電源装置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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用無停電電源装置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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用無停電電源装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用無停電電源装置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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用無停電電源装置	S	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.63$	$C_V=0.50$	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}^*
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						10
							10
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						15
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト (i=1)	245	400	245	280	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	215	400	215	258	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	2.653×10 ³	7.532×10 ³	4.448×10 ⁴	7.767×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.586×10 ³	1.216×10 ⁴	4.108×10 ⁴	7.174×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	σ _{b1} =24	f _{ts1} =147*	σ _{b1} =67	f _{ts1} =168*
		せん断	τ _{b1} =10	f _{sb1} =113	τ _{b1} =18	f _{sb1} =129
取付ボルト	□	引張り	σ _{b2} =8	f _{ts2} =161*	σ _{b2} =61	f _{ts2} =193*
		せん断	τ _{b2} =5	f _{sb2} =124	τ _{b2} =8	f _{sb2} =148

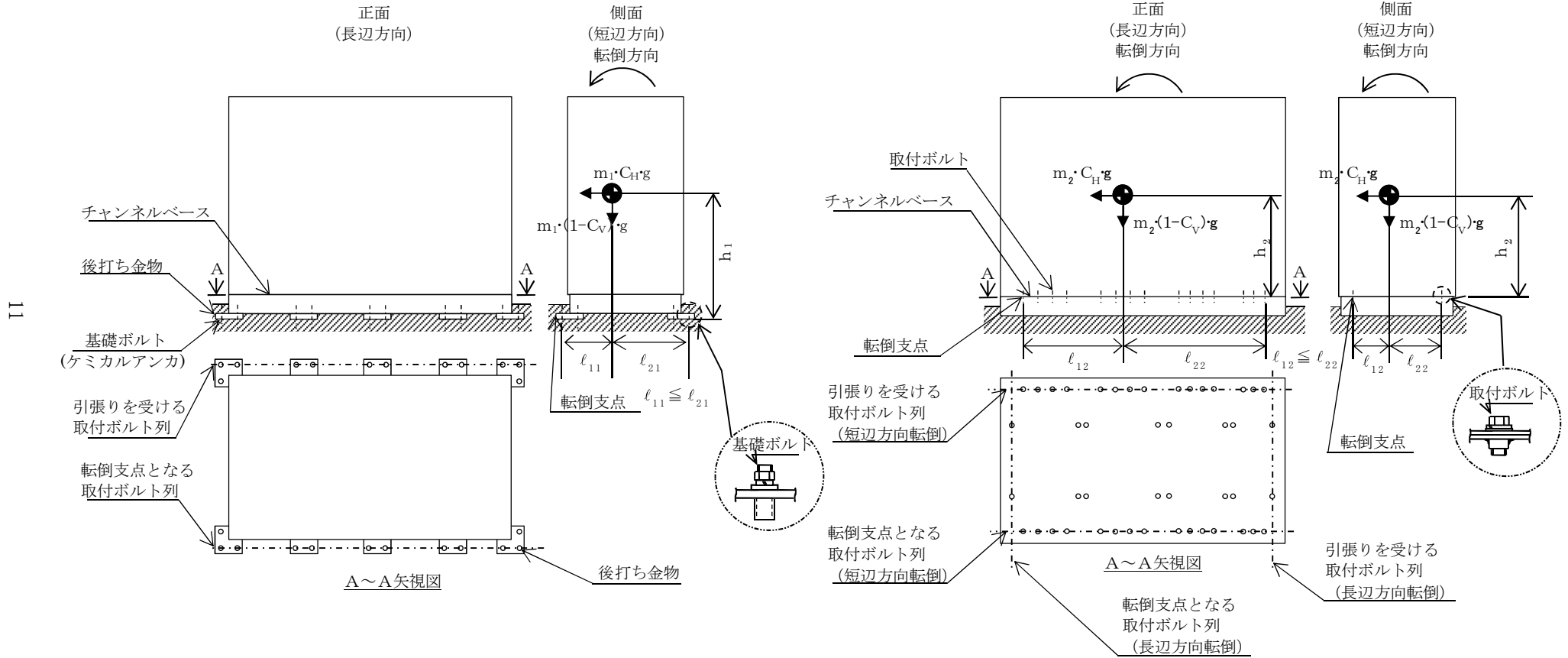
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用 無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

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。



【非常用無停電電源装置の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用 無停電電源装置	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						10
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						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	—	280	—	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	215	400	—	258	—	長辺方向

2.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.532×10 ³	—	7.767×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	1.216×10 ⁴	—	7.174×10 ⁴

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =67	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =18	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =61	f _{t s2} =193*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{s b2} =148

すべて許容応力以下である。

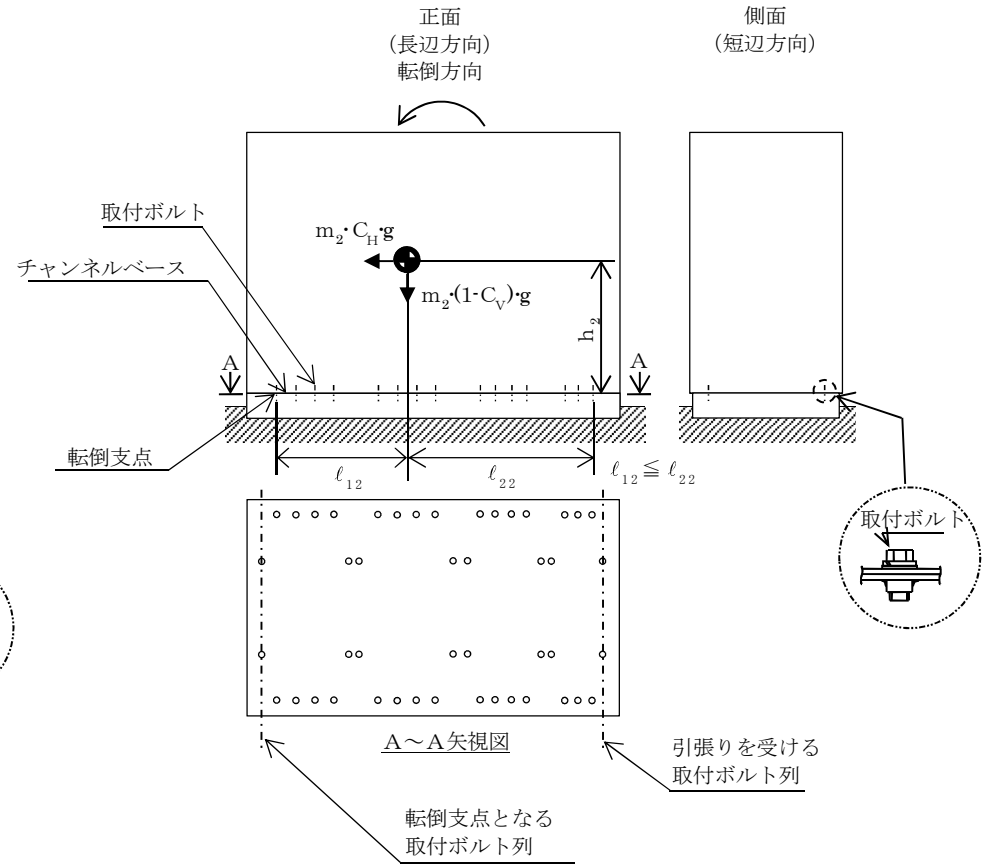
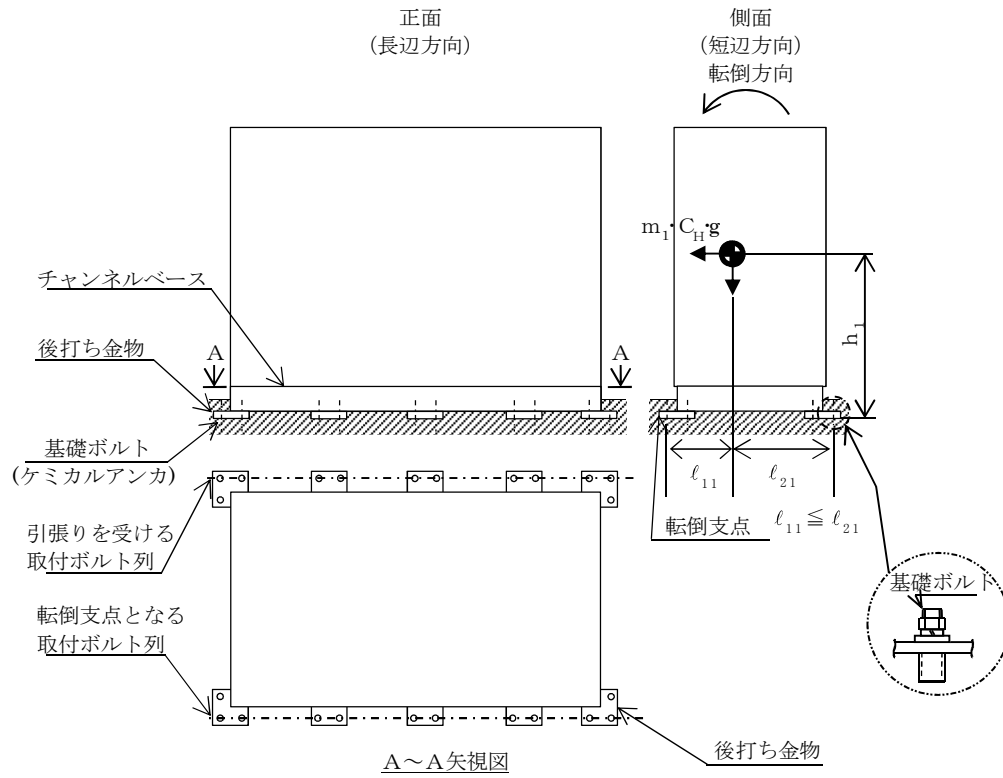
注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用 無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

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。



V-2-10-1-6-2 緊急用無停電電源装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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 電氣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、「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、緊急用無停電電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用無停電電源装置は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用無停電電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用無停電電源装置は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	<p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p>

3. 固有周期

緊急用無停電電源装置の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用無停電電源装置の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用無停電電源装置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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用無停電電源装置の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用無停電電源装置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として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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	緊急用無停電電源装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	245	400	—
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用無停電電源装置の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用無停電電源装置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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用無停電電源装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用無停電電源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 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 無停電電源装置	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	-	-	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						10
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						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	-	280	-	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	215	400	-	258	-	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.532×10 ³	—	7.767×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	1.216×10 ⁴	—	7.174×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =67	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =18	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =61	f _{t s2} =193*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{s b2} =148

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

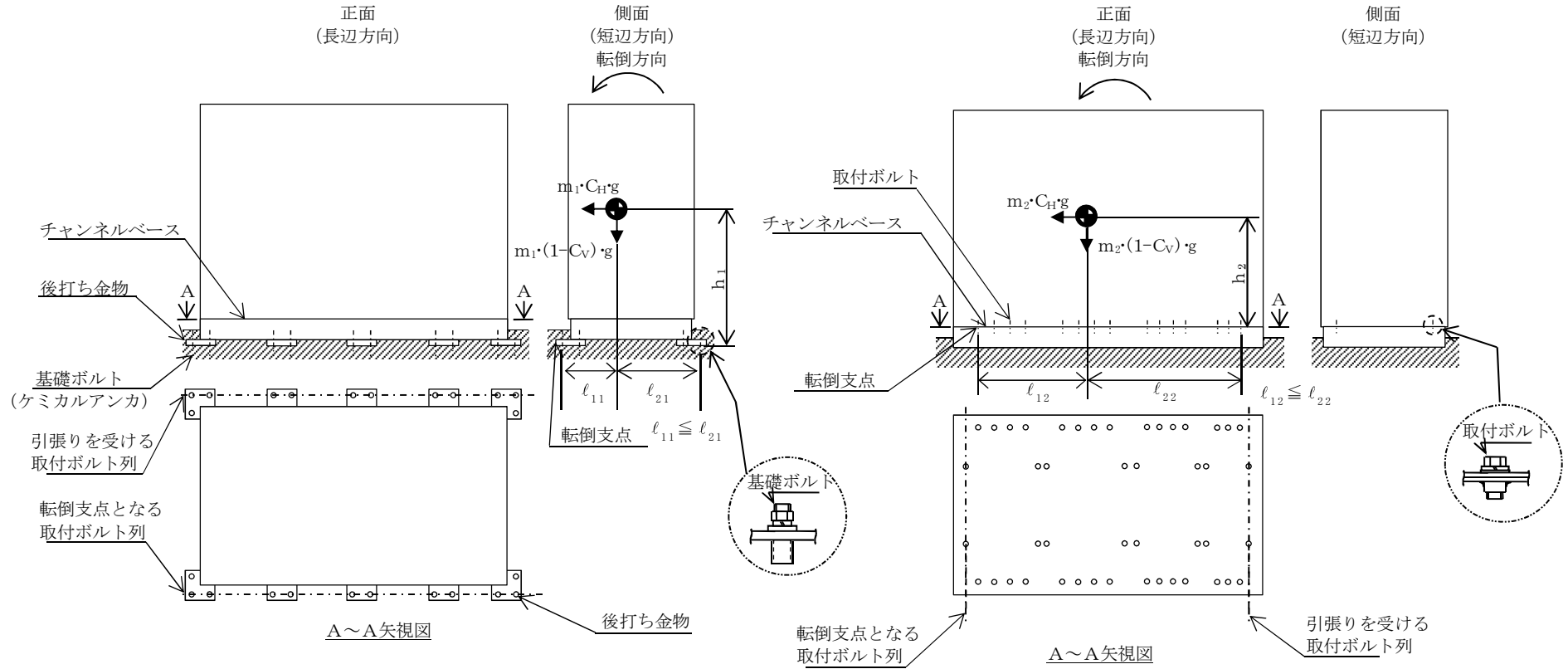
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用 無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

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。

11



V-2-10-1-6-3 125V系蓄電池A系/B系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 電氣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、「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、125V 系蓄電池 A 系/B 系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。

125V 系蓄電池 A 系/B 系は、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

125V 系蓄電池 A 系/B 系の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>125V 系蓄電池 A 系/B 系は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

125V 系蓄電池 A 系/B 系の固有周期は、構造が同様な蓄電池に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

125V 系蓄電池 A 系/B 系の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

125V 系蓄電池 A 系/B 系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としての評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

125V 系蓄電池 A 系/B 系の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

125V 系蓄電池 A 系/B 系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としての評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	125V 系蓄電池 A 系/B 系	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他の電 源装置	125V 系蓄電池 A 系/B 系	常設耐震/防止 常設/緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

125V 系蓄電池 A 系/B 系の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は J E A G 4 6 0 1 -1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、125V 系蓄電池 A 系/B 系の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

125V系蓄電池A系/B系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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

125V系蓄電池A系/B系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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【125V系蓄電池A系(4個並び2段1列)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(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V系蓄電池A系(4個並び2段1列)	S	原子炉建屋付属棟 □	□	□	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	□

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (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)	□						4
							4
取付ボルト (i=2)	□						6
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	1.556×10 ³	4.727×10 ³	1.583×10 ⁴	2.593×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.156×10 ³	5.584×10 ³	1.533×10 ⁴	2.510×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

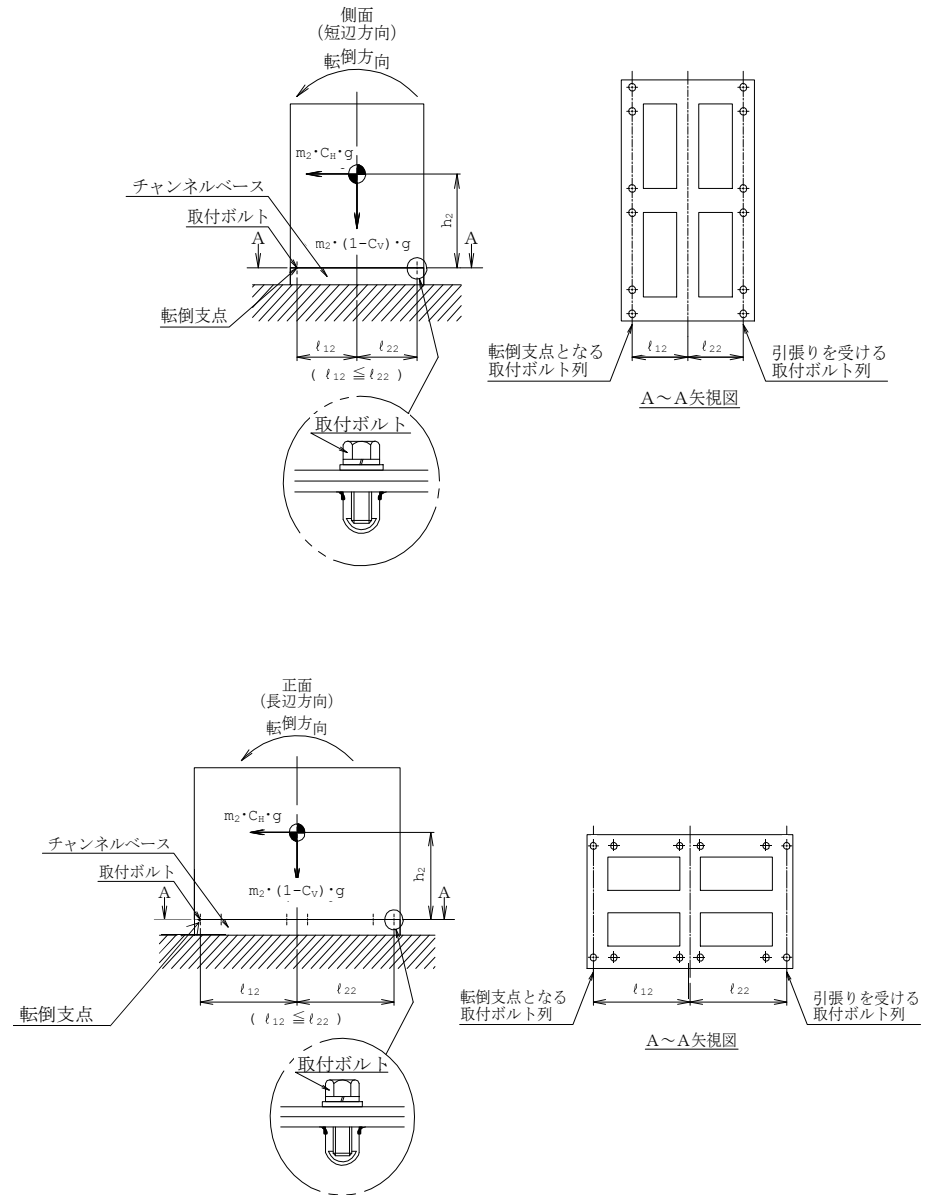
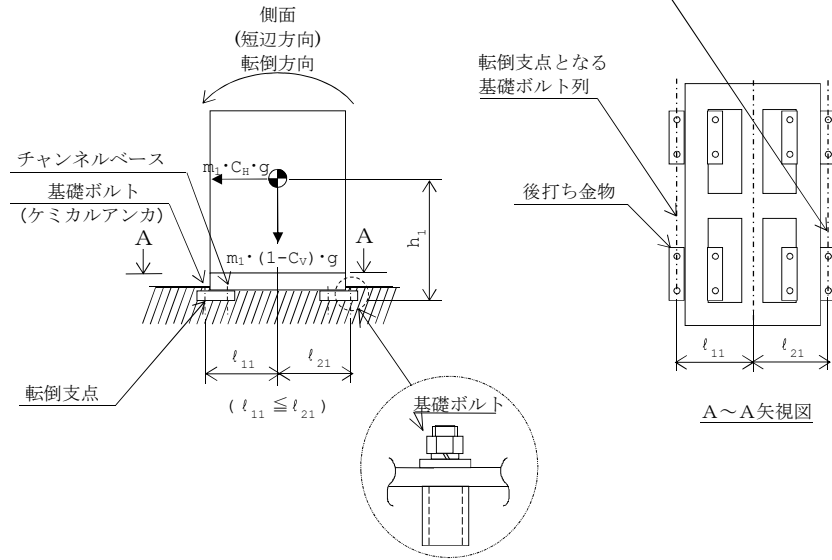
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_{b1}=14$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=42$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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

II



【125V系蓄電池A系(3個並び2段1列)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(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V系蓄電池A系(3個並び2段1列)	S	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (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)	[]						4
							4
取付ボルト(i=2)	[]						2
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト(i=1)	241	394	241	276	長辺方向	長辺方向
取付ボルト(i=2)	231	394	231	276	長辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	1.398×10 ³	3.976×10 ³	1.265×10 ⁴	2.071×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.508×10 ³	5.746×10 ³	1.221×10 ⁴	2.000×10 ⁴

1.4 結 論

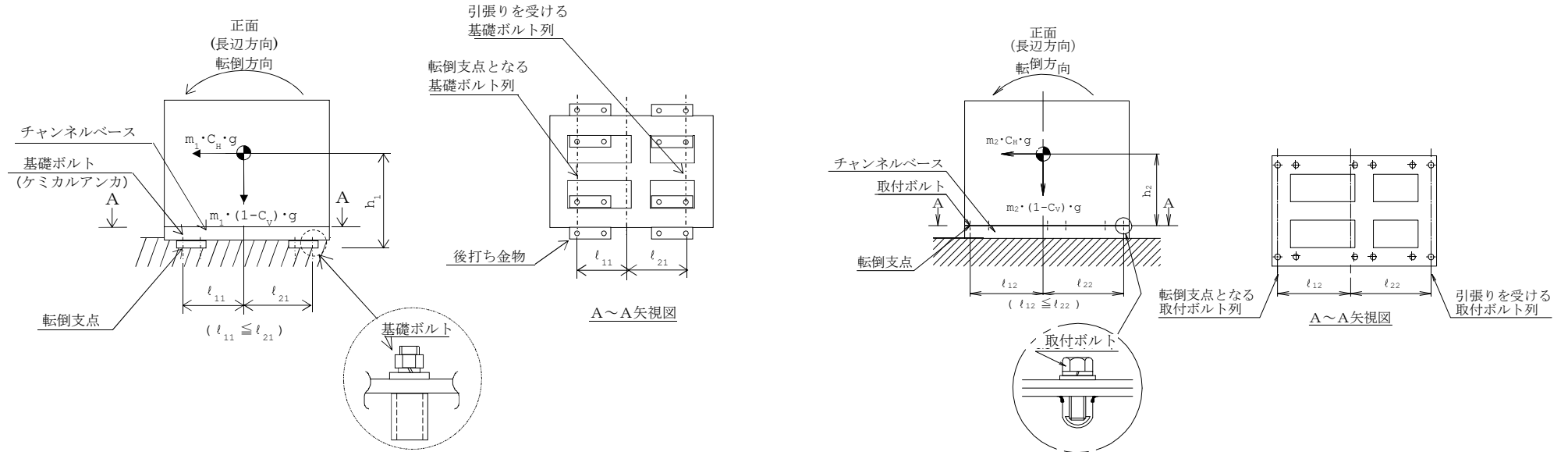
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=36$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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



【125V系蓄電池B系(4個並び2段1列)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(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V系蓄電池B系(4個並び2段1列)	S	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.63$	$C_V=0.50$	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}^*
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						4
							4
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						6
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト ($i=1$)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	1.217×10 ³	4.515×10 ³	1.446×10 ⁴	2.524×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	924.6	5.267×10 ³	1.399×10 ⁴	2.443×10 ⁴

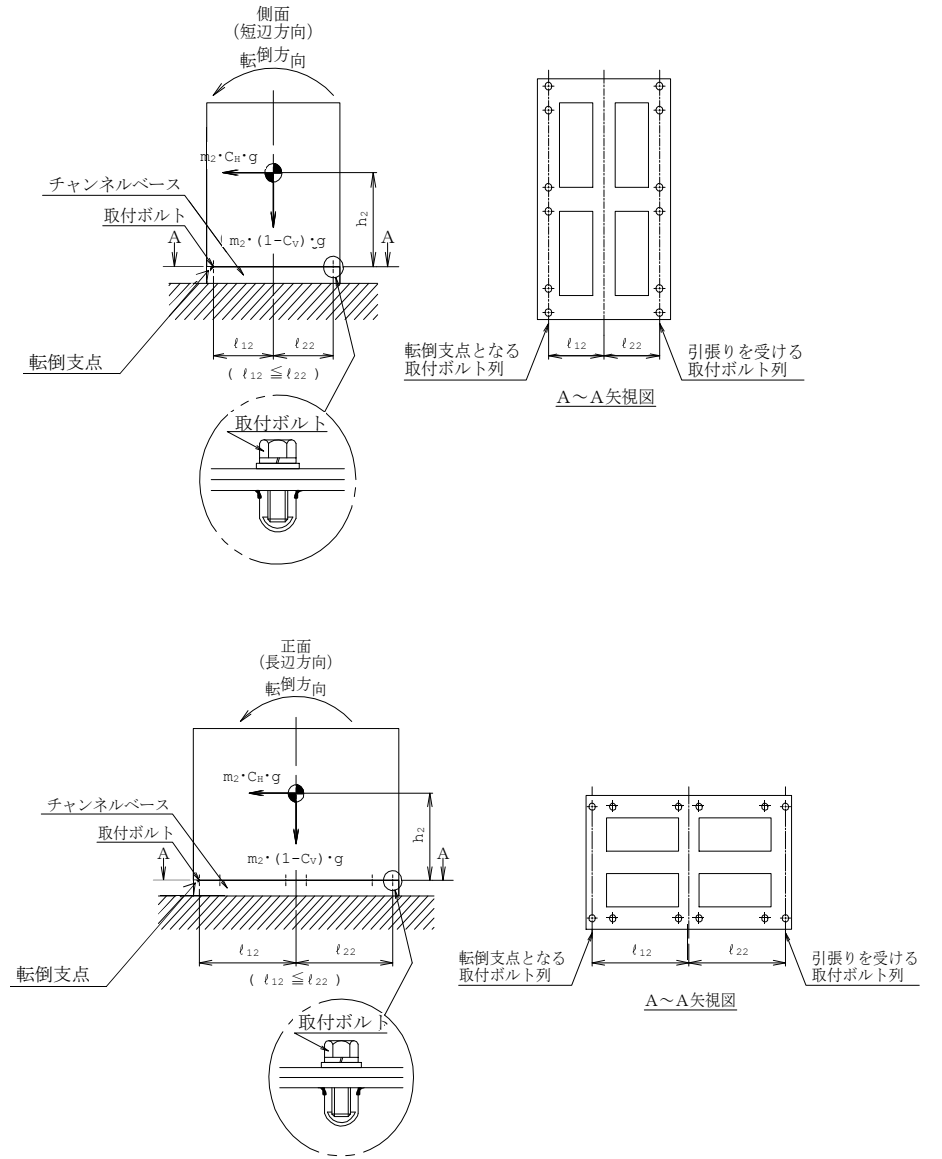
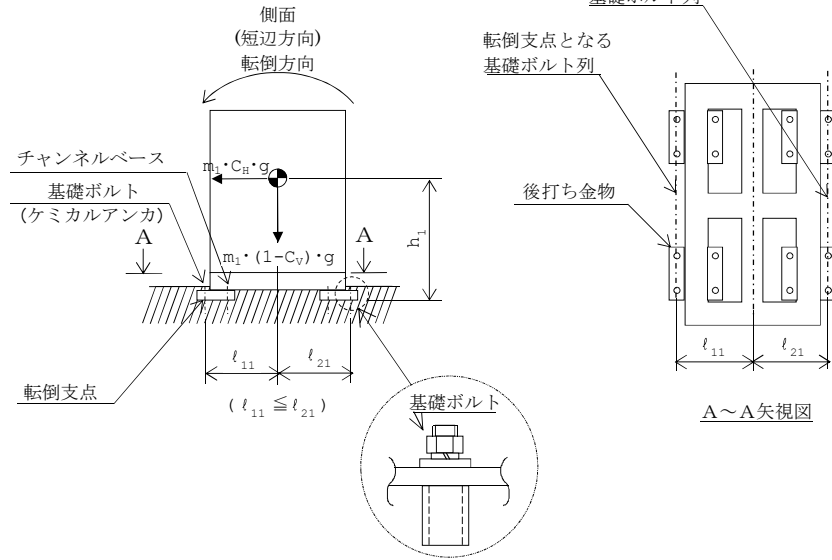
1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_{b1}=11$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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



【125V系蓄電池B系(3個並び2段1列)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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池B系 (3個並び2段1列)	S	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.63$	$C_V=0.50$	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}^*
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						4
							4
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						2
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト ($i=1$)	241	394	241	276	長辺方向	長辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	231	276	長辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	1.119×10 ³	3.803×10 ³	1.155×10 ⁴	2.016×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.071×10 ³	5.463×10 ³	1.115×10 ⁴	1.947×10 ⁴

1.4 結 論

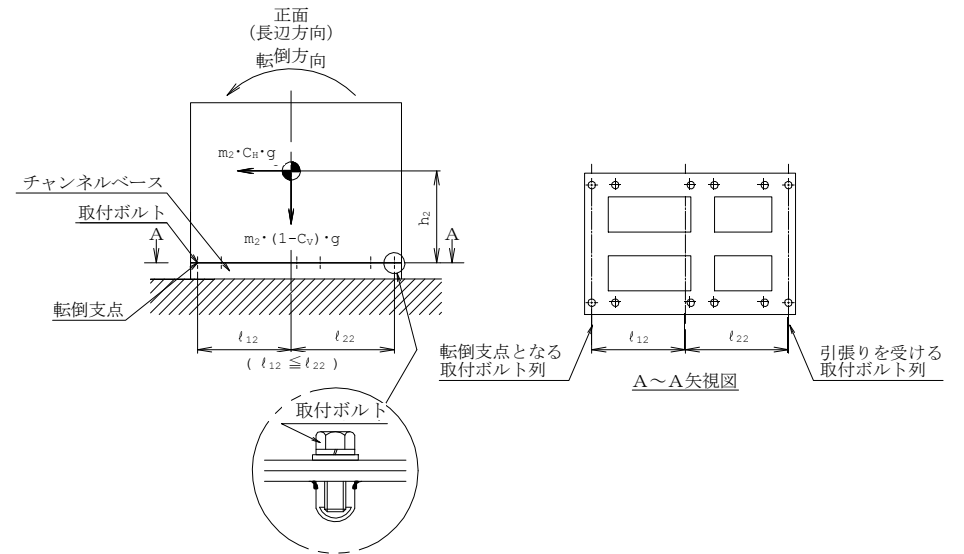
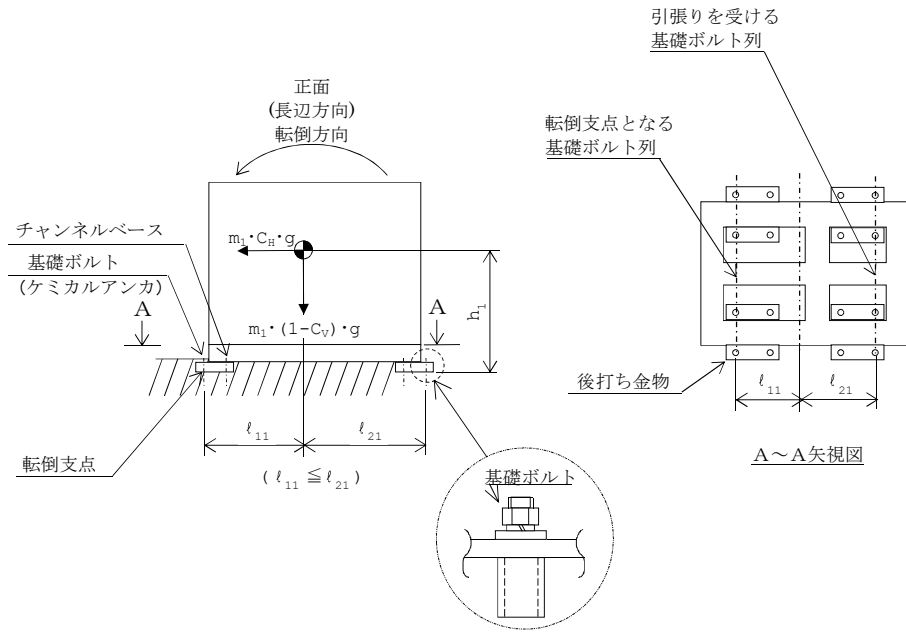
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_{b1}=10$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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



【125V系蓄電池A系(4個並び2段1列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池A系 (4個並び2段1列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

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}
基礎ボルト ($i=1$)	[]						4
取付ボルト ($i=2$)	[]						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 ($i=1$)	241	394	-	276	-	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	-	276	-	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	4.727×10 ³	—	2.593×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.584×10 ³	—	2.510×10 ⁴

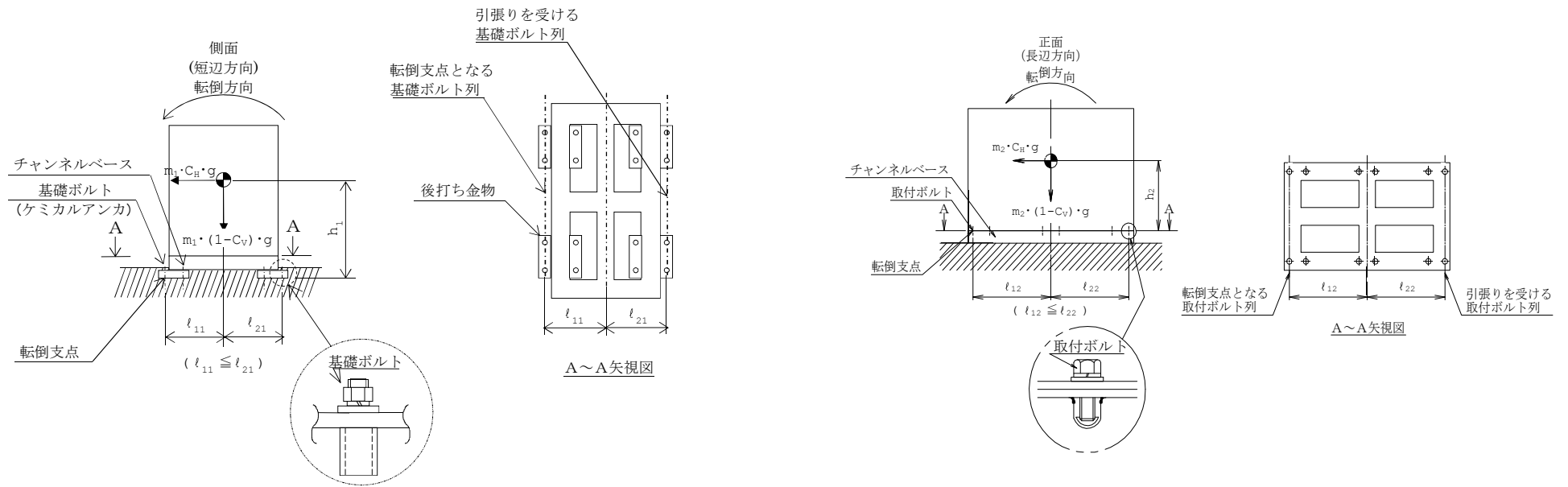
2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =42	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =15	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	f _{sb2} =159

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



【125V系蓄電池A系(3個並び2段1列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池A系 (3個並び2段1列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

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}
基礎ボルト ($i=1$)	[]						4
取付ボルト ($i=2$)	[]						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 ($i=1$)	241	394	—	276	—	長辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	—	276	—	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	3.976×10 ³	—	2.071×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.746×10 ³	—	2.000×10 ⁴

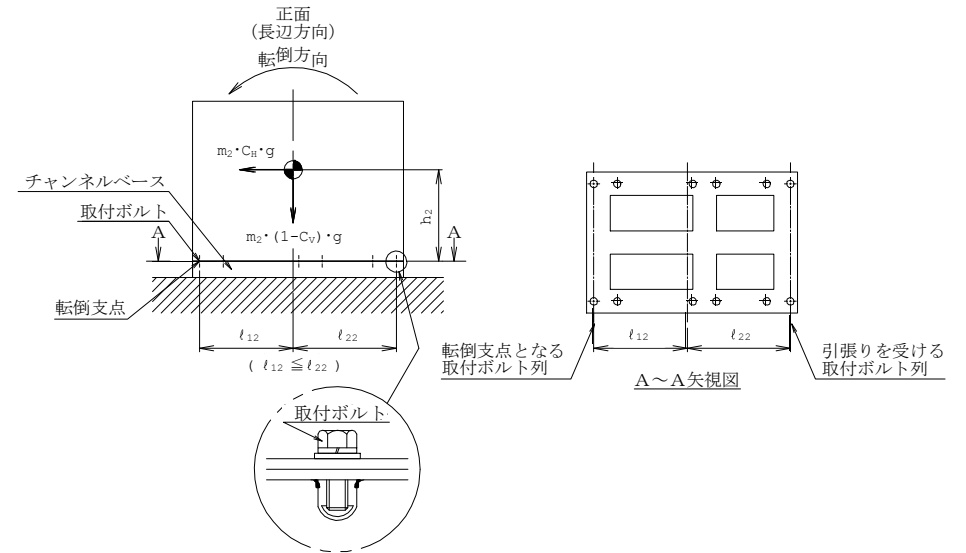
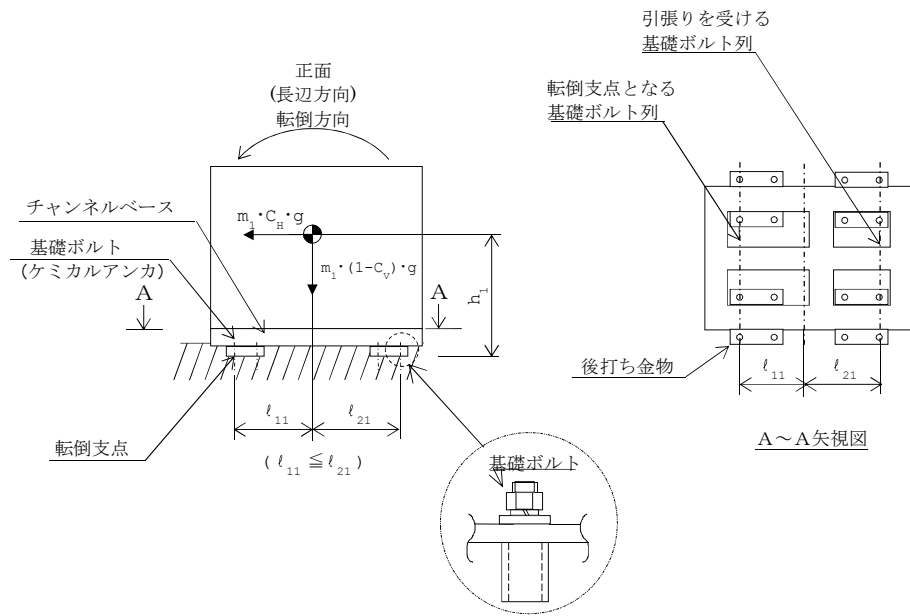
2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =36	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =12	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =29	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =9	f _{sb2} =159

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



【125V系蓄電池B系(4個並び2段1列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池B系 (4個並び2段1列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						4
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						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 ($i=1$)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	—	276	—	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 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	—	4.515×10^3	—	2.524×10^4
取付ボルト ($i=2$)	—	5.267×10^3	—	2.443×10^4

2.4 結 論

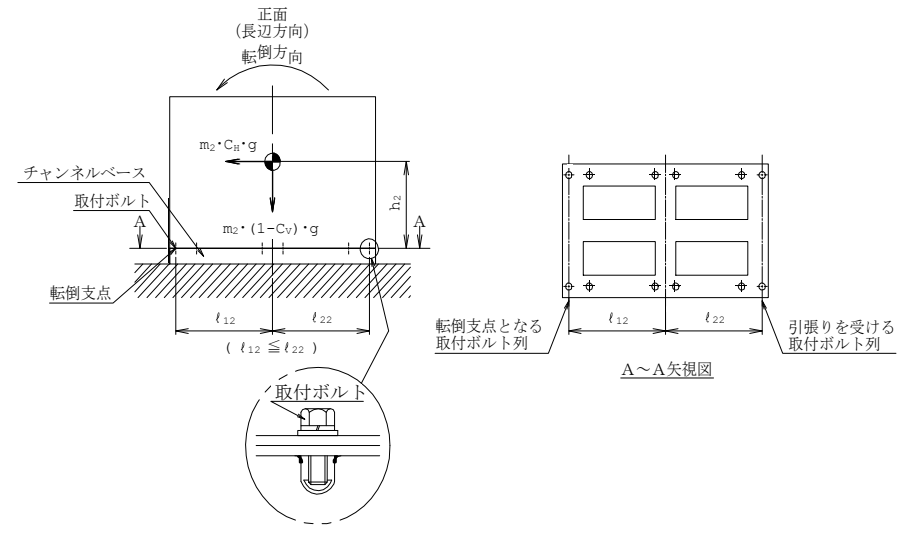
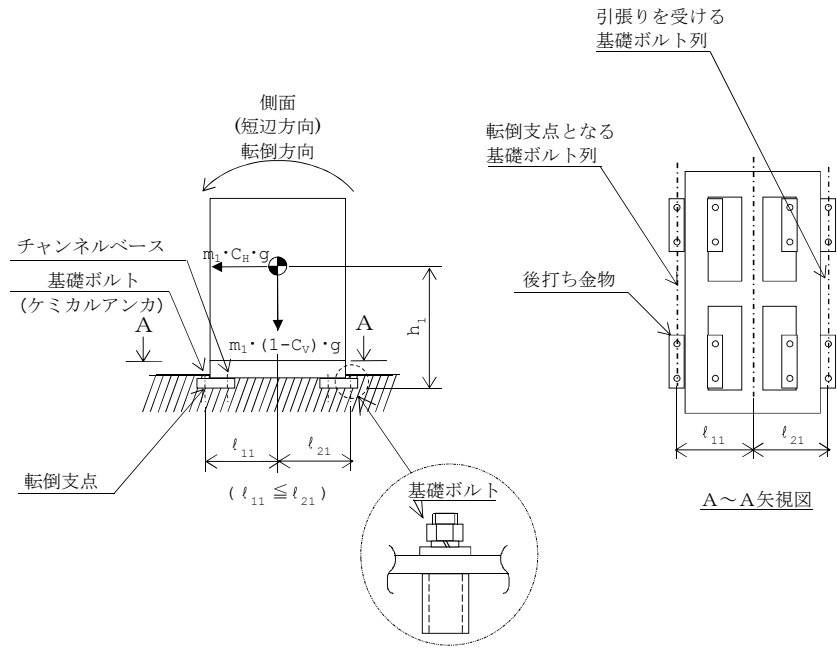
2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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



【125V系蓄電池B系(3個並び2段1列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池B系 (3個並び2段1列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						4
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						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 ($i=1$)	241	394	—	276	—	長辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	—	276	—	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	3.803×10 ³	—	2.016×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.463×10 ³	—	1.947×10 ⁴

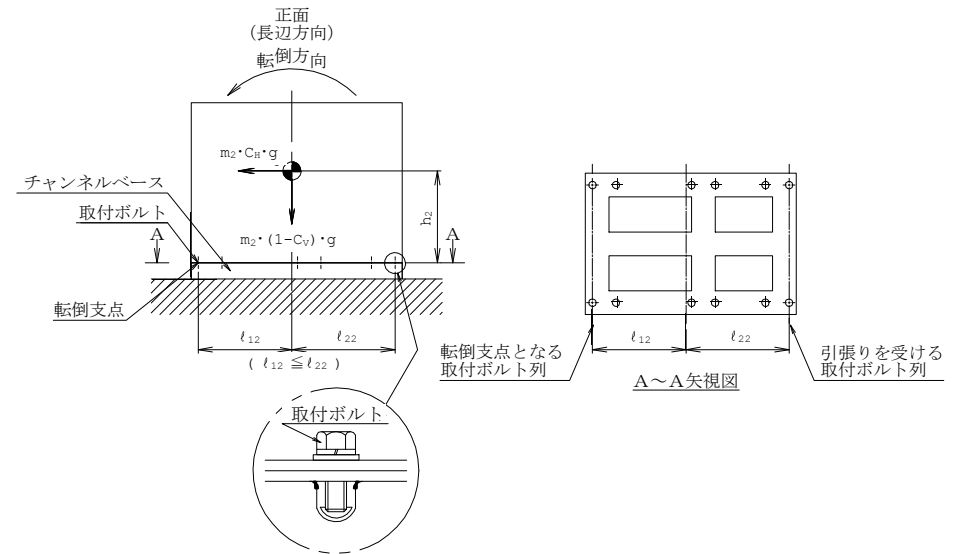
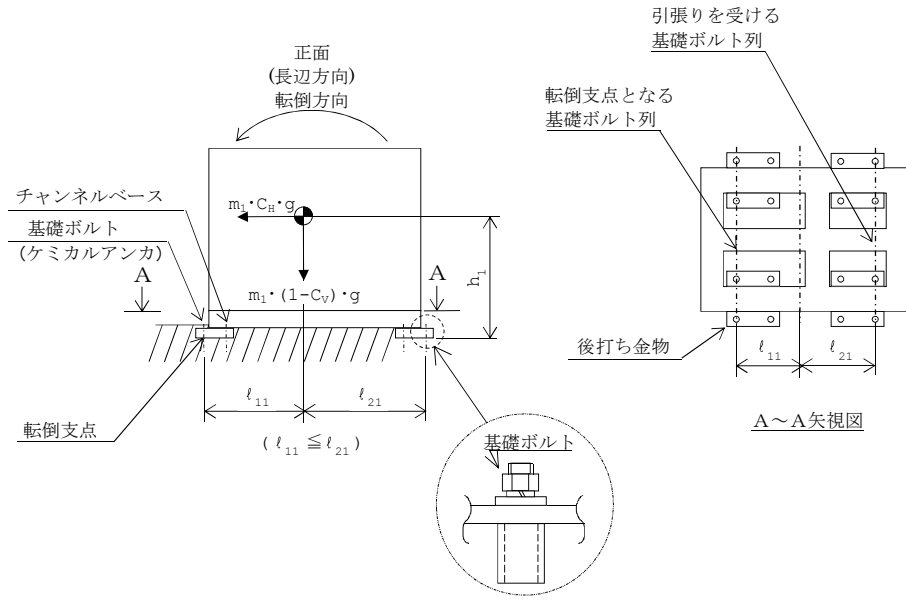
2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	σ _{b1} =34	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =12	f _{sb1} =127
取付ボルト		引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{sb2} =159

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



V-2-10-1-6-4 125V 系蓄電池 HPCS 系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 電氣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、「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、125V 系蓄電池 HPCS 系が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

125V 系蓄電池 HPCS 系は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

125V 系蓄電池 HPCS 系の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>125V系蓄電池HPC S系は、基礎に基礎ボルト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。</p>	<p>直立形</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> <p>チャンネルベース 取付ボルト 基礎 基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p> <p>チャンネルベース 取付ボルト 基礎 基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> </div> </div>

3. 固有周期

125V 系蓄電池 HPCS 系の固有周期は、構造が同様な蓄電池に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

125V 系蓄電池 HPCS 系の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

125V 系蓄電池 HPCS 系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としての評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

125V 系蓄電池 HPCS 系の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

125V 系蓄電池 HPCS 系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としての評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	125V 系蓄電池 HPCS 系	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_S$	Ⅳ _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他の 電源装置	125V 系蓄電池 HPCS 系	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

125V 系蓄電池 HPCS 系の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は J E A G 4 6 0 1 -1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、125V 系蓄電池 HPCS 系の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

125V 系蓄電池 HPCS 系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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

125V 系蓄電池 HPCS 系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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【125V系蓄電池 HPCS系(8個並び2段2列)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(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V系蓄電池 HPCS系 (8個並び2段2列)	S	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i}^* (mm)	ϕ_{2i}^* (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^*
基礎ボルト (i=1)	[]						3
							3
取付ボルト (i=2)	[]						6
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	6.711×10 ³	1.321×10 ⁴	1.208×10 ⁴	1.978×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.618×10 ³	4.108×10 ³	1.144×10 ⁴	1.873×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

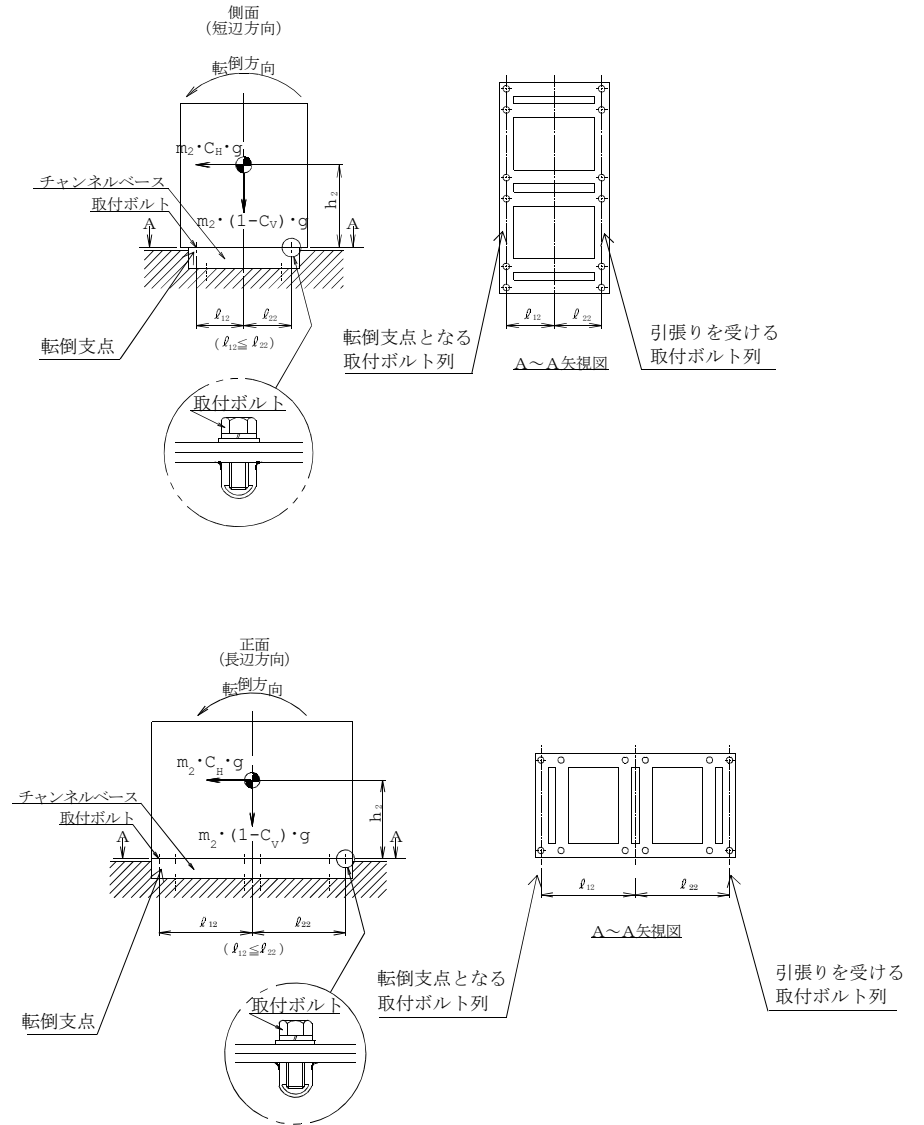
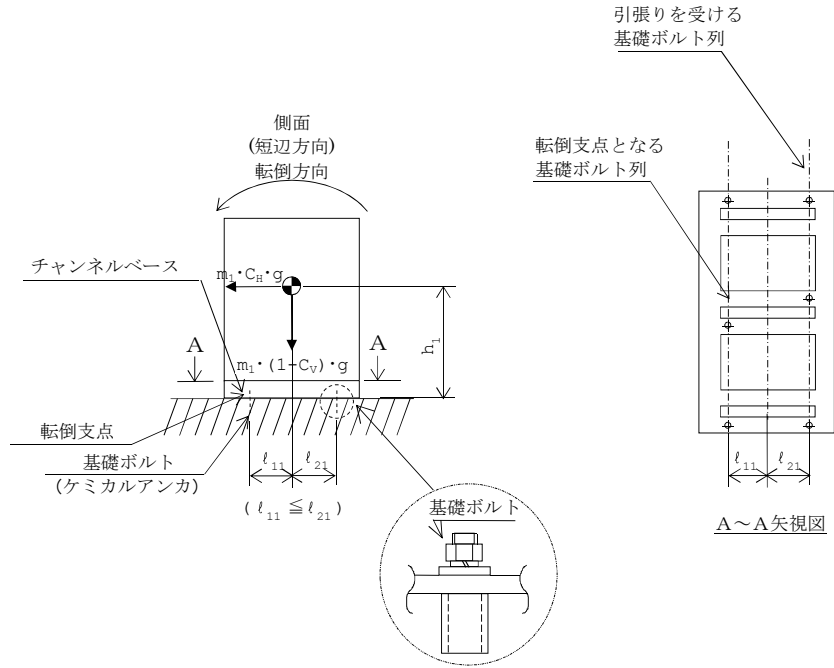
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	σ _{b1} =34	f _{ts1} =144*	σ _{b1} =66	f _{ts1} =165*
		せん断	τ _{b1} =10	f _{sb1} =111	τ _{b1} =17	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	σ _{b2} =8	f _{ts2} =173*	σ _{b2} =21	f _{ts2} =207*
		せん断	τ _{b2} =5	f _{sb2} =133	τ _{b2} =8	f _{sb2} =159

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

11



【125V系蓄電池 HPCS系(6,7個並び2段2列)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(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V系蓄電池 HPCS系 (6,7個並び2段2列)	S	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	θ_{1i}^* (mm)	θ_{2i}^* (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^*
基礎ボルト (i=1)	[]						3
							3
取付ボルト (i=2)	[]						6
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	5.573×10 ³	1.104×10 ⁴	1.042×10 ⁴	1.707×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	1.316×10 ³	3.825×10 ³	9.812×10 ³	1.607×10 ⁴

1.4 結 論

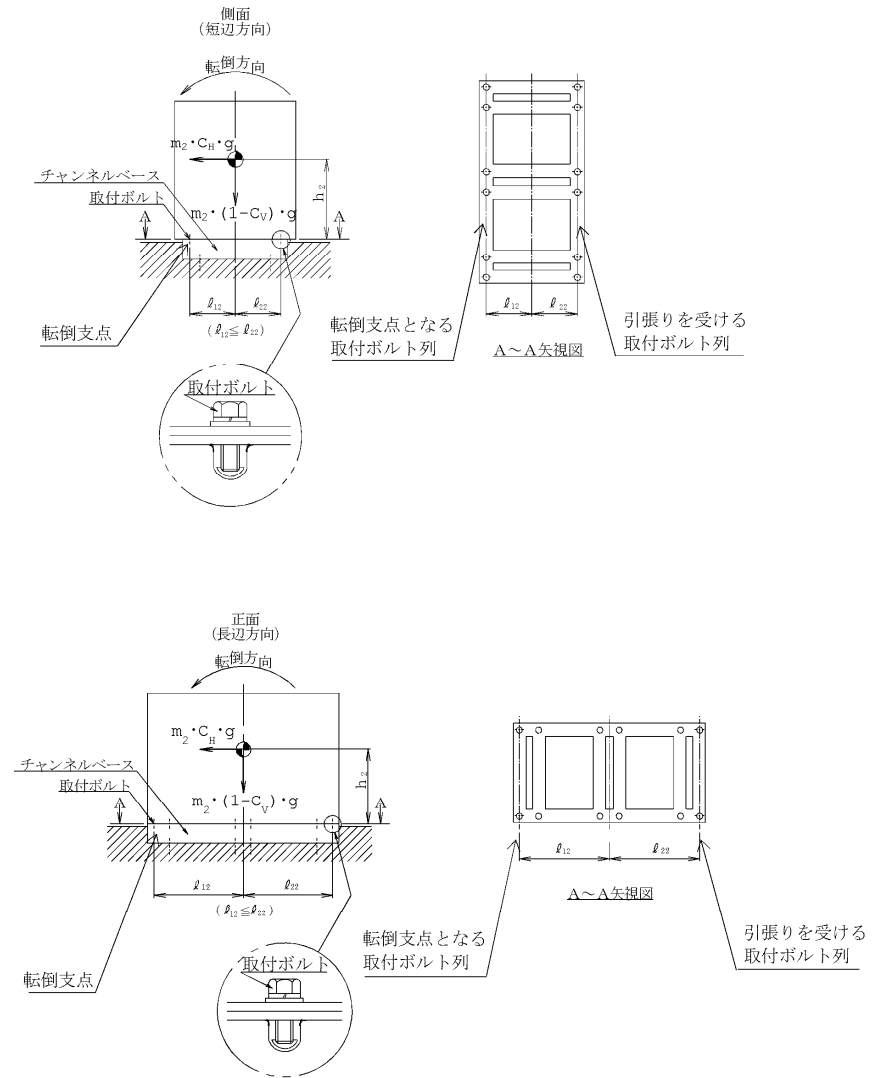
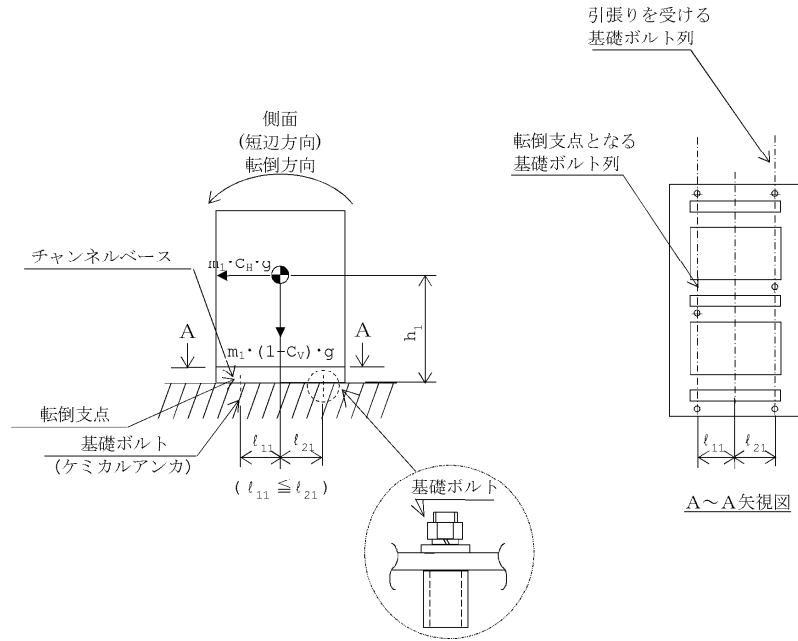
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	σ _{b1} =28	f _{ts1} =144*	σ _{b1} =55	f _{ts1} =165*
		せん断	τ _{b1} =9	f _{sb1} =111	τ _{b1} =15	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	σ _{b2} =7	f _{ts2} =173*	σ _{b2} =19	f _{ts2} =207*
		せん断	τ _{b2} =4	f _{sb2} =133	τ _{b2} =7	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出



【125V系蓄電池 HPCS系(8個並び2段2列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池 HPCS系 (8個並び2段2列)	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

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}
基礎ボルト (i=1)	[]						3
取付ボルト (i=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)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	—	276	—	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	1.321×10 ⁴	—	1.978×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	4.108×10 ³	—	1.873×10 ⁴

2.4 結 論

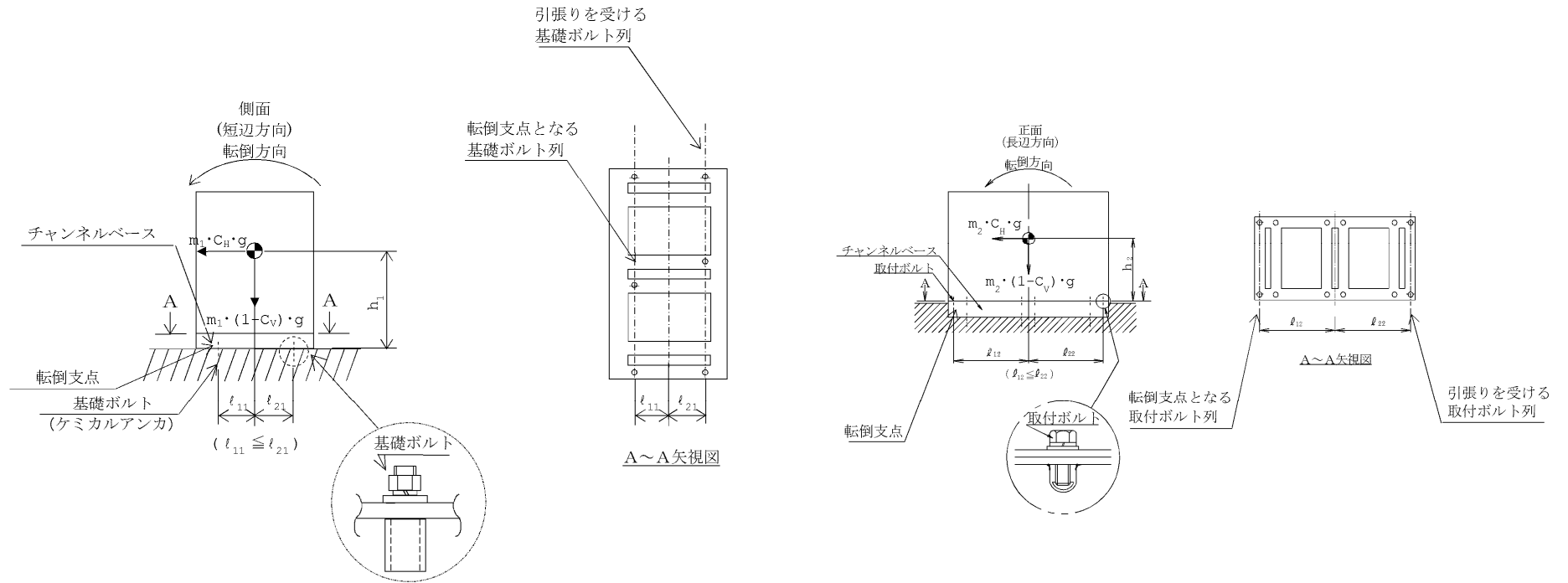
2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =66	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =17	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =21	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

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



【125V系蓄電池 HPCS系(6,7個並び2段2列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V系蓄電池 HPCS系 (6,7個並び2段2列)	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

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}
基礎ボルト (i=1)	[]						3
取付ボルト (i=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)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	—	276	—	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	1.104×10 ⁴	—	1.707×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	3.825×10 ³	—	1.607×10 ⁴

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

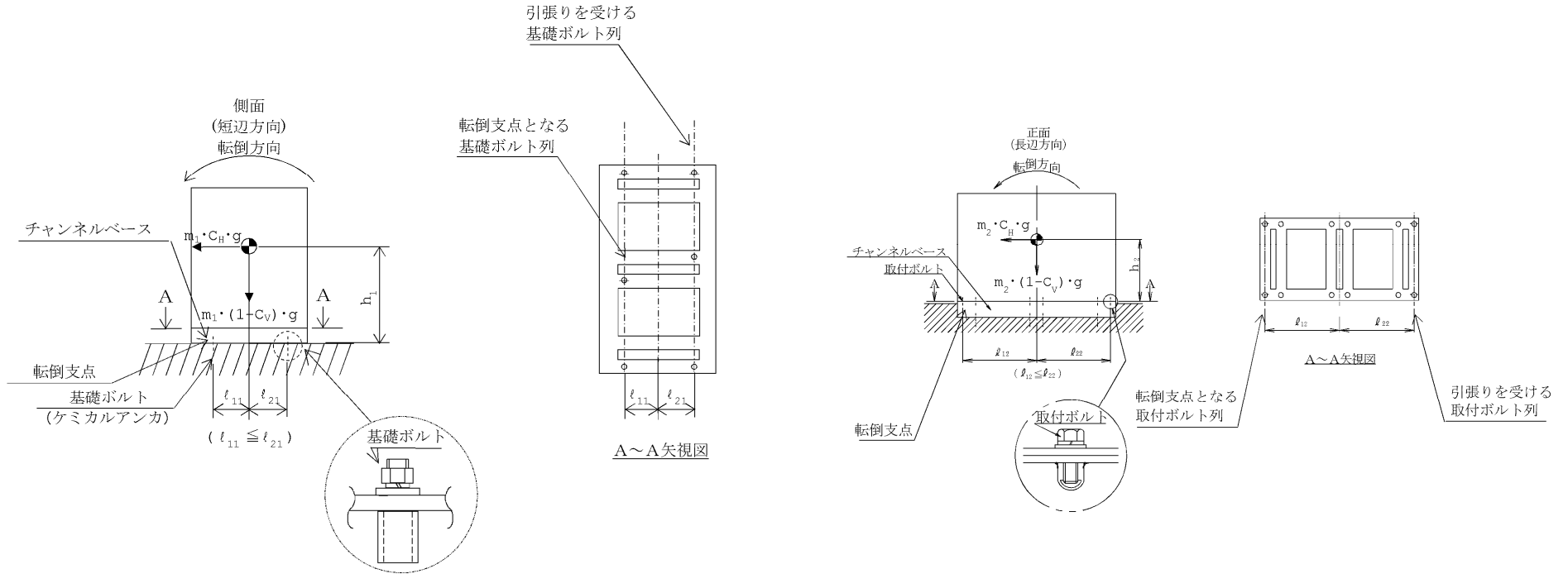
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =55	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =15	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =19	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =7	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

20



V-2-10-1-6-5 中性子モニタ用蓄電池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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、中性子モニタ用蓄電池が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

中性子モニタ用蓄電池は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中性子モニタ用蓄電池の構造計画を表 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	
中性子モニタ用蓄電池は、基礎に基礎ボルト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。	直立形	<p>The diagram consists of two views: a front view (正面) and a side view (側面). Both views show a rectangular structure (the channel base) mounted on a foundation (基礎). The structure is secured to the foundation by foundation bolts (基礎ボルト) which are identified as chemical anchors (ケミカルアンカ). Mounting bolts (取付ボルト) are used to attach the channel base to the structure. The foundation is shown as a hatched area below the structure.</p>

3. 固有周期

中性子モニタ用蓄電池の固有周期は、構造が同様な蓄電池に対する打診試験の結果算定された固有周期とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

中性子モニタ用蓄電池の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

中性子モニタ用蓄電池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としての評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

中性子モニタ用蓄電池の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中性子モニタ用蓄電池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としての評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	中性子モニタ用蓄電池	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_S$	Ⅳ _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他の電 源装置	中性子モニタ用蓄電池	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記 *¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

中性子モニタ用蓄電池の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、中性子モニタ用蓄電池の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

中性子モニタ用蓄電池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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中性子モニタ用蓄電池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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【中性子モニタ用蓄電池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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
中性子モニタ用 蓄電池	S	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.63$	$C_V=0.50$	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}^*
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						2
							2
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						6
							2

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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
基礎ボルト ($i=1$)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	1.811×10 ³	4.469×10 ³	3.954×10 ³	6.904×10 ³
取付ボルト (i=2)	143.1	653.5	3.398×10 ³	5.933×10 ³

1.4 結 論

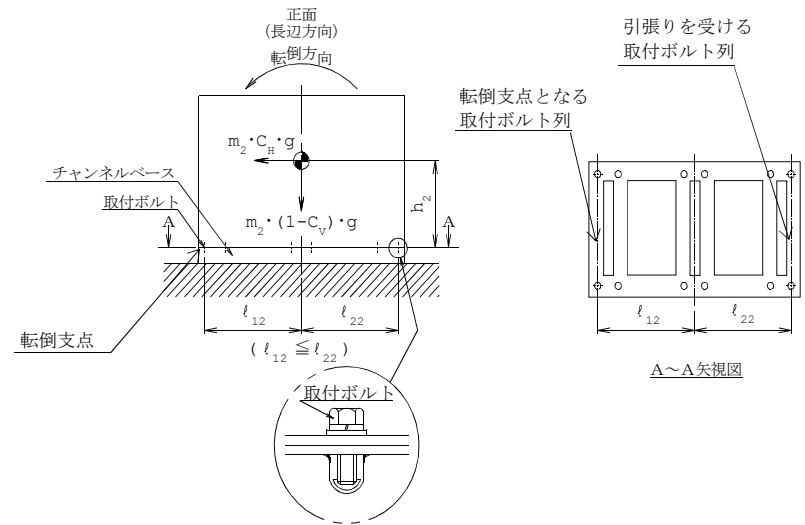
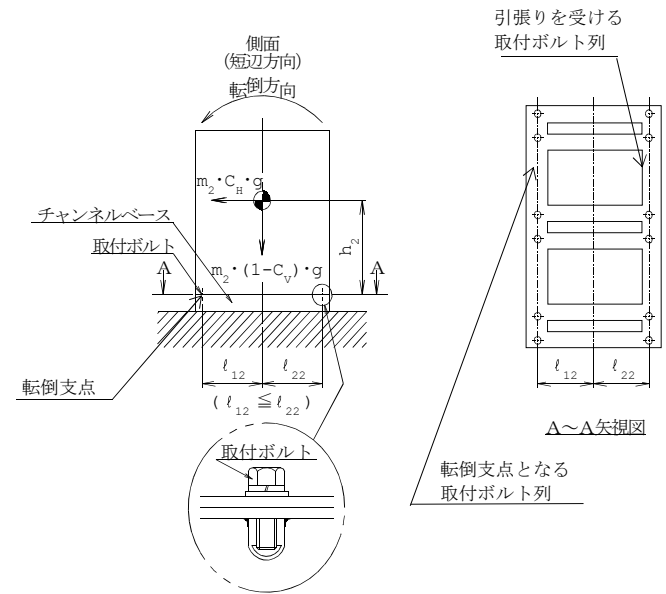
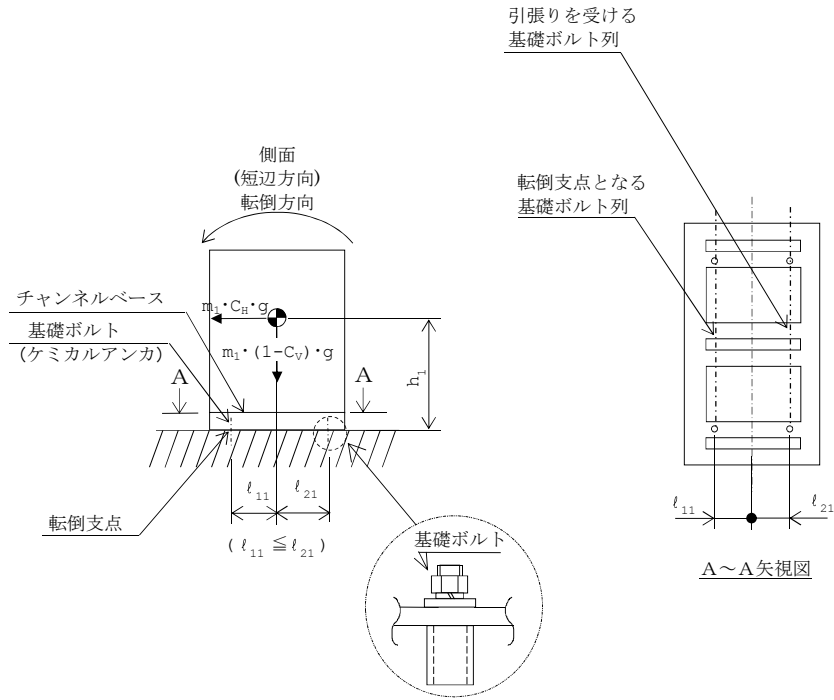
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_{b1}=9$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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



【中性子モニタ用蓄電池の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
中性子モニタ用蓄電池	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト ($i=1$)	<input type="text"/>						2
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						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 ($i=1$)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト ($i=2$)	231	394	—	276	—	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 _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	4.469×10 ³	—	6.904×10 ³
取付ボルト (i=2)	—	653.5	—	5.933×10 ³

2.4 結 論

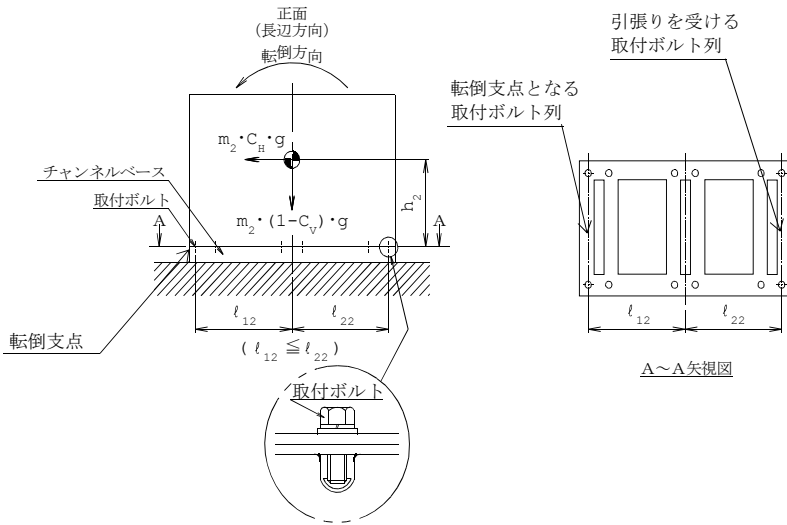
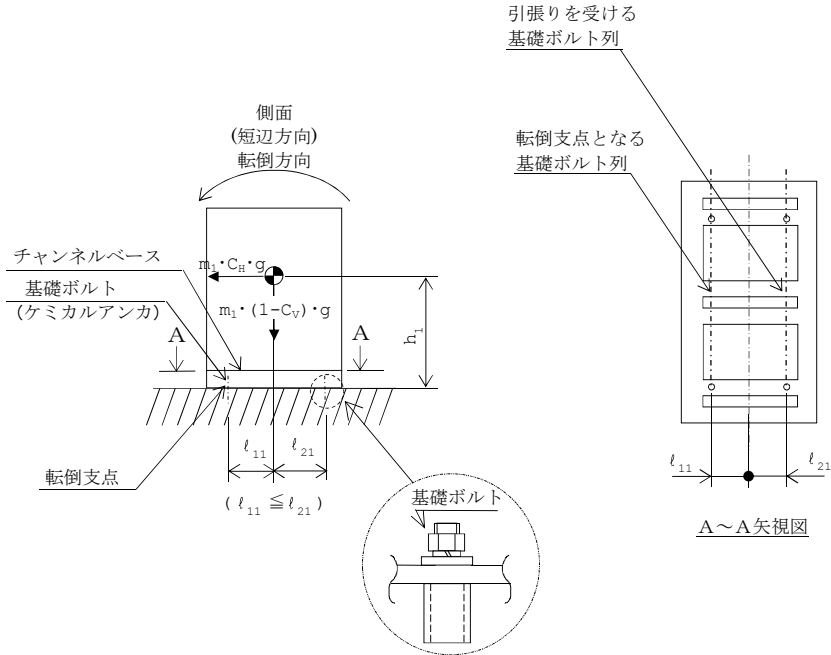
2.4.1 ボルトの応力

(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	—	—	σ _{b1} =23	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =9	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =4	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出



V-2-10-1-6-6 緊急用 125V 系蓄電池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 電氣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、「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 125V 系蓄電池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 125V 系蓄電池は、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

緊急用 125V 系蓄電池の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用 125V 系蓄電池は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	

2

3. 固有周期

緊急用 125V 系蓄電池の固有周期は、構造が同様な蓄電池に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用 125V 系蓄電池の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用 125V 系蓄電池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として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 125V 系蓄電池の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用 125V 系蓄電池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として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
非常用電源 設備	その他の 電源装置	緊急用 125V 系蓄電池	常設耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_S$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用 125V 系蓄電池の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は J E A G 4 6 0 1 -1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、緊急用 125V 系蓄電池の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

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 125V 系蓄電池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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用 125V 系蓄電池 (4 個並び 2 段 1 列) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 125V 系蓄電池 (4 個並び 2 段 1 列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (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)	[]						4
取付ボルト (i=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)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	—	276	—	長辺方向

6

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)	—	4.727×10 ³	—	2.593×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.584×10 ³	—	2.510×10 ⁴

1.4 結 論

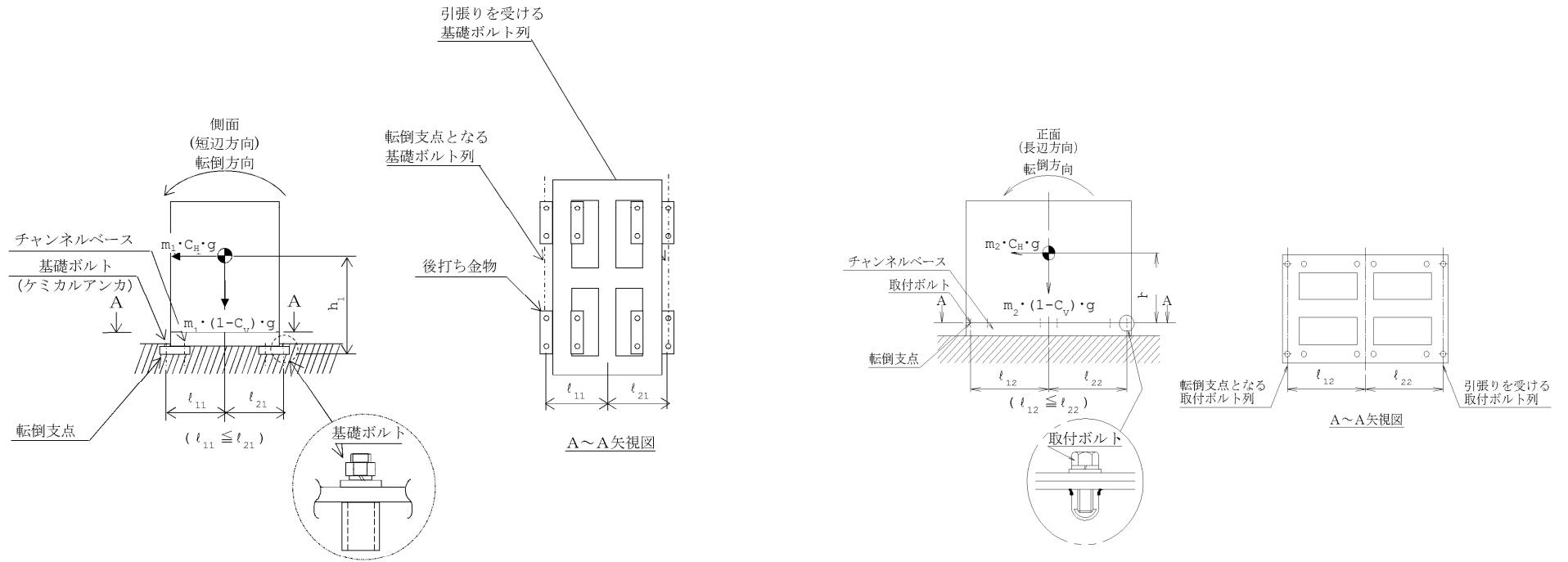
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _{b1} =42	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =15	f _{sb1} =127
取付ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

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



【緊急用 125V 系蓄電池 (3 個並び 2 段 1 列) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 125V 系蓄電池 (3 個並び 2 段 1 列)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (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)	[]						4
取付ボルト (i=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)	241	394	—	276	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	—	276	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	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)	—	3.976×10 ³	—	2.071×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.746×10 ³	—	2.000×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

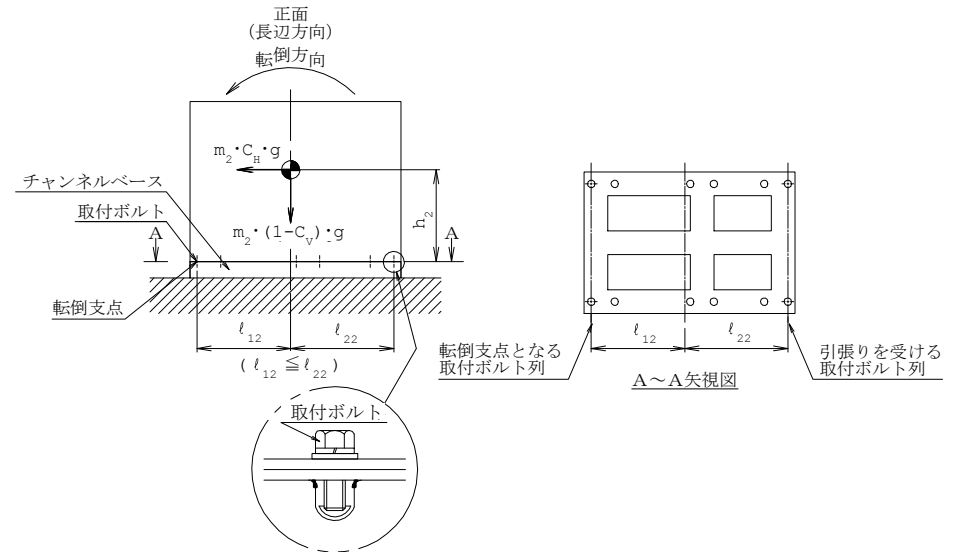
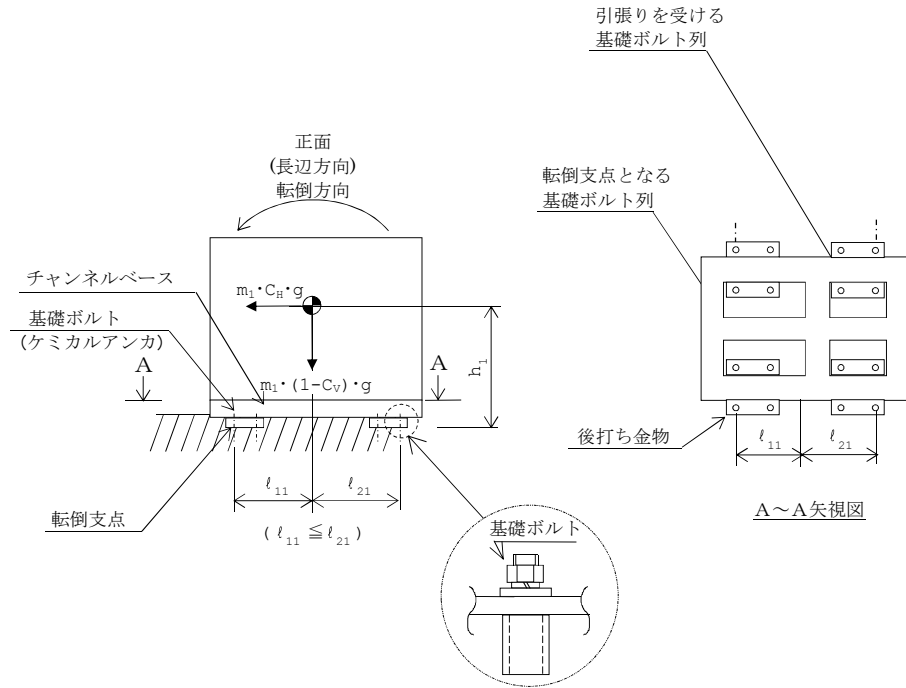
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =36	f _{ts1} =165*
		せん断	—	—	τ _{b1} =12	f _{sb1} =127
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =29	f _{ts2} =207*
		せん断	—	—	τ _{b2} =9	f _{sb2} =159

すべて許容応力以下である。

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

14



V-2-10-1-6-7 緊急時対策所用 125V 系蓄電池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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用 125V 系蓄電池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。

緊急時対策所用 125V 系蓄電池は、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. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用 125V 系蓄電池は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p>

3. 固有周期

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用 125V 系蓄電池は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用 125V 系蓄電池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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用 125V 系蓄電池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として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
非常用電源 設備	その他の電 源装置	緊急時対策所用 125V系蓄電池	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は J E A G 4 6 0 1 -1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、緊急時対策所用 125V 系蓄電池の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用 125V 系蓄電池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項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急時対策所用 125V 系蓄電池 (8 個並び 2 段 1 列) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

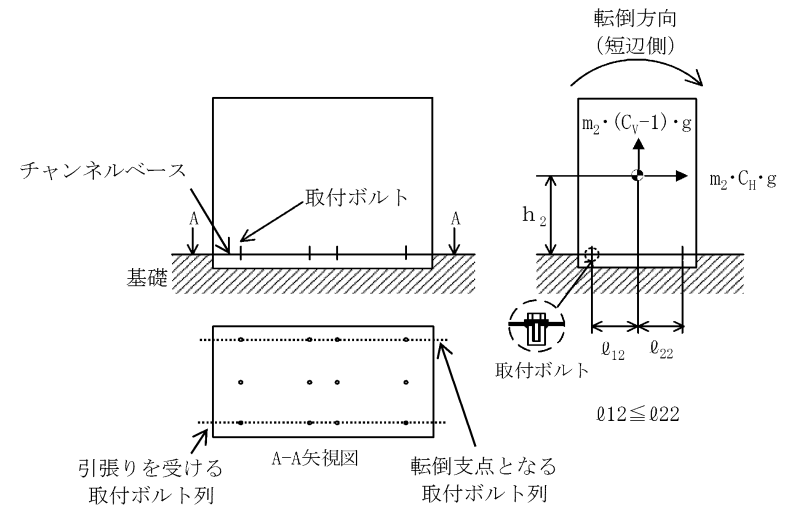
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 125V 系蓄電池 (8 個並び 2 段 1 列)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						4

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	235	400	-	280	-	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

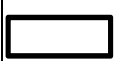
(単位：N)

部 材	F_{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 ($i=2$)	—	7.441×10^3	—	2.860×10^4

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		引張り	—	—	$\sigma_{t2}=37$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{t2}=12$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

【緊急時対策所用 125V 系蓄電池（6 個並び 2 段 1 列）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

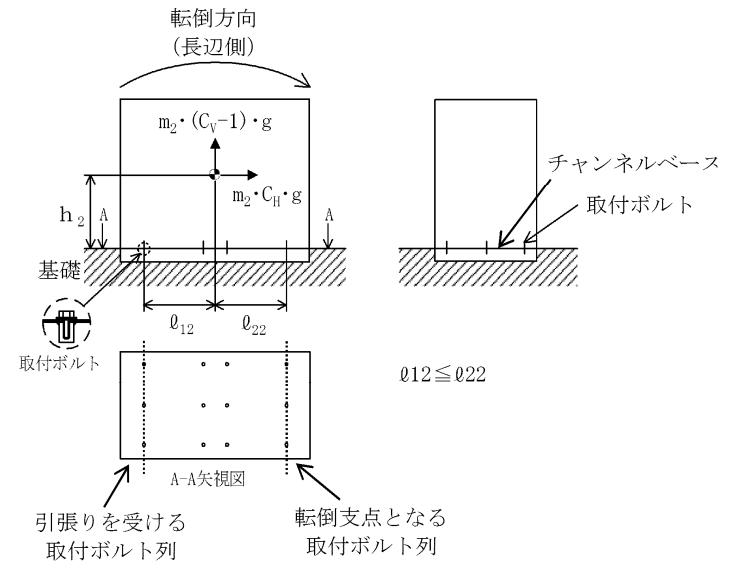
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 125V 系蓄電池 (6 個並び 2 段 1 列)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						3

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	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	7.343×10 ³	—	2.343×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =37	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =10	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-707 改1
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-7 その他の非常用電源設備の耐震性についての計算書

V-2 耐震性に関する説明書

V-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

V-2-10-1 非常用電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7 その他の非常用電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-1 メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-2 パワーセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-3 モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-4 動力変圧器の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-5 緊急用断路器の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-6 緊急用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-7 緊急用動力変圧器の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-8 緊急用パワーセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-9 緊急用モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-10 緊急用計装交流主母線盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-11 緊急用電源切替盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-12 緊急用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-13 緊急用直流 125V 充電器の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-14 緊急用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-15 緊急用直流 125V モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-16 緊急用直流 125V 計装分電盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-18 緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-19 緊急時対策所用動力変圧器の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-20 緊急時対策所用パワーセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-21 緊急時対策所用モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-22 緊急時対策所用 100V 分電盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-23 緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-24 緊急時対策所用直流 125V 分電盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-25 緊急時対策所用災害対策本部操作盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-26 緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の耐震性についての計算書

- V-2-10-1-7-27 可搬型代替低圧電源車接続盤の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-28 可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-29 可搬型整流器用変圧器の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-30 直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-31 直流 125V モータコントロールセンタの耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-32 非常用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-33 直流 125V 主母線盤 HPCS の耐震性についての計算書
- V-2-10-1-7-34 直流±24V 中性子モニタ用分電盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-7-1 メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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 電氣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、「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、メタルクラッド開閉装置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。

メタルクラッド開閉装置は、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

メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>メタルクラッド開閉装置は、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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

メタルクラッド開閉装置の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

メタルクラッド開閉装置の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

メタルクラッド開閉装置の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

メタルクラッド開閉装置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としての評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 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
非常用電源 設備	その他	メタルクラッド開閉装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他	メタルクラッド開閉装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R _T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R _T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

メタルクラッド開閉装置の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

メタルクラッド開閉装置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、電氣的機能の健全性を確認した器具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/s²)

方向	機能確認済加速度
水平	2.00
鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

メタルクラッド開閉装置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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【メタルクラッド開閉装置2Cの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2C	S	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	<input type="text"/>

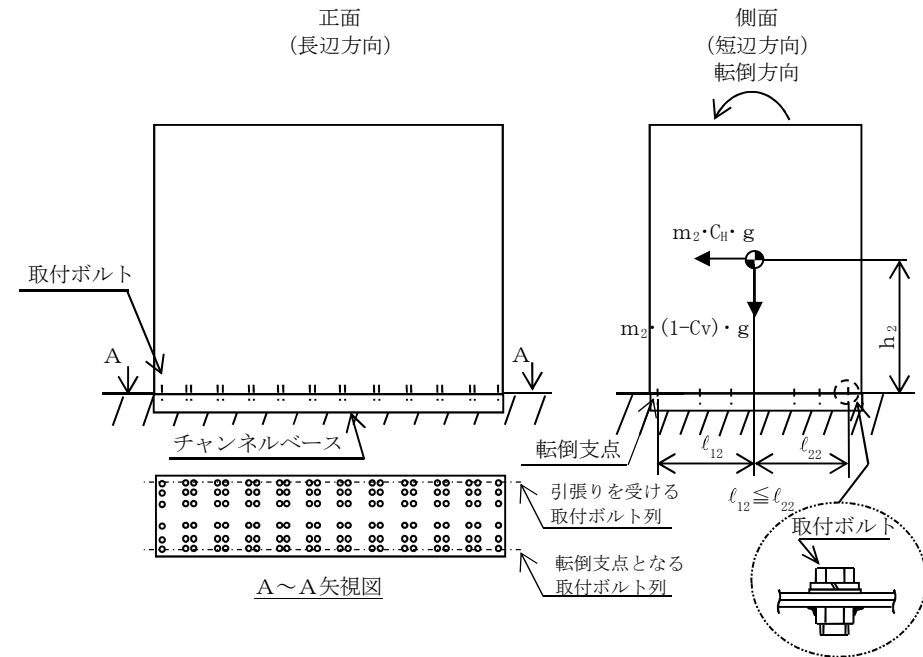
注記 * : 基準床レベルを示す。

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)	<input type="text"/>						22
							22

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、
下段は基準地震動 S_s 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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取 付 ボ ル ト (i=2)	37.19	3.533×10 ³	1.519×10 ⁵	2.278×10 ⁵

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} =1	f _{ts2} =176*	σ _{b2} =18	f _{ts2} =210*
		せん断	τ _{b2} =6	f _{sb2} =135	τ _{b2} =9	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 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2C	水平方向	0.72	2.00
	鉛直方向	0.75	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。

【メタルクラッド開閉装置2Dの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2D	S	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	$C_H=0.63$	$C_V=0.50$	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	[]

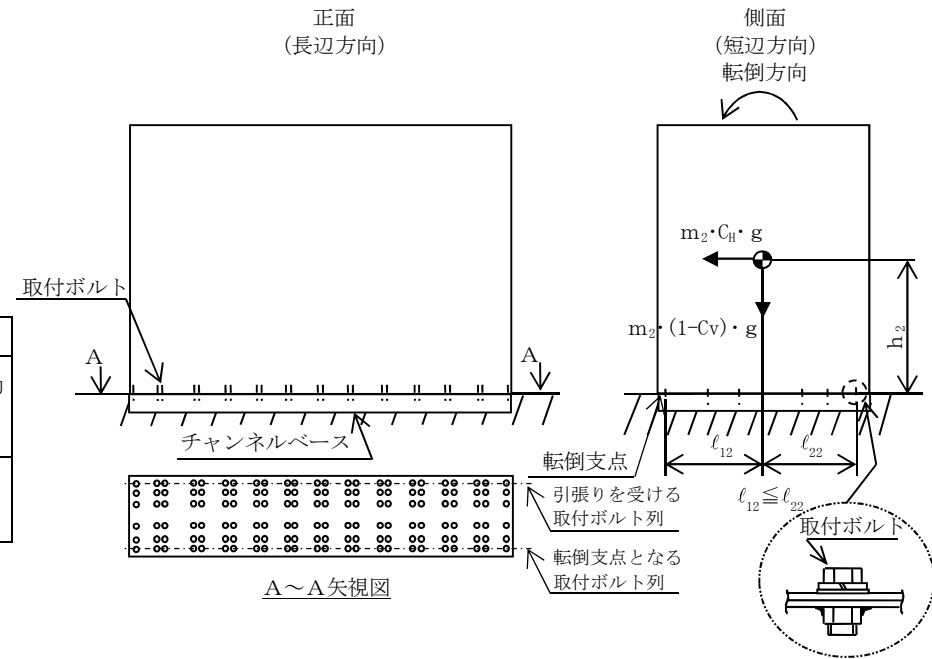
注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{ri}^*
取付ボルト (i=2)	[]						24
							24

注記 * : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動 S_s 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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	371.6	4.905×10 ³	1.798×10 ⁵	3.139×10 ⁵

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} =2	f _{ts2} =176*	σ _{b2} =25	f _{ts2} =210*
		せん断	τ _{b2} =7	f _{sb2} =135	τ _{b2} =11	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 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2D	水平方向	0.92	2.00
	鉛直方向	0.80	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。

【メタルクラッド開閉装置 HPCS 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

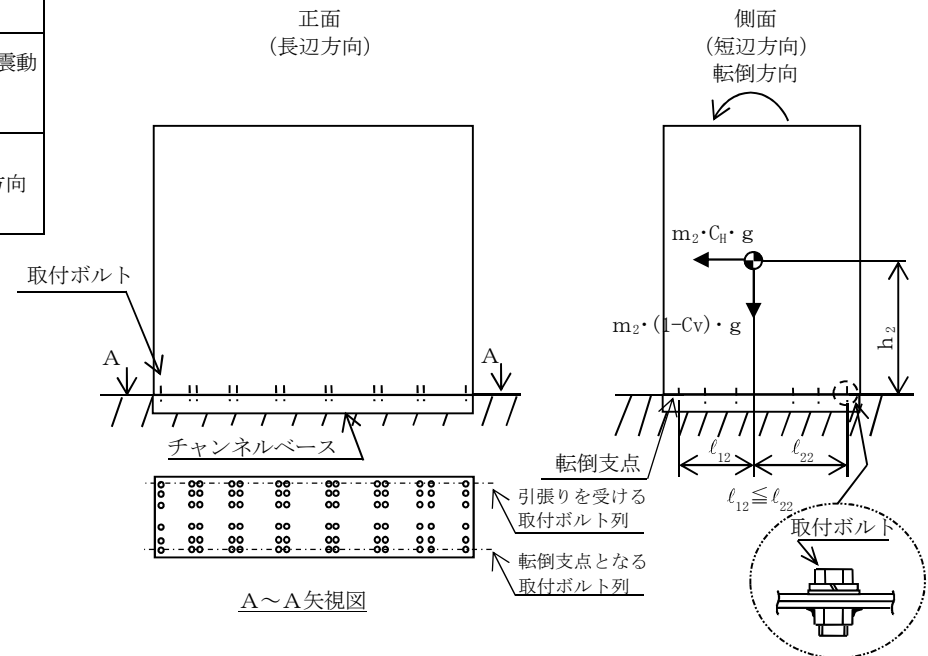
機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置 HPCS	S	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	<input type="text"/>

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)	<input type="text"/>						14

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



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 ($i=2$)	37.43	3.556×10^3	9.726×10^4	1.459×10^5

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	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 HPCS	水平方向	0.72	2.00
	鉛直方向	0.75	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。

【メタルクラッド開閉装置2Cの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

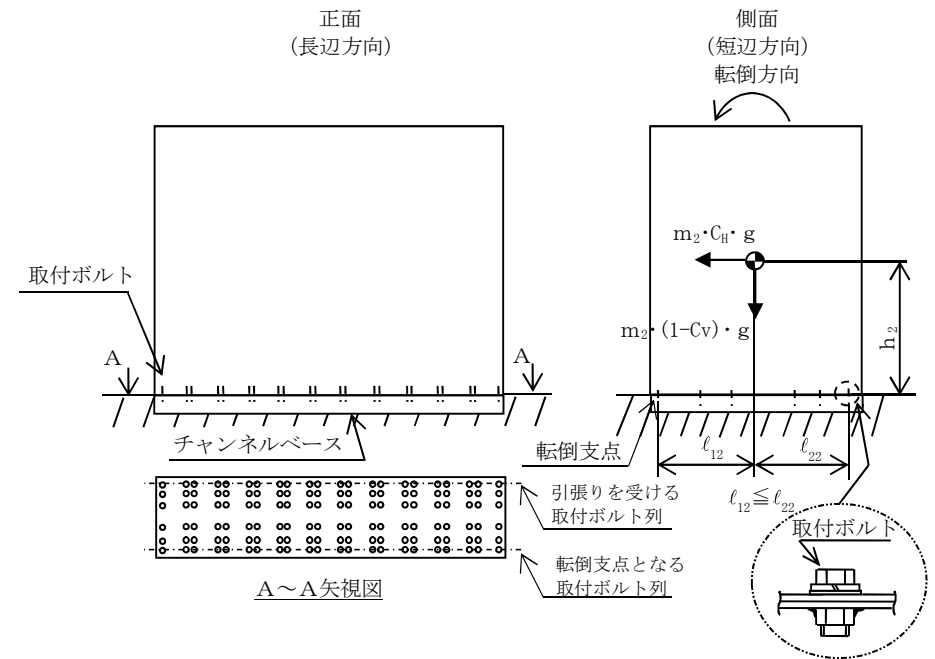
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置2C	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						22

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	—	短辺方向



15

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 ($i=2$)	—	3.533×10^3	—	2.278×10^5

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	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2C	水平方向	0.72	2.00
	鉛直方向	0.75	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。

【メタルクラッド開閉装置2Dの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

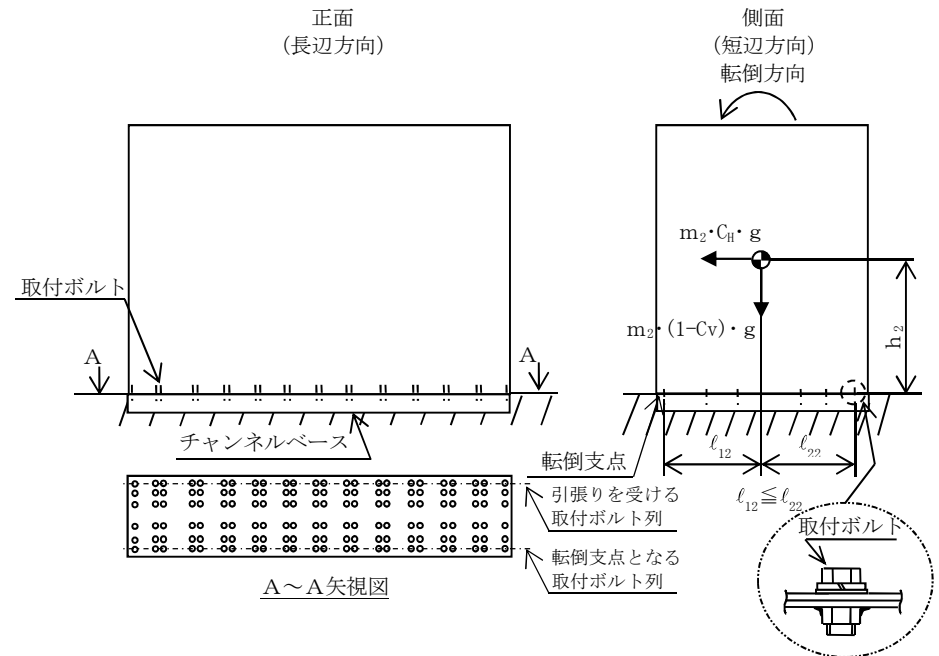
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置 2D	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	[]

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 ($i=2$)	[]						24

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	—	短辺方向



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	4.905×10 ³	—	3.139×10 ⁵

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	—	—	σ _{b2} =25	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2D	水平方向	0.92	2.00
	鉛直方向	0.80	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。

【メタルクラッド開閉装置 HPCS の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

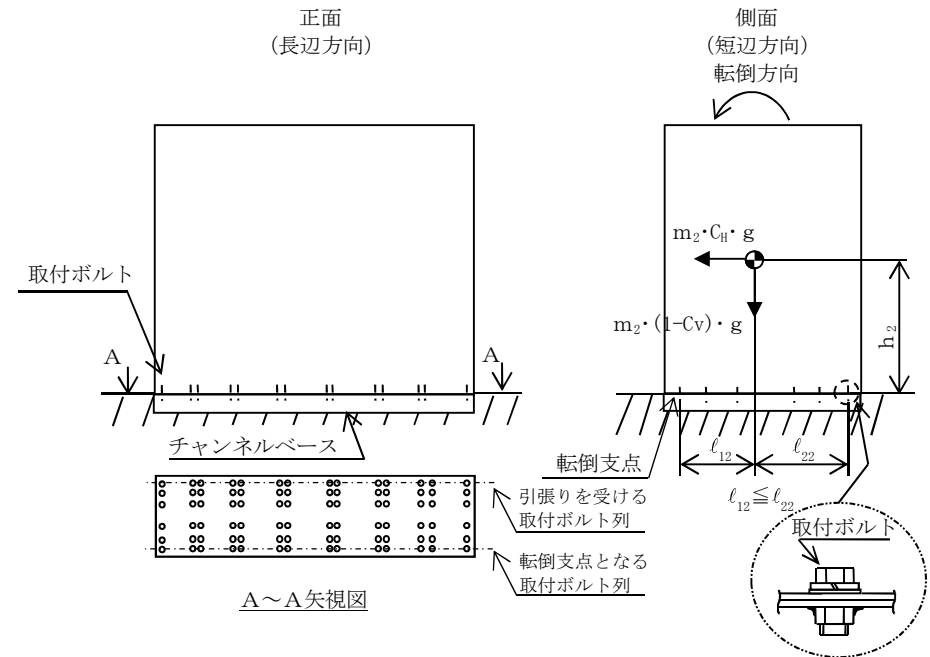
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置 HPCS	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	<input type="text"/>

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_{ri}^*
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>						14

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	—	短辺方向



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.556×10 ³	—	1.459×10 ⁵

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	—	—	σ _{b2} =18	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =9	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 HPCS	水平方向	0.72	2.00
	鉛直方向	0.75	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。

V-2-10-1-7-2 パワーセン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	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 電氣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、「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、パワーセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

パワーセンタは、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

パワーセンタの構造計画を表 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	
<p>パワーセンタは、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。</p>	<p>直立形</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面 (長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面 (短辺方向)</p> </div> </div>

3. 固有周期

パワーセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

パワーセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

パワーセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

パワーセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

パワーセン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として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
非常用電源 設備	その他	パワーセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

パワーセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

パワーセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	2.00
鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

パワーセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【パワーセンタ 2C の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

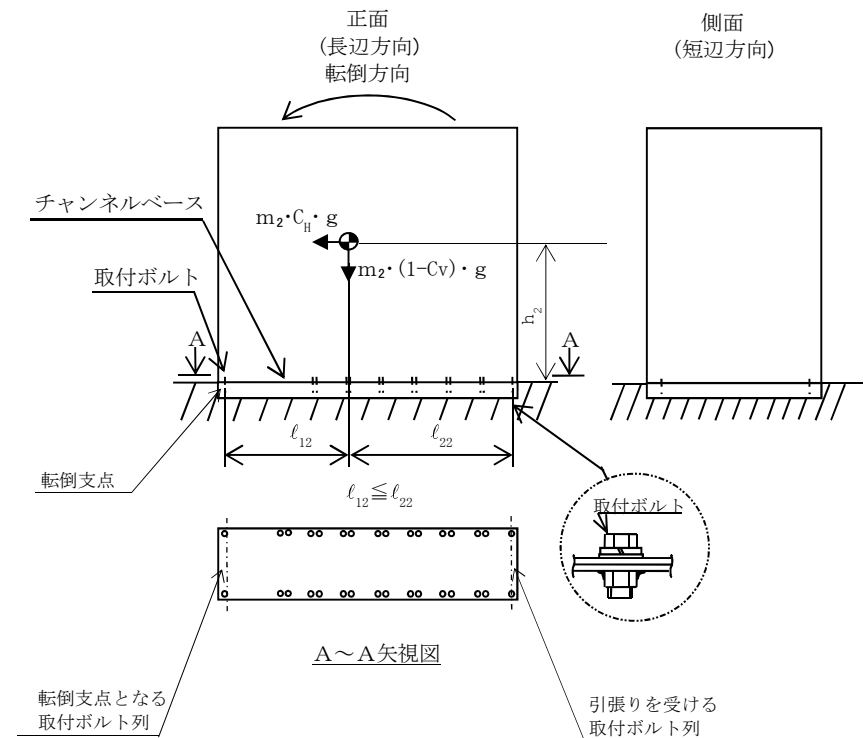
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
パワーセンタ 2C	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	8.023×10^3	—	1.693×10^5

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	—	—	$\sigma_{b2}=26$	$\square_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=17$	$\square_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
パワーセンタ 2C	水平方向	0.72	2.00
	鉛直方向	0.75	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。

【パワーセンタ 2D の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
パワーセンタ 2D	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	[]

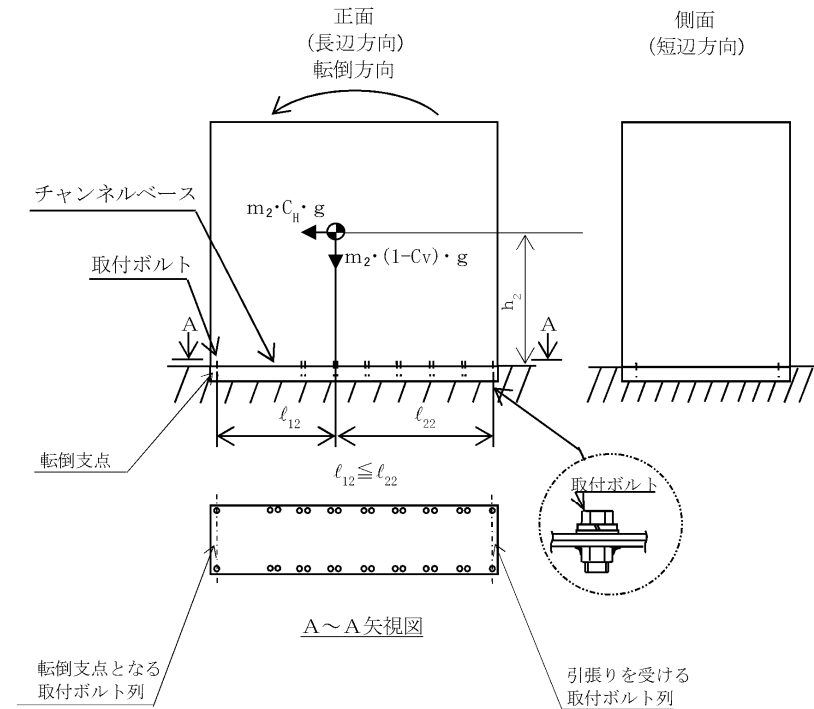
注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	nf_i
取付ボルト ($i=2$)	[]						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
取付ボルト ($i=2$)	235	400	—	280	—	長辺方向

11



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	1.340×10 ⁴	—	2.140×10 ⁵

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 _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =22	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
パワーセンタ 2D	水平方向	0.92	2.00
	鉛直方向	0.80	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。

V-2-10-1-7-3 モータコントロールセン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	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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の検討方針」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、モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

モータコントロールセンタは、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

モータコントロールセンタの構造計画を表 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	
<p>モータコントロールセンタは、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。</p>	<p>直立形</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面 (長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面 (短辺方向)</p> </div> </div>

3. 固有周期

モータコントロールセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

モータコントロールセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

モータコントロールセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

モータコントロールセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

モータコントロールセン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として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
非常用電源 設備	その他	モータコントロール センタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

5

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト* ¹		周囲環境温度		235	400	—
取付ボルト* ²		周囲環境温度		212	373	—

注記 *1 : MCC 2C-4(1), MCC 2C-4(2), MCC 2C-6, MCC 2D-4(1), MCC 2D-4(2), MCC 2D-6, MCC HPCS(1), MCC HPCS(2)
の取付ボルトを示す。

*2 : MCC 2C-3, MCC 2C-5, MCC 2C-7, MCC 2C-8, MCC 2C-9, MCC 2D-3, MCC 2D-5, MCC 2D-7, MCC 2D-8, MCC 2D-9
の取付ボルトを示す。

注 : MCC はモータコントロールセンタの略称。

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

モータコントロールセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

モータコントロールセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度*1	機能確認済加速度*2	機能確認済加速度*3
水平	3.00	3.00	2.20
鉛直	1.00	2.00	1.00

注記 *1 : MCC 2C-3, MCC 2C-4(1), MCC 2C-4(2), MCC 2C-5, MCC 2C-8,
MCC 2C-9, MCC MCC 2D-3, 2D-4(1), MCC 2D-4(2), MCC 2D-5,
MCC 2D-8, MCC 2D-9, MCC HPCS(1), MCC HPCS(2)

*2 : MCC 2C-6, MCC 2D-6

*3 : MCC 2C-7, MCC 2D-7

注 : MCC はモータコントロールセンタの略称。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

モータコントロールセンタ（以下「MCC」という。）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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【MCC 2C-3の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

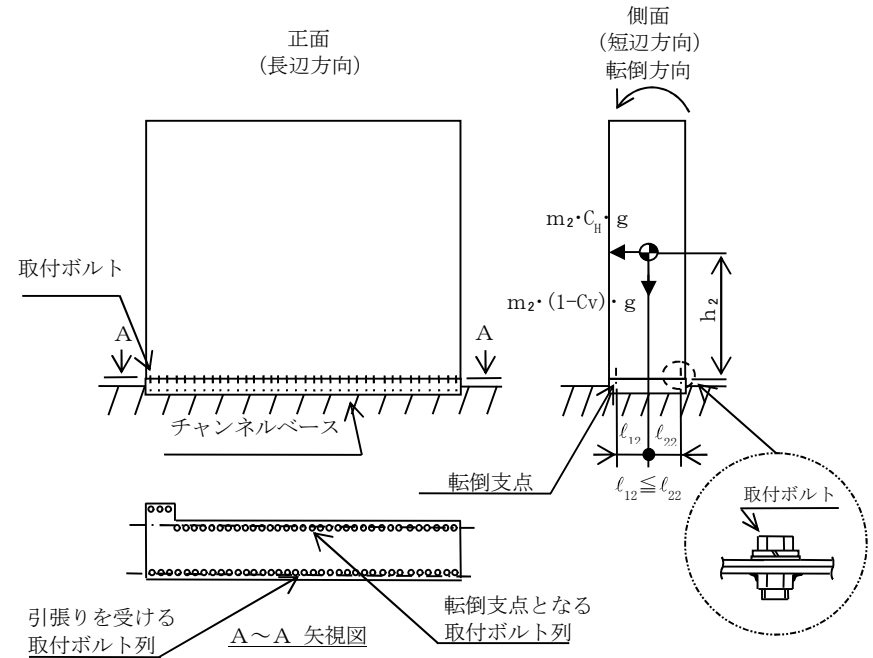
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-3	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						36

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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取 付 ボ ル ト (i=2)	—	2.726×10 ³	—	4.246×10 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		引張り	—	—	σ _{b2} =14	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-3	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2C-4(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-4(1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

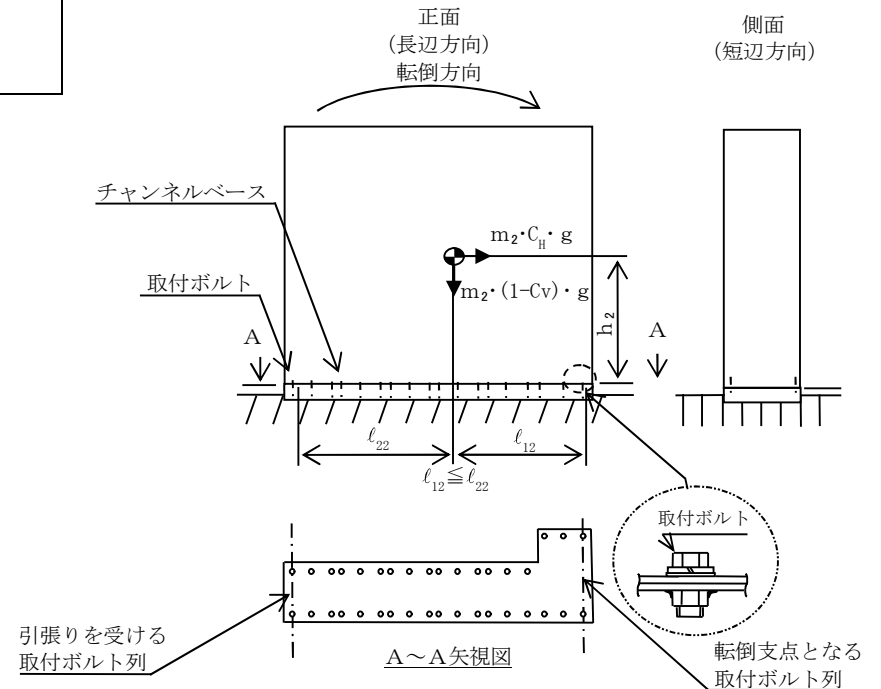
注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						2

II

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



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 ($i=2$)	—	3.401×10^3	—	2.269×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。 注記 *： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-4(1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2C-4(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

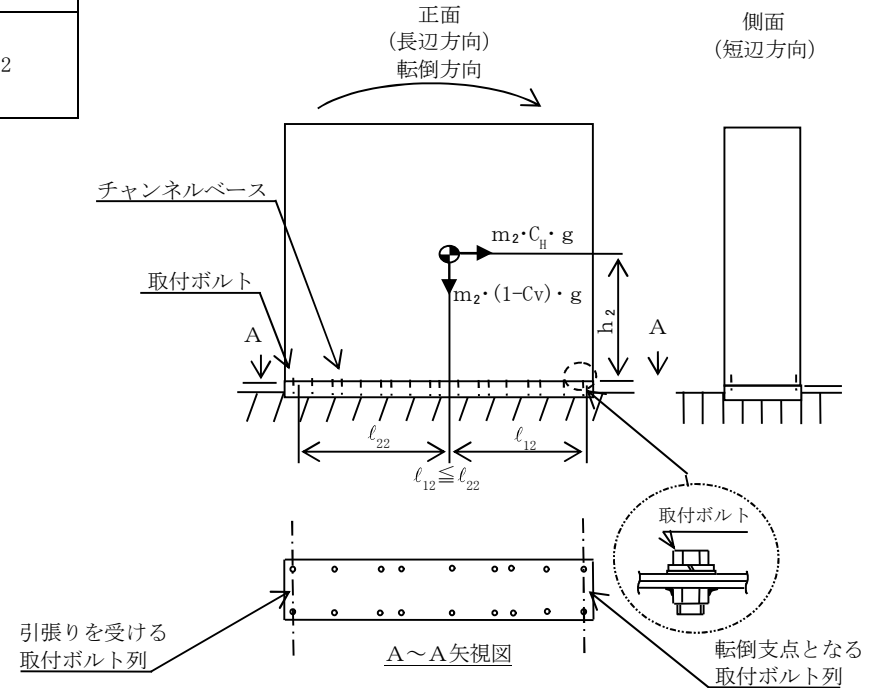
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-4(2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	3.471×10^3	—	1.045×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。 注記 *： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-4(2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2C-5の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

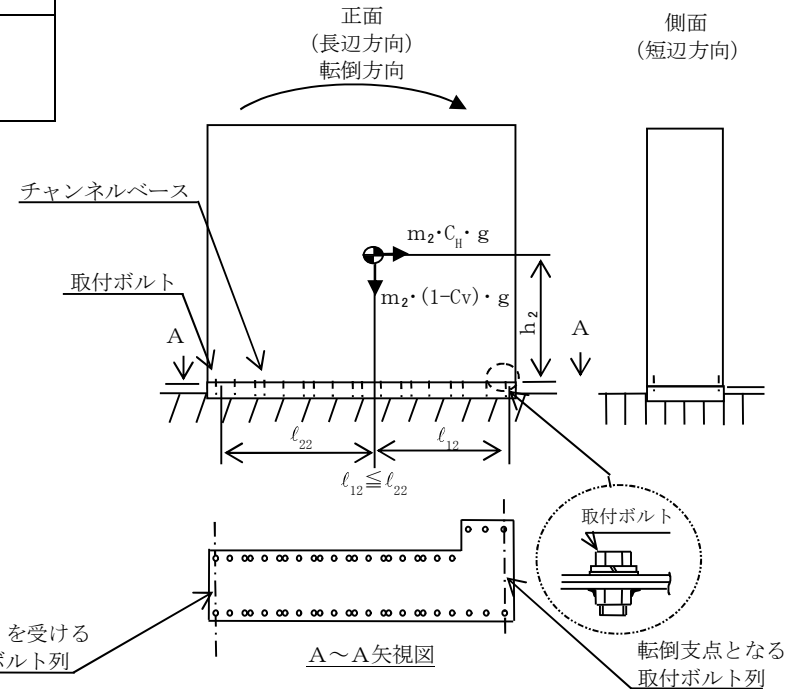
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-5	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)							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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.128×10 ³	—	2.928×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =16	f _{ts2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{sb2} =146

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 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-5	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2C-6の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

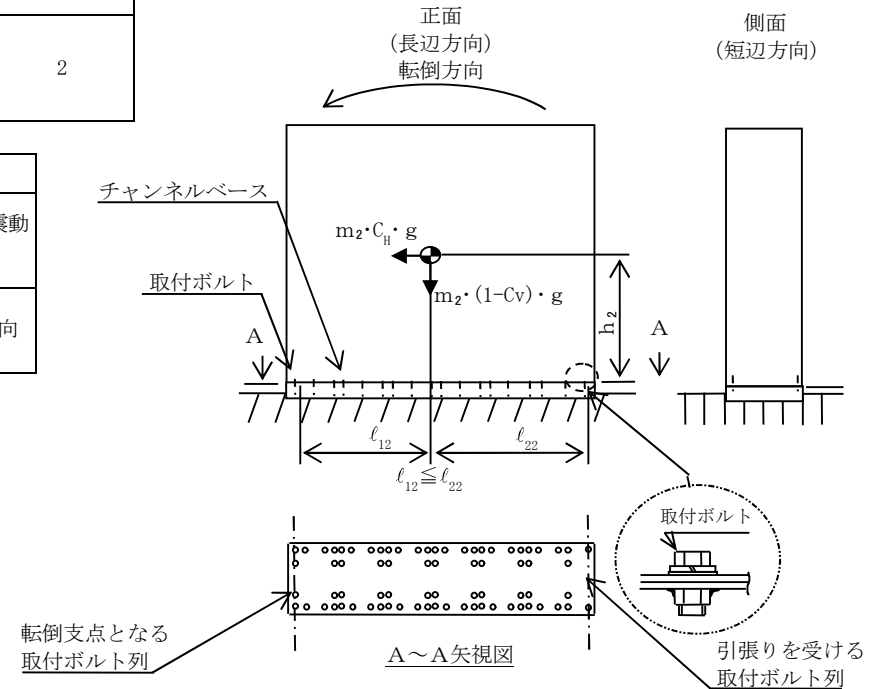
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-6	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. 	 	 	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							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
取付ボルト ($i=2$)	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	5.597×10^3	—	3.776×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-6	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

【MCC 2C-7の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

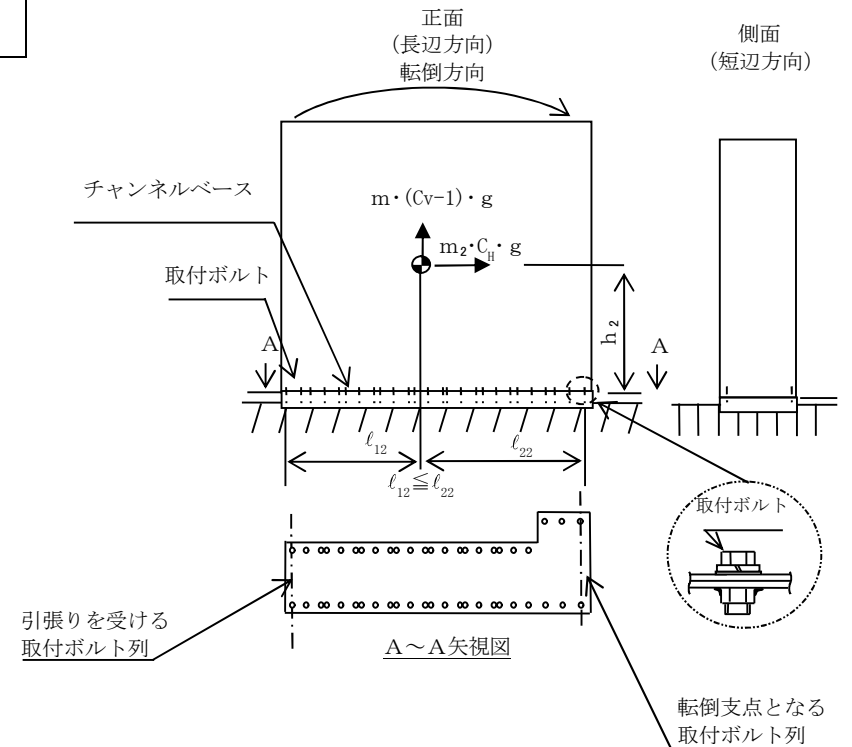
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-7	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 			—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

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	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							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
取付ボルト ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	5.713×10^3	—	4.455×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。 注記 *： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0i} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t0i}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-7	水平方向	1.11	2.20
	鉛直方向	0.84	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。

【MCC 2C-8の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

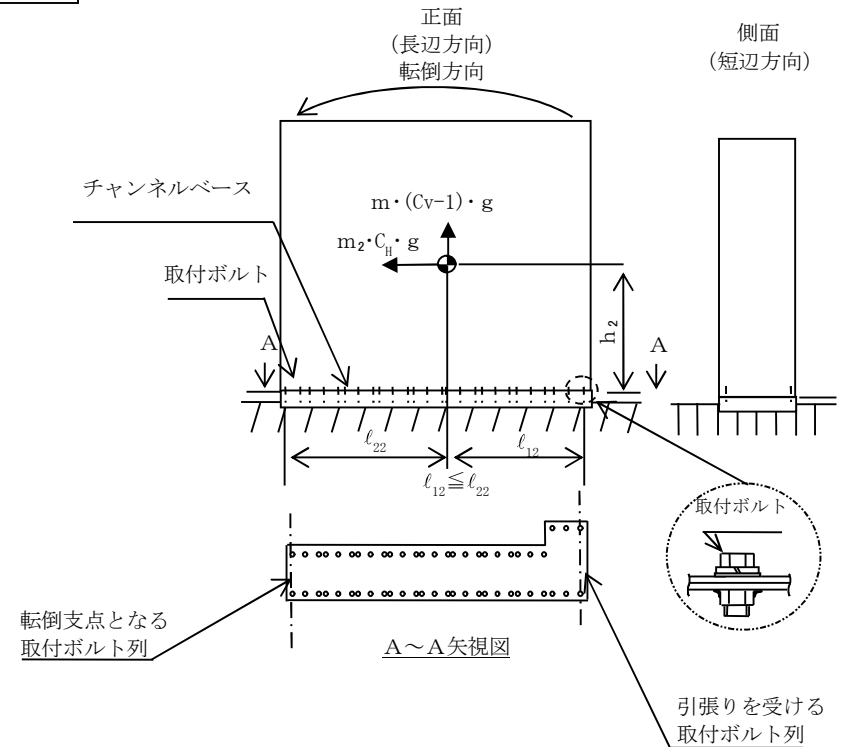
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-8	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

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	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							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
取付ボルト ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	5.189×10^3	—	4.547×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位: $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-8	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	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。

【MCC 2C-9の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

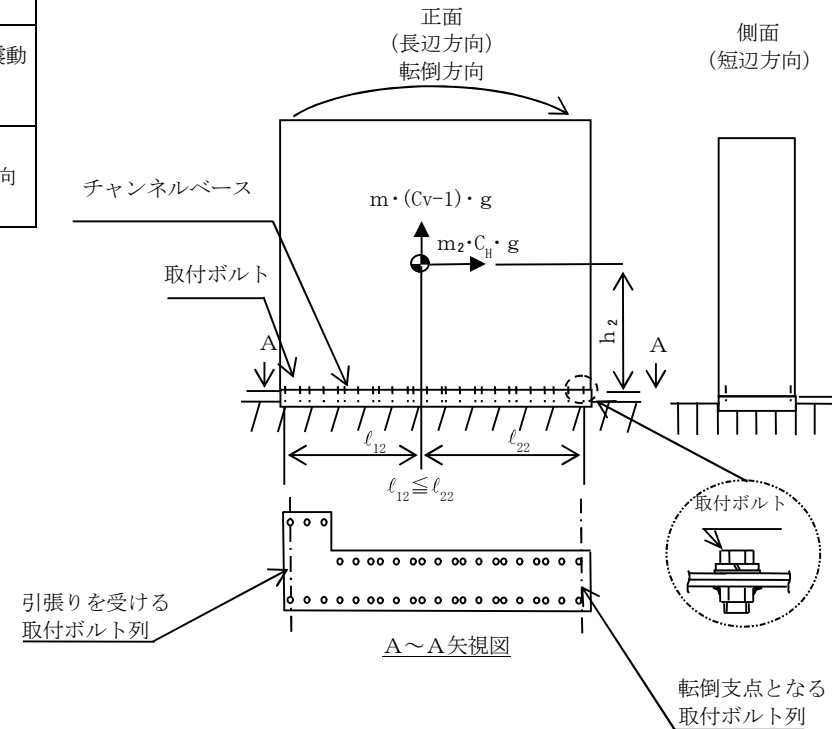
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2C-9	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	

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 ($i=2$)							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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	7.302×10 ³	—	4.195×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =37	f _{ts2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{sb2} =146

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 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-9	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	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。

【MCC 2D-3の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

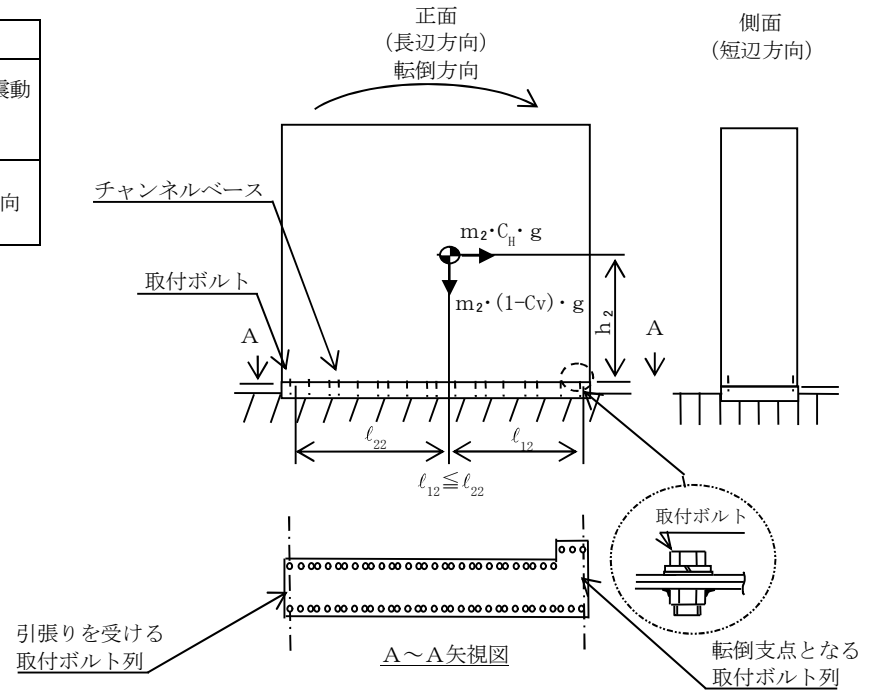
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-3	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)							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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	2.813×10 ³	—	3.916×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =14	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-3	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2D-4(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

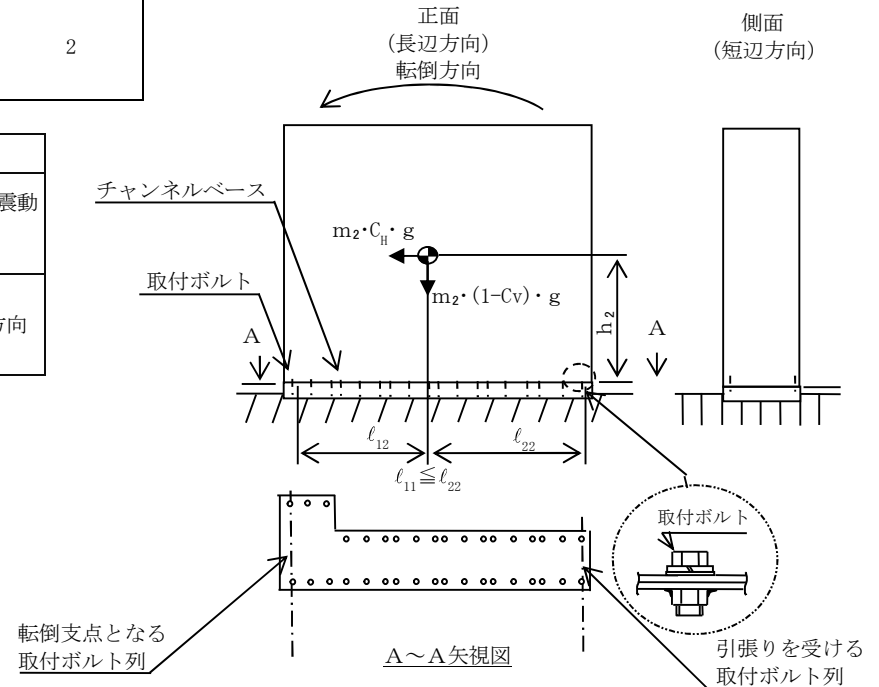
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-4(1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.742×10 ³	—	2.504×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =19	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =4	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-4(1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2D-4(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

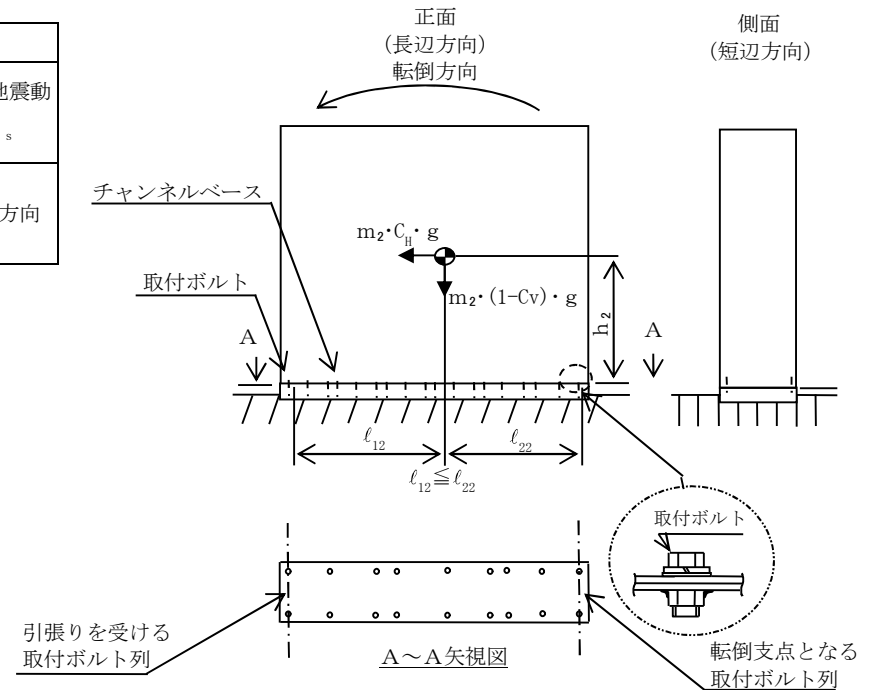
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-4(2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.940×10 ³	—	1.186×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =20	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =4	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-4(2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2D-5の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

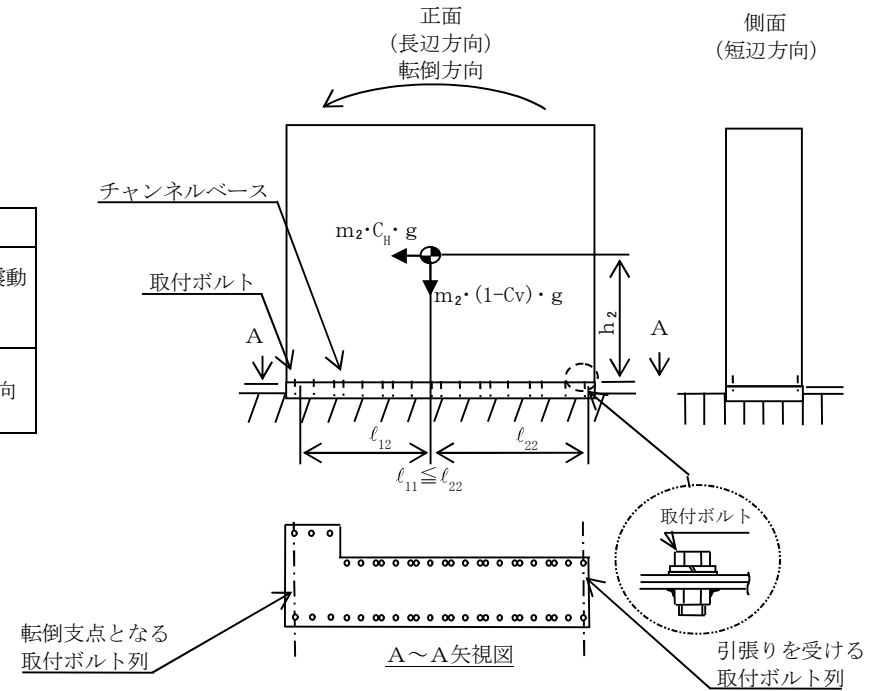
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-5	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.131×10 ³	—	2.928×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =16	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-5	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC 2D-6の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

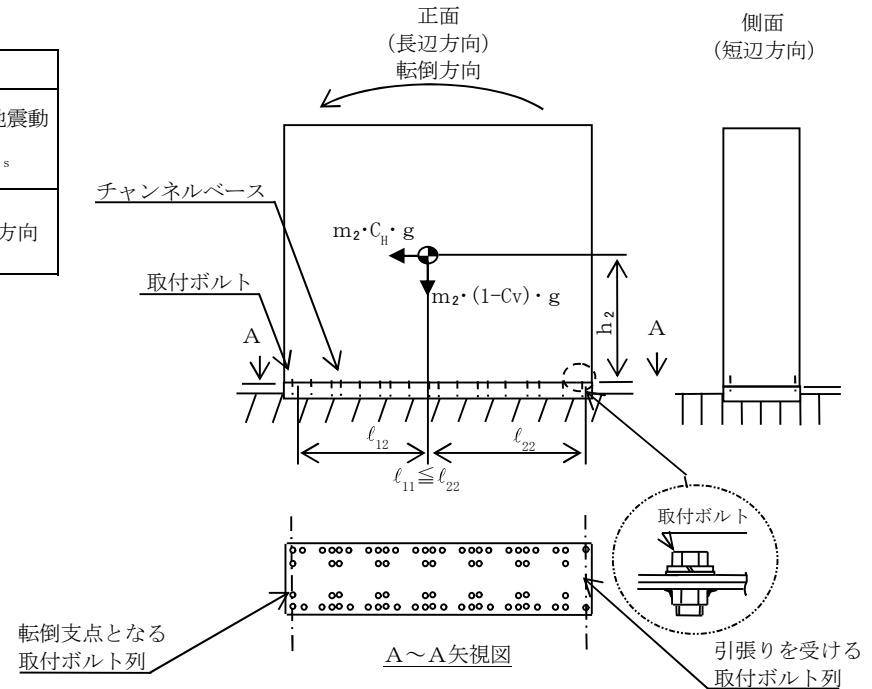
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-6	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. 	 	 	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							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
取付ボルト ($i=2$)	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.597×10 ³	—	3.776×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。 注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-6	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

【MCC 2D-7の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-7	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	<input type="text"/>

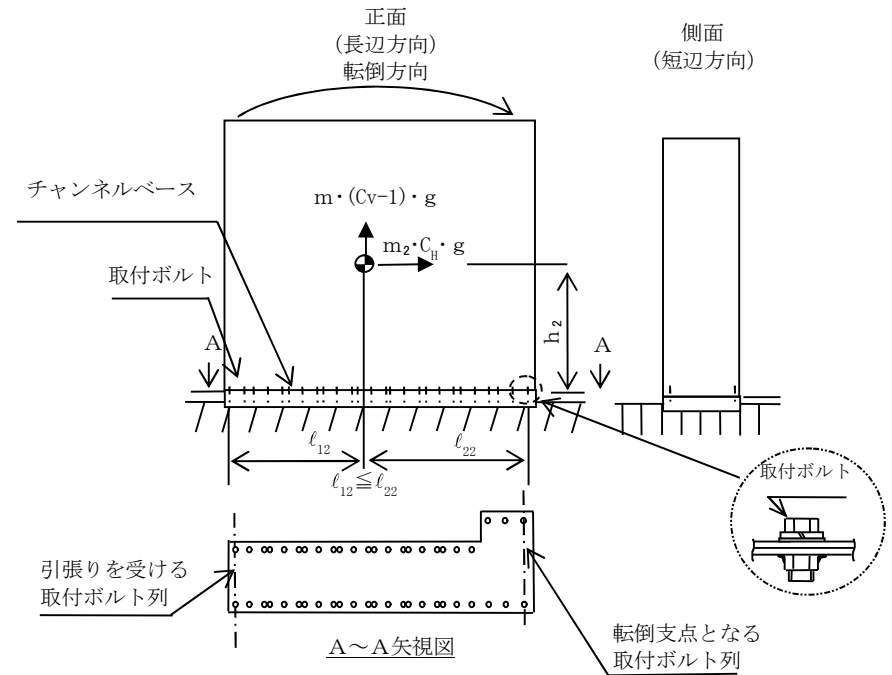
注記 * : 基準床レベルを示す。

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向

35



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.713×10 ³	—	4.455×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =29	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-7	水平方向	1.11	2.20
	鉛直方向	0.84	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。

【MCC 2D-8の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

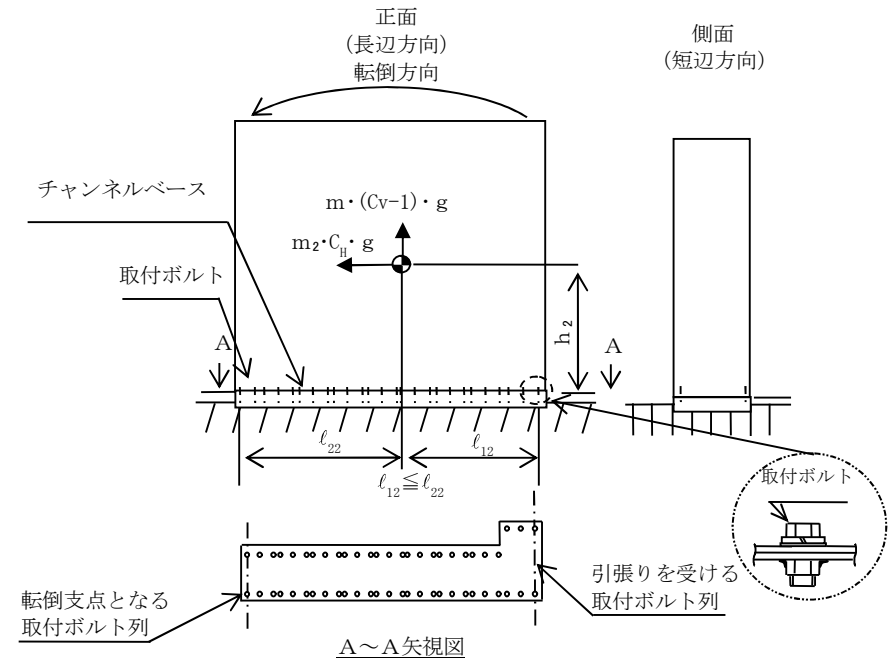
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-8	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

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	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							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
取付ボルト ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	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)	—	5.189×10 ³	—	4.547×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =26	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-8	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	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。

【MCC 2D-9の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

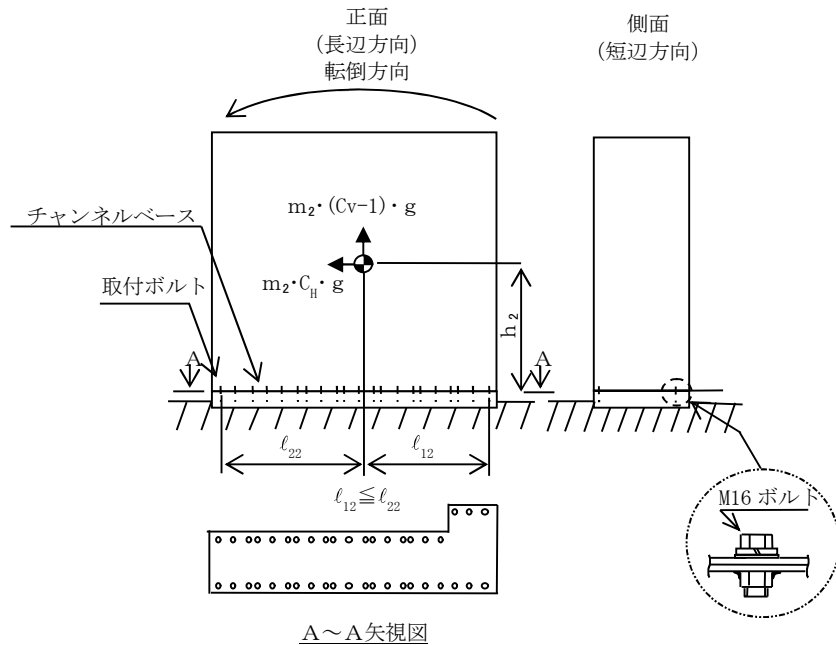
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC 2D-9	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL 	 	 	—	—	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	

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 ($i=2$)							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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	7.296×10^3	—	4.195×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-9	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	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。

【MCC HPCS(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

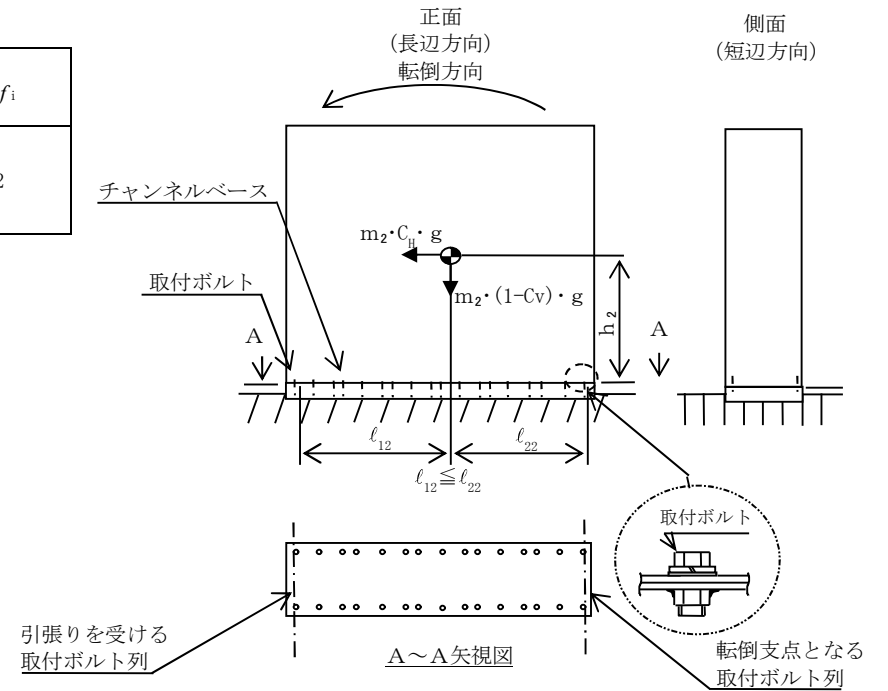
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC HPCS(1)	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	3.171×10^3	—	1.704×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC HPCS (1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【MCC HPCS (2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

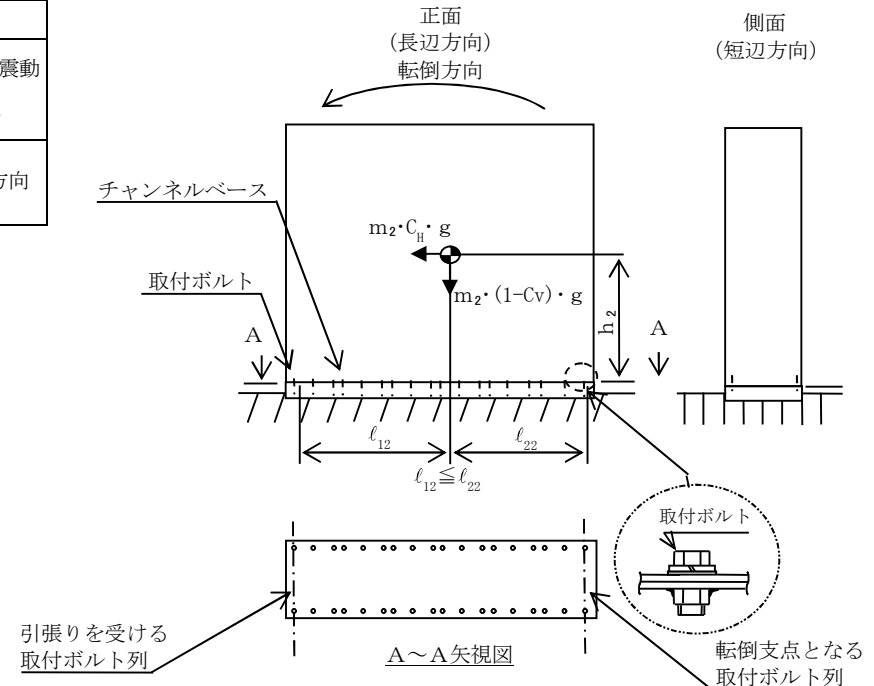
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
MCC HPCS (2)	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

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 ($i=2$)	[]						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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	3.062×10^3	—	2.034×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC HPCS (2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

V-2-10-1-7-4 動力変圧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 電氣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、「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、動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

動力変圧器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

動力変圧器の構造計画を表 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	
<p>動力変圧器は、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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

動力変圧器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

動力変圧器の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

動力変圧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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

動力変圧器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

動力変圧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として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
非常用電源 設備	その他	動力変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

動力変圧器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

変圧器は J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、動力変圧器の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

動力変圧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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【動力変圧器 2C の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

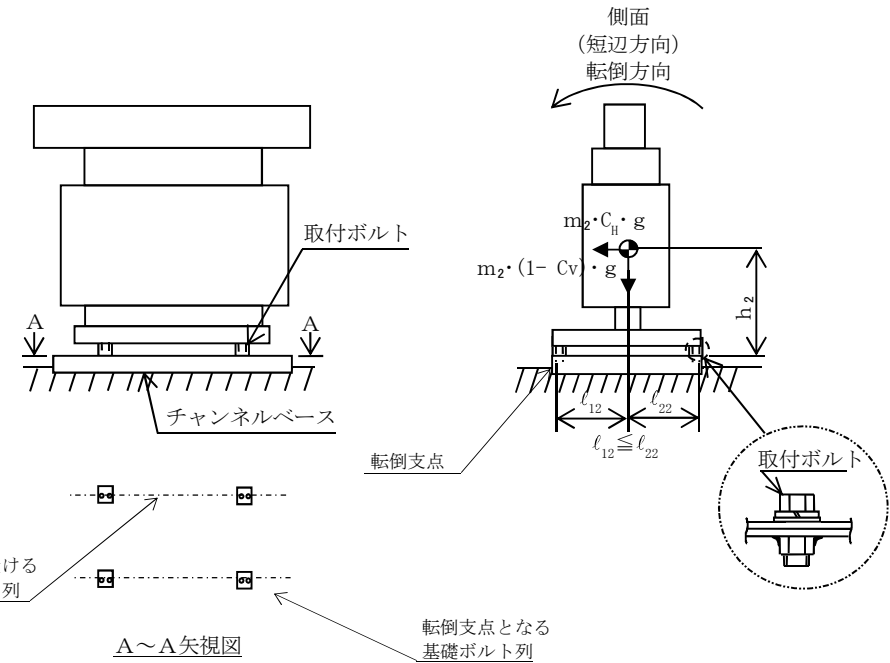
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
動力変圧器 2C	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. 	 	 	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	

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 ($i=2$)							4

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	—	短辺方向



6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	2.215×10 ⁴	—	6.143×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =71	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =25	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

【動力変圧器 2D の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

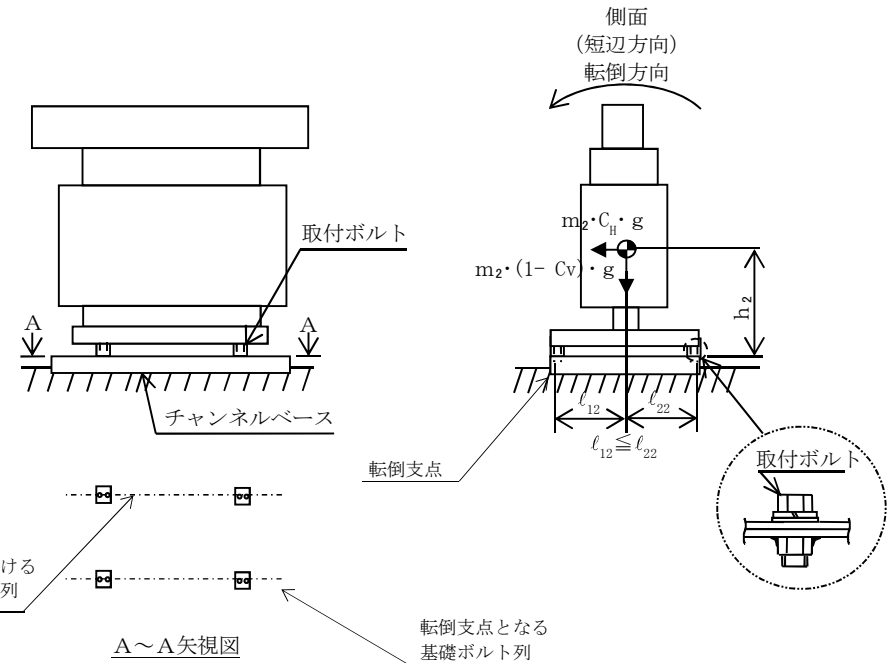
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
動力変圧器 2D	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						4

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	—	短辺方向



11

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	2.877×10 ⁴	—	7.767×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =92	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =31	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

【動力変圧器 HPCS の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

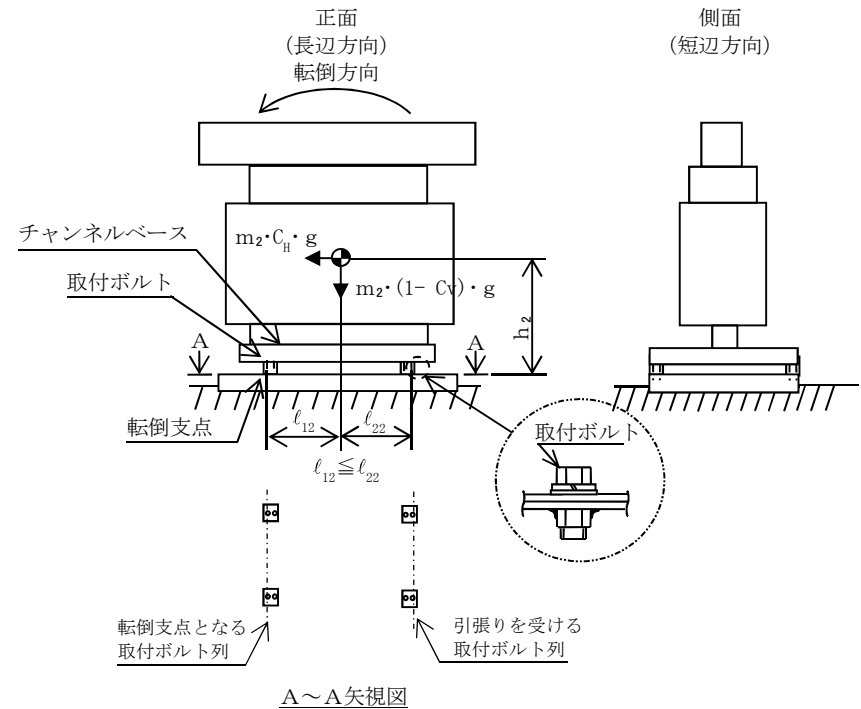
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
動力変圧器 HPCS	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 EL. 			—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	

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 ($i=2$)							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	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	6.125×10 ³	—	1.920×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =31	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =12	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

V-2-10-1-7-5 緊急用断路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 電氣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、「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、緊急用断路器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用断路器は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用断路器の構造計画を表 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	
<p>緊急用断路器は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p>

3. 固有周期

緊急用断路器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用断路器の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用断路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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用断路器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用断路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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用断路器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用断路器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

緊急用断路器は J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、緊急用断路器の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用断路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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用断路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

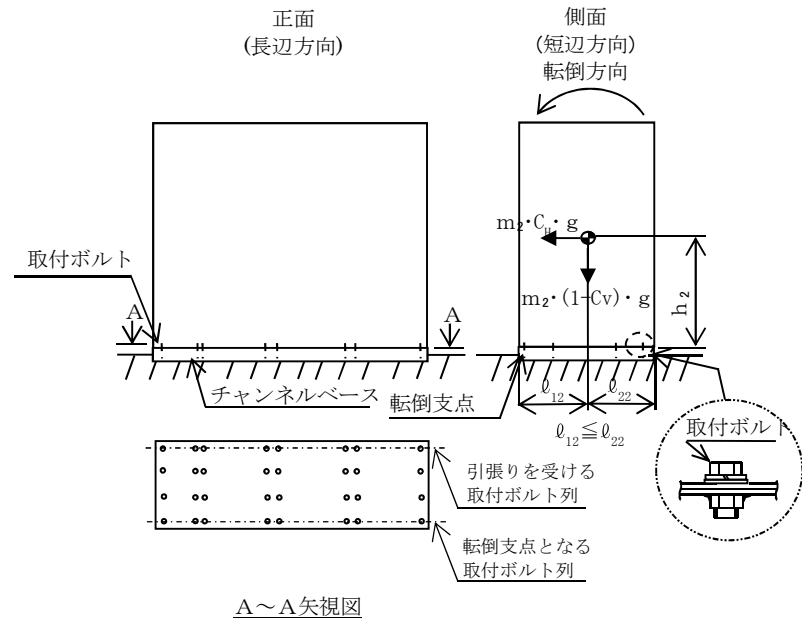
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用断路器	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源 装置置場 EL. 			—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	

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

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	—	短辺方向



6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.387×10 ³	—	6.355×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =27	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =10	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

V-2-10-1-7-6 緊急用メタルクラッド開閉装置の
耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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 電氣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、「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、緊急用メタルクラッド開閉装置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。

緊急用メタルクラッド開閉装置は、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

緊急用メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用メタルクラッド 開閉装置は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p>

3. 固有周期

緊急用メタルクラッド開閉装置の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用メタルクラッド開閉装置の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用メタルクラッド開閉装置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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用メタルクラッド開閉装置の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用メタルクラッド開閉装置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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用メタルクラッド 開閉装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用メタルクラッド開閉装置の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用メタルクラッド開閉装置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、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	2.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用メタルクラッド開閉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 設計条件

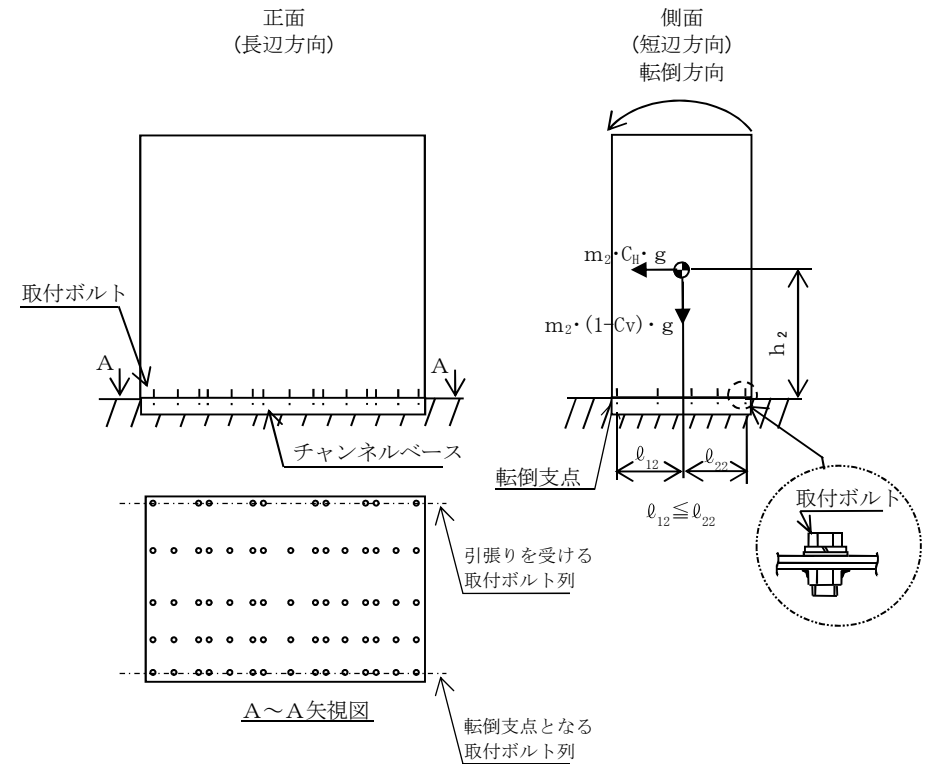
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用メタル クラッド開閉装置	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源 装置置場 EL 	 	 	—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	

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 ($i=2$)							10

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	—	短辺方向



6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	4.432×10 ³	—	1.517×10 ⁵

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} =22	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用メタルクラッド開閉装置	水平方向	0.68	2.00
	鉛直方向	0.59	2.00

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。

V-2-10-1-7-7 緊急用動力変圧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 電氣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、「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、緊急用動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用動力変圧器は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用動力変圧器の構造計画を表 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	
<p>緊急用動力変圧器は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>取付ボルト</p> <p>チャンネルベース</p> <p>基礎</p>

3. 固有周期

緊急用動力変圧器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用動力変圧器の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用動力変圧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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用動力変圧器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用動力変圧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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用動力変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用動力変圧器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

変圧器は J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、緊急用動力変圧器の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用動力変圧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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用動力変圧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

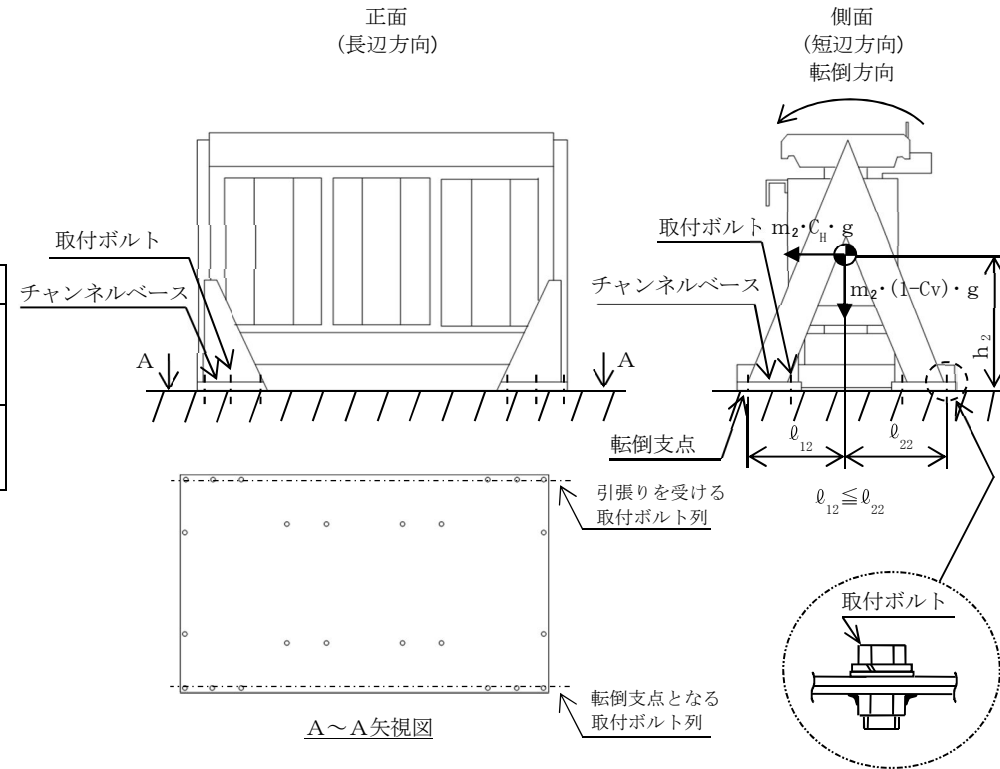
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用動力変圧器	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源 装置置場 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	<input type="text"/>

注記 * : 基準レベルを示す。

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						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	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	7.279×10 ³	—	8.341×10 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	—	—	σ _{b2} =16	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

V-2-10-1-7-8 緊急用パワーセン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	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 電氣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、「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、緊急用パワーセン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。

緊急用パワーセンタは、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

緊急用パワーセンタの構造計画を表 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	
<p>緊急用パワーセンタ 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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急用パワーセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用パワーセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用パワーセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用パワーセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用パワーセン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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用パワーセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用パワーセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用パワーセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	2.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用パワーセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用パワーセン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

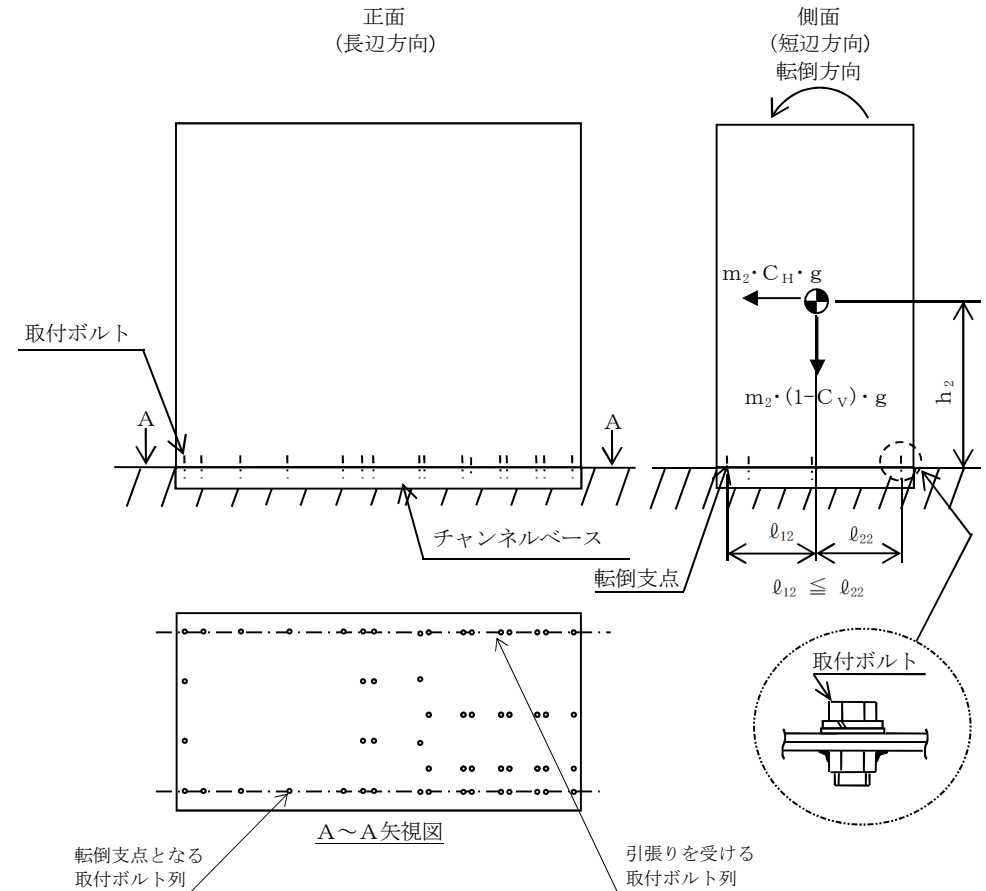
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用パワーセンタ	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源 装置置場 EL. 			—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	

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 ($i=2$)							16

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	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.719×10 ³	—	1.950×10 ⁵

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} =29	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =18	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用パワーセンタ	水平方向	0.68	2.00
	鉛直方向	0.59	2.00

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。

V-2-10-1-7-9 緊急用モータコントロールセンタの
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	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 電氣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、「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、緊急用モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

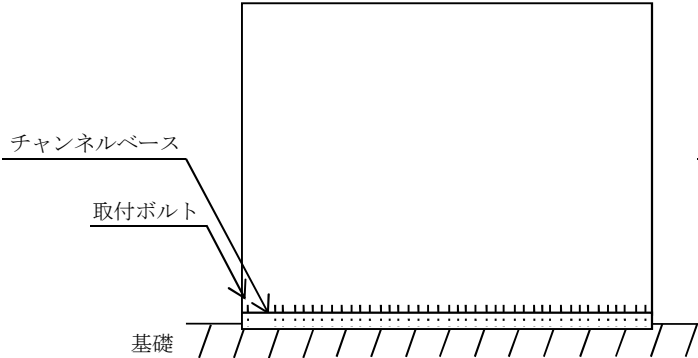
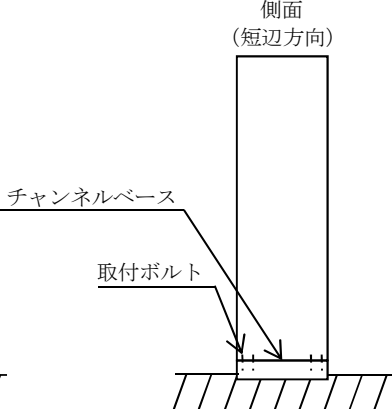
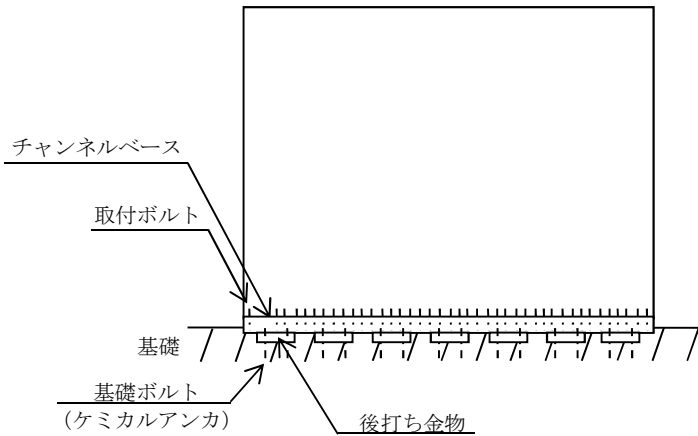
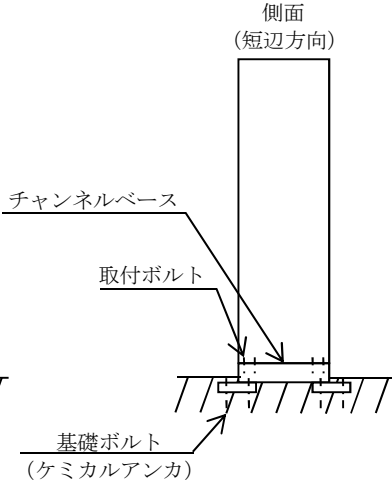
緊急用モータコントロールセンタは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用モータコントロールセンタの構造計画を表 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	
<p>緊急用モータコントロールセンタは、基礎に埋め込まれた埋込金物又は後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	<p>(緊急用モータコントロールセンタ 3 の概略構造図)</p> <p>正面 (長辺方向)</p>  <p>側面 (短辺方向)</p>  <p>(緊急用モータコントロールセンタ 1, 2 の概略構造図)</p> <p>正面 (長辺方向)</p>  <p>側面 (短辺方向)</p> 

3. 固有周期

緊急用モータコントロールセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用モータコントロールセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用モータコントロールセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用モータコントロールセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用モータコントロールセン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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用モータ コントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用モータコントロールセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用モータコントロールセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	3.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用モータコントロールセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用モータコントロールセンタ 1, 2 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用モータ コントロールセンタ 1, 2	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						14
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						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	—	280	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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)	—	7.093×10^3	—	6.490×10^4
取付ボルト (i=2)	—	5.372×10^3	—	6.149×10^4

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=63$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

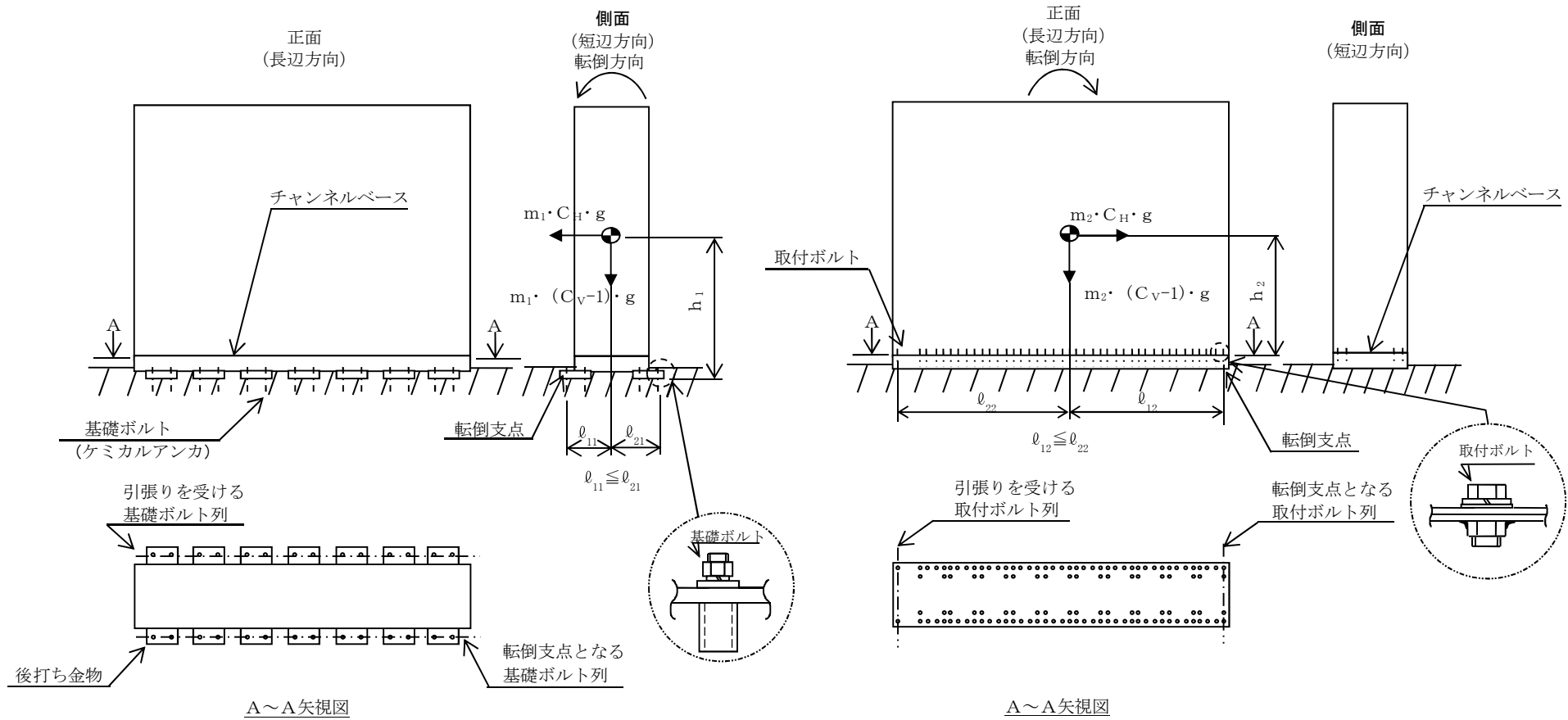
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用モータ コントロールセンタ 1, 2	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

11



【緊急用モータコントロールセンタ 3 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

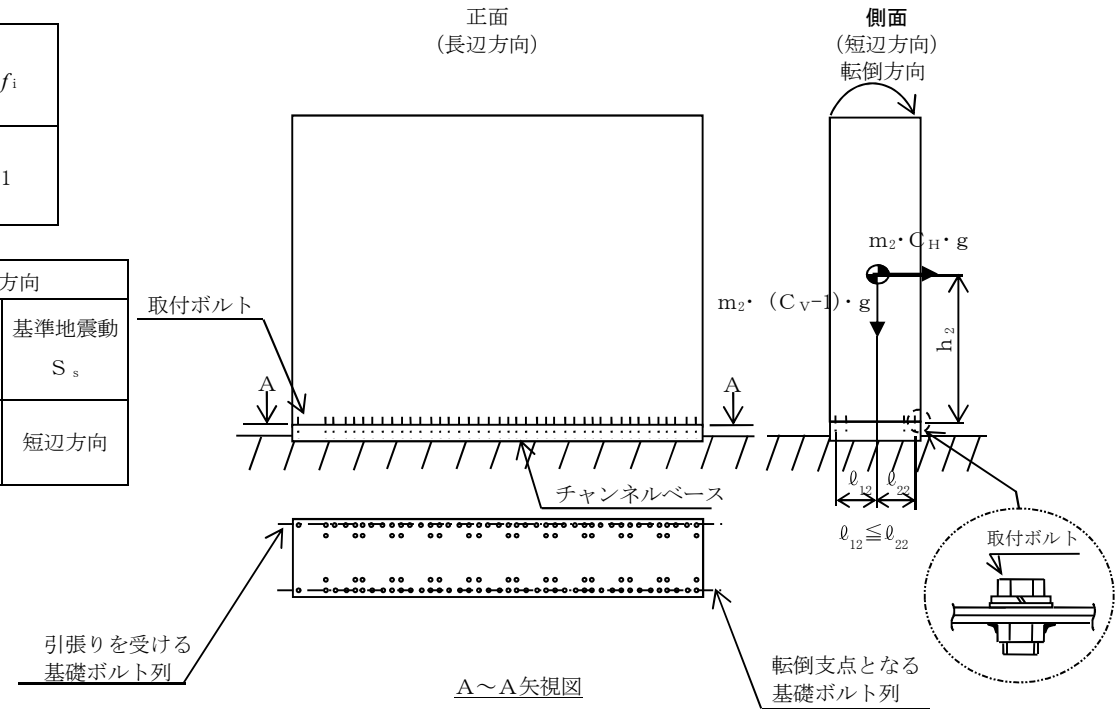
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用モータ コントロールセンタ 3	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源 装置置場 EL. 			—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	

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 ($i=2$)							41

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	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	1.975×10 ³	—	4.528×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =10	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =2	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用モータ コントロールセンタ 3	水平方向	0.68	3.00
	鉛直方向	0.59	2.00

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。

V-2-10-1-7-10 緊急用計装交流主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、緊急用計装交流主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用計装交流主母線盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用計装交流主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用計装交流主母線盤は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>後打ち金物</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p>

3. 固有周期

緊急用計装交流主母線盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用計装交流主母線盤の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用計装交流主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用計装交流主母線盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用計装交流主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急用計装交流主母線盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用計装交流主母線盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用計装交流主母線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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用計装交流主母線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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用計装交流主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用計装 交流主母線盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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)	\varnothing_{1i} (mm)	\varnothing_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						4

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	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.998×10 ³	—	1.942×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	4.775×10 ³	—	1.834×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =71	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =11	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =24	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

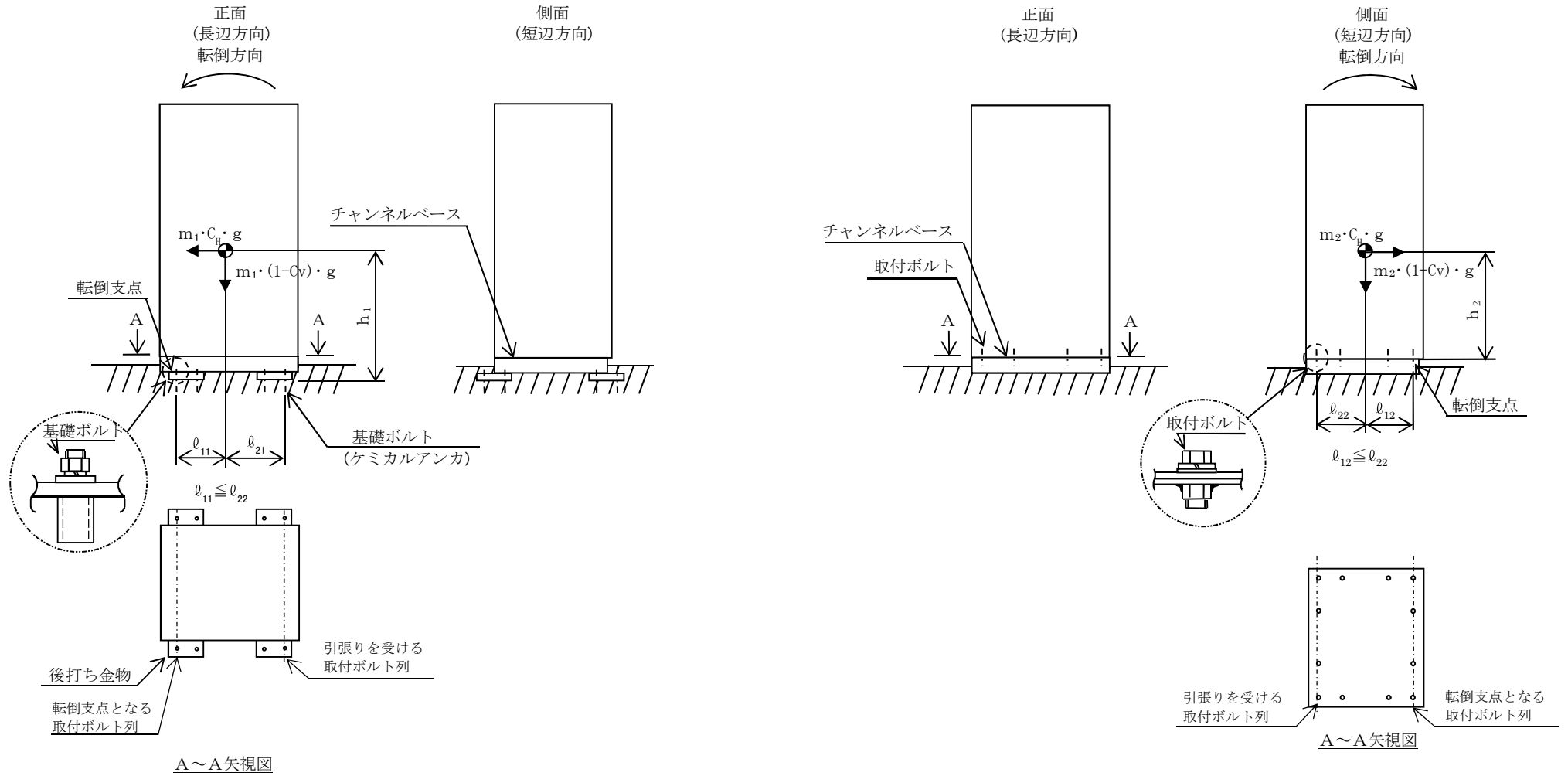
注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用計装交流主母線盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

11



V-2-10-1-7-11 緊急用電源切替盤の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、「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、緊急用電源切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用電源切替盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用電源切替盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用電源切替盤のうち緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	<p>緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用電源切替盤のうち緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤は、壁に基礎ボルトで設置されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形</p>	<p>緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤</p> <p>(水平方向)</p> <p>(鉛直方向)</p>

3

3. 固有周期

緊急用電源切替盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用電源切替盤の構造は直立形又は壁掛形，構造強度評価は，「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

緊急用電源切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用電源切替盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用電源切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用 電源設備	その他	緊急用電源切替盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト*1		周囲環境温度		221	373	—
取付ボルト*1		周囲環境温度		212	373	—
基礎ボルト*2		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト*2		周囲環境温度		235	400	—

注記 *1：緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤の各ボルトを示す。

*2：緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤の各ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用電源切替盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用電源切替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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度*1	機能確認済加速度*2
水平	4.00	9.13
鉛直	2.00	9.13

注記 *1：緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤

*2：緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用電源切替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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 直流電源切替盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						4

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)	221	373	—	261	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	—	254	—	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 _{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)	—	1.014×10 ⁴	—	1.954×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	7.837×10 ³	—	1.884×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =90	f _{ts1} =156*
		せん断	—	—	τ _{b1} =11	f _{sb1} =120
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =39	f _{ts2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{sb2} =146

すべて許容応力以下である。

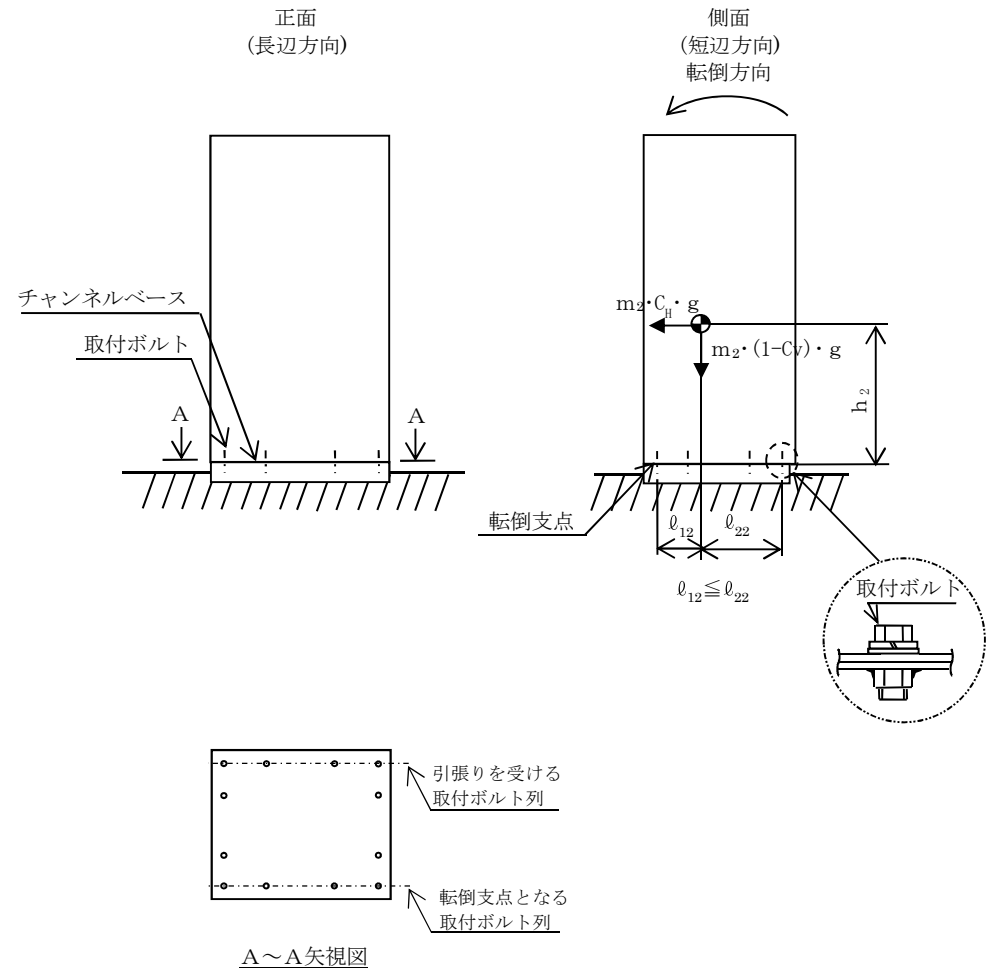
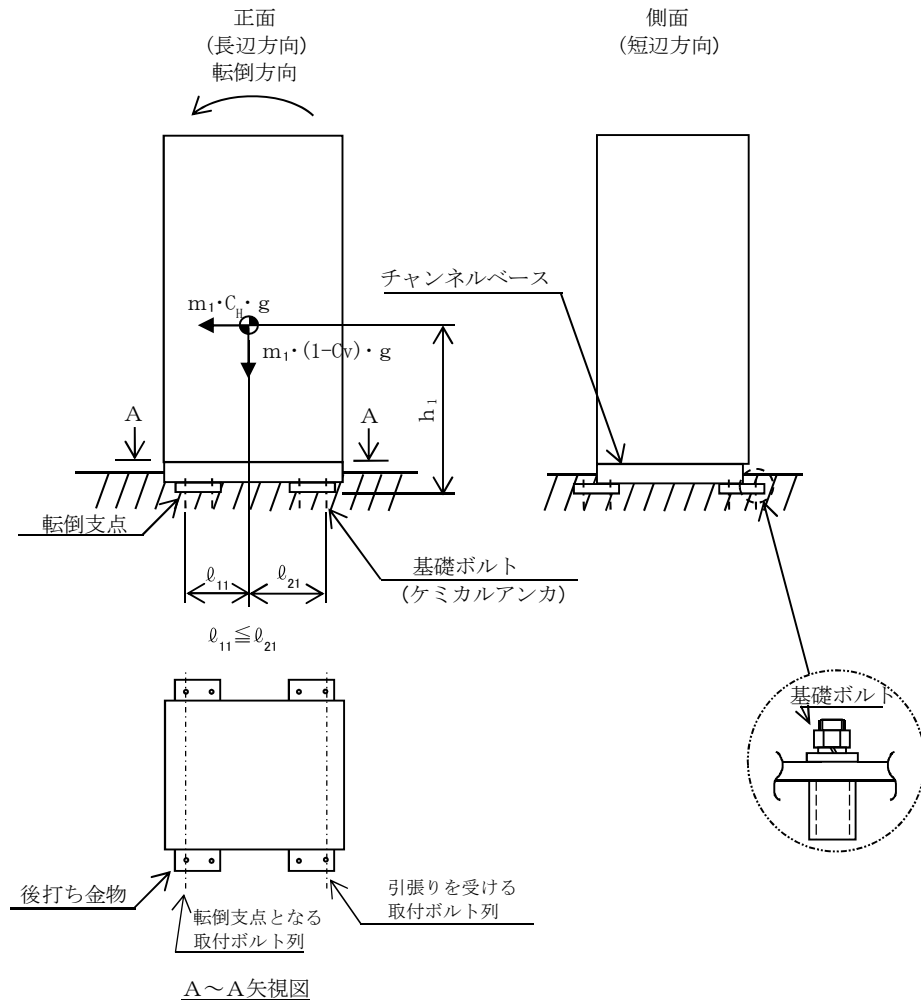
注記 * : f_{tsi} = Min[1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用 直流電源切替盤	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	2.00

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。

12



【緊急用交流電源切替盤 A の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 交流電源切替盤 A	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						6
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						8

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)	221	373	—	261	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	—	254	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.351×10 ³	—	3.464×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	6.915×10 ³	—	3.324×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =65	f _{t s1} =156*
		せん断	—	—	τ _{b1} =13	f _{s b1} =120
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =35	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =7	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i}=Min[1.4・f_{t o i}-1.6・τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

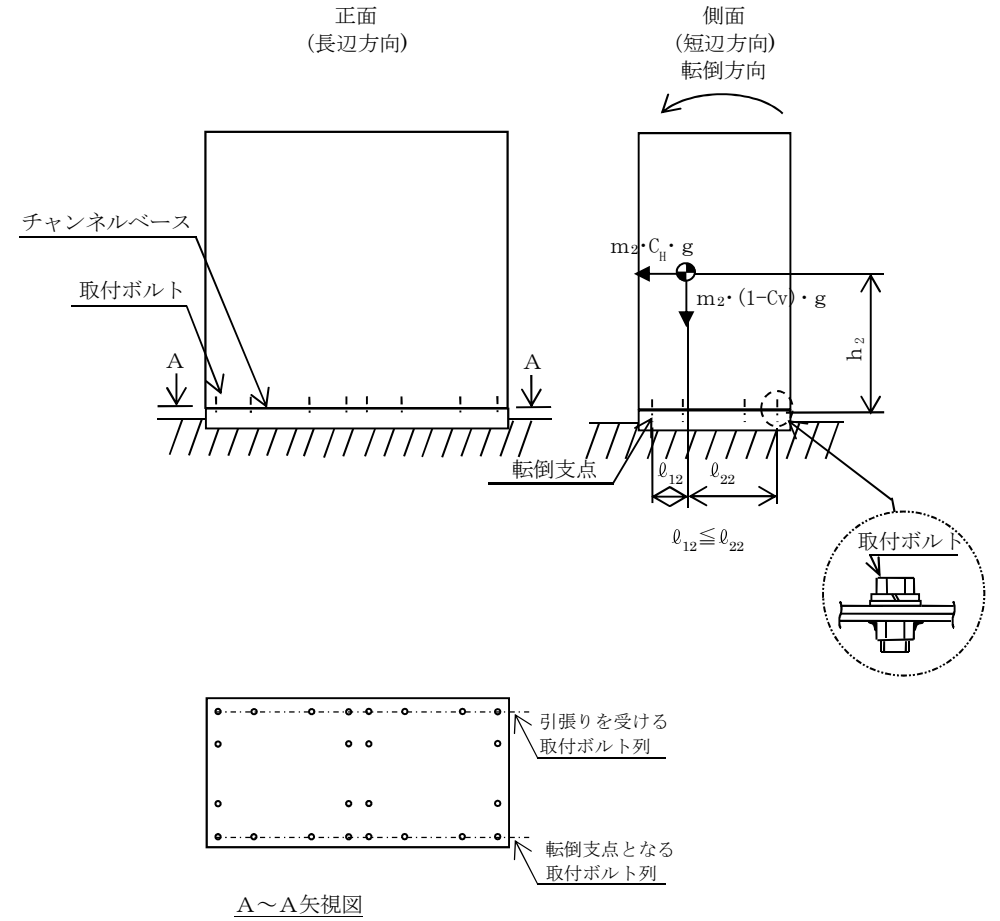
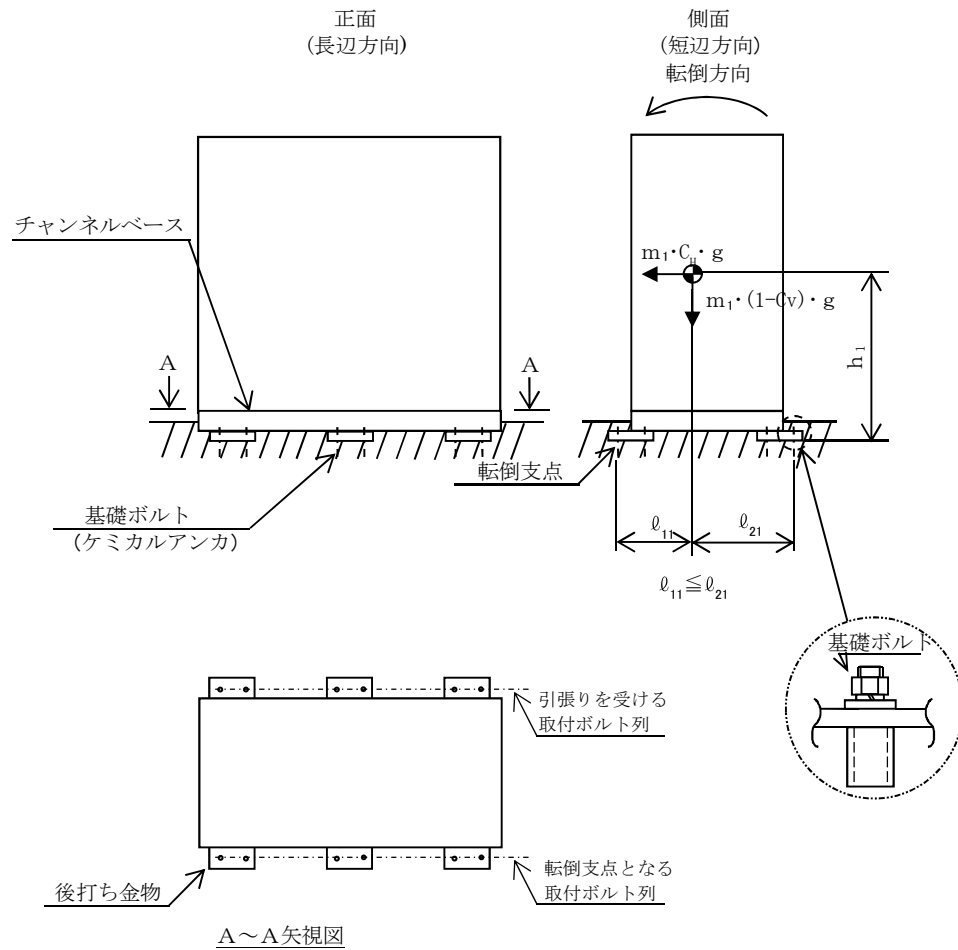
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用 交流電源切替盤 A	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	2.00

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。

15



【緊急用交流電源切替盤 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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用 交流電源切替盤 B	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.67$	$C_V=1.44$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						6
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						8

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)	221	373	—	261	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	—	254	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	1.234×10 ⁴	—	5.119×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	1.137×10 ⁴	—	4.913×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=109$	$f_{ts1}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=19$	$f_{sb1}=120$
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=57$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

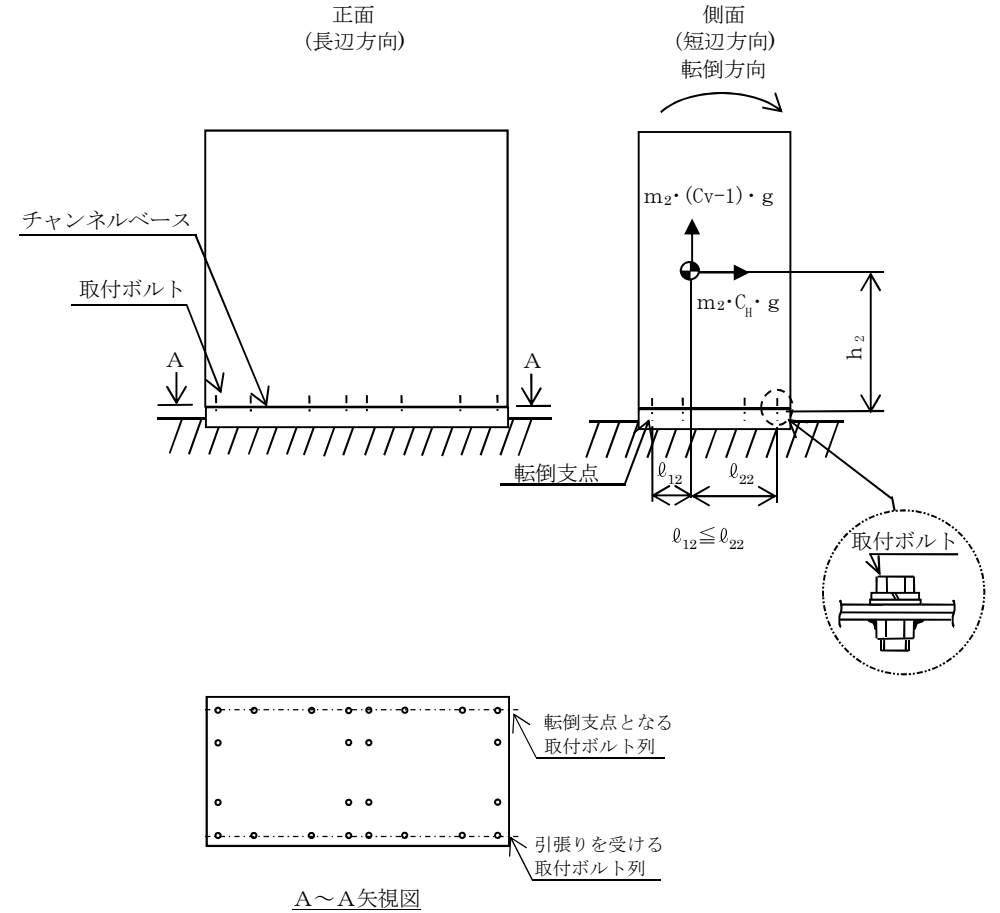
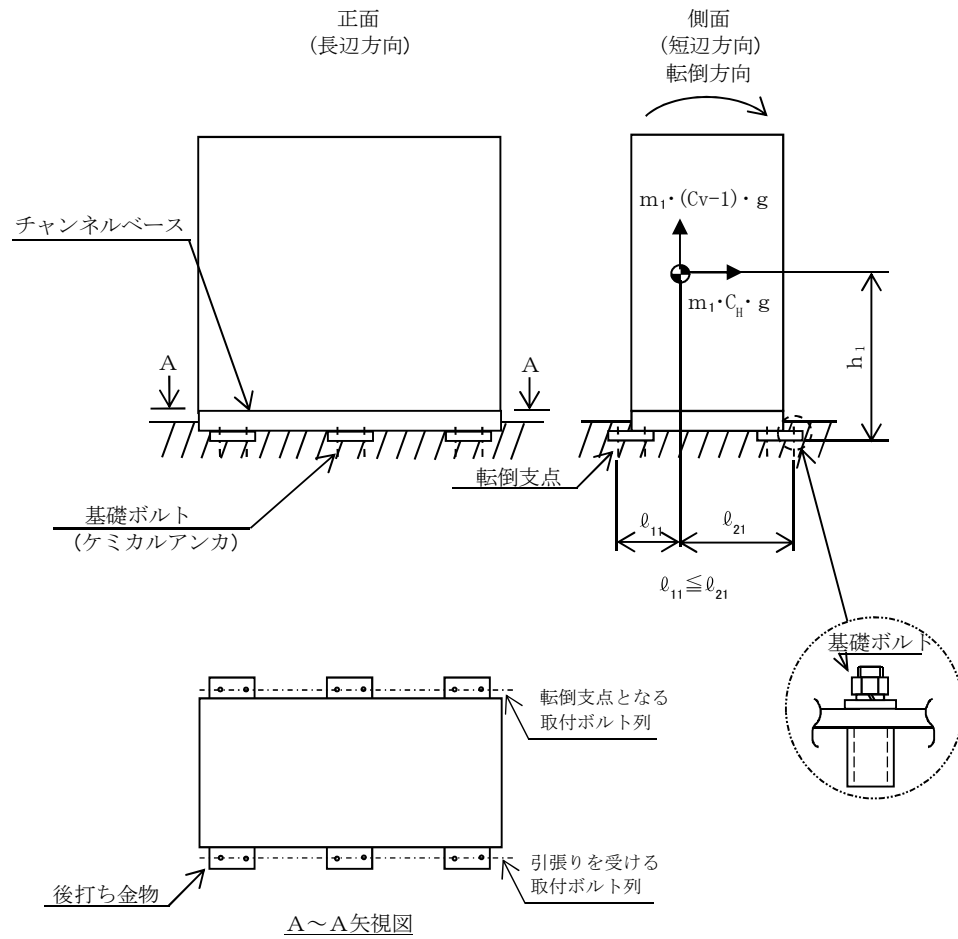
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用 交流電源切替盤 B	水平方向	1.40	4.00
	鉛直方向	1.00	2.00

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。



【緊急用無停電計装電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用無停電 計装電源切替盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[]

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)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}
基礎ボルト (i=1)	[]							2	2
取付ボルト (i=2)	[]							2	5

部 材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	-	280	-	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	-	280	-	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)	—	2.999×10 ³	—	1.054×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.431×10 ³	—	9.476×10 ³

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =27	f _{ts1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =24	f _{sb1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =12	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

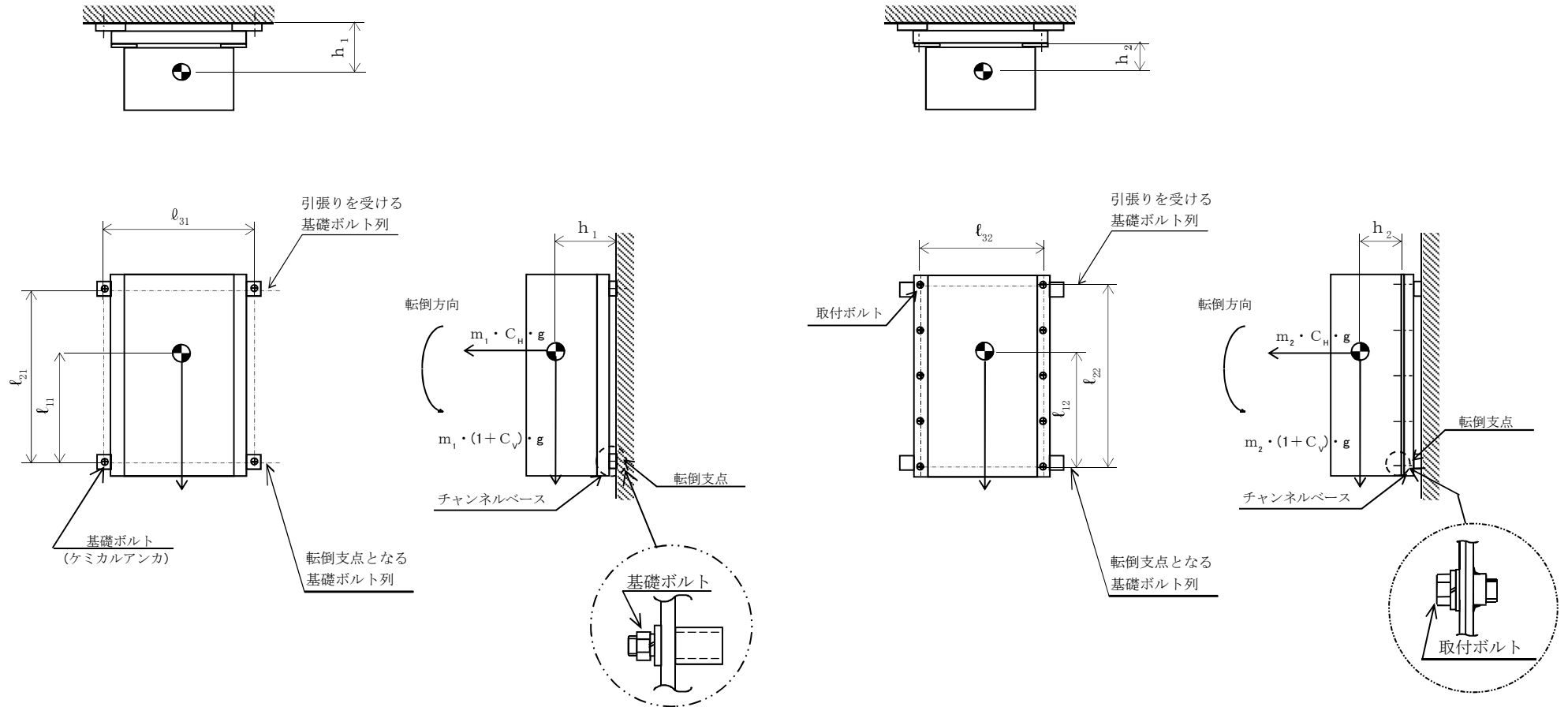
注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用無停電計装電源切替盤	水平方向	1.11	9.13
	鉛直方向	0.84	9.13

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。



【緊急用直流計装電源切替盤Aの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流計装 電源切替盤A	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[]

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)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}
基礎ボルト (i=1)	[]							2	2
取付ボルト (i=2)	[]							2	5

部材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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)	—	2.999×10 ³	—	1.054×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.431×10 ³	—	9.476×10 ³

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =27	f _{ts1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =24	f _{sb1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =12	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{sb2} =161

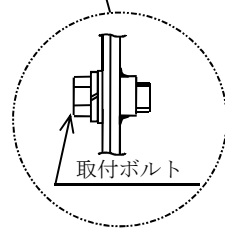
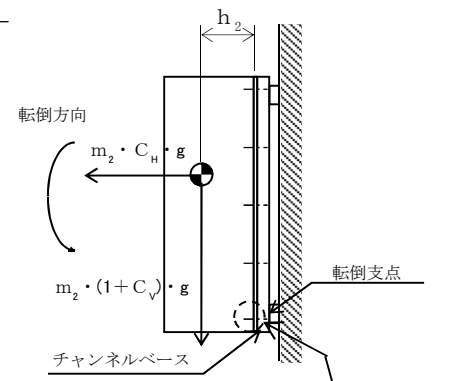
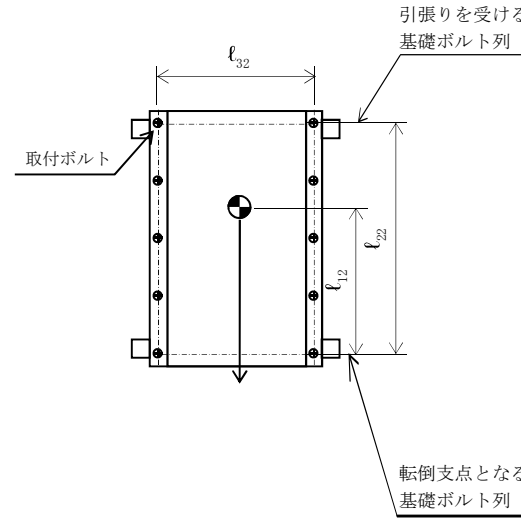
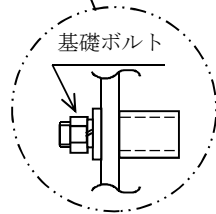
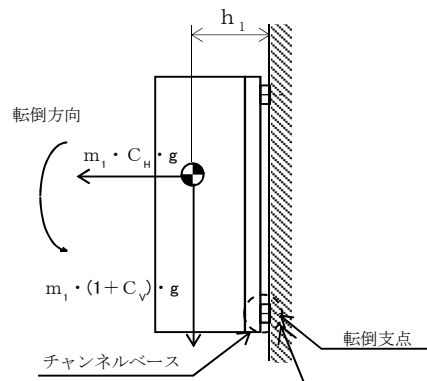
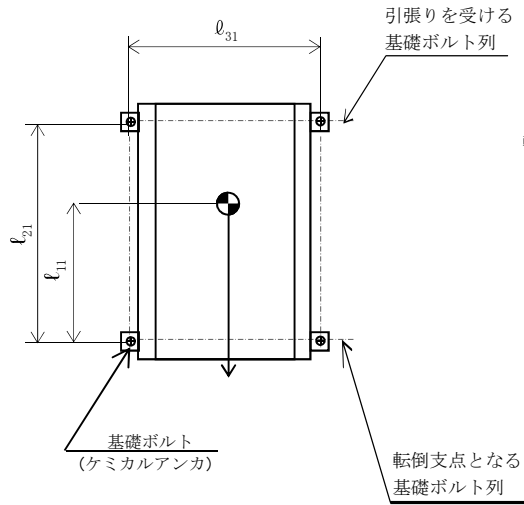
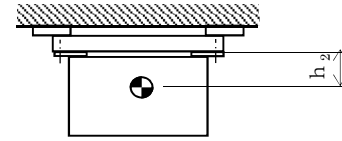
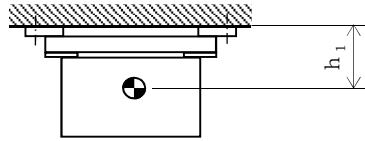
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位: ×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流計装 電源切替盤 A	水平方向	1.11	9.13
	鉛直方向	0.84	9.13

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。



【緊急用直流計装電源切替盤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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流計装 電源切替盤B	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[]

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)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}
基礎ボルト (i=1)	[]							2	2
取付ボルト (i=2)	[]							2	5

部材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	2.999×10 ³	—	1.054×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.431×10 ³	—	9.476×10 ³

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =27	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =24	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =12	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

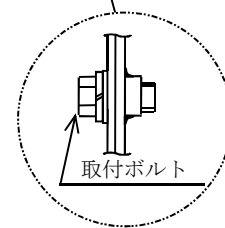
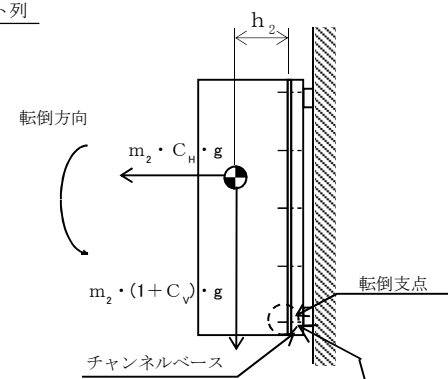
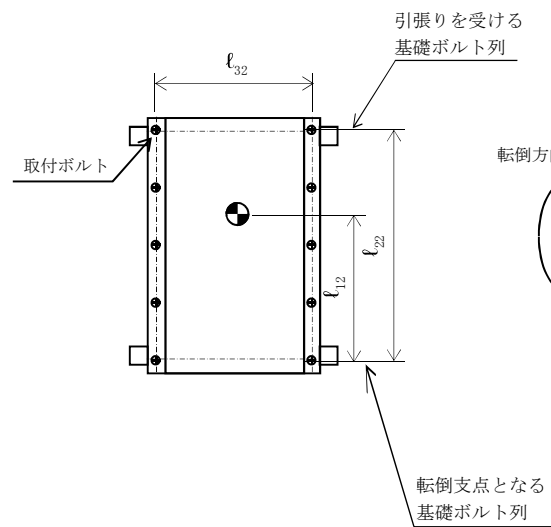
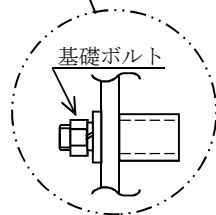
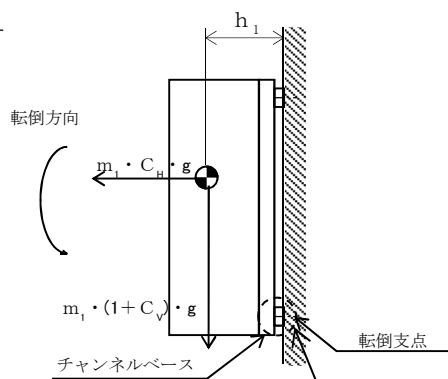
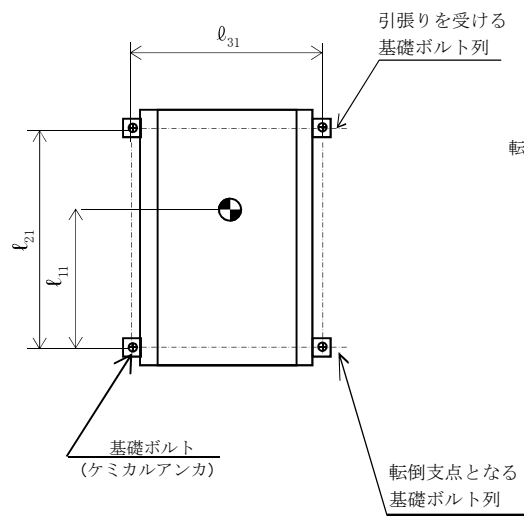
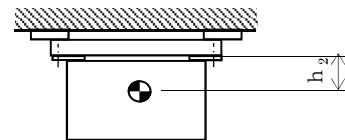
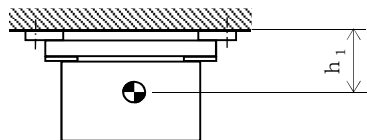
注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流計装 電源切替盤 B	水平方向	1.11	9.13
	鉛直方向	0.84	9.13

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-2-10-1-7-12 緊急用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、緊急用無停電計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用無停電計装分電盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用無停電計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用無停電計装分電盤は、壁に基礎ボルトで設置されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形</p>	<p>(水平方向)</p> <p>(鉛直方向)</p>

3. 固有周期

緊急用無停電計装分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用無停電計装分電盤の構造は壁掛形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用無停電計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用無停電計装分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用無停電計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急用無停電 計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用無停電計装分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用無停電計装分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	9.13
鉛直	9.13

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用無停電計装分電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用無停電計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用無停電 計装分電盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 □	□	□	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	□

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	l_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}
基礎ボルト (i=1)	□							2	2
取付ボルト (i=2)	□							2	5

部 材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	2.745×10 ³	—	1.010×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.209×10 ³	—	8.977×10 ³

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =25	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =23	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =11	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

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

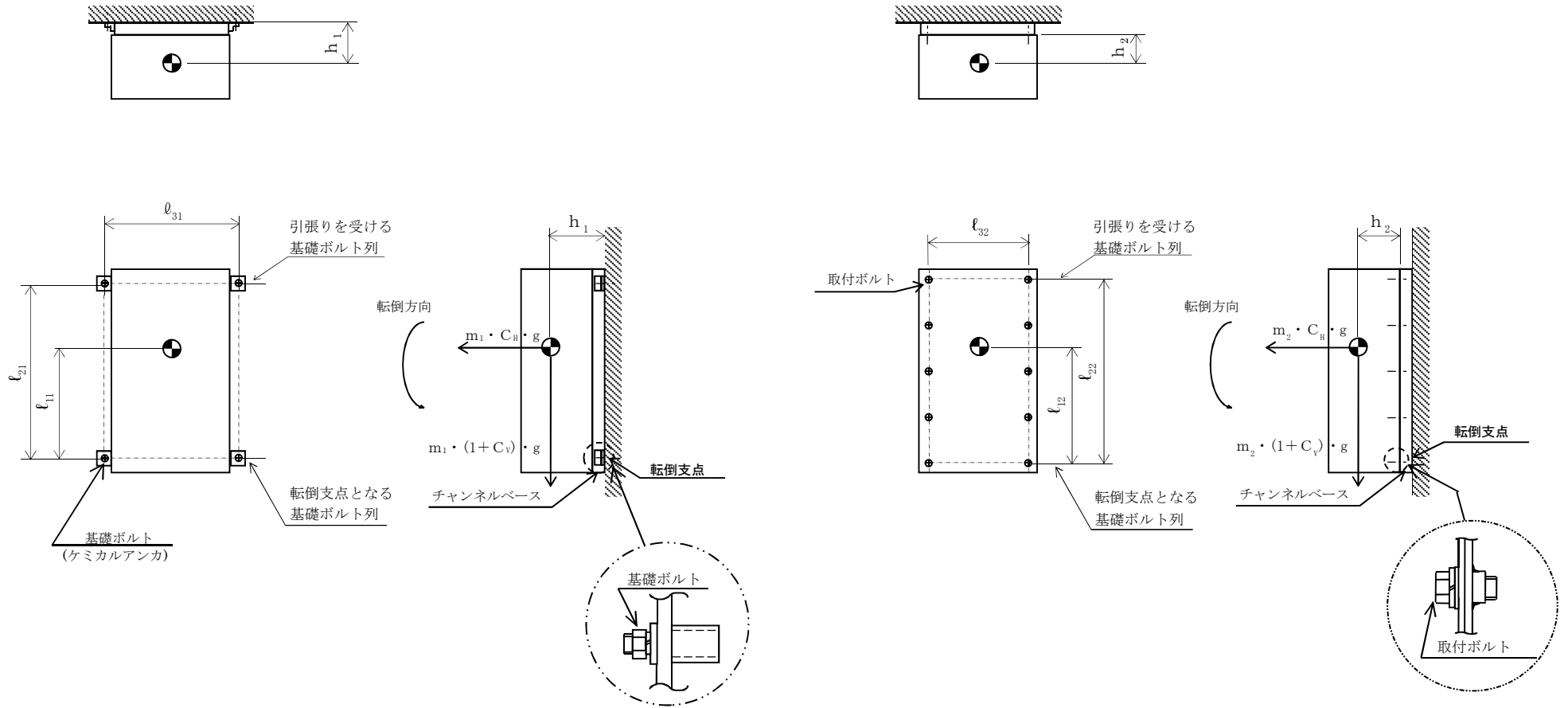
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用 無停電計装分電盤	水平方向	0.95	9.13
	鉛直方向	0.83	9.13

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。

II



V-2-10-1-7-13 緊急用直流 125V 充電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 電氣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、「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、緊急用直流 125V 充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V 充電器は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用直流 125V 充電器の構造計画を表 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	
<p>緊急用直流 125V 充電器は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急用直流 125V 充電器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用直流 125V 充電器の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用直流 125V 充電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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用直流 125V 充電器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 充電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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用直流 125V 充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	— * ²	$D + P_D + M_D + S_S$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 *¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／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}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 充電器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用直流 125V 充電器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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	3.00
鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 充電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V 充電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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流 125V 充電器	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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}
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						4

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	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	6.876×10 ³	—	5.005×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.499×10 ³	—	4.854×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =61	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =19	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =9	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

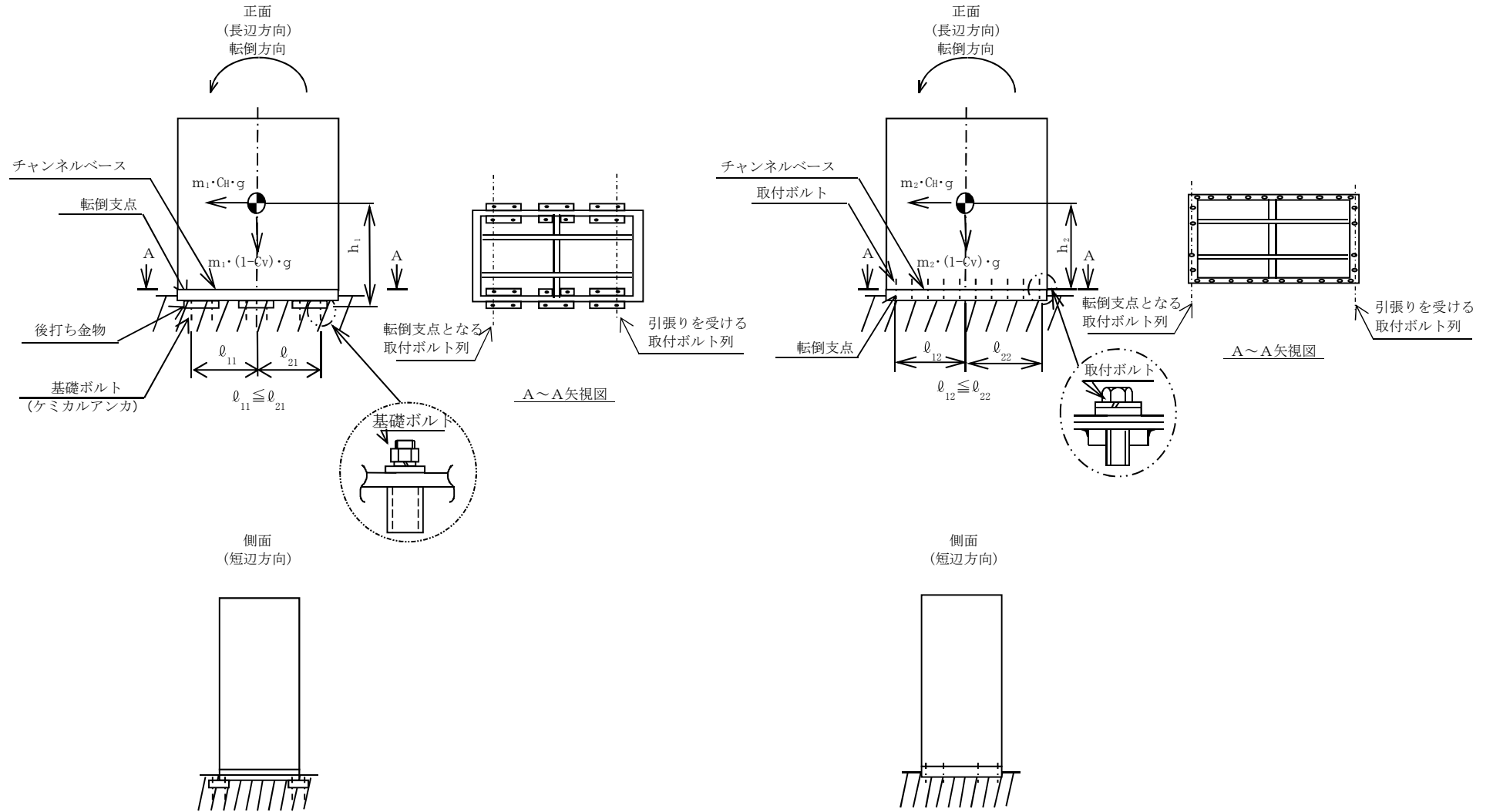
注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 充電器	水平方向	1.10	3.00
	鉛直方向	0.96	1.50

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。



11

V-2-10-1-7-14 緊急用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、緊急用直流 125V 主母線盤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。

緊急用直流 125V 主母線盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用直流 125V 主母線盤は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急用直流 125V 主母線盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用直流 125V 主母線盤の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用直流 125V 主母線盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急用直流 125V 主母線盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	245	400	—
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 主母線盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用直流 125V 主母線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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 主母線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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流 125V 主母線盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						4

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	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	3.576×10 ³	—	1.699×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.761×10 ³	—	1.672×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =32	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =5	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =14	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

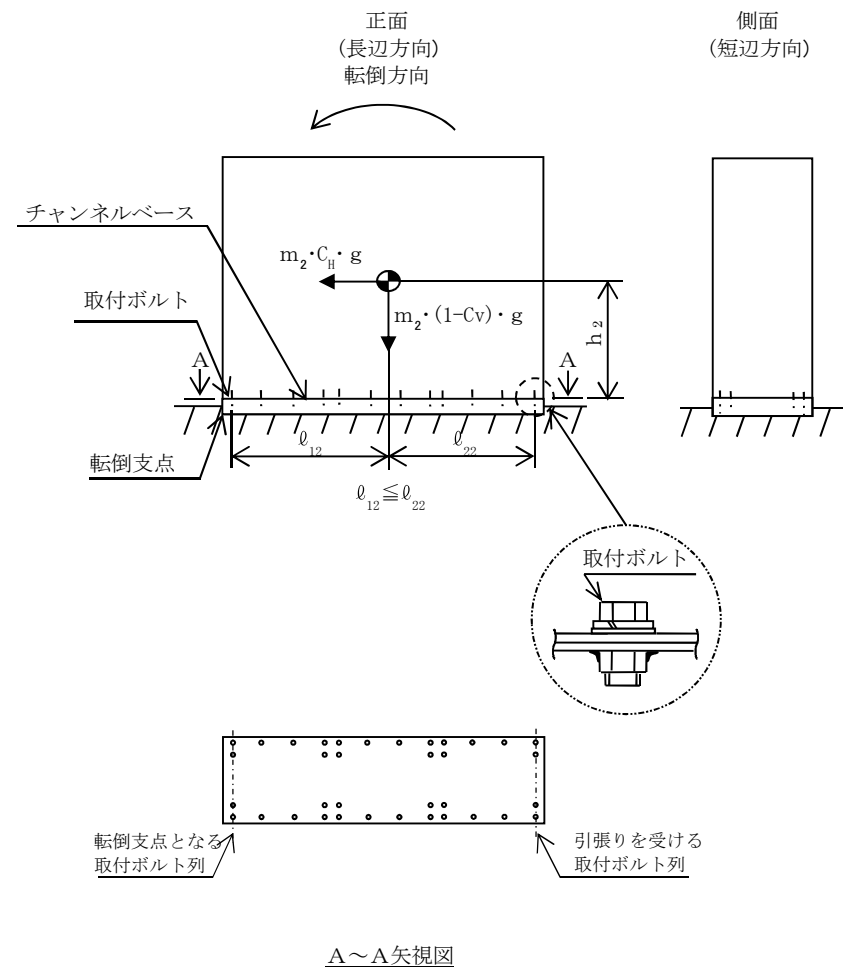
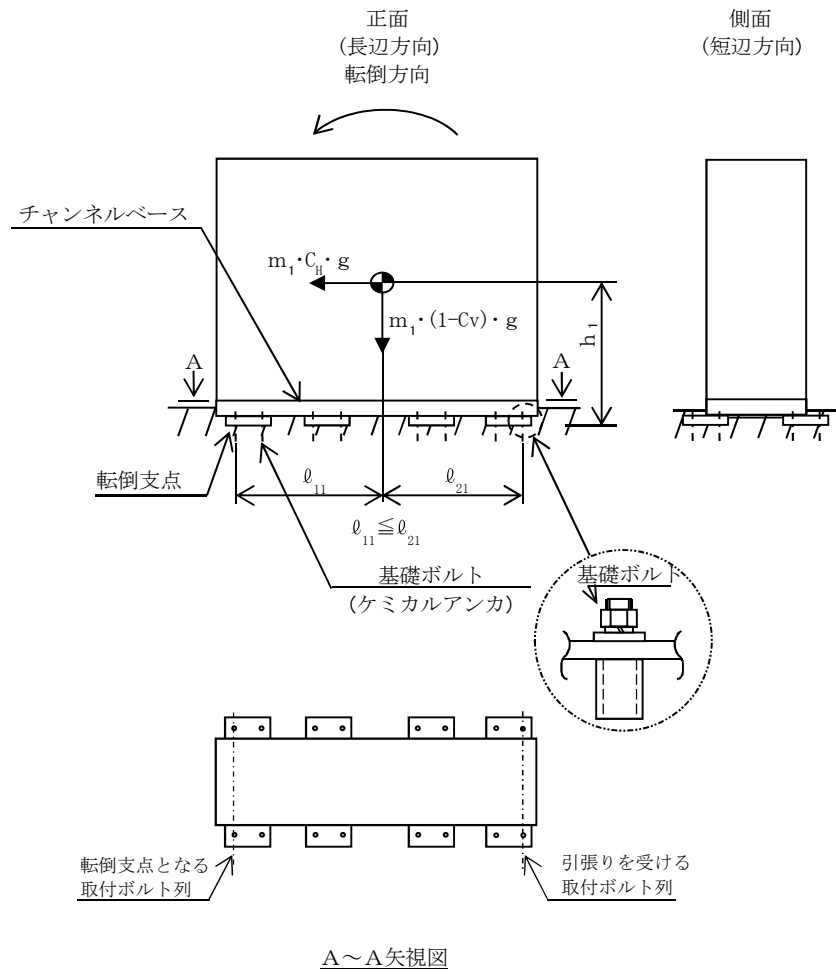
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 主母線盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

11



V-2-10-1-7-15 緊急用直流 125V モータコントロールセンタの
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	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 電氣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、「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、緊急用直流 125V モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V モータコントロールセンタは、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を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの構造計画を表 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	
<p>緊急用直流 125V モータコントロールセンタは、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>基礎</p> <p>後打ち金物</p>

3. 固有周期

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用直流 125V モータコントロールセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V モータコントロールセン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として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
非常用電源 設備	その他	緊急用直流 125V モータコントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用直流 125V モータコントロールセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	3.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V モータコントロールセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V モータコントロールセン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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流 125V モータコントロール センタ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						12
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						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	—	280	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	6.923×10 ³	—	5.381×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	5.972×10 ³	—	5.097×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =62	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =10	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =30	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =3	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

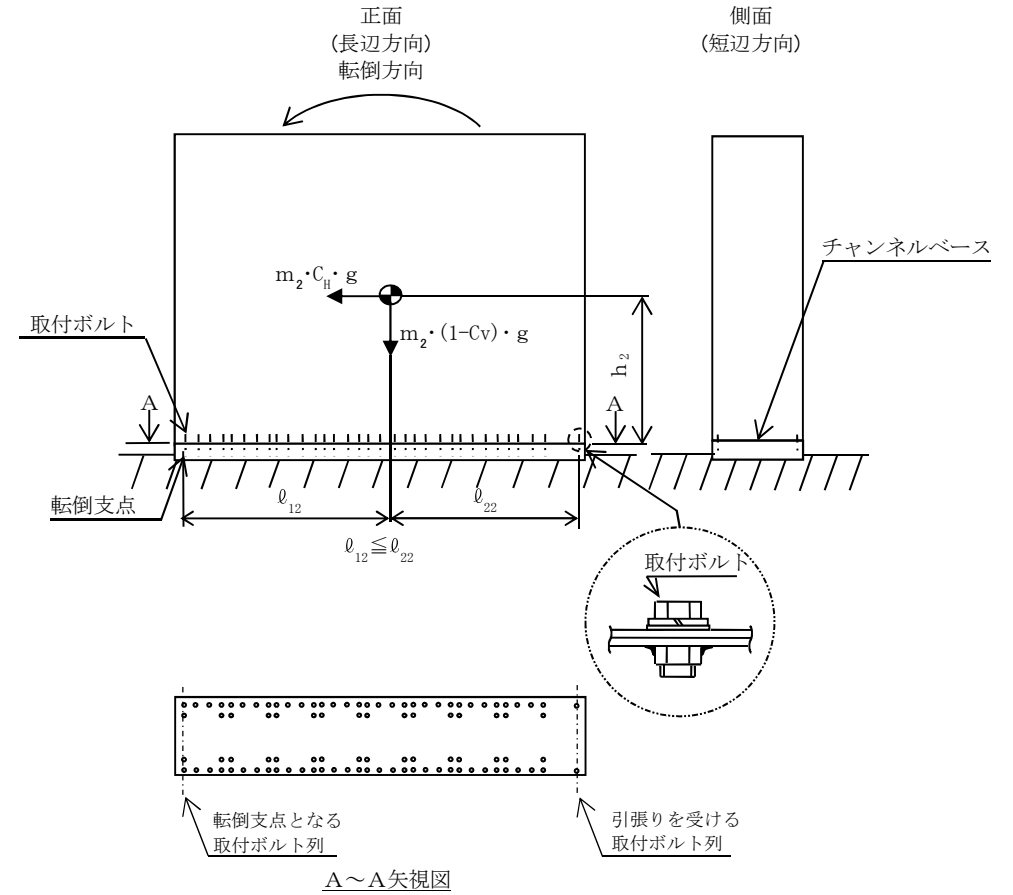
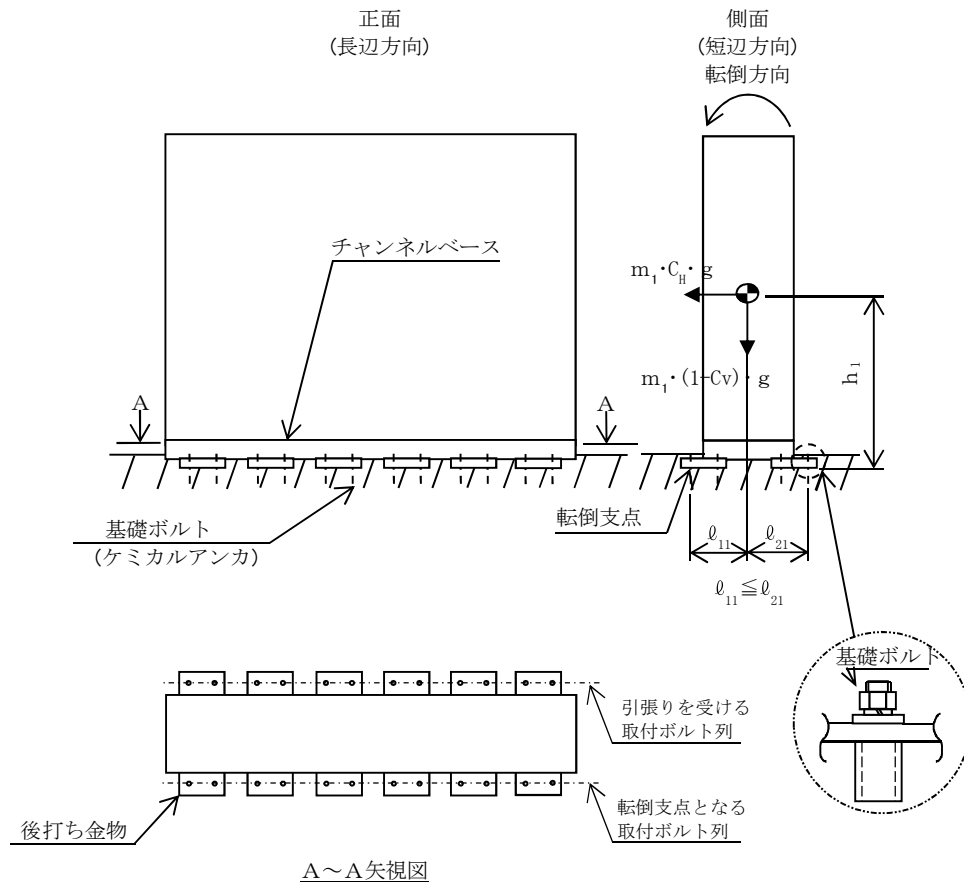
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流 125V モータコントロールセンタ	水平方向	0.95	3.00
	鉛直方向	0.83	2.00

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。

11



V-2-10-1-7-16 緊急用直流 125V 計装分電盤の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、緊急用直流 125V 計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V 計装分電盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用直流 125V 計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急用直流 125V 計装分電盤は、壁に基礎ボルト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。</p>	<p>壁掛形</p>	<p>(水平方向)</p> <p>(鉛直方向)</p>

3. 固有周期

緊急用直流 125V 計装分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用直流 125V 計装分電盤の構造は壁掛形であるため、構造強度評価は、「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

緊急用直流 125V 計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用直流 125V 計装分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急用直流 125V 計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_S$ * ³	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 計装分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用直流 125V 計装分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	6.00
鉛直	6.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 計装分電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V 計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用直流 125V 計装分電盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 □	□	□	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	□

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}	
基礎ボルト (i=1)	□								2	3
取付ボルト (i=2)	□								4	6

部 材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	5.930×10 ³	—	2.873×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	2.370×10 ³	—	2.469×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =53	f _{t s1} =167*
		せん断	—	—	τ _{b1} =43	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =12	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =6	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

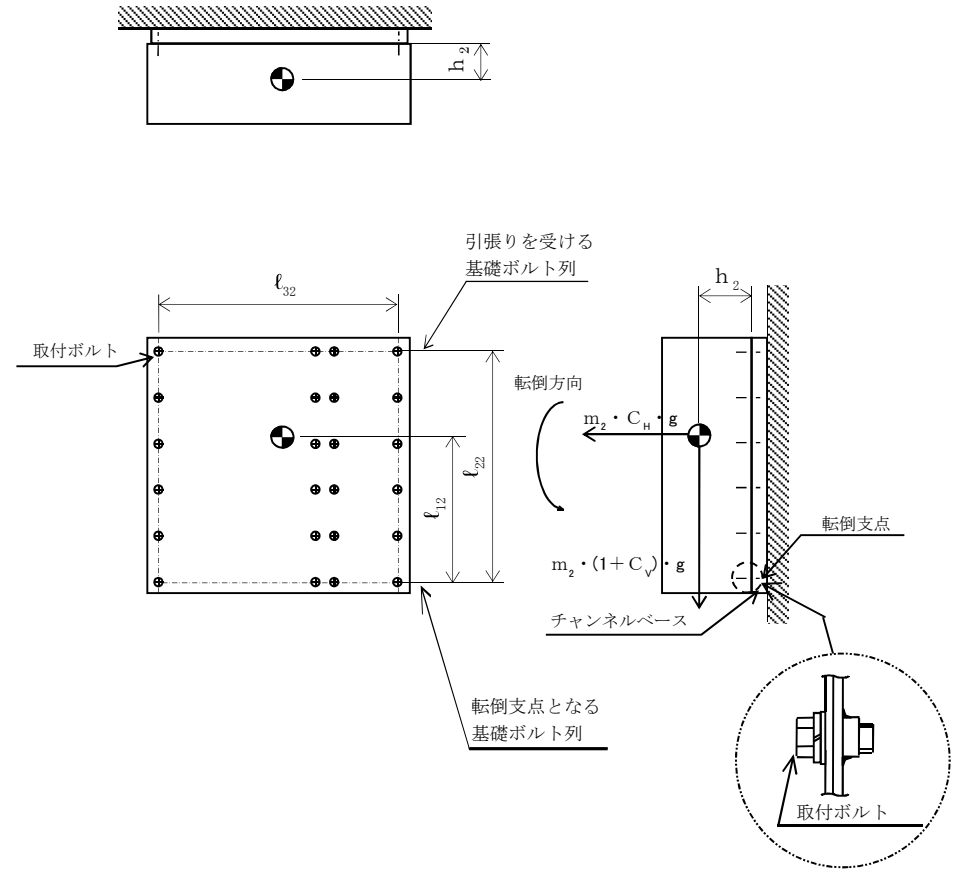
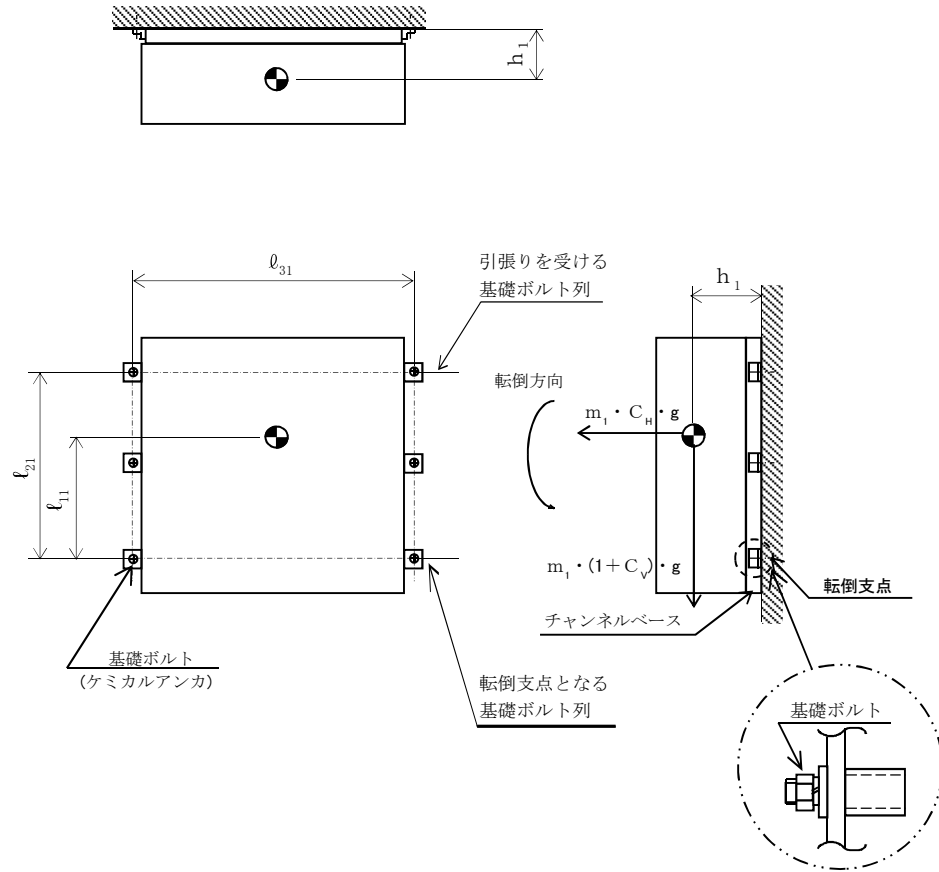
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 計装分電盤	水平方向	0.95	6.00
	鉛直方向	0.83	6.00

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。

II



V-2-10-1-7-18 緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置は、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構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置は、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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急時対策所用メタルラッド開閉装置の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用メタルラッド開閉装置は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用メタルラッド開閉装置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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用メタルラッド開閉装置の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用メタルラッド開閉装置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として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 メタルクラッド開閉装置	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用メタルクラッド開閉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 設計条件

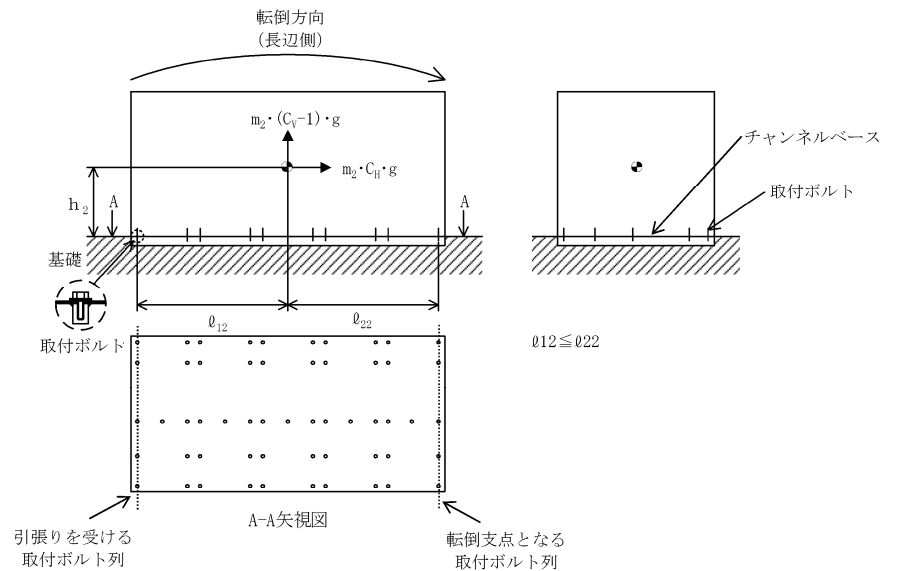
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 メタルクラッド 開閉装置	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						5

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	235	400	-	280	-	長辺方向

6



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取 付 ボ ル ト (i=2)	—	1.432×10 ⁴	—	2.040×10 ⁵

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} =46	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =12	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 メタルクラッド 開閉装置	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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-2-10-1-7-19 緊急時対策所用動力変圧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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用動力変圧器は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用動力変圧器の構造計画を表 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	
<p>緊急時対策所用動力変圧器は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p>

3. 固有周期

緊急時対策所用動力変圧器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用動力変圧器は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用動力変圧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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用動力変圧器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用動力変圧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として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 動力変圧器	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用動力変圧器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

変圧器は J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、緊急時対策所用動力変圧器の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用動力変圧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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急時対策所用動力変圧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

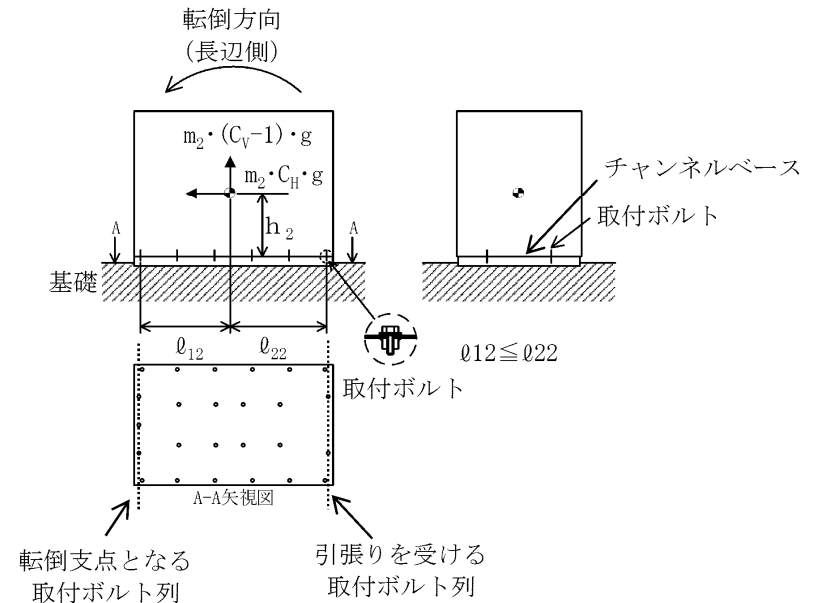
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 動力変圧器	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

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 ($i=2$)	[]						2*

注記 * : 転倒方向に対して取付ボルトの本数が異なるため, 評価上厳しくなる方向で耐震計算を行う。

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	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	2.801×10^4	—	1.346×10^5

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	—	—	$\sigma_{t2}=90$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{t2}=18$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

V-2-10-1-7-20 緊急時対策所用パワーセン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	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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用パワーセン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。

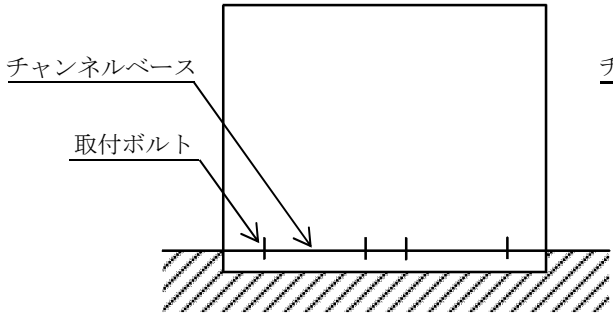
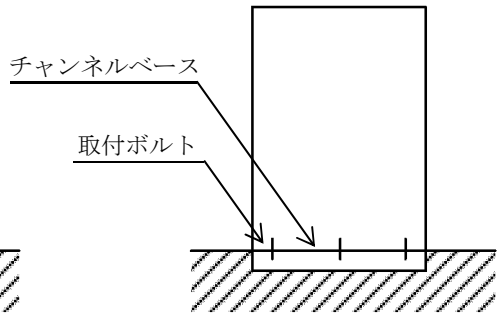
緊急時対策所用パワーセンタは、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用パワーセンタの構造計画を表 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	
緊急時対策所用パワーセンタは、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。	直立形	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面 (長辺方向)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面 (短辺方向)</p>  </div> </div>

3. 固有周期

緊急時対策所用パワーセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用パワーセンタは直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用パワーセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用パワーセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用パワーセン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として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 パワーセンタ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用パワーセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用パワーセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用パワーセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用パワーセンタの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

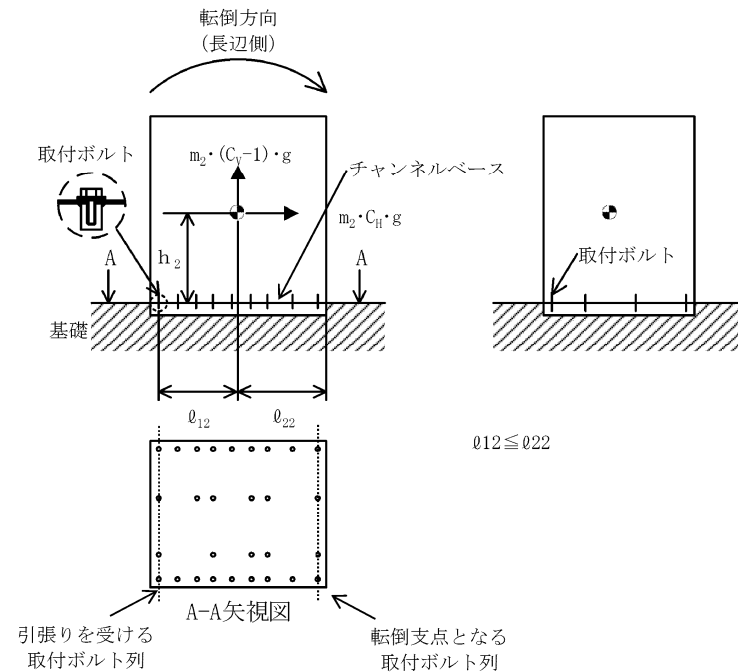
1.1 設計条件

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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 パワーセンタ	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						4

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	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	1.242×10 ⁴	—	7.300×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =40	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 パワーセンタ	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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-2-10-1-7-21 緊急時対策所用モータコントロールセンタの耐震性
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	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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用モータコントロールセンタは、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氣的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用モータコントロールセンタは、以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては、その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1 緊急時対策所用モータコントロールセンタの構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用モータ コントロールセンタ 2A	緊急時対策所用 480V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用 210V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤	1
緊急時対策所用モータ コントロールセンタ 2B	緊急時対策所用 480V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用 210V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤	1

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用モータコントロールセンタの構造計画を表 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	
<p>緊急時対策所用モータ コントロールセンタ 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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急時対策所用モータコントロールセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用モータコントロールセンタは直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用モータコントロールセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用モータコントロールセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用モータコントロールセン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として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用モータコ ントロールセンタ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用モータコントロールセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用モータコントロールセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具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。

緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤は、J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、これらの機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用モータコントロールセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V, 210V)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

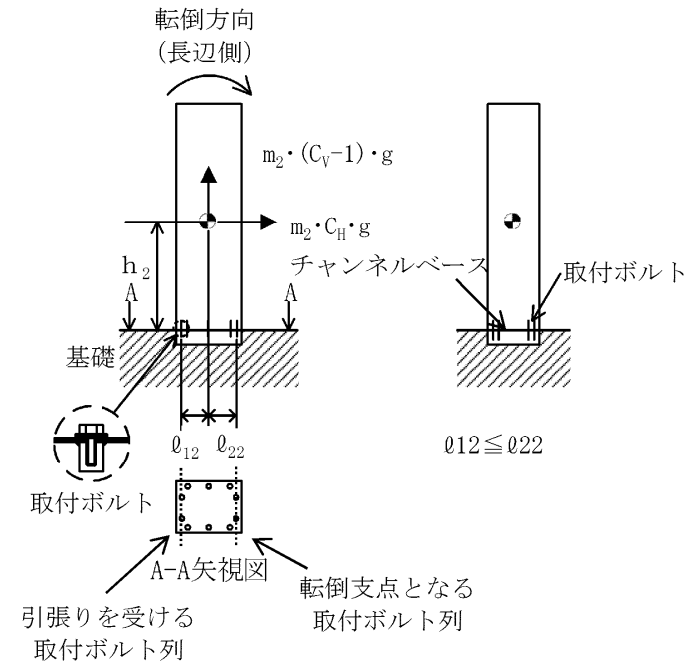
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V, 210V)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						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
取付ボルト	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力


(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	9.542×10^3	—	8.738×10^3

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用モータコント ロールセンタ 2A/2B (480V, 210V)	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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。

【緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(変圧器盤)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

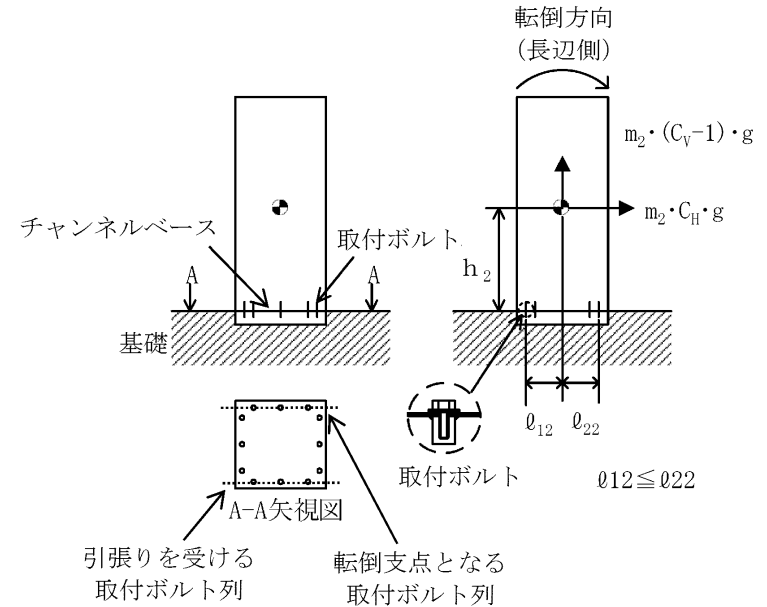
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(変圧器盤)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

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 ($i=2$)	[]						3

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	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力


(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	9.546×10^3	—	2.145×10^4

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

V-2-10-1-7-22 緊急時対策所用 100V 分電盤の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用 100V 分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用 100V 分電盤は、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氣的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用 100V 分電盤は、以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては、その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1 緊急時対策所用 100V 分電盤の構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用 100V 分電盤	緊急時対策所用 100V 分電盤 1	1
	緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1	1
	緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2	1

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用 100V 分電盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用 100V 分電盤のうち緊急時対策所用 100V 分電盤 1 及び緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1 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。	直立形	<p>緊急時対策所用 100V 分電盤 1 及び緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1</p> <p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p>

2

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用 100V 分電盤のうち緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2 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。</p>	<p>壁掛形</p>	<p>緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2</p> <p>取付ボルト (水平方向)</p> <p>盤 (鉛直方向)</p> <p>チャンネルベース (鉛直方向)</p>

∞

3. 固有周期

緊急時対策所用 100V 分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用 100V 分電盤は直立形又は壁掛型であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用 100V 分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用 100V 分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用 100V 分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 100V 分電盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト*1		周囲環境温度		235	400	—
取付ボルト*2		周囲環境温度		245	400	—

注記 *1：緊急時対策所用 100V 分電盤 1 及び緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1 の各ボルトを示す。

*2：緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2 の各ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用 100V 分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用 100V 分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用 100V 分電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用 100V 分電盤 1 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

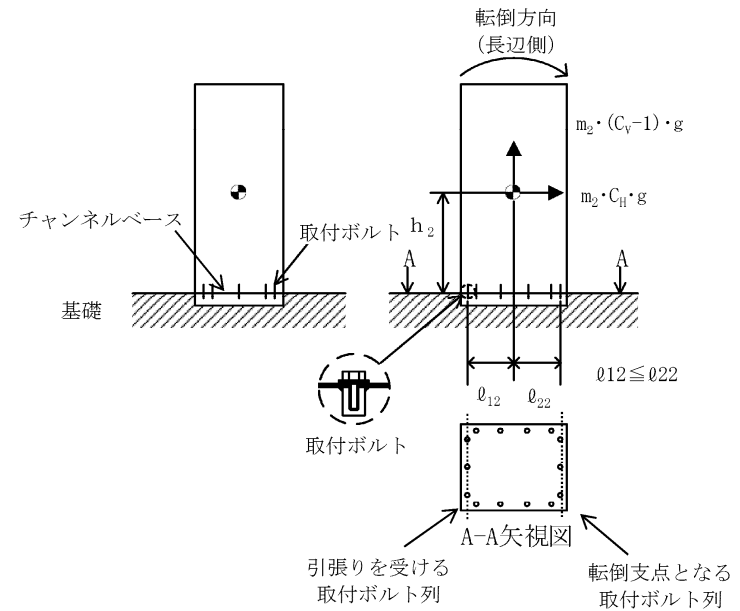
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 100V 分電盤 1	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.43$	$C_V=1.27$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						3

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	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	7.103×10^3	—	1.963×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V分電盤 1	水平方向	1.20	追而
	鉛直方向	1.06	追而

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。

【緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

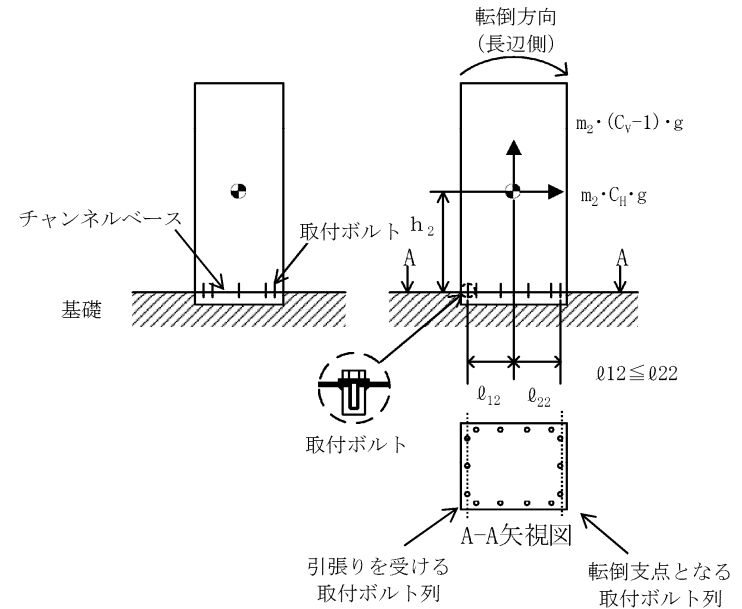
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.54$	$C_V=1.36$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						3

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	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

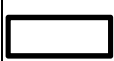
(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	7.808×10^3	—	2.114×10^4

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		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V分電盤 2-1	水平方向	1.28	追而
	鉛直方向	1.14	追而

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。

【緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

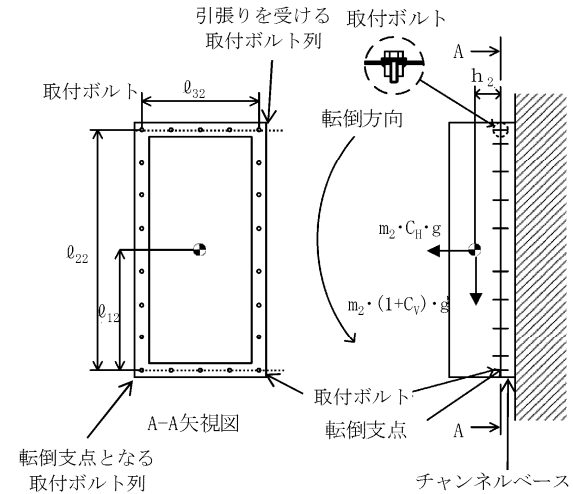
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

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)	l_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{Fi}	n_{Fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]							5	8

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	245	400	-	280	-	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	1.032×10 ³	—	1.424×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =10	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =6	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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-2-10-1-7-23 緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用直流 125V 主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p>

3. 固有周期

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 直流 125V 主母線盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用直流 125V 主母線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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用直流 125V 主母線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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

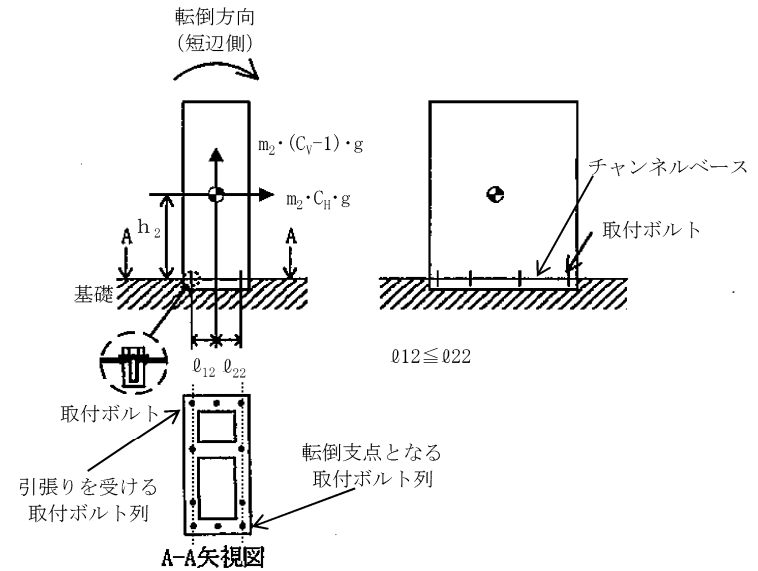
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 直流 125V 主母線盤	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						4

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	235	400	-	280	-	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

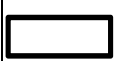
(単位：N)

部 材	F_{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 ($i=2$)	—	9.981×10^3	—	2.351×10^4

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		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=32$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 直流 125V 主母線盤	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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-2-10-1-7-24 緊急時対策所用直流 125V 分電盤の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用直流 125V 分電盤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。

緊急時対策所用直流 125V 分電盤は、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. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用直流 125V 分電盤は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p>

3. 固有周期

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用直流 125V 分電盤は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用 直流 125V 分電盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用直流 125V 分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用直流 125V 分電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用直流 125V 分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

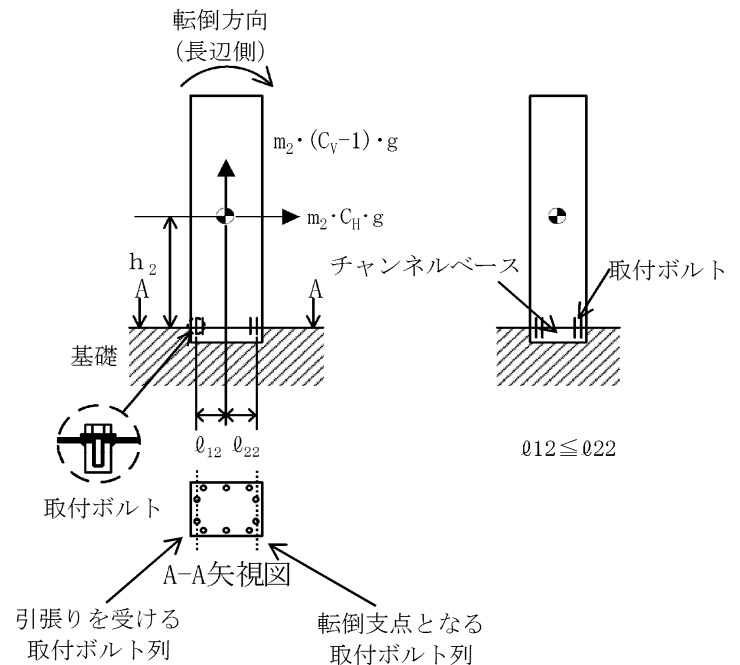
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 直流 125V 分電盤	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.62$	$C_V=1.41$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						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
取付ボルト	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	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 ($i=2$)	—	9.505×10^3	—	8.738×10^3

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 直流 125V 分電盤	水平方向	1.35	追而
	鉛直方向	1.17	追而

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-2-10-1-7-25 緊急時対策所用災害対策本部操作盤の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用災害対策本部操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用災害対策本部操作盤は、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氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用災害対策本部操作盤は、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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

緊急時対策所用災害対策本部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算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用災害対策本部操作盤は直立形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用災害対策 本部操作盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用災害対策本部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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用災害対策本部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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用災害対策本部操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

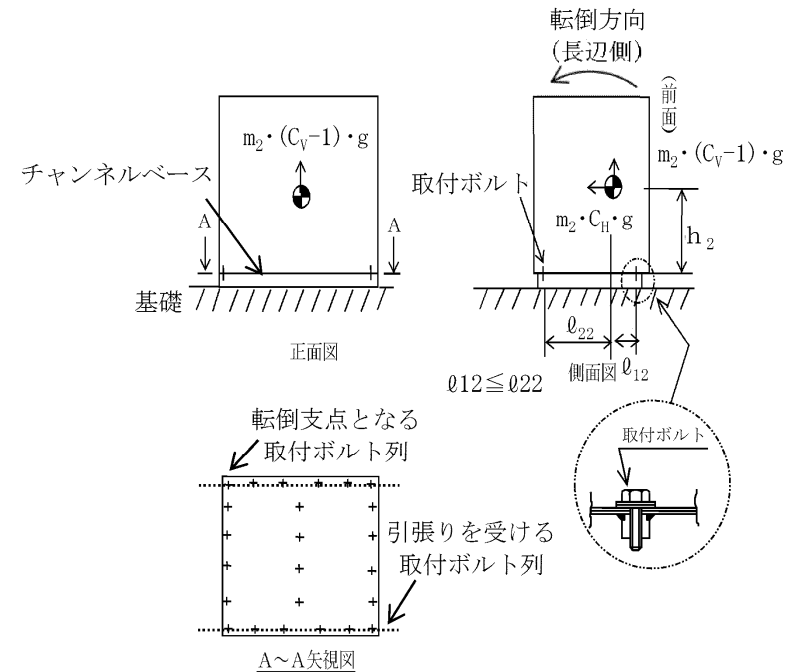
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 災害対策本部操作盤	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所建屋 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.54$	$C_V=1.36$	[]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ϕ_{1i} (mm)	ϕ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)	[]						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	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	2.798×10 ³	—	1.812×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =14	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 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用災害対策本部 操作盤	水平方向	1.28	追而
	鉛直方向	1.14	追而

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-2-10-1-7-26 緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の耐震性
についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤は、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤は、以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては、その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1 緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用非常用換気 空調設備操作盤	操作盤	2
	補機補助盤	2
	オペレータコンソール机	1

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤のうち操作盤及び補機補助盤は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>操作盤, 補機操作盤</p>

2

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>非常用ディーゼル発電機制御盤のうちオペレータコンソール機は、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。</p>	<p>ベンチ形</p>	<p>オペレータコンソール機</p>

3

3. 固有周期

緊急時対策所用非常用換気空調設備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算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構造は直立形及びベンチ形であるため、構造強度評価は、「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

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所用非常用換 気空調設備操作盤	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 *1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急時対策所用非常用換気空調設備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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	追而
鉛直	追而

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所用非常用換気空調設備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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

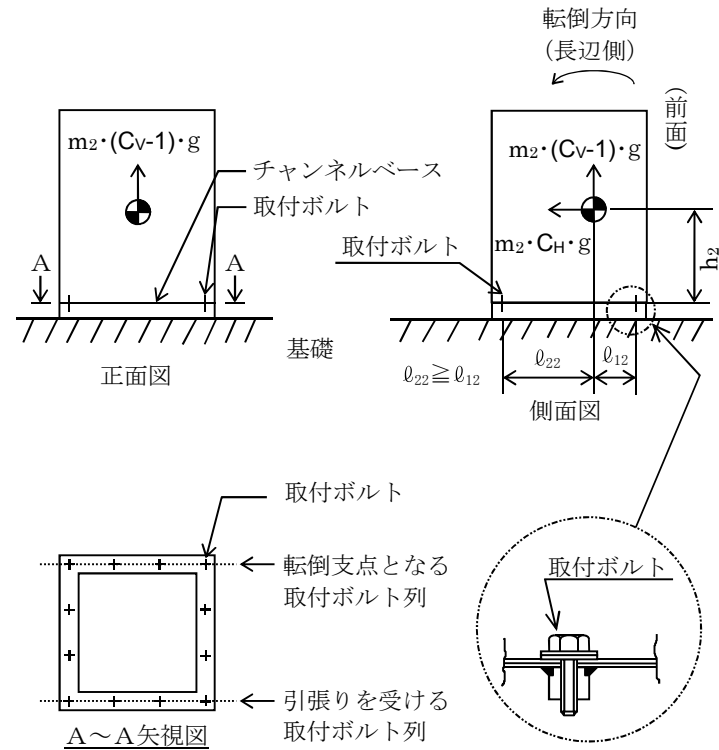
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
操作盤	常設/緩和				-	-	$C_H=1.54$	$C_V=1.36$	

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 ($i=2$)							4

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	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.549×10 ³	—	1.510×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =28	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =7	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	1.28	追而
	鉛直方向	1.14	追而

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。

【補機補助盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

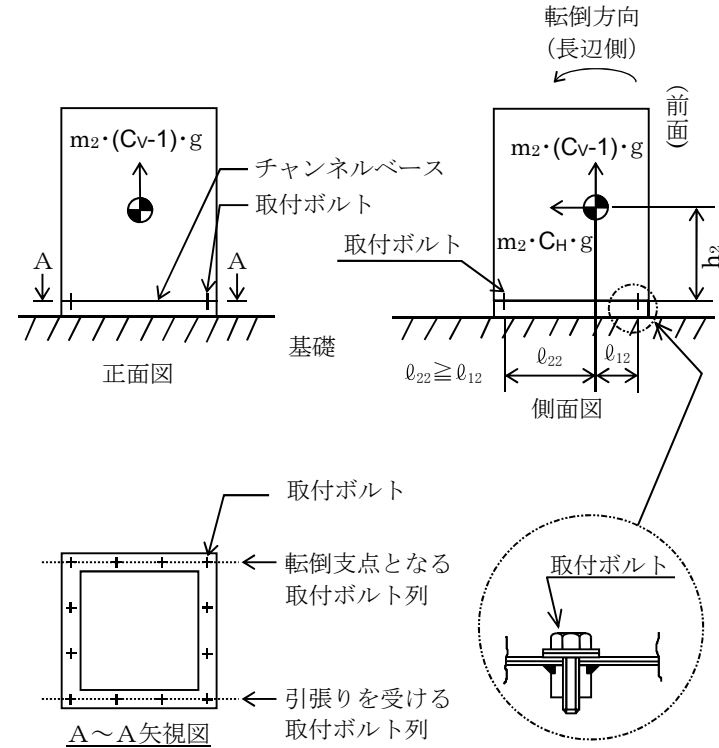
1.1 設計条件

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	
補機補助盤	常設/緩和				—	—	$C_H=1.54$	$C_V=1.36$	

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 ($i=2$)							4

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	235	400	—	280	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	4.548×10 ³	—	1.359×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =23	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =6	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
補機補助盤	水平方向	1.28	追而
	鉛直方向	1.14	追而

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。

【オペレータコンソール機の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

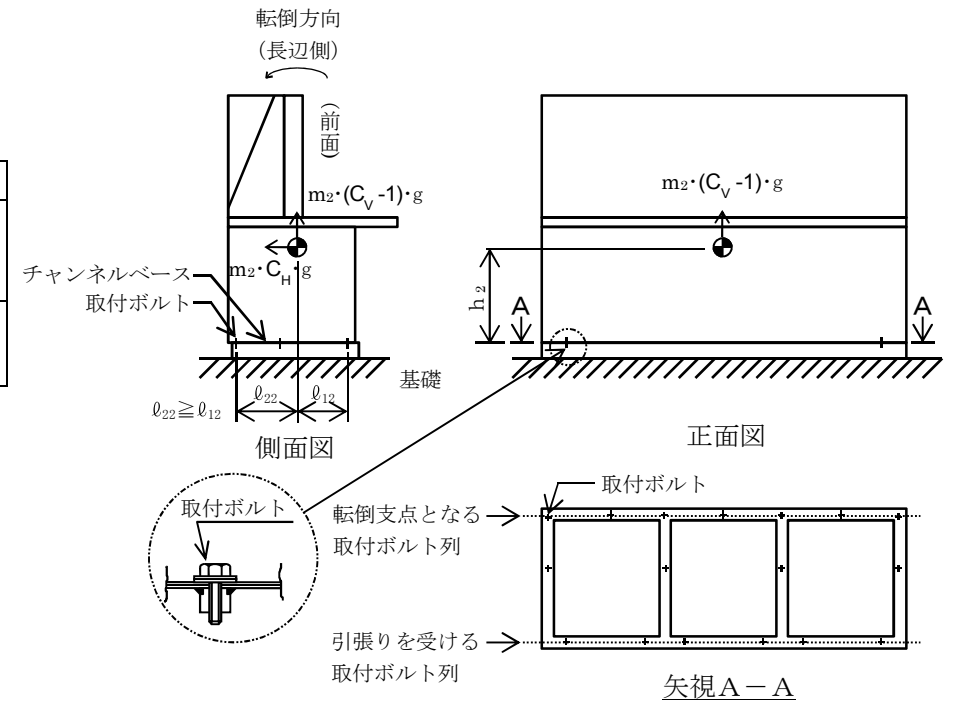
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
オペレータコンソール機	常設/緩和	緊急時対策所 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.54$	$C_V=1.36$	[]

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 ($i=2$)	[]						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	235	400	-	280	-	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	1.638×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =9	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =5	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。 注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
オペレータコンソール机	水平方向	1.28	追而
	鉛直方向	1.14	追而

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-2-10-1-7-27 可搬型代替低圧電源車接続盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可搬型代替低圧電源車接続盤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。

可搬型代替低圧電源車接続盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

可搬型代替低圧電源車接続盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
可搬型代替低圧電源車 接続盤は、基礎に埋め込まれた埋込金物又は後打ち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。	直立形	<p>(可搬型代替低圧電源車接続盤 (西側))</p> <p>(可搬型代替低圧電源車接続盤 (東側))</p>

3. 固有周期

可搬型代替低圧電源車接続盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

可搬型代替低圧電源車接続盤の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

可搬型代替低圧電源車接続盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

可搬型代替低圧電源車接続盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

可搬型代替低圧電源車接続盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	可搬型代替低圧電源車 接続盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

可搬型代替低圧電源車接続盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

可搬型代替低圧電源車接続盤は J E A G 4 6 0 1 - 1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、可搬型代替低圧電源車接続盤の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型代替低圧電源車接続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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
可搬型代替低圧 電源車接続盤 (東側)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 E1 <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						5

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	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.029×10 ³	—	6.203×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	3.480×10 ³	—	1.510×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

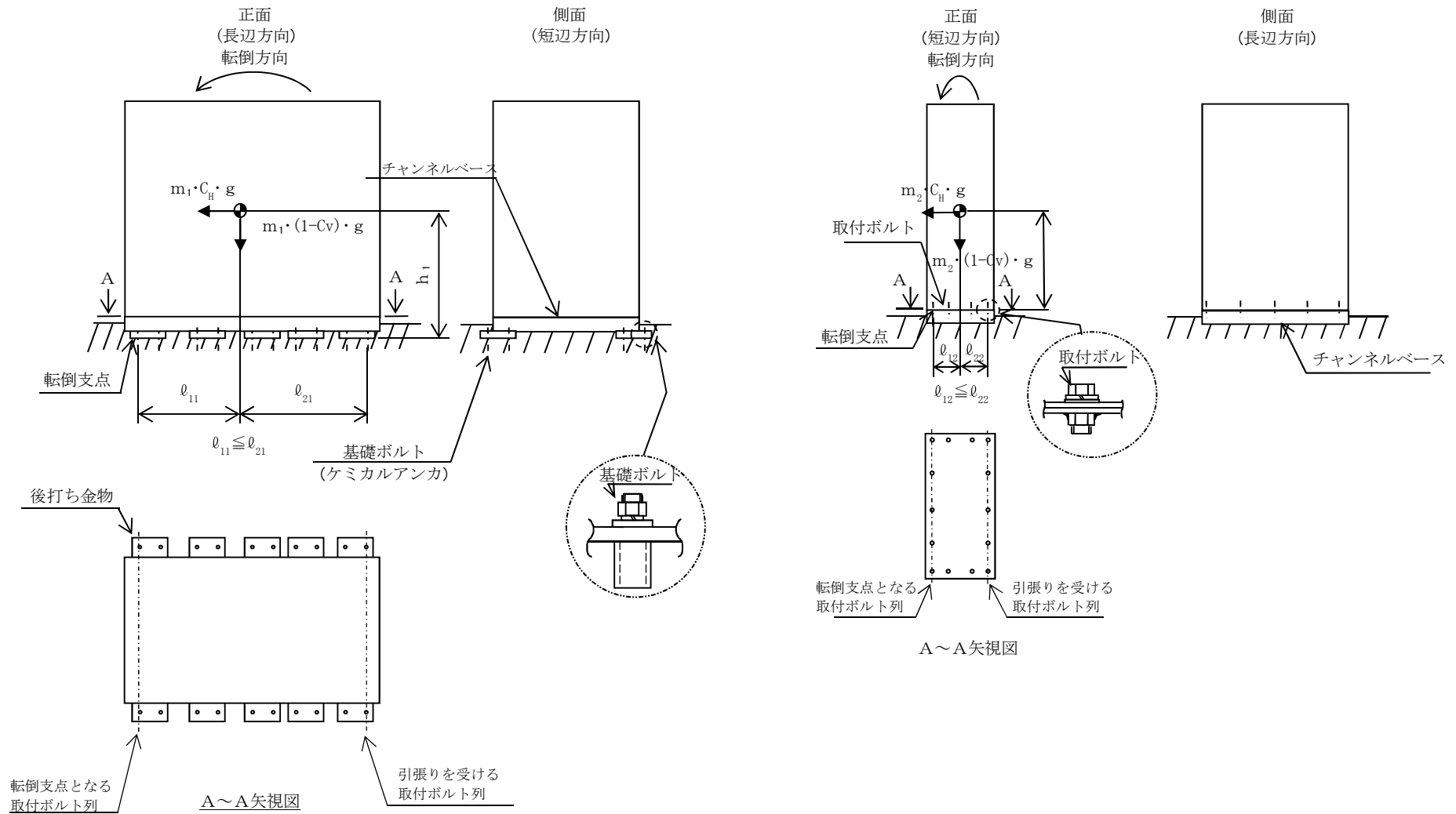
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =63	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =14	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =18	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =6	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

11



【可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）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

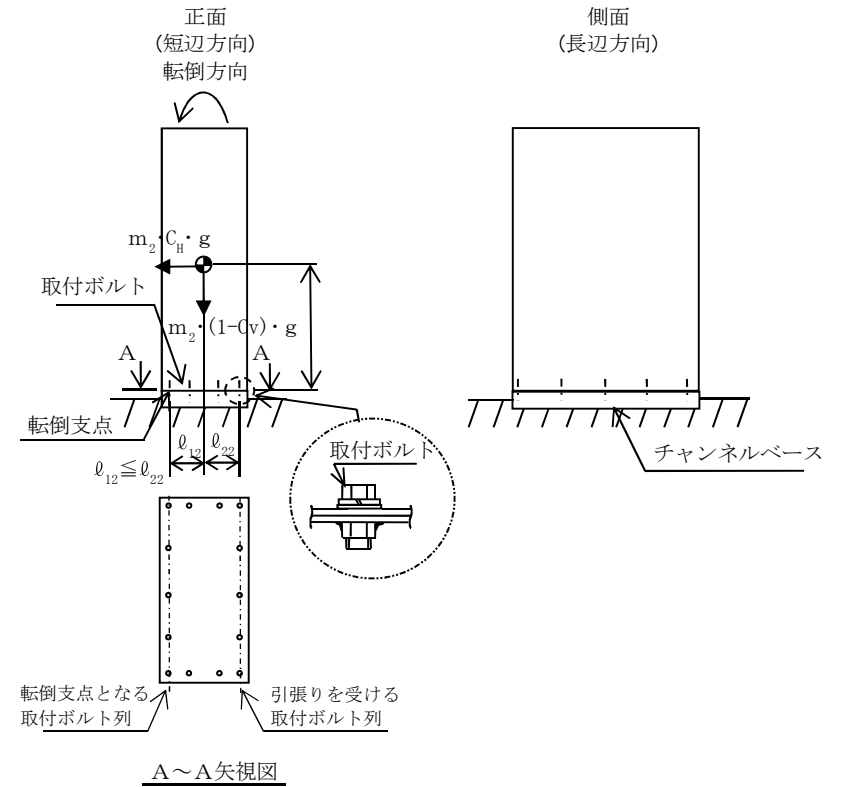
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
可搬型代替低圧 電源車接続盤 (西側)	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源装置 用カルバート(立坑部) EL. 			—	—	$C_H=0.82$	$C_V=0.61$	

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 ($i=2$)							5

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	—	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_{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 ($i=2$)	—	2.099×10^3	—	1.126×10^4

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		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

V-2-10-1-7-28 可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可搬型代替直流電源設備用電源切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>可搬型代替直流電源設備用電源切替盤は、基礎に埋め込まれた後打ち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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	可搬型代替直流電源設備用 電源切替盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

可搬型代替直流電源設備用電源切替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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型代替直流電源設備用電源切替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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
可搬型代替直流電源 設備用電源切替盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i} (mm)	l_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	nf_i
基礎ボルト (i=1)	[]						6
取付ボルト (i=2)	[]						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
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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_{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 ($i=1$)	—	3.171×10^3	—	1.711×10^4
取付ボルト ($i=2$)	—	4.165×10^3	—	1.618×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

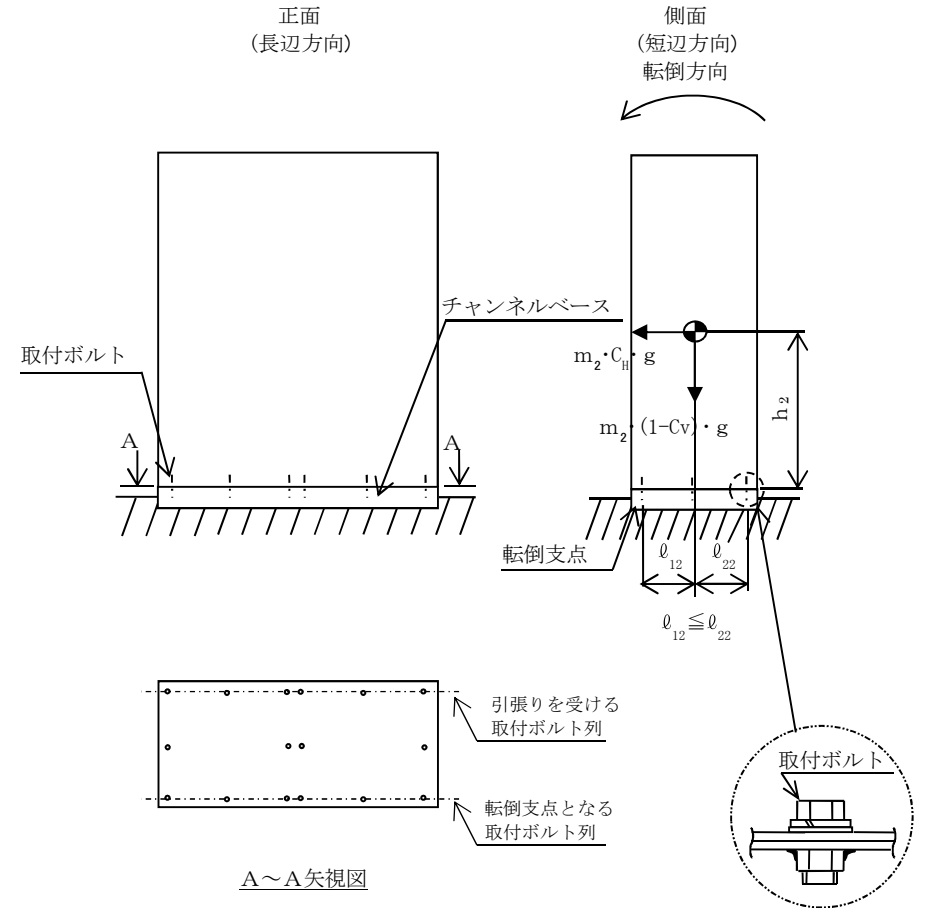
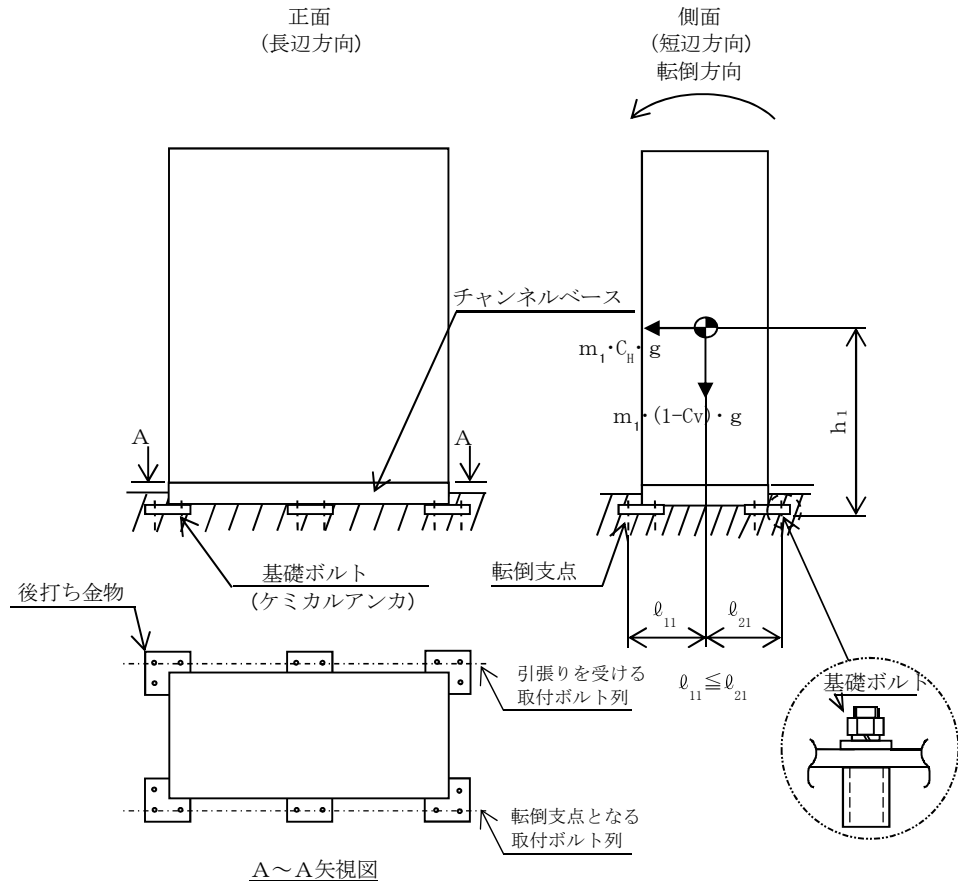
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型代替直流電源設備用 電源切替盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

11



V-2-10-1-7-29 可搬型整流器用変圧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 電氣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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可搬型整流器用変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

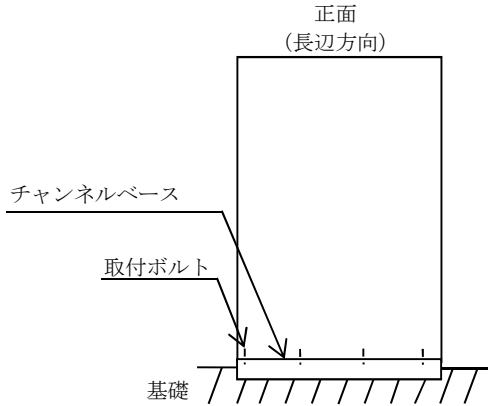
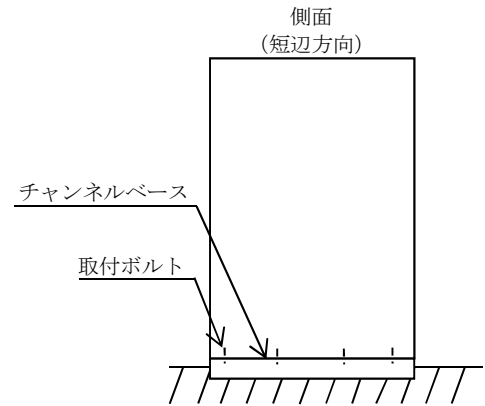
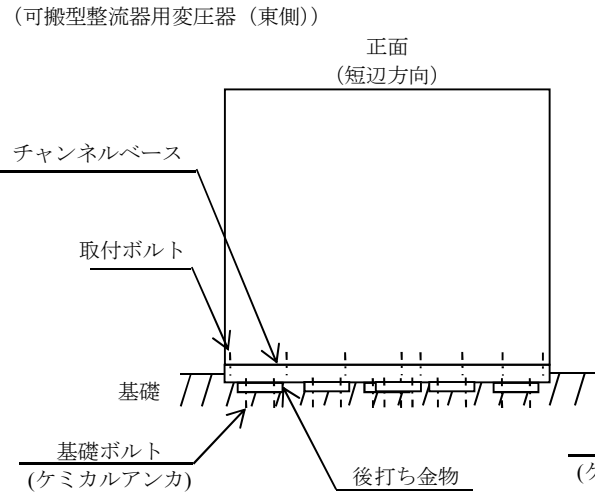
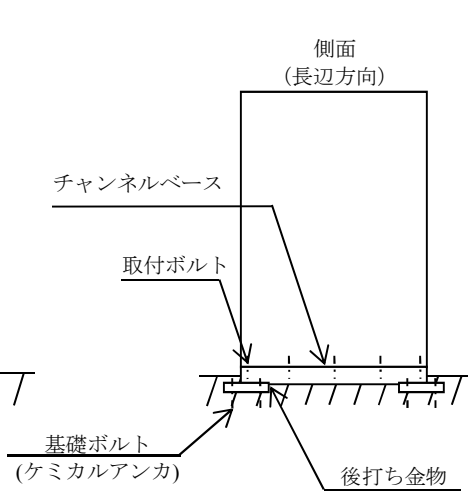
可搬型整流器用変圧器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

可搬型整流器用変圧器の構造計画を表 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	
可搬型整流器用変圧器は、基礎に埋め込まれた埋込金物又は後打ち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。	直立形	<p>(可搬型整流器用変圧器 (西側))</p> <p>正面 (長辺方向)</p>  <p>側面 (短辺方向)</p>  <p>(可搬型整流器用変圧器 (東側))</p> <p>正面 (短辺方向)</p>  <p>側面 (長辺方向)</p> 

3. 固有周期

可搬型整流器用変圧器の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

可搬型整流器用変圧器の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

可搬型整流器用変圧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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

可搬型整流器用変圧器の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

可搬型整流器用変圧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として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
非常用電源 設備	その他	可搬型整流器用変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

可搬型整流器用変圧器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

可搬型整流器用変圧器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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型整流器用変圧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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【可搬型整流器用変圧器（東側）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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
可搬型整流器用変圧器 (東側)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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	$n f_i$
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>						4
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						4

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	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.029×10 ³	—	6.203×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	7.044×10 ³	—	4.315×10 ⁴

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b1} =63	f _{t s1} =168*
		せん断	—	—	τ _{b1} =14	f _{s b1} =129
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ _{b2} =35	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =18	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

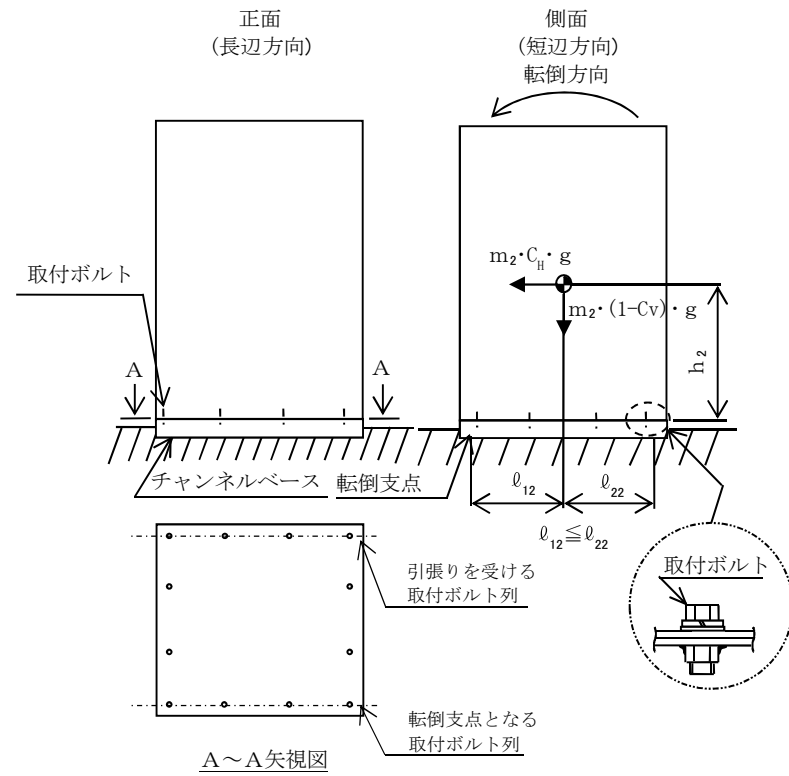
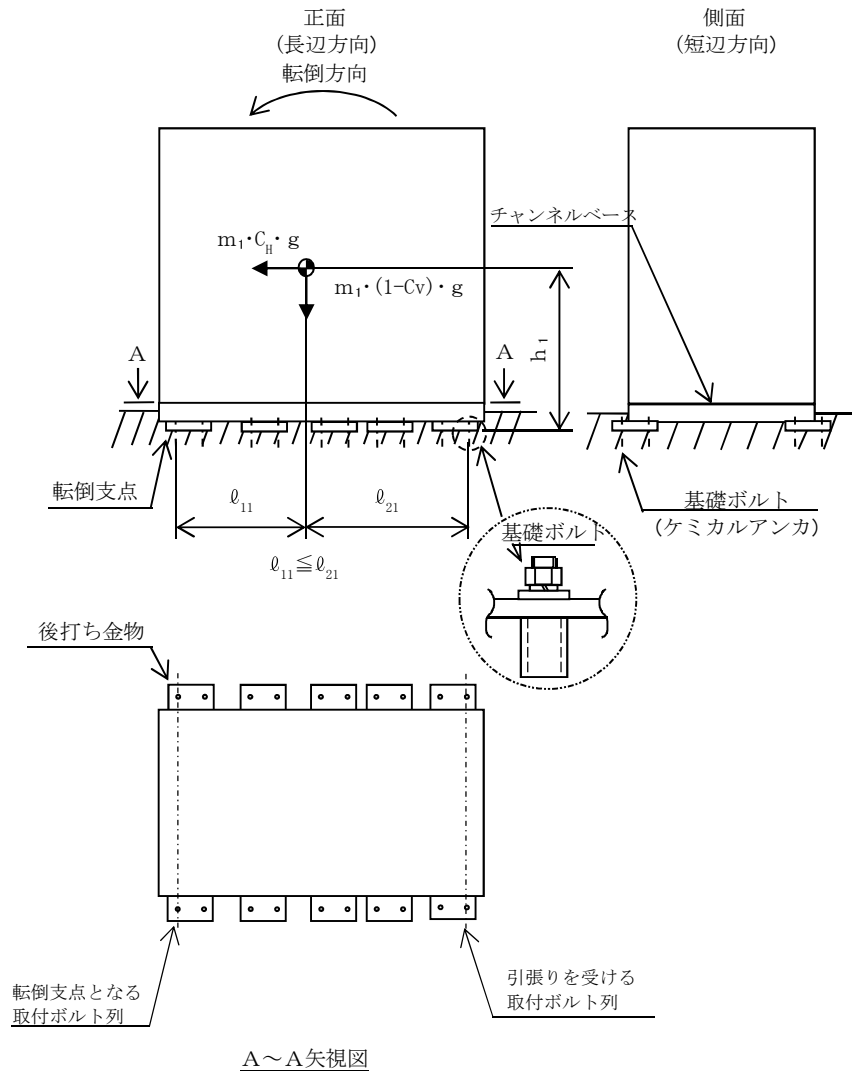
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型整流器用変圧器 (東側)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

11



【可搬型整流器用変圧器（西側）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

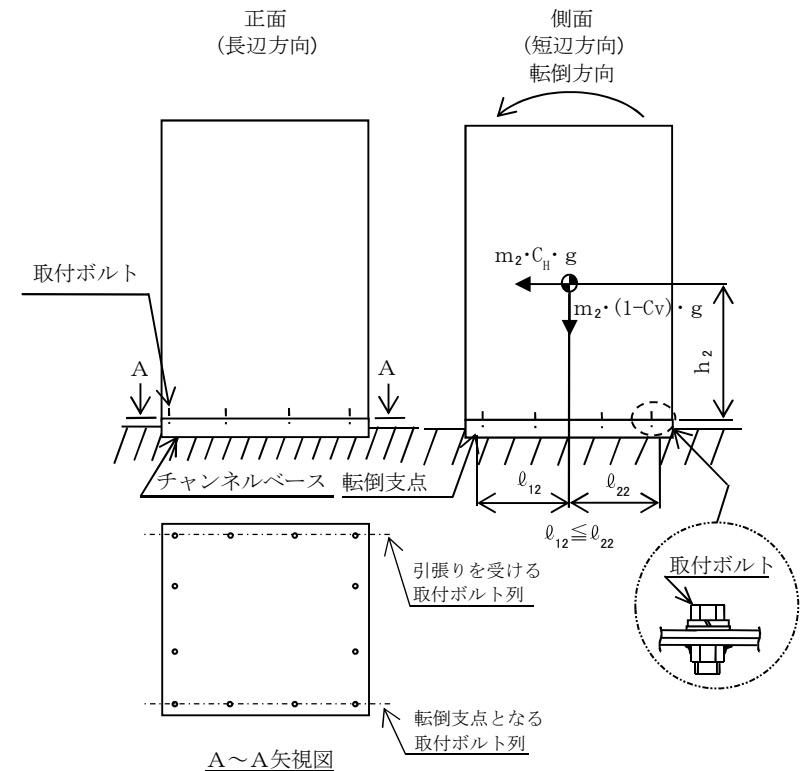
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
可搬型整流器用変圧器 (西側)	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高圧電源装置 用カルバート(立坑部) EL. 			—	—	$C_H=0.82$	$C_V=0.61$	

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 ($i=2$)							4

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	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	3.528×10 ³	—	3.217×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =18	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =14	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型整流器用変圧器 (西側)	水平方向	0.68	4.00
	鉛直方向	0.51	2.00

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。

V-2-10-1-7-30 直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、直流 125V 主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

直流 125V 主母線盤は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>直流 125V 主母線盤は、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。</p>	<p>直立形</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p>

3. 固有周期

直流 125V 主母線盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流 125V 主母線盤の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流 125V 主母線盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	直流 125V 主母線盤	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 _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流 125V 主母線盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

直流 125V 主母線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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流 125V 主母線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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流 125V 主母線盤 2A(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

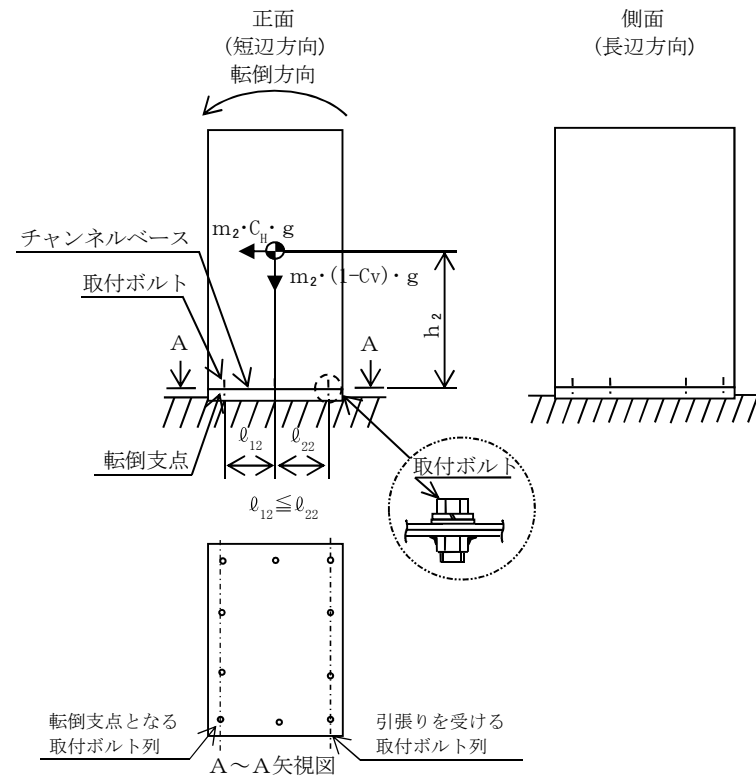
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V 主母線盤 2A(1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. 	 	 	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}
取付ボルト ($i=2$)							4

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	—	短辺方向



6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	8.691×10 ³	—	2.050×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =44	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤 2A (1)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

【直流 125V 主母線盤 2A(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

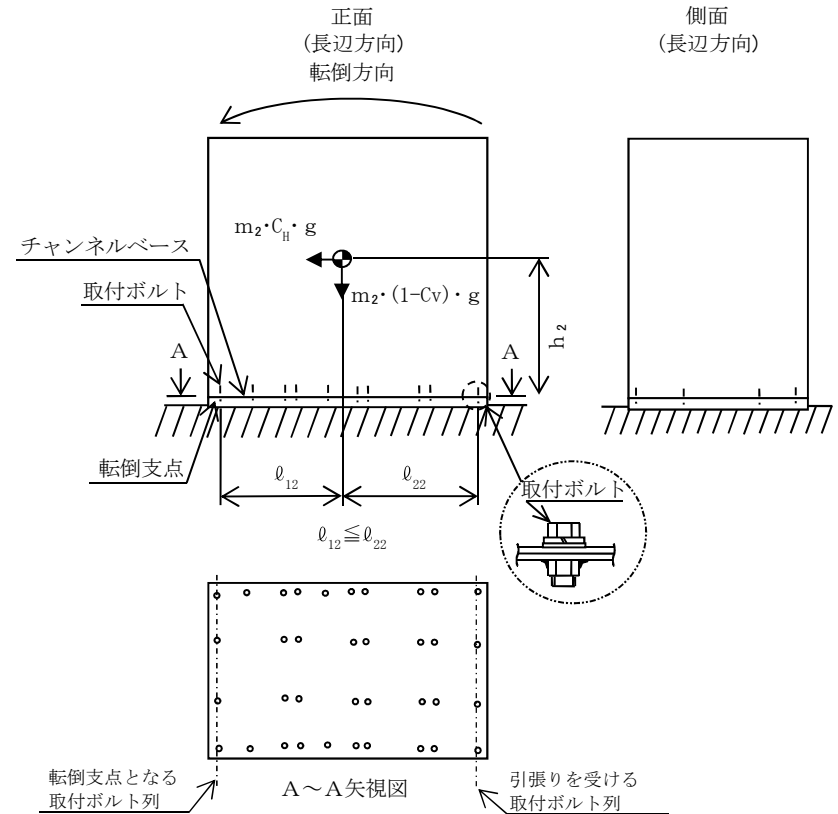
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V 主母線盤 2A(2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						4

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



11

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	6.068×10 ³	—	5.663×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =31	f _{t s2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =8	f _{s b2} =161

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤 2A (2)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

【直流 125V 主母線盤 2B(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

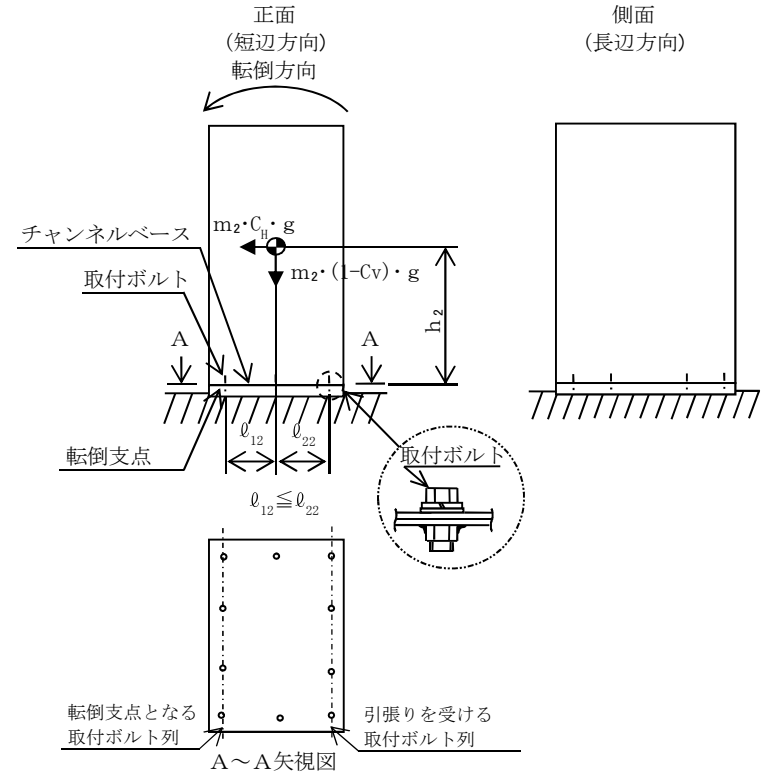
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V 主母線 2B(1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						4

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	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	8.691×10 ³	—	2.050×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =44	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =11	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 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤 2B (1)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

【直流 125V 主母線盤 2B(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

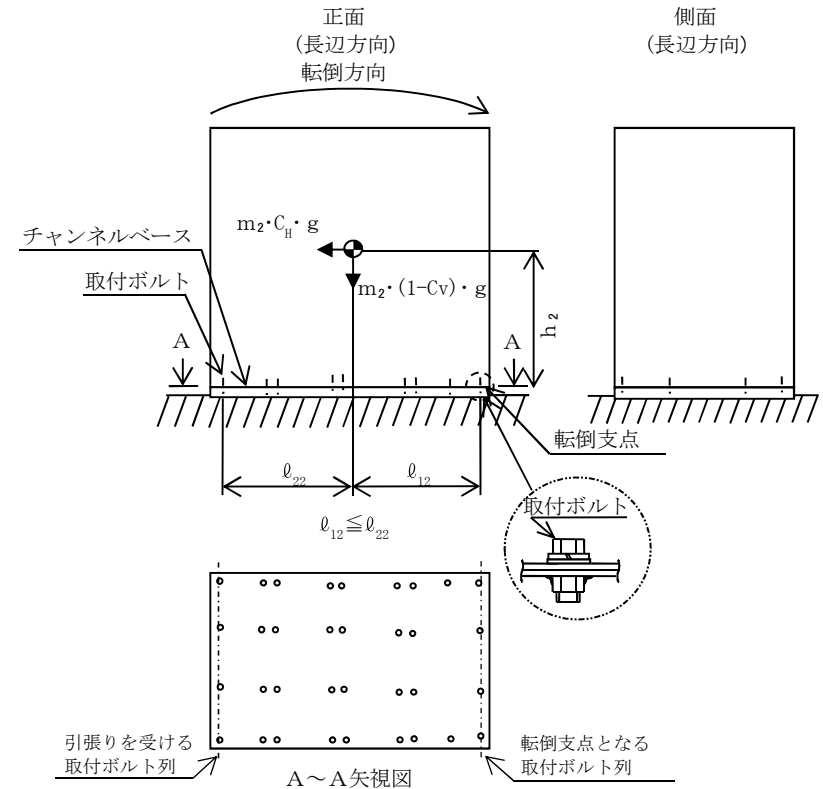
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V 主母線盤 2B(2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						4

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	5.381×10 ³	—	4.639×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =27	f _{ts2} =210*
		せん断	—	—	τ _{b2} =7	f _{sb2} =161

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤 2B(2)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

V-2-10-1-7-31 直流 125V モータコントロールセンタの
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	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 電氣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、「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、直流 125V モータコントロールセン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。

直流 125V モータコントロールセンタは、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

直流 125V モータコントロールセンタの構造計画を表 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	
<p>直流 125V モータコン トロールセンタは、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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

直流 125V モータコントロールセンタの固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流 125V モータコントロールセンタの構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

直流 125V モータコントロールセン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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流 125V モータコントロールセンタの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流 125V モータコントロールセン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として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
非常用電源 設備	その他	直流 125V モータコントロールセンタ	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} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流 125V モータコントロールセンタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

直流 125V モータコントロールセンタ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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	3.00
鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流 125V モータコントロールセン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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【直流 125V モータコントロールセンタ 2A-1 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

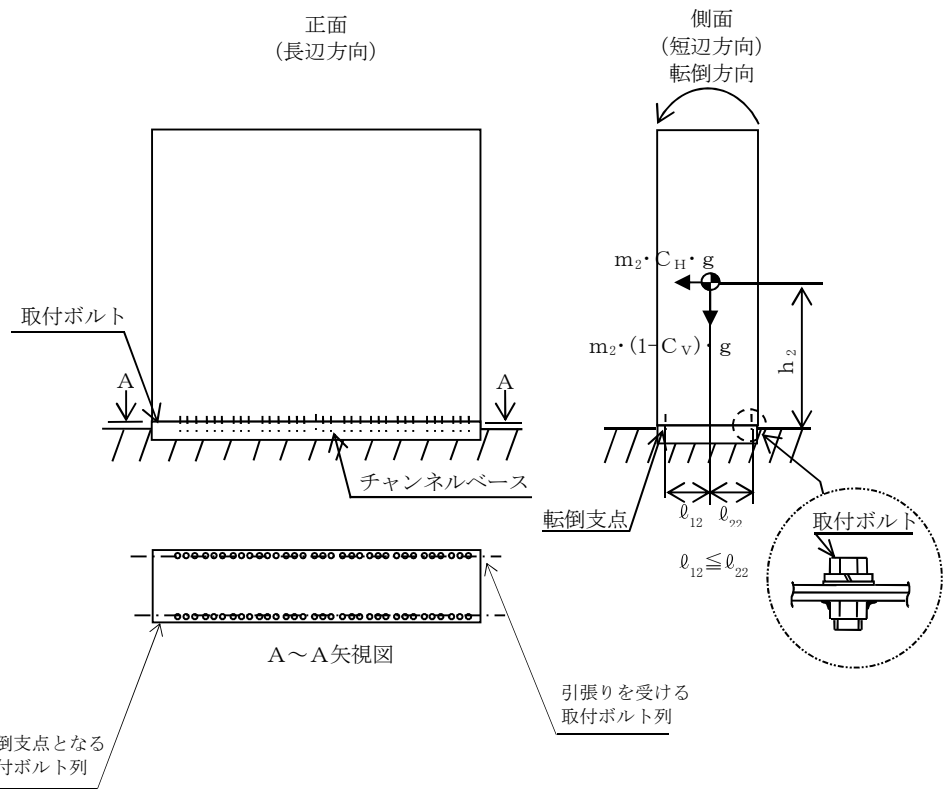
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V コントロールセンタ 2A-1	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	<input type="text"/>

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要件

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						33

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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	短辺方向



6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取 付 ボ ル ト (i =2)	—	3.464×10 ³	—	4.453×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =18	f _{t s2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =4	f _{s b2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

10

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V モータコントロールセンタ 2A-1	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	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。

【直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

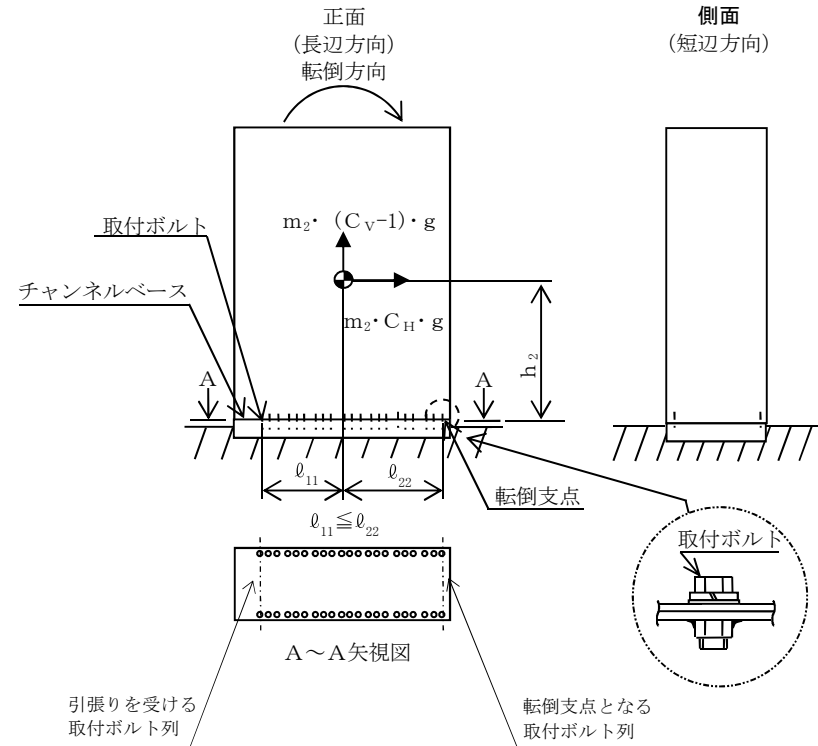
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋原子炉棟 EL. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>					42	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 ($i=2$)	212	373	—	254	—	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	8.398×10 ³	—	4.697×10 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	□	引張り	—	—	σ _{b2} =42	f _{ts2} =190*
		せん断	—	—	τ _{b2} =6	f _{sb2} =146

すべて許容応力以下である。

注記 * : f_{t s i} = Min[1.4 · f_{t o i} - 1.6 · τ_{b i}, f_{t o i}]より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	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。

V-2-10-1-7-32 非常用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、非常用無停電計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

非常用無停電計装分電盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

非常用無停電計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用無停電計装分電盤は、壁に基礎ボルト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。	壁掛形	<p>(水平方向)</p> <p>(鉛直方向)</p>

3. 固有周期

非常用無停電計装分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

非常用無停電計装分電盤の構造は壁掛形であるため、構造強度評価は、「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

非常用無停電計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

非常用無停電計装分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用無停電計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用電源 設備	その他	非常用無停電計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用無停電計装分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

緊急用無停電計装分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	9.13
鉛直	9.13

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用無停電計装分電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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用無停電計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用無停電計装分電盤	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	-	-	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[]

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fv_i}	n_{fh_i}
基礎ボルト (i=1)	[]							2	2
取付ボルト (i=2)	[]							2	5

部 材	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i (MPa)	F_{i^*} (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	-	280	-	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	-	280	-	鉛直方向

6

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)	—	2.745×10^3	—	1.010×10^4
取付ボルト (i=2)	—	2.209×10^3	—	8.977×10^3

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=25$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

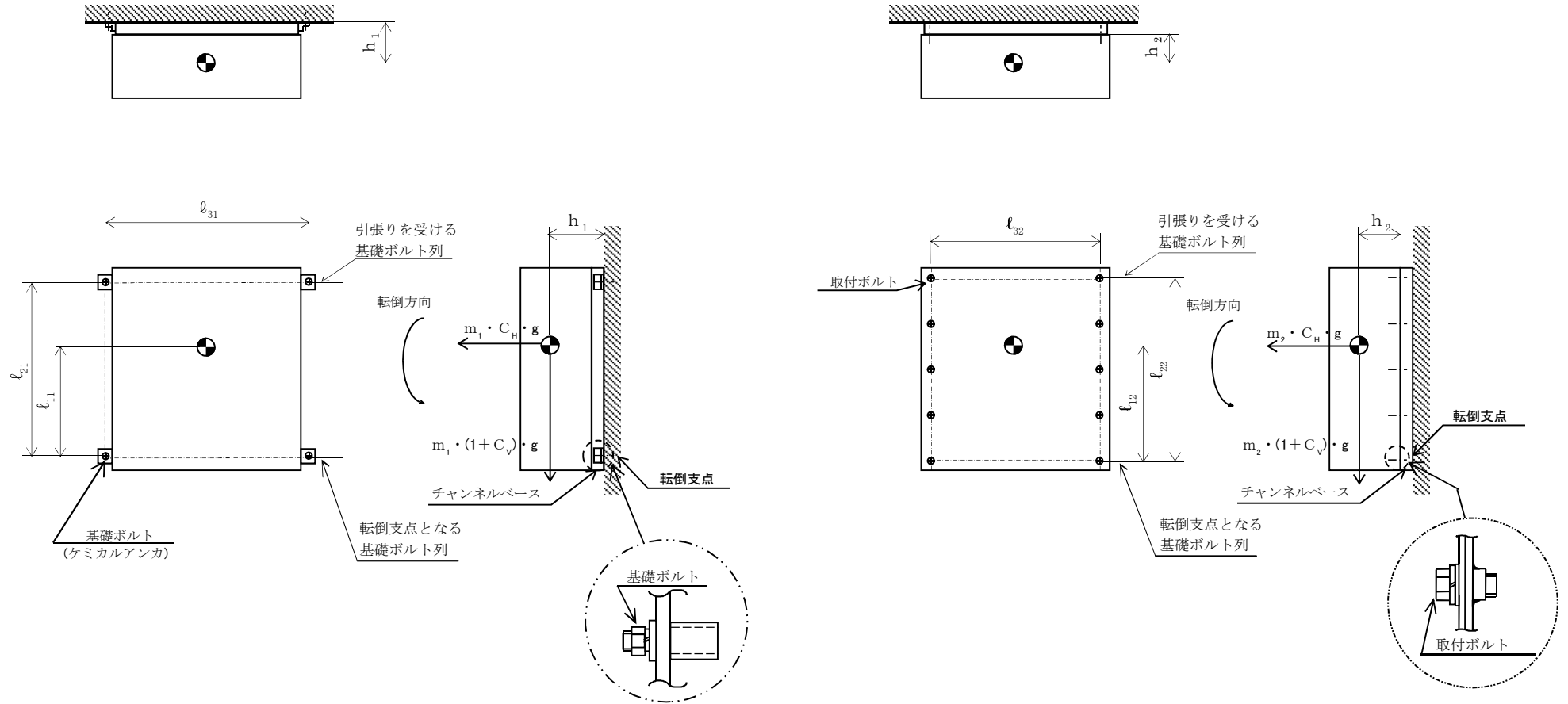
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用 無停電計装分電盤	水平方向	0.95	9.13
	鉛直方向	0.83	9.13

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。

II



V-2-10-1-7-33 直流 125V 主母線盤 HPCS 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 電氣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、「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、直流 125V 主母線盤 HPCS 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。

直流 125V 主母線盤 HPCS 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、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

直流 125V 主母線盤 HPCS の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>直流 125V 主母線盤 HPCS 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。</p>	<p>直立形</p>	

3. 固有周期

直流 125V 主母線盤 HPCS の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流 125V 主母線盤 HPCS の構造は直立形であるため、構造強度評価は、「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

直流 125V 主母線盤 HPCS 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としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流 125V 主母線盤 HPCS の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

直流 125V 主母線盤 HPCS 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として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
非常用電源 設備	その他	直流 125V 主母線盤 HPCS	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 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 _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流 125V 主母線盤 HPCS の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

直流 125V 主母線盤 HPCS 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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	4.00
鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流 125V 主母線盤 HPCS 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氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流 125V 主母線盤 HPCS の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

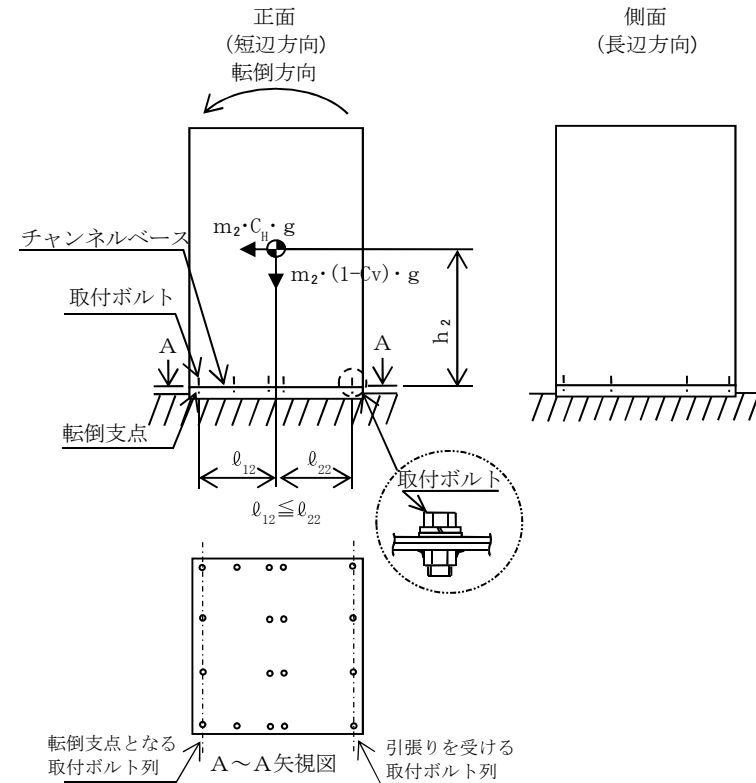
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流 125V 主母線盤 HPCS	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 EL <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$	<input type="text"/>

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 ($i=2$)	<input type="text"/>						4

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	—	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_{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 ($i=2$)	—	6.974×10^3	—	3.074×10^4

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	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤 HPCS	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

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。

V-2-10-1-7-34 直流±24V 中性子モニタ用分電盤
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
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 電氣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、「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、直流±24V 中性子モニタ用分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

直流±24V 中性子モニタ用分電盤は、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、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>直流±24V 中性子モニタ用分電盤は、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。</p>	<p>壁掛形</p>	

3. 固有周期

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の固有周期は、構造が同様な盤に対する打診試験の結果算定された値とする。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の構造は壁掛形であるため、構造強度評価は、「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

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備として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
非常用 電源設備	その他	直流±24V 中性子モニタ用 分電盤	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 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 _A S	1.5・f _t * 	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	215	400	—

5. 評価結果

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「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。

直流±24V 中性子モニタ用分電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、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

方向	機能確認済加速度
水平	3.00
鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流±24V 中性子モニタ用分電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。

【直流±24V 中性子モニタ用分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

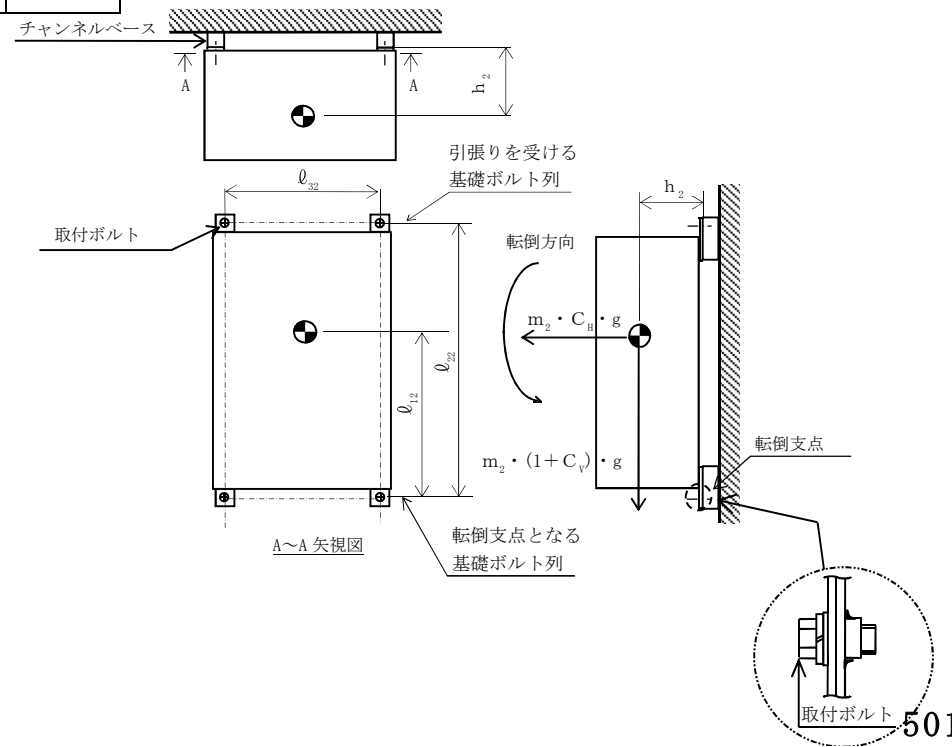
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流±24V 中性子モニタ用 分電盤	常設耐震/防止	原子炉建屋付属棟 []	[]	[]	—	$C_v=0.53$	—	$C_v=0.99$	[]

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)	l_{3i} (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{Vi}	n_{Hi}
取付ボルト ($i=2$)	[]							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
取付ボルト ($i=2$)	215	400	—	258	—	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 i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	394.1	—	2.244×10 ³

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。 注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流±24V 中性子モニタ用分電盤	水平方向	0.95	3.00
	鉛直方向	0.83	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。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-854 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5 緊急時対策所用代替電源設備の耐震性についての
計算書

V-2 耐震性に関する説明書

V-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

V-2-10-1 非常用電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5 緊急時対策所用代替電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-1 緊急時対策所用発電機内燃機関の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-2 緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-3 緊急時対策所用発電機給油ポンプの耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-4 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-5 緊急時対策所用発電機の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-6 緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-7 管の耐震性についての計算書

V-2-10-1-5-1 緊急時対策所用発電機内燃機関の
耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 内燃機関の耐震計算方法	6
3. 機能維持評価	
3.1 機能維持評価方法	10
4. 耐震計算結果	11

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機内燃機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機内燃機関は、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動的機能維持評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

内燃機関の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 内燃機関の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 内燃機関は、台板上に据付けられる構造である。内燃機関と台板は、取付ボルトにて固定され、台板は基礎コンクリートに基礎ボルトにて固定される。
- (3) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ(ボルト矩形配置)の評価式ベースとした評価式にて評価を実施する。
- (4) 発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (6) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (7) 内燃機関はその設置目的上、地震後の機能維持が要求されるものであり、運転時荷重であるディーゼル機関往復運動による加速度とディーゼル機関回転によるモーメントは考慮しない。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、内燃機関の設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態 D の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_b	ボルトに発生する引張応力	MPa
τ_{sb}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

(注) 基礎ボルトについては、雰囲気温度における値。取付ボルトについては、共通台板に設置されるため機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 基礎ボルト，取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	基礎ボルト，取付ボルト		
			応力分類		
			一次応力		
			引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	$IV_A S$		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合，以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_{sb}, 1.5 f_t^*)$$

第 6 表 基礎ボルト，取付ボルトの評価する応力

種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
内 燃 機 関		σ_b	τ_{sb}

2.2 内燃機関の耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

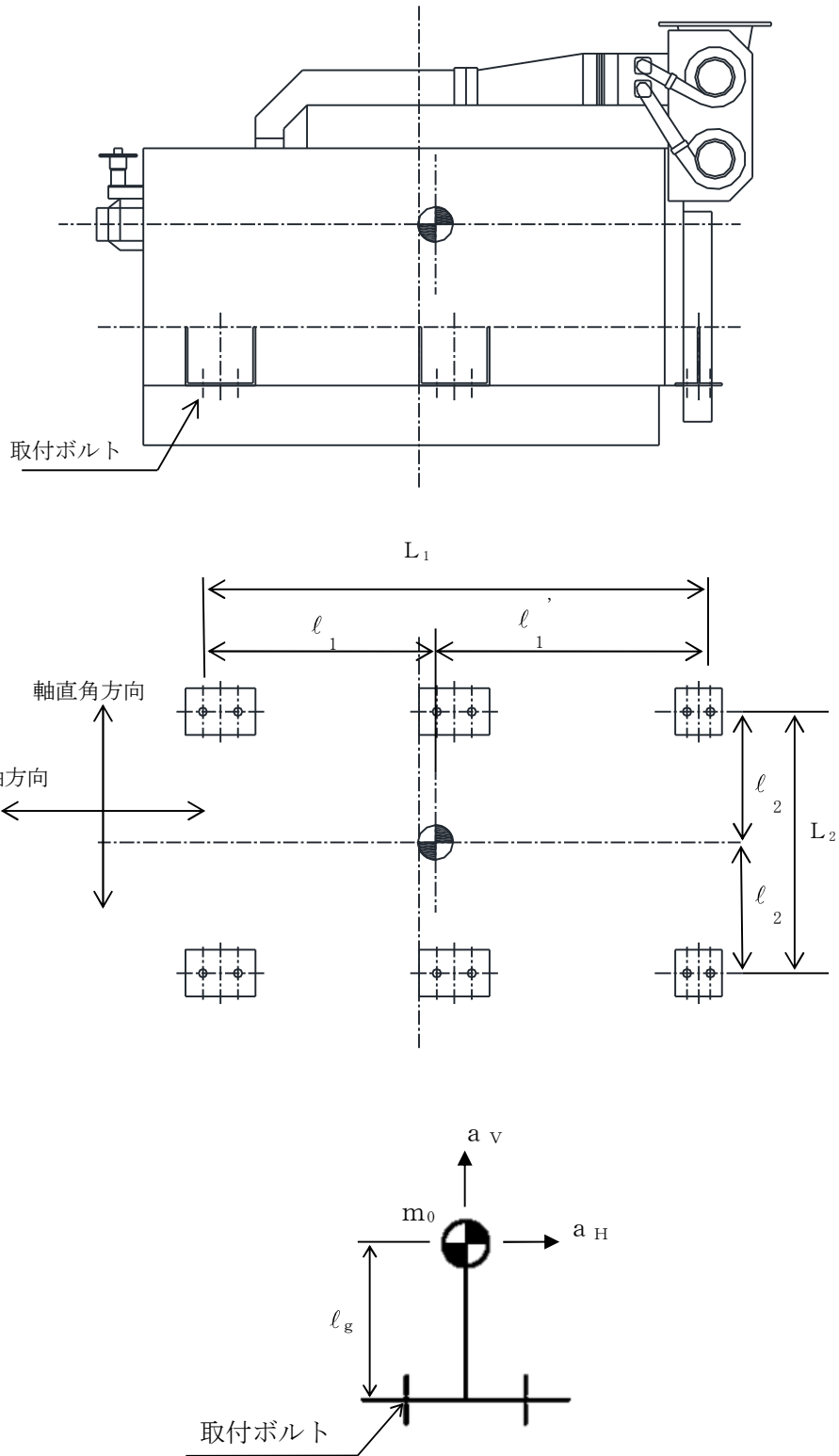
内燃機関の耐震計算に使用する記号を第 7 表に示す。

第 7 表 記号の説明

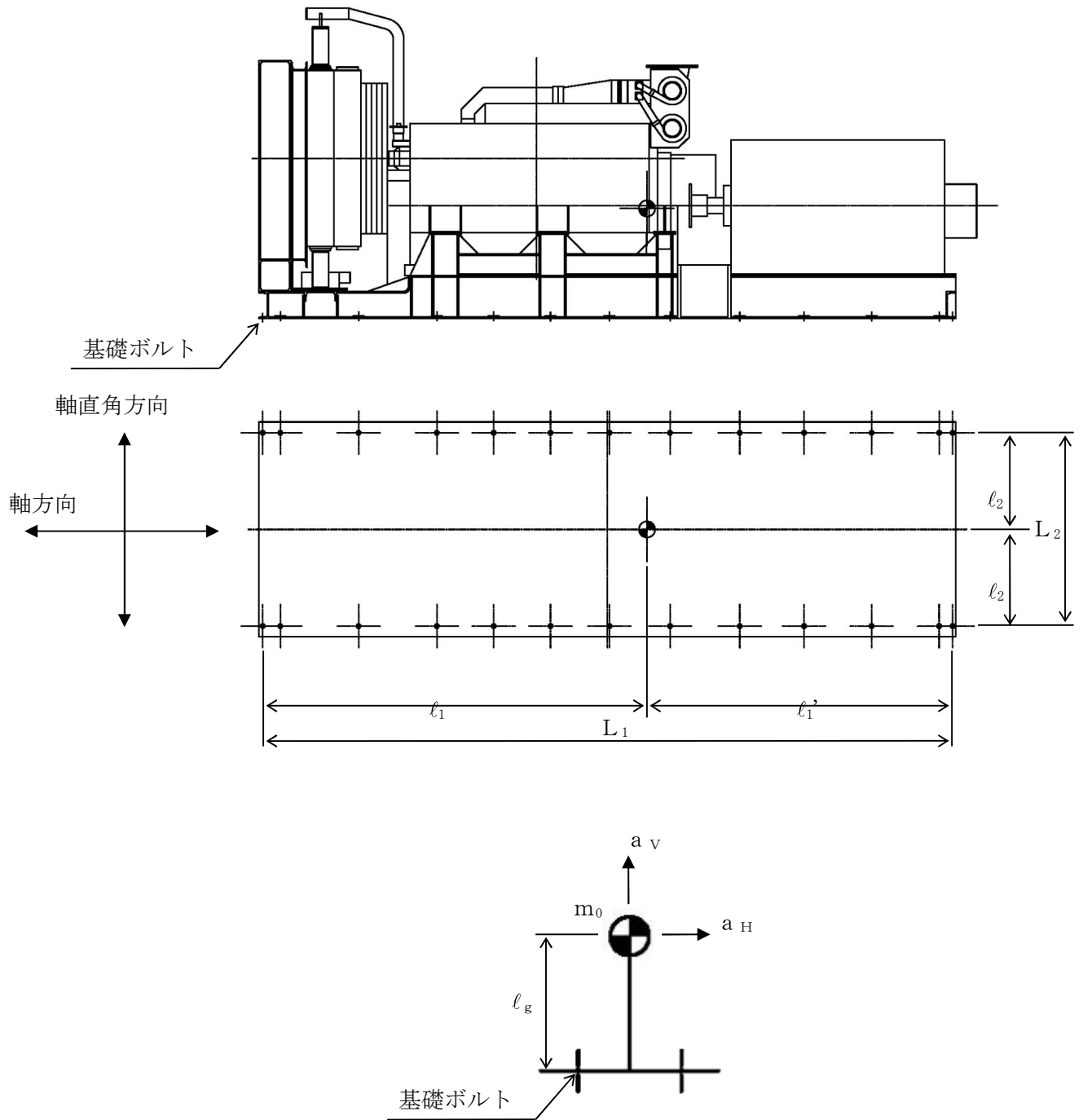
記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
F_{sb}	ボルトのせん断荷重	N
F_b	ボルト最大引張荷重	N
F_{b1}, F_{b2}	ボルト引張荷重	N
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_1, l_1'	重心からボルト位置までの距離(軸方向)	mm
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離(軸方向)	mm
l_2	重心からボルト位置までの距離(軸直角方向)	mm
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離(軸直角方向)	mm
m_0	質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—

※取付ボルト評価時には、質量は内燃機関の質量、重心は内燃機関のみの重心位置とし、取付ボルト位置までの距離を評価に用いる。また、基礎ボルト評価時には、質量は台板上に積載される設備の全質量、重心は全設備の重心位置とし、基礎ボルト位置までの距離を評価に用いることにする。

2.2.2 評価モデル図



第1図 内燃機関 外形図及び評価モデル



第2図 内燃機関（台板含む） 外形図及び評価モデル

2.2.3. 算出過程

評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

(a) 軸方向

$$F_{b1} = \frac{1}{L_1} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_1 \}$$

$$F_{b2} = \frac{1}{L_1} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_1 \}$$

$$F_b = \max (F_{b1}, F_{b2})$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_V = C_V \times g$$

(b) 軸直角方向

$$F_b = \frac{1}{L_2} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_2 \}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

3. 機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内、内燃機関の地震後機能維持評価について、以下に示す。

3.1 機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機設備（以降「発電機設備」という）と同型の常設代替高圧電源装置（以降「電源車」という）の加振試験を実施した※。機能維持評価方法としては、発電機設備の設置エリアの最大加速度が電源車の加振試験で得られた内燃機関の機能確認済加速度以下であることにより確認する。機能確認済加速度については第8表に示す。

※2017年委託「東海第二発電所 SA 車両設備の加振試験に係る委託(Phase2)」受託報告書参照。

第8表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	1.6
鉛直	2.3

4. 耐震計算結果

発電機設備の内燃機関の耐震計算結果を以降に示す。応力の発生値は評価基準値以下であり、耐震性を有することを確認した。また、設置エリアの加速度は機能維持確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して動的機能が維持されることを確認した。

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	取付ボルト, 基礎ボルト 配置状態	取付ボルト, 基礎ボルト 評価温度 (°C)
C (Ss)		矩形配置	50

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)	水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81	11.77	9.81

3. 機器要目

評価部位	m _o (kg)	l _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (本)	n _{f b} (本)		L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	l ₁ (mm)	l ₁ ' (mm)	l ₂ (mm)
					軸方向	軸直角方向					
取付ボルト	8740	470	254.4	12	2	6	2270.5	1070	1046.5	1224	535
基礎ボルト	24330	1016	706.8	29	2	13	6145	1350	2829	3316	675

4. 結果

4.1 取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
取付ボルト	引張	53	205	3.86	○
	せん断	43	157	3.65	○
	組合せ	53	205	3.86	○

4.2 基礎ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	引張	42	475	11.30	○
	せん断	18	366	20.33	○
	組合せ	42	475	11.30	○

4.3 内燃機関の機能維持評価結果

項目	評価用加速度 (×9.8m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水平	1.2	1.6	○
鉛直	1.0	2.3	○

V-2-10-1-5-2 緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 燃料油サービスタンクの耐震計算方法	14
3. 耐震計算結果	22

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクは、重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要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耐震評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

燃料油サービスタンクの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 燃料油サービスタンクの耐震計算モデルは平底たて置円筒形容器の1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 評価は、JEAG4601に記載の平底たて置円筒形容器の評価式ベースとした評価式にて評価を実施する。
- (3) 水平方向地震による水平力は、容器の胴下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、容器胴下端のベースプレートを架台に取り付ける場合、水平方向地震による水平力は、ベースプレートと鉄鋼面との摩擦力によって、剛に設置された架台に伝達させるものとする。この場合、基礎ボルトは取付ボルトに読み替える。
したがって、基礎ボルト及び取付ボルトにはせん断力は作用しないものとし、ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力を上回ることを確認する。しかし、この評価で満足しない場合は、せん断力の評価を実施して確認する。なお、本評価の際、ボルトの締付トルクは考慮しないものとする。
- (4) 平底たて置円筒形容器の仮定条件及び設計条件
 - a 仮定条件
 - (a) 容器の質量は重心に集中したものとする。
 - (b) 容器の胴下端部（ベースプレート）を、多数の基礎ボルトで基礎に固定されているので固定端とする。
 - b 設計条件
 - (a) 変形モードは、容器全体をはりと考えた時の曲げ及びせん断変形とする。
- (5) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (7) ボルトの減肉は考慮しないものとする。

2.1.3 変形モードの組合せ

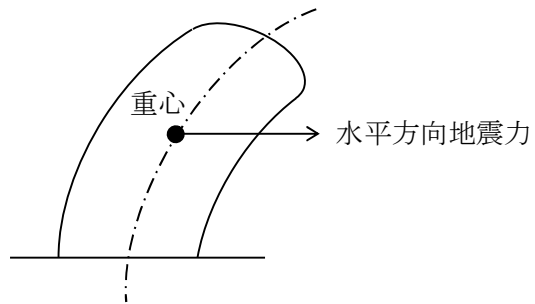
容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、平底たて置円筒形容器は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

(1) 変形モード

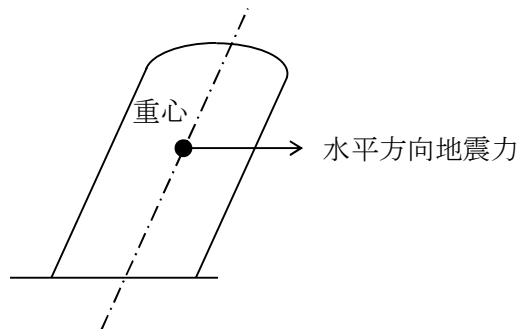
a A型変形

容器胴体の曲げ変形モード。



b B型変形

容器胴体のせん断変形モード。



(2) 変形モードの組合せ

平底たて置円筒形容器 = A + B

なお、B型変形については、容器胴体のA型変形に対して、組み合わせる変形モードである。

2.1.4 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、燃料油サービスタンクの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.5 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D	死荷重	N
E	材料の縦弾性係数（設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定される値） ^(注)	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 により規定される F の値	MPa
F*	F の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3131 本文中「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値」とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値	MPa
f _{b b}	曲げモーメントに対する座屈応力	MPa
f _{c b}	軸圧縮荷重に対する座屈応力	MPa
f _t *	f _t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f _s *	f _s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
g	重力加速度（g = 9.80665）	m/s ²
M	曲げモーメント	N・mm
M _D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B（供用状態 C がある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P	軸圧縮荷重	N
P _D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B（供用状態 C がある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N

記号	記号の説明	単位
R	円筒の平均半径	mm
S	設計引張応力（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定される値） ^(注)	MPa
S _s	基準地震動 S _s により定まる地震力	N
S _u	設計引張強さ（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 に規定される値） ^(注)	MPa
S _y	設計降伏点（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定される値） ^(注)	MPa
S _I	胴板の一次応力の許容値	MPa
t	円筒の板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
α	安全率	—
η	R / t	—
η ₁	1,200 × g / F	—
η ₂	8,000 × g / F	—
η ₃	9,600 × g / F	—
IV _A S	設計・建設規格の供用状態 D の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ ₁	胴の組合せ一次応力	MPa
σ _b	基礎ボルト，取付ボルトの引張応力	MPa
σ _φ	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ _x	胴の長手方向一次一般膜応力	MPa
τ _b	基礎ボルト，取付ボルトのせん断応力	MPa

(注) 胴については，最高使用温度における値。基礎ボルトについては，雰囲気温度における値。取付ボルトについては，架台に設置されるため機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3容器及び支持構造物に準拠する。

a 耐圧部（胴板）

耐圧部（胴板）の許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 胴板の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 分類	応力分類 状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力
C (S _s) クラス		$IV_A S$	$0.6 S_u$	左欄の 1.5 倍の値	地震動のみによる 一次＋二次応力の 変動値を $2S_y$ 以下 とすることにより 疲れ解析は行わな い。

第6表 胴板の評価する応力

容器種類 \ 応力分類	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力
平底たて置 円筒形容器	σ_1 (注1)	— (注1)	— (注2)

(注1) σ_1 は、長手方向一次一般膜応力 (σ_x)、周方向一次一般膜応力 (σ_ϕ) 及びせん断応力を組み合わせたものとする。なお、 σ_1 は一次一般膜応力の許容値で評価するため、一次一般膜応力の欄に記載するものとする。

(注2) 地震力のみを考慮した発生応力である一次+二次応力の評価は、自重と地震力を考慮した発生応力である一次一般膜応力の評価に包絡されるため、一次一般膜応力の評価に含めるものとする。

b 耐圧部 (胴板の座屈評価)

$$\frac{\alpha(P/A)}{f_{cb}} + \frac{\alpha(M/Z)}{f_{bb}} \leq 1$$

軸圧縮荷重に対する座屈応力 f_{cb} は次による。

$$f_{cb} = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left[1 - \frac{1}{6,800 g} \{F - \phi_c(\eta_2)\}(\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \phi_c(\eta) & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで、

$$\phi_c(\eta) = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

曲げモーメントに対する座屈応力 f_{bb} は次による。

$$f_{bb} = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left[1 - \frac{1}{8,400 g} \{F - \phi_b(\eta_3)\}(\eta - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \\ \phi_b(\eta) & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで,

$$\phi_b(\eta) = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{\eta}\right) \right\} \right]$$

安全率 α は, 次による。

$$\alpha = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13,600 \text{ g}} (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta \geq \eta_2) \end{cases}$$

c 支持構造物

基礎ボルトの許容応力を第7表に示す。

また, 評価する応力を第8表に示す。

第7表 基礎ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	基礎ボルト, 取付ボルト		
		応力 分類	一次応力		
			引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	IV _A S		1.5 f _t *	1.5 f _s *	f _{ts} *

(注) ボルトにせん断力が作用する場合, 以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_{AS} : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第8表 基礎ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
平 底 た て 置 円 筒 形 容 器		σ_b	τ_b

2.1.6 記載する数値に関する注意事項

- (1) 耐震計算において計算結果がいくつかあるもの、例えば、基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 計算結果の出ないもの、例えば引張力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力は、計算結果表の記入欄には \square として記載する。

2.1.7 耐震計算書のフォーマット

次に耐震計算書のフォーマットを示す。

1. 設計条件

機器等の区分	耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
—	C (Ss)		平底 たて置円筒形			

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		設計加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1.0			

3. 機器要目

m_o (kg)	W_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l_g (mm)

H (mm)	s (-)	n (-)	D_c (mm)	D_{b_o} (mm)	D_{b_i} (mm)	A_b (mm^2)

評価部材	評価温度 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板						
基礎ボルト						

NT2 補③ V-2-10-1-1-5-2 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 F (N)	
水平地震力 F_H (N)	
評価結果	

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力		
			算出応力	許容応力	
胴板		一次一般膜	周方向	$\sigma_\phi =$	$S_1 =$
			軸方向	$\sigma_x =$	
		組合せ一次	$\sigma_1 =$		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha \cdot \sigma_{xc}}{f_{cb}} + \frac{\alpha \cdot \sigma_{xb}}{f_{bb}} \leq 1$		
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5 f_t^* =$	
		せん断	$\tau_b =$	$1.5 f_s^* =$	
		組合せ	$\sigma_b =$	$f_{ts}^* =$	

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

2.2 燃料油サービスタンクの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

燃料油サービスタンクの耐震計算に使用する記号を第 9 表に示す。

第 9 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_c	基礎ボルト計算における係数	—
C_t	基礎ボルト計算における係数	—
D_i	胴の内径	mm
D_c	基礎ボルトのピッチ円径	mm
D_{b_o}	ベースプレートの外径	mm
D_{b_i}	ベースプレートの内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
e	計算における係数	—
F	ベースプレートと据付面の摩擦力	N
F_H	水平地震力	N
F_c	基礎に作用する圧縮力	N
F_f	基礎ボルトの締付力	N
F_t	基礎ボルトに作用する引張力	N
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
H	水頭	Mm
I	胴の断面 2 次モーメント	mm^4
K	ばね定数	N/mm
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
l_g	基礎から容器重心までの距離	mm

記号	記 号 の 説 明	単位
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
M	転倒モーメント	N・mm
m_o	容器の有効運転質量 ^(注)	kg
m_e	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P_r	最高使用圧力	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s = 10$, 鋼の場合 $s = 1$)	—
T	固有周期	s
t	胴の板厚	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
ρ	液体の比重	—
μ	ベースプレートと基礎の摩擦係数 (コンクリートの場合 $\mu = 0.4$, 鋼の場合 $\mu = 0.3$)	—
σ_1	胴の組合せ応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ_x	胴の軸方向応力の和	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}, σ_{x3}	胴の空質量及び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軸方向応力	MPa
σ_{xb}	胴の曲げモーメントによる軸圧縮応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸圧縮荷重による軸圧縮応力	MPa
σ_ϕ	胴の周方向応力の和	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa

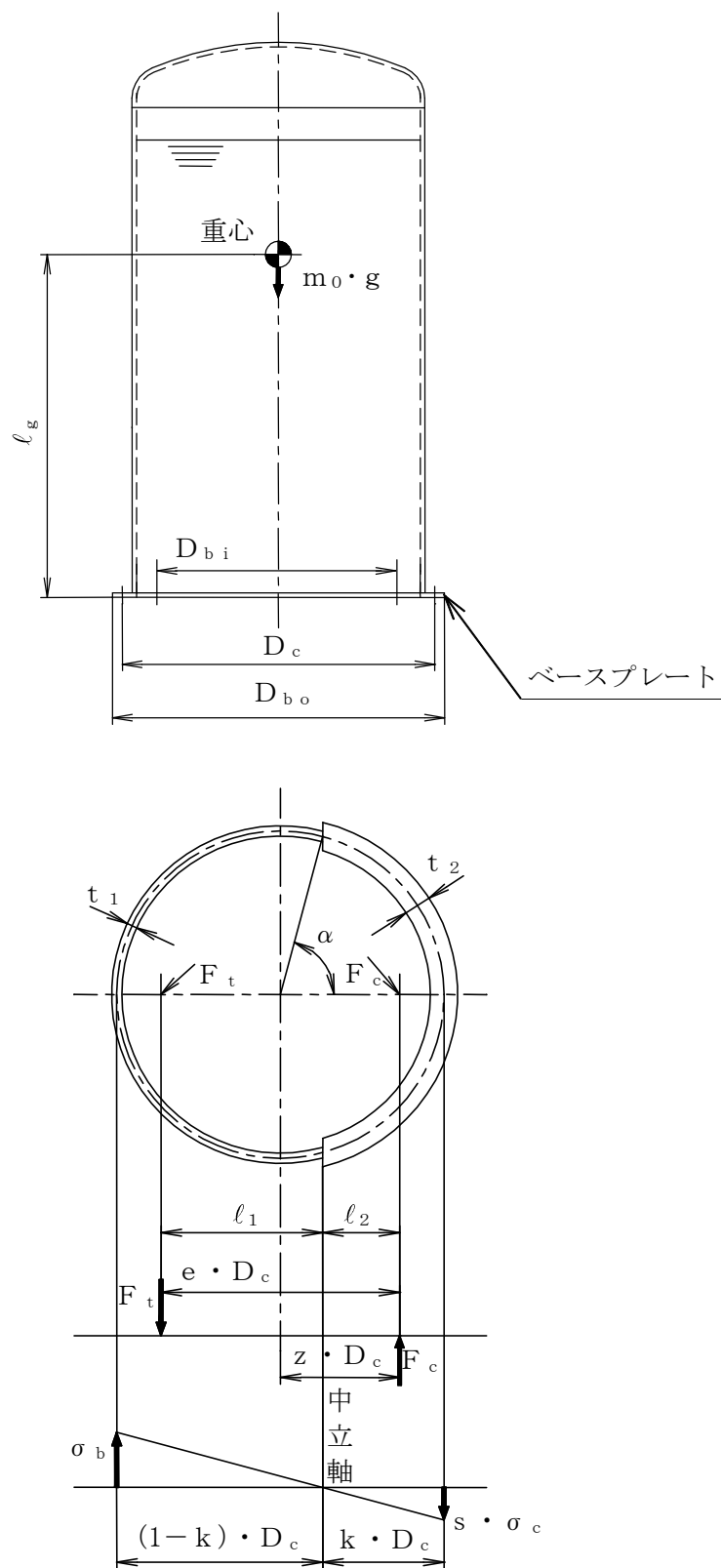
(注) 有効運転質量は、容器の満水時及び充満時における質量とする。

なお、満水時の質量とは以下の状態の質量とする。

- ① 開放容器若しくは連続水位制御している圧力容器については、100%水位における質量
- ② 貯留構造になっていない圧力容器については、想定される最大水量を加えた質量

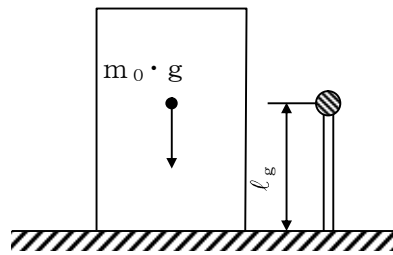
2.2.2 容器説明図

NT2 補③ V-2-10-1-5-2 R0



第1図 容器の形状及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図

2.2.3 固有周期の計算方法



第2図 固有周期の計算モデル

(1) 計算モデル

本容器は、下端固定の1質点系振動モデルとして考える。

(2) 固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数Kは、次式で求められる。

$$K = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3E \cdot I} + \frac{l_g}{G \cdot A_e}}$$

ここで、胴の断面性能は、次式で求める。

$$I = \frac{\pi}{8}(D_i + t)^3 t$$

$$A_e = \frac{2}{3}\pi(D_i + t)t$$

したがって、固有周期は、次式で求める。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{K \times 10^3}}$$

2.2.4 胴の応力計算

(1) 静水頭又は、内圧による応力

a 静水頭による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho(g + a_v)H \times 10^{-6} D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

b 内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{4t}$$

(2) 空質量及び鉛直方向地震による応力

空質量による圧縮応力及び鉛直方向地震による圧縮応力又は引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi(D_i + t)t}$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot a_v}{\pi(D_i + t)t}$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により、胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g}{\pi(D_i + t)^2 t}$$

$$\tau = \frac{2m_0 \cdot a_H}{\pi(D_i + t)t}$$

(4) 組合せ応力

(1)項～(3)項によって求めた胴の応力を以下のように組み合わせる。

a 一次一般膜応力

周方向応力 σ_{ϕ}

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

軸方向応力 σ_x

$$\sigma_x = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4}$$

組合せ応力 σ_1

組合せ応力は、周方向応力 σ_{ϕ} 、軸方向応力 σ_x 及びせん断応力 τ を組み合わせせて求

める。

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_x + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_x)^2 + 4\tau^2} \right\}$$

b 一次応力

一次応力は，一次一般膜応力と同じになるため省略する。

c 組合せ圧縮応力

組合せ圧縮応力については，座屈評価を行う。

軸圧縮荷重による軸圧縮応力

$$\sigma_{xc} = \sigma_{x2} + \sigma_{x3}$$

曲げモーメントによる軸圧縮応力

$$\sigma_{xb} = \sigma_{x4}$$

座屈評価式の(P/A)に σ_{xc} を，(M/Z)に σ_{xb} を代入して評価する。

2.2.5 基礎ボルトの応力計算

(1) 引張応力

転倒モーメントMが作用した場合に生じる基礎ボルト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。

以下にその手順を示す。

a σ_b ， σ_c を仮定して係数kを求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

b α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1}(1 - 2k)$$

c 各定数e，z， C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cos^2 \alpha + \frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \left(\cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right)$$

$$C_t = \frac{2\{(\pi - \alpha)\cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha}$$

$$C_c = \frac{2(\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha}$$

d 各定数を用いて F_t , F_c を求める。

$$F_t = \frac{M - m_0(g - a_v)z \cdot D_c}{e \cdot D_c}$$

$$F_c = F_t + m_0(g - a_v)$$

ここで,

$$M = m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α が π に等しくなったときであり、 α を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を F_t を求める式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判断する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e σ_b , σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) D_c \cdot C_c}$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi D_c}$$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{bo} - D_{bi}) - t_1$$

σ_b , σ_c が a 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の σ_b , σ_c を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_0 \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

2.2.6 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

(1) ベースプレートと据付面の摩擦力

ベースプレートと据付面の摩擦力Fを次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力F_Hと比較する。

$$F = \mu \cdot \{ m_0 \cdot (g - a_v) \}$$

(2) 水平方向地震による水平方向荷重

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

(3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

(a) $F \geq F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力は発生しない。

従って、計算結果表の記入欄は と記載する。

(b) $F < F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認することとし、発生応力は水平方向荷重F_Hをボルト全数の断面積で除した値とする。

3. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 設計条件

機器等の区分	耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P _r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
—	C (Ss)	緊急時対策所 <input type="text"/>	平底 たて置円筒形	静水頭	50	0.870

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S _s	
		設計加速度 (m/s ²)	
		水平	鉛直
1.0	0.006	14.71	15.69

3. 機器要目

m _o (kg)	m _e (kg)	D _i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l _g (mm)
1180	390	960.0	6.0	2.01 × 10 ⁵	7.73 × 10 ⁴	560.0

H (mm)	s (-)	n (-)	D _c (mm)	D _{b o} (mm)	D _{b i} (mm)	A _b (mm ²)
1039.0	1	8	1040.0	1100.0	960.0	201 (M16)

評価部材	評価温度(°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	50	241	394	—	241	275
基礎ボルト	50	241	394	—	241	275

NT2 補③ V-2-10-1-5-2 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 $F(N)$	—
水平地震力 $F_H(N)$	1.8×10^4
評価結果	$F < F_H$ より, 基礎(取付)ボルトの組合せ応力評価を実施する

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力		
			算出応力	許容応力	
胴板	SM400B	一次一般膜	周方向	$\sigma_\phi = 2$	$S_1 = 236$
			軸方向	$\sigma_x = 3$	
		組合せ一次	$\sigma_1 = 5$		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha \cdot \sigma_{xc}}{f_{cb}} + \frac{\alpha \cdot \sigma_{xb}}{f_{bb}} \leq 1$		0.02
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 22$	$1.5 f_{ts}^* = 205$	
		せん断	$\tau_b = 11$	$1.5 f_s^* = 157$	
		組合せ	$\sigma_b = 22$	$f_{ts}^* = 205$	

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

NT2 補③ V-2-10-1-5-2 R0

V-2-10-1-5-3 緊急時対策所用発電機給油ポンプの
耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 給油ポンプの耐震計算方法	9
3. 機能維持評価	
3.1 給油ポンプの機能維持評価方法	12
4. 耐震計算結果	15

1. 概 要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機給油ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機給油ポンプは、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動的機能維持評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

給油ポンプの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

(1) 評価対象部位

評価対象部位は、以下の通り。

- a. 基礎ボルト
- b. 取付ボルト
- c. 軸
- d. 摺動部 (ギア部)
- e. 軸受
- f. メカニカルシール
- g. 軸継手

このうち、「f. メカニカルシール」は、構造上存在せず、「g. 軸継手」は、軸受がブレンメタルでありサイドスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より、本資料においては、給油ポンプの「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」「c. 軸」「d. 摺動部 (ギア部)」「e. 軸受」の評価方針を示す。

- (2) 評価用地震動は、 S_s 地震動とする。
- (3) 給油ポンプの耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (4) 給油ポンプは、台板上に据付けられる構造である。給油ポンプと台板は、取付ボルトにて固定され、台板は基礎コンクリートに基礎ボルトにて固定される。
- (5) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ (ボルト矩形配置) の評価式ベースで評価する。
- (6) 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。) の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (7) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用す

ることで実施しており、公称値を用いることで問題ない。

- (8) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (9) 給油ポンプはその設置目的上、地震後の機能維持が要求されるものであり、運転時荷重である回転によるモーメント及び回転体振動による加速度は考慮しない。
- (10) 電動機の評価は、電動機に作用する最大加速度の 1.0 倍の値(1.0ZPA の値)が、JEAC4601-2008 記載の値（機能維持確認済加速度）以下であることを確認する。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、給油ポンプの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

機能維持評価において、ポンプの応力評価は、評価用加速度として、最大加速度の 1.0 倍の値(1.0ZPA)と 1.2 倍の値(1.2ZPA)の 2 ケースを実施する。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (Ss) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
S_y	設計降伏点（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に規定される値）	MPa
S_u	設計引張強さ（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9に規定される値）	MPa
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_{b1}	ボルトに発生する最大引張応力	MPa
τ_{sb1}	ボルトに発生するせん断応力	MPa
σ_{b2}	軸に発生する引張応力	MPa
σ_c	軸に発生する圧縮応力	MPa
σ_t	軸に発生する曲げ応力	MPa
τ_{sb2}	軸に発生するせん断応力	MPa
σ_1	軸に発生する一次一般膜応力と曲げ応力	MPa
σ_2	軸に発生する一次一般膜応力	MPa

(注) 基礎ボルト及び取付ボルトについては、雰囲気温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力を第 5 表に、軸の許容応力を第 6 表に示す。

また、基礎ボルト及び取付ボルトの評価する応力を第 7 表に、軸の評価する応力を第 8 表に示す。

第 5 表 基礎ボルト，取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	基礎ボルト，取付ボルト		
		応力 分類	一次応力		
			引 張	せん断	組合せ (注)
C (Ss) クラス	$IV_A S$		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合，以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_{sb}, 1.5 f_t^*)$$

第 6 表 軸の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	応力分類	引張応力 圧縮応力 せん断応力 一次一般膜応力	曲げ応力 一次一般膜応力と 曲げ応力
		C (Ss) クラス	$IV_A S$	$0.6 S_u$

第7表 基礎ボルト，取付ボルトの評価する応力

種類	応力分類	一次応力	
		引張	せん断
給油ポンプ		σ_{b1}	τ_{sb1}

第8表 軸の評価する応力

種類	応力分類	引張	圧縮	曲げ	せん断	一次一般膜応力と曲げ応力	一次一般膜応力
		軸	σ_{b2}	σ_c	σ_t	τ_{sb2}	σ_1

2.2 給油ポンプの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

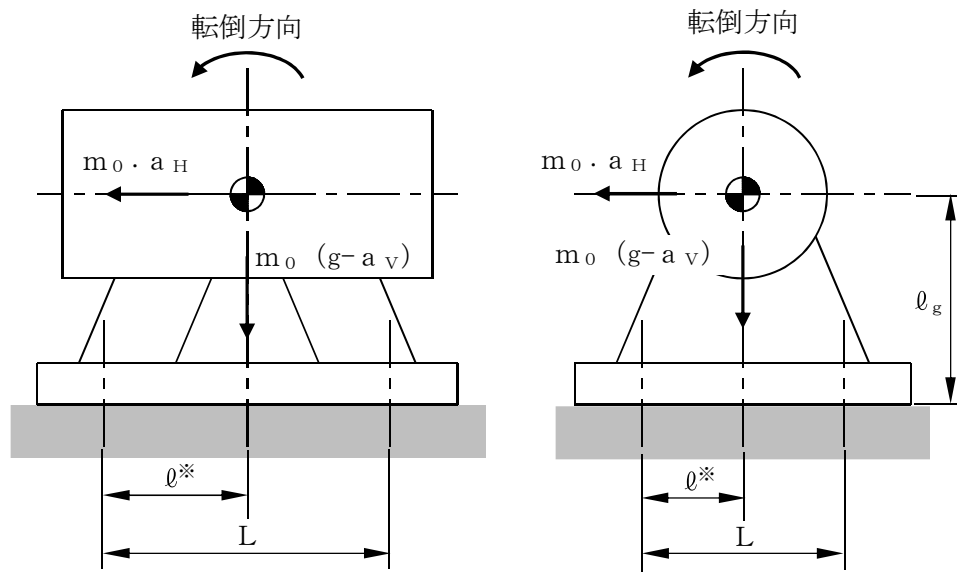
給油ポンプの耐震計算に使用する記号を第 9 表に示す。

第 9 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l	重心とボルト間の水平方向距離	mm
L	支点としている基礎ボルト及び取付ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルト及び取付ボルトまでの距離	mm
m_o	質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—
σ_{b1}	ボルトに発生する最大引張応力	MPa
τ_{sb1}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

※取付ボルト評価時には、質量は給油ポンプの質量、重心は給油ポンプのみの重心位置とし、取付ボルト位置までの距離を評価に用いる。また、基礎ボルト評価時には、質量は台板上に積載される設備の全質量、重心は全設備の重心位置とし、基礎ボルト位置までの距離を評価に用いることにする。

2.2.2 評価モデル図



第1図 計算モデル（軸方向転倒）

第2図 計算モデル（軸直角方向転倒）

※ ℓ は最大引張応力がかかる寸法を採用すること

2.2.3. 算出過程

評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

$$\sigma_{b1} = \frac{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell}{n_{fb} \cdot A_b \cdot L}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_v = C_v \times g$$

(2) せん断応力評価

$$\tau_{sb1} = \frac{m_0 \cdot a_H}{n_b \cdot A_b}$$

3. 機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内, 給油ポンプの地震後機能維持評価について, 以下に示す。

3.1 給油ポンプの機能維持評価方法

3.1.1 記号の説明

給油ポンプの機能維持評価に使用する記号を第 10 表に示す。

第 10 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A	最小軸直径部の軸断面積	mm ²
A _s	軸受面積	mm ²
ω	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm
H _s	ハイドロスラスト荷重	N
l	軸及び摺動部（ギア部）の支持間長さ	mm
W ₀	軸及び摺動部（ギア部）の質量	kg
M	等分布荷重により働くモーメント	N・mm
Z	断面係数	mm ³
δ	たわみ量	mm
E	摺動部（ギア部）のヤング率	MPa
I	断面二次モーメント	mm ⁴
σ_{b2}	軸に発生する引張応力	MPa
σ_c	軸に発生する圧縮応力	MPa
σ_t	軸に発生する曲げ応力	MPa
τ_{sb2}	軸に発生するせん断応力	MPa
σ_1	軸に発生する一次一般膜応力と曲げ応力	MPa
σ_2	軸に発生する一次一般膜応力	MPa
P	軸に作用する面圧	MPa

3.1.2 給油ポンプの機能維持評価方法

(1) 軸

軸を両端支持の単純はりモデル化し、地震力を考慮した荷重による引張応力、圧縮応力、曲げ応力、せん断応力、組合せ応力を算出する。許容応力は、第6表に示す値とし発生する応力値が、許容応力値を下回ることを確認する。

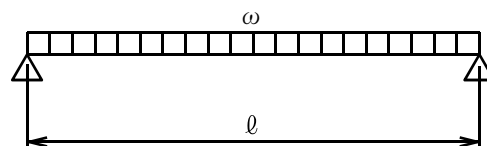
a. 引張応力

σ_{b2} の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_{b2} = \frac{\omega \cdot \ell + Hs}{A}$$

ここで、

$$\omega = \frac{W_0 \times \sqrt{a_H^2 + (9.80665 + a_V)^2}}{\ell}$$



第3図 評価モデル

b. 圧縮応力

σ_c の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_c = \frac{\omega \cdot \ell + Hs}{A}$$

c. 曲げ応力

M, σ_t の算出式は、以下の通り。

$$M = \frac{\omega \cdot \ell^2}{8}$$

$$\sigma_t = \frac{M}{Z}$$

d. せん断応力

τ_{sb2} の算出式は、以下の通り。

$$\tau_{sb2} = \frac{\omega \cdot \ell}{A}$$

e. 一次一般膜応力と曲げ応力

σ_1 の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_1 = \sigma_{11} - \sigma_{21}$$

ここで、

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{21} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

f. 一次一般膜応力

σ_2 の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_2 = \sigma_{12} - \sigma_{22}$$

ここで、

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2}\sigma_t + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

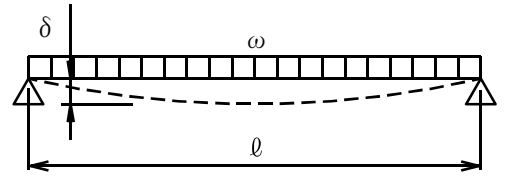
$$\sigma_{22} = \frac{1}{2}\sigma_t - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

(2) 摺動部（ギア部）

摺動部（ギア部）の評価は、摺動部を両端支持の単純はりモデル化し、地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出し、たわみ量がギアとケーシングのクリアランス内であることを確認する。

たわみ量の算出式は、以下の通り。

$$\delta = \frac{5 \omega \cdot \ell^4}{384 E \cdot I}$$



第4図 評価モデル

(3) 軸受

軸受の評価は、地震時に作用する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による面圧が、軸受メーカーカタログ記載の荷重値（許容面圧）内であることを確認する。

面圧の算出式は、以下の通り。

$$P = \frac{\omega \cdot \ell}{A_s}$$

3.1.3 電動機の機能維持評価方法

電動機の評価は、2.1.2 項(10)でも示している通り、電動機に作用する最大加速度の1.0倍の値（1.0ZPAの値）が、JEAC4601-2008記載の値（機能維持確認済加速度）以下であることを確認する。

4. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	ボルト配置状態	評価温度(°C)		
			基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
C (Ss)		矩形配置	50	50	50

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81

3. 機器要目

評価部位	m ₀ (kg)	ℓ _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (-)	n _{f b} (-)	ℓ (mm)	L (mm)
基礎ボルト	150	195	113.1 (M12)	4	2	161 179	340
ポンプ取付ボルト	37.2	183	113.1 (M12)	4	2	0 40	40
原動機取付ボルト	28.8	90	50.3 (M8)	4	2	181.5	75

4. 結果

4.1 基礎ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	SUS630	引張	6	475	79.16	○
		せん断	5	366	73.20	○
		組合せ	6	475	79.16	○

4.2 ポンプ取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
ポンプ取付ボルト	SS400	引張	12	205	17.08	○
		せん断	2	157	78.50	○
		組合せ	12	205	17.08	○

4.3 原動機取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
原動機取付ボルト	SS400	引張	14	205	14.64	○
		せん断	3	157	52.33	○
		組合せ	14	205	14.64	○

動的機能維持評価 (1. OZPA による応力評価結果)

1. 設計条件

耐震重要度分類	設置場所 (m)	配置状態	評価温度 (°C)	電動機の型式
C (Ss)		矩形配置	50	横形ころがり軸受電動機

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)	水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
11.77	9.81	11.77	9.81

3. 機器要目

A (mm ²)	A _S (mm ²)	H _S (N)	φ (mm)	W ₀ (kg)	Z (mm ³)	E (MPa)	I (mm ⁴)
804.2	1440	0	115	2.4	3.22×10 ³	2.03×10 ⁵	5.15×10 ⁴

4. 結果

4.1 給油ポンプ

(1) 軸

材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
SCM440	引張	1	572
	圧縮	1	572
	曲げ	1	858
	せん断	1	572
	組合せ	一次一般膜応力と曲げ応力	4
一次一般膜応力		3	572

発生応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

(2) 摺動部 (ギア部)

変位量 (mm)	クリアランス (mm)
0.0002	0.04

変位量はクリアランス内に収まっているので安全である。

(3) 軸受

面圧 (MPa)	許容面圧 (MPa)
1	2

面圧は許容面圧以下であるので安全である。

4.2 電動機

項目	評価用加速度 ^{※1} (×9.8m/s ²)	機能維持確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水平	1.2	4.7	○
鉛直	1.0	1.0	○

※1: 電動機の固有値については、剛とすることとし、評価用加速度は、最大加速度の1.0倍の値を用いる。評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下であるので安全である。

動的機能維持評価 (1. 2ZPA による応力評価結果)

1. 設計条件

耐震重要度分類	設置場所 (m)	配置状態	評価温度 (°C)	電動機の型式
C (Ss)		矩形配置	50	横形ころがり軸受電動機

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81

3. 機器要目

A (mm ²)	A _S (mm ²)	H _S (N)	φ (mm)	W ₀ (kg)	Z (mm ³)	E (MPa)	I (mm ⁴)
804.2	1440	0	115	2.4	3.22 × 10 ³	2.03 × 10 ⁵	5.15 × 10 ⁴

4. 結果

4.1 給油ポンプ

(1) 軸

材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
SCM440	引張	1	572
	圧縮	1	572
	曲げ	1	858
	せん断	1	572
	組合せ	一次一般膜応力と曲げ応力	4
一次一般膜応力		3	572

発生応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

(2) 摺動部 (ギア部)

変位量 (mm)	クリアランス (mm)
0.0002	0.04

変位量はクリアランス内に収まっているので安全である。

(3) 軸受

面圧 (MPa)	許容面圧 (MPa)
1	2

面圧は許容面圧以下であるので安全である。

V-2-10-1-5-2 緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 燃料油貯蔵タンクの耐震計算方法	13
3. 耐震計算結果	37

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンクは、重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要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耐震評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程を準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

燃料油貯蔵タンクの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 燃料油貯蔵タンクの質量については、胴の中心軸に集中したものとする。耐震計算モデルは横置き円筒形容器の1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 基礎ボルトが、脚の変形方向に直角な方向より見て脚1個につき2列のため、固定支持とする。
- (3) 水平方向地震による水平力は、支持脚下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。
ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、水平地震力が据付面の摩擦力を上回る場合には、基礎ボルトにせん断応力が発生するものとし、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133 (IV_AS) に基づく組合せ応力評価について、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5 f_{t^*} - 1.6 \tau_{bs}, 1.5 f_{t^*}) \equiv 1.5 f_{ts^*} \quad (\text{IV}_{AS})$$

- (4) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 横置円筒形容器の場合の耐震計算は、長手方向の地震荷重に対して、固定側の脚だけで行うものとする。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (7) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対和の評価とするが、SRSS 法による組合せによる評価も用いる。
- (8) ボルトの減肉は考慮しないものとする。

2.1.3 変形モードの組合せ

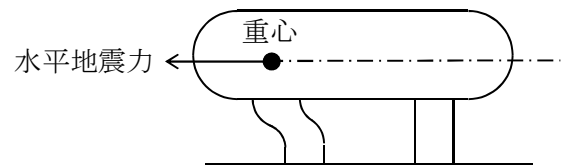
容器の耐震計算モデルは、1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、容器及び脚は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

(1) 変形モード

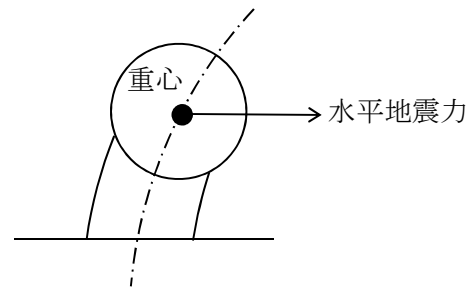
a. A型変形

支持脚の伸縮はなく、容器胴体底面が水平に移動する変形モード。



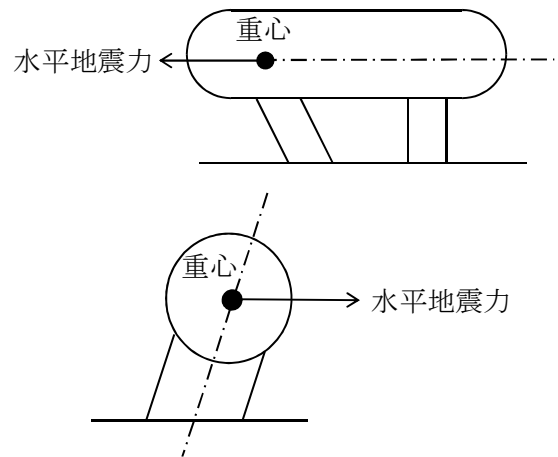
b. B型変形

支持脚と容器胴体が一体としての曲げ変形モード。



c. C型変形

支持脚又は容器胴体のせん断変形モード。



(2) 変形モードの組合せ

$$\text{横置円筒形容器} \begin{cases} \text{長手方向} = A + C \\ \text{横方向} = B + C \end{cases}$$

2.1.4 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、燃料油貯蔵タンクの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (Ss) クラス	動的	評価用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.033 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.5 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
D	死荷重	N
f_t	許容引張応力 設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値 ^(注)	MPa
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s	許容せん断応力 設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S	設計引張応力 (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定される値) ^(注)	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
S_u	設計引張強さ (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 に規定される値) ^(注)	MPa
S_y	設計降伏点 (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定される値) ^(注)	MPa
S_0	一次一般膜応力の許容応力	MPa
S_1	一次応力の許容応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
S_{II}	一次+二次応力の許容応力	MPa
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_b	基礎ボルトの引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトのせん断応力	MPa

(注) 胴及び脚については、最高使用温度における値。基礎ボルトについては、雰囲気温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス 3 容器及び支持構造物に準拠する。

a 耐圧部（胴板）

耐圧部（胴板）の許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 胴板の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 分類	応力分類 状態	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力
C (S _s) クラス		$IV_A S$	$0.6 S_u$	左欄の 1.5 倍の値	地震動のみによる一次+二次応力の変動値を $2S_y$ 以下とすることにより疲れ解析は行わない。

第6表 胴板の評価する応力

応力分類 容器種類	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力
横置 円筒形容器	σ_0	σ_1	σ_2

b 支持構造物

支持脚の許容応力を第7表に示す。

また，評価する応力を第8表に示す。

第7表 支持脚の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類 応力 分類	支持脚 組合せ応力
C (Ss) クラス	IV _A S		$1.5 f_t^*$

第8表 支持脚の評価する応力

応力分類 容器種類	組合せ応力
横置 円筒形容器	σ_s

c 基礎ボルト

基礎ボルトの許容応力を第9表に示す。

また、評価する応力を第10表に示す。

第9表 基礎ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	支持構造物の 種類	基礎ボルト, 取付ボルト		
		一次応力		
		引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	IV _A S	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合, 以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_{AS} : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第10表 基礎ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
横置 円筒形容器		σ_b	τ_b

2.1.6 記載する数値に関する注意事項

- (1) 耐震計算において計算結果がいくつかあるもの、例えば、基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 計算結果の出ないもの、例えば引張力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力は、計算結果表の記入欄には として記載する。

2.1.7 耐震計算書のフォーマット

次に耐震計算書のフォーマットを示す。

1. 設計条件

耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
C (Ss)		横置円筒形			

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		設計加速度 (m/s ²)	
		水平	鉛直
1.0			

3. 機器要目

m_o (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)

I_x (mm ⁴)	I_y (mm ⁴)	Z_{sx} (mm ³)	Z_{sy} (mm ³)	θ_o (rad)	A_s (mm ²)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	A_{s3} (mm ²)	A_{s4} (mm ²)

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)

評価部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板					
支持脚					
基礎ボルト					

NT2 補③ V-2-10-1-5-4 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 $F(N)$	
水平地震力 $F_H(N)$	
評価結果	

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力	
			算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5 f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\sigma_{scb}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sbb}}{1.5f_b} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5 f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5 f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$f_{ts}^* =$

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

2.2 燃料油貯蔵タンクの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

燃料油貯蔵タンクの耐震計算に使用する記号を第 11 表に示す。

第 11 表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	脚の断面積	mm^2
A_{s1}	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s3}	脚の長手方向に対するせん断断面積	mm^2
A_{s4}	脚の横方向に対するせん断断面積	mm^2
a	脚底板の長手方向幅	mm
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
b	脚底板の横方向幅	mm
C_1	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の 2 分の 1 (胴の横方向)	mm
C_2	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の 2 分の 1 (胴の長手方向)	mm
C_c	参考文献 (1) より得られる値	—
C_ℓ	参考文献 (1) より得られる値	—
D_i	胴の内径	mm
D_o	胴の外径	mm
d_1	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d_2, d_3	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	mm
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
e_1	長手方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm
e_2	横方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm

記号	記 号 の 説 明	単位
F_{bc}	横方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N
$F_{b\ell}$	長手方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N
f_{bc}	横方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
$f_{b\ell}$	長手方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
f_c	脚の許容圧縮応力	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
H	水頭	mm
h_1	基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I_x	脚の長手方向軸に対する断面2次モーメント	mm^4
I_y	脚の横方向軸に対する断面2次モーメント	mm^4
K_1, K_2	参考文献(1)より得られる定数	—
K_c	脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/mm
K_ℓ	脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/mm
k_c	参考文献(1)より得られる定数	—
k_ℓ	参考文献(1)より得られる定数	—
ℓ_H	鏡板の端から鏡板の丸みの始まる箇所までの長さ	mm
ℓ	第1脚及び第5脚の中心から鏡板重心までの距離	mm
ℓ_L	鏡板の丸みの始まる箇所間の長さ	mm
ℓ_o	脚中心間距離	mm
M	脚部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
M_c	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	N・mm
M_{c1}	横方向地震により脚底面に働くモーメント	N・mm
M_ℓ	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	N・mm
$M_{\ell1}$	長手方向地震により脚底面に働くモーメント	N・mm
M_x	胴に生じる長手方向の局部曲げモーメント	N・mm

記号	記 号 の 説 明	単 位
M_{ϕ}	胴に生じる周方向の局部曲げモーメント	N・mm
m_0	容器の有効運転質量	kg
m_s	脚 1 本当たりの質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_{ϕ}	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚 1 個当たりの基礎ボルト本数	—
n_1	脚 1 個当たりの長手方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
n_2	脚 1 個当たりの横方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
P	運転時質量による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P'	鉛直方向地震による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P_{θ}	長手方向地震により胴の脚つけ根部に働く鉛直荷重	N
P_s	長手方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
P_{s1}	横方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
R	脚に作用する荷重	N
r_m	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
r_o	脚つけ根部における胴の外半径	mm
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s = 10$)	—
T	固有周期	s
T_1	長手方向の固有周期	s
T_2	横方向の固有周期	s
t	胴の板厚	mm
t_e	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
t_w	脚取付部の当板板厚	mm
$X_1 \sim X_4$	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
Z	脚取付部における胴の有効断面係数	mm ³

記号	記 号 の 説 明	単位
$Z_{s x}$	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm^3
$Z_{s y}$	脚の横方向軸に対する断面係数	mm^3
α	脚の開き角	rad
β, β_1, β	参考文献(1)によるアタッチメントパラメータ	—
γ	参考文献(1)によるシェルパラメータ	—
θ	脚取付部における胴の有効範囲角の2分の1	rad
θ_0	胴体脚端部より鉛直軸までの角度	rad
σ_0	胴の一次一般膜応力あるいは組合せ応力の最大値	MPa
ρ	液体の比重	—
σ_{0c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0l}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_{1l}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1lx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1l\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
σ_{2c}	横方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa

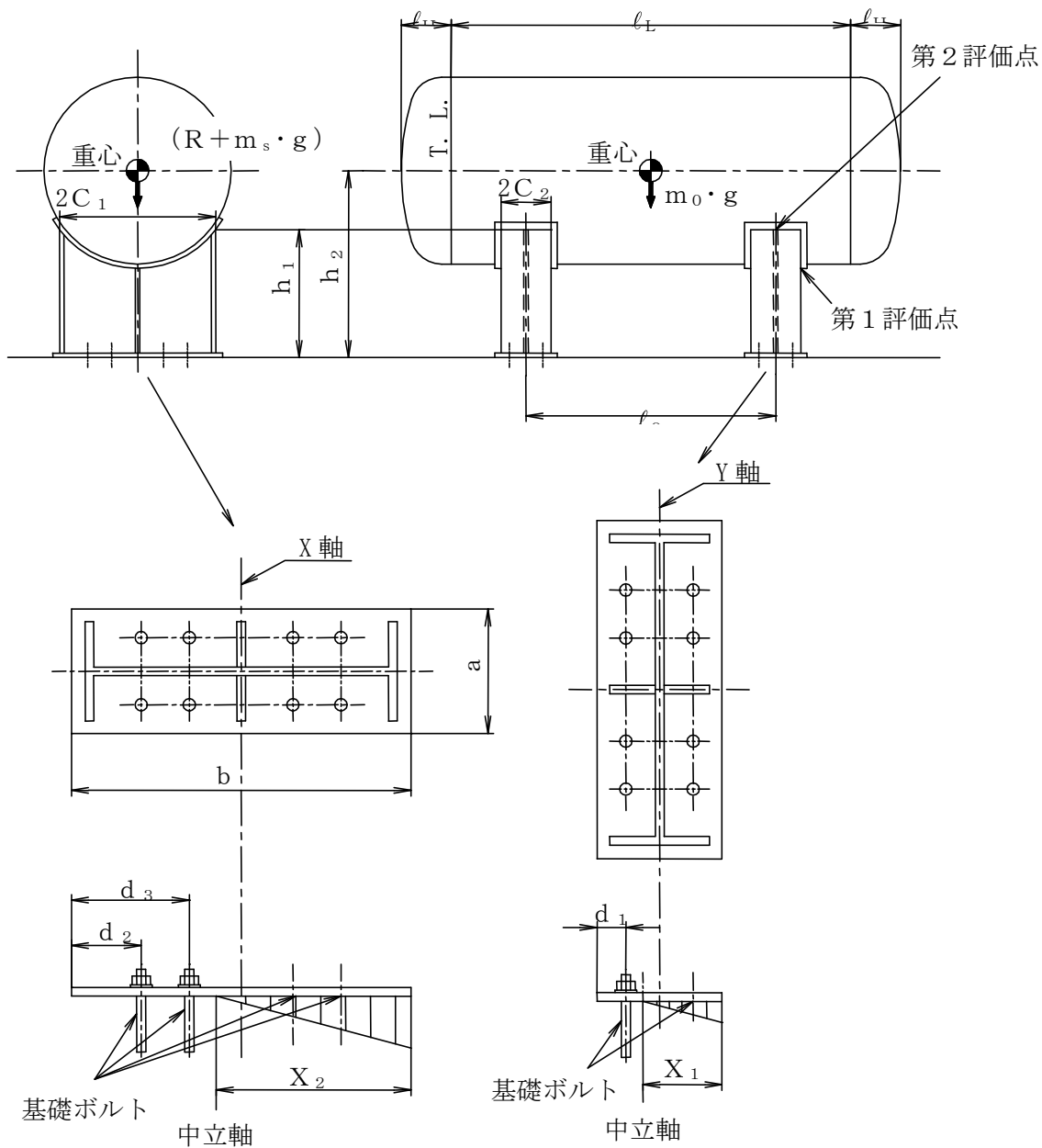
記号	記 号 の 説 明	単位
σ_{2cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell}$	長手方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell x}$	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトの引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b\ell}$	長手方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_{bc}	横方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}	長手方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s2}	長手方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{s3}	横方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s4}	横方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{sbb}	脚の曲げ応力	MPa
σ_{sbc}	脚の圧縮応力	MPa
σ_{scc}	横方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{s\ell c}$	長手方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{x1}	静水頭または内圧により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x2}	自重により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x31}	自重及び鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x31}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x32}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x411}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x412}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
σ_{x421}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x422}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x43}	長手方向地震により生じる水平方向荷重による胴の応力	MPa
σ_{x51}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x52}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	静水頭または内圧により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}$	自重及び鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 32}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 411}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 412}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 421}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 422}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 51}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 52}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x6}	鉛直方向地震により生じる軸方向応力	MPa
τ_c	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_ℓ	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_{s2}	長手方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_{s3}	横方向地震により脚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

記号	記 号 の 説 明	単位
τ_{bl}	基礎ボルトに生じる長手方向せん断応力	MPa
τ_{bc}	基礎ボルトに生じる横方向せん断応力	MPa
ω	胴部自重による等分布荷重	N/mm

2.2.2 容器説明図

容器説明図を第 2-2-1 図に示す。



第 2-2-1 図 容器の形状及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図

2.2.3 固有周期の計算方法

a. 長手方向の固有周期

長手方向のばね定数は、

$$K_{\ell} = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12E_s \cdot I_y} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}}$$

固有周期は、

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell} \times 10^3}}$$

b. 横方向の固有周期

横方向のばね定数は、

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2 - h_1)}{6E_s \cdot I_x} + \frac{(h_2 - h_1)h_1(h_2 - h_1/2)}{E_s \cdot I_x} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}}$$

固有周期は、

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{K_c \times 10^3}}$$

固有周期Tは、 T_1 と T_2 のうち水平加速度が大きくなる方とする。

2.2.4 胴の応力計算

- (1) 脚に作用する荷重及び脚つけ根の部分における曲げモーメント

脚にかかる荷重は、モーメントのつり合いより求められる。

脚のつけ根の部分におけるモーメントは、胴をはりと考えて求める。

- (a) 脚に作用する荷重

$$R = \frac{1}{2}(m_0 - 2m_s)g$$

- (b) 脚つけ根の部分における曲げモーメント

$$M = \frac{1}{2} \left(\frac{2R}{\ell_L + \frac{4}{3}\ell_H} \right) \left(\frac{2}{3}\ell_H + \frac{\ell_L - \ell_a}{2} \right)^2$$

- (2) 静水頭による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho \cdot a_v \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

- (3) 運転時質量及び鉛直方向地震により生じる長手方向曲げモーメントによる応力

(1) 項で求めた曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のようにして求められる。

参考文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴の局部変形を生じさせようとする。

今、長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を胴下端から θ の点とすると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第2-2-2図に 2θ で示される円殻である。したがって、応力は次式で表される。

$$\sigma_{x 2} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{x 6} = \left(\frac{a_v}{g} \right) \frac{M}{Z}$$

ここで、

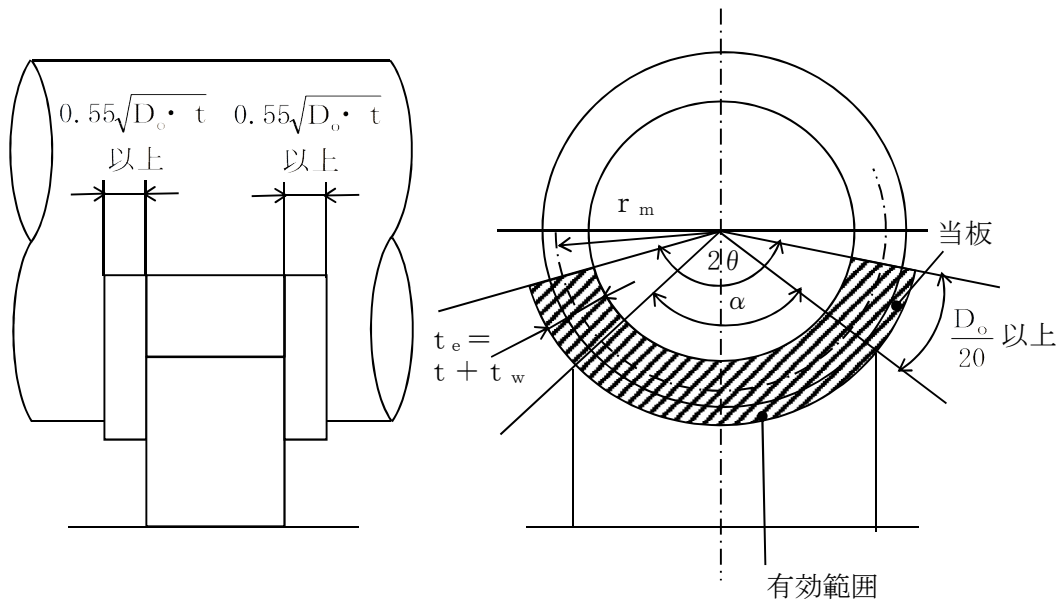
$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

$$Z = r_m^2 \cdot t_e \left(\frac{\theta + \sin \theta \cdot \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right)$$

t_e は、 t あるいは $(t + t_w)$ をとるものとし、 θ は以下の式で表される。
 当板板厚を含める場合($t_e = t + t_w$ ただし当板の範囲は周方向に 2θ 以上、軸方向に脚端部より $0.55\sqrt{D_o \cdot t}$ 以上とする)

計算に用いる記号説明図を第2-2-2図に示す。

$$\theta = \frac{\alpha}{2} + \frac{\frac{D_o}{20}}{\frac{D_i}{2} + (t + t_w)}$$



第2-2-2図 当板板厚を含める場合の脚つけ根部における胴の有効断面係数の計算に用いる記号説明図

- (4) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。
 胴の第1脚つけ根部に作用する反力は次式で表される。
 また、力の関係図を第2-2-3図に示す。

運転時質量による反力

$$P = R$$

この反力Pにより生じる胴の局部応力は参考文献 (1)によると次のようにして求めることができる。

$$\gamma = r_m / t_e$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

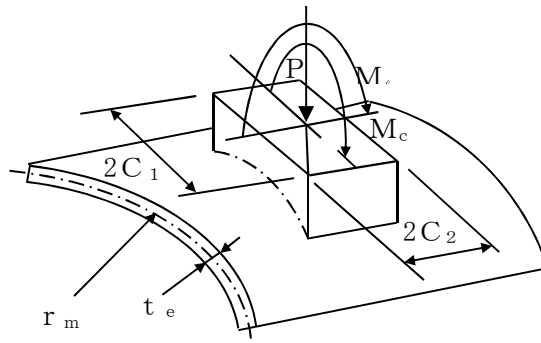
$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$



第2-2-3図 脚が胴に及ぼす力の関係図

脚取付部の胴の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって参考文献 (1)の表により値を求める (以下*を付記する。) ことにより応力は次式で表わされる。

反力Pにより生じる応力

$$\sigma_{\phi 31} = \left(\frac{N_{\phi}}{P / r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31} = \left(\frac{N_x}{P / r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

- (5) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

可動脚は、長手方向に自由にスライドできるので、固定脚は下端固定の場合変形をする。脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重 (偶力) は次式により与えられる。

- a. 脚つけ根部に作用する力

$$M_{\ell} = \frac{1}{2} (m_0 - m_s) a_H \cdot h_1$$

$$P_{\ell} = (m_0 - m_s) a_H \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{\ell_o}$$

b. 一次応力

曲げモーメント M_ℓ と鉛直荷重 P_ℓ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

曲げモーメント M_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 1 1} = \left(\frac{N_\phi}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

$$\sigma_{x 4 1 1} = \left(\frac{N_x}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 2 1} = \left(\frac{N_\phi}{P_\ell / r_m} \right)^* \left(\frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 4 2 1} = \left(\frac{N_x}{P_\ell / r_m} \right)^* \left(\frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

また、水平方向荷重により胴には下記式で表される引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 4 3} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{\pi (D_i + t) t}$$

c. 二次応力

曲げモーメント M_ℓ と鉛直荷重 P_ℓ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

$$\sigma_{\phi 4 1 2} = \left(\frac{M_\phi}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 4 1 2} = \left(\frac{M_x}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表される。

$$\beta = k_\ell \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 2 2} = \left(\frac{M_\phi}{P_\ell} \right)^* \left(\frac{6 P_\ell}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 4 2 2} = \left(\frac{M_x}{P_\ell} \right)^* \left(\frac{6 P_\ell}{t_e^2} \right)$$

d. せん断応力

長手方向地震が作用した場合, 第1脚つけ根部に生じるせん断応力は次式で表される。

$$\tau_\ell = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{4 C_2 \cdot t}$$

(6) 横方向地震による脚つけ根部の応力

横方向の地震が作用した場合, 第1脚のつけ根部に生じる曲げモーメント M_c は,

$$M_c = \frac{a_H}{g} R \cdot r_o$$

$$r_o = \frac{D_i}{2} + t_e$$

a. 一次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は, (4) 項及び(5) 項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4) 項と同じであるが, アタッチメントパラメータ β は次式にて表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって, 応力は,

$$\sigma_{\phi 5 1} = \left(\frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

$$\sigma_{x 5 1} = \left(\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

b. 二次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は(4) 項及び(5) 項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4) 項と同じであるが, アタッチメントパラメータ β は次式にて表される。

$$\beta = k_c \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 5 2} = \left(\frac{M_{\phi}}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 5 2} = \left(\frac{M_x}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

c. せん断応力

横方向に地震が作用した場合、第1脚つけ根部に生じるせん断力は次式で表される。

$$\tau_c = \frac{\frac{a_H}{g} R}{4C_1 \cdot t}$$

(7) 一次一般膜応力

(1)項～(3)項によって計算される胴の一次一般膜応力は以下により組み合わせられる。

a. 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 4 3}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 6}^2 + \sigma_{x 4 3}^2}$$

b. 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0c} = \text{Max}(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0c x})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0c x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{oc} = \text{Max}(\sigma_{oc\phi}, \sigma_{ocx})$$

ここで,

$$\sigma_{oc\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{ocx} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6}$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は,

$$\sigma_0 = \text{Max}(\sigma_{0\phi}, \sigma_{0c})$$

で表される。

(8) 組合せ応力

(1)項～(6)項によって計算される第1脚つけ根部に生じる胴の応力は以下により組み合わせられる。

a. 一次応力

(絶対値和)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43} + \sigma_{x6}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 51}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x1} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{(\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{(\sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{\sigma_{\phi 51}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{\sigma_{x51}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

したがって、胴に生じる一次応力の最大値は、

$$\sigma_1 = \text{Max}(\sigma_{1\ell}, \sigma_{1c})$$

で表される。

b 地震動のみによる一次応力と二次応力の和

(a) 鉛直地震動のみによる応力成分

$$P' = \frac{a_v}{g} R$$

$$\sigma_{\phi 31}' = \left(\frac{N_\phi}{P' / r_m} \right)^* \left(\frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31}' = \left(\frac{N_x}{P' / r_m} \right)^* \left(\frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{\phi 32}' = \left(\frac{M_\phi}{P'} \right)^* \left(\frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 32}' = \left(\frac{M_x}{P'} \right)^* \left(\frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

(b) 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 422}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sigma_{x 31}' + \sigma_{x 32}' + \sigma_{x 411} + \sigma_{x 421} + \sigma_{x 412}$$

$$+ \sigma_{x 422} + \sigma_{x 43} + \sigma_{x 6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 422})^2}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x411} + \sigma_{x412} + \sigma_{x421} + \sigma_{x422} + \sigma_{x43})^2}$$

(c) 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52}$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x52} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52})^2}$$

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x51} + \sigma_{x52})^2}$$

したがって、胴に生じる一次+二次応力の最大値は、

$$\sigma_2 = \text{Max}(\sigma_{2\ell}, \sigma_{2c})$$

で表される。

2.2.5 脚の応力計算

(1) 長手方向地震が作用した場合

a. 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)g}{A_s}$$

b. 鉛直地震動による応力

$$\sigma_{s1}' = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)a_v}{A_s}$$

c. 曲げ，圧縮応力

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s}$$

ここで，

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2}m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

d. せん断応力

$$\tau_{s2} = \frac{m_0 \cdot a_H}{A_{s3}}$$

e. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s2}^2}\right)^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

f. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{bt}}$$

ここで、 $\sigma_s = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \frac{P_\ell}{A_s}$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s2} - \frac{P_\ell}{A_s}$$

(2) 横方向地震が作用した場合

a. 曲げ応力

$$\sigma_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H \cdot h_2}{Z_{sx}}$$

b. せん断応力

$$\tau_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H}{A_{s4}}$$

c. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s3})^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s3}^2}\right)^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

したがって、脚に生じる組合せ応力の最大値は、

$$\sigma_s = \text{Max}(\sigma_{sfc}, \sigma_{scc})$$

で表される。

d. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{bc}}$$

ここで、 $\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}'$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s3}$$

2.2.6 基礎ボルトの応力計算

(1) 基礎ボルトに生じる引張応力（長手方向地震が作用した場合）

脚底面に働くモーメントは、

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

鉛直荷重は、

(絶対値和)

$$P_s = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_v) - P_{\ell}$$

(SRSS 法)

$$P_s = R + m_s \cdot g - \sqrt{\left\{ a_v \cdot \left(\frac{R}{g} + m_s \right) \right\}^2 + P_{\ell}^2}$$

モーメントと圧縮荷重の比を、

$$e_1 = M_{\ell 1} / P_s$$

とすると、 e_1 が負の場合及び、

$$e_1 > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次式のようにして求められる。

今、中立軸の位置 X_1 を

$$X_1^3 + 3 \left(e_1 - \frac{a}{2} \right) X_1^2 - \frac{6 s \cdot A_b \cdot n_1}{b} \left(e_1 + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_1) = 0$$

より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は、

$$F_{b \ell} = \frac{P_s \left(e_1 - \frac{a}{2} + \frac{X_1}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_1}{3}}$$

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b \ell} = \frac{F_{b \ell}}{n_1 \cdot A_b}$$

- (2) 基礎ボルトに生じる引張応力（横方向地震が作用した場合）
脚底面に働くモーメントは、

$$M_{c1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) a_H \cdot h_2$$

鉛直荷重は、

$$P_{s1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_V)$$

モーメントと圧縮荷重の比を

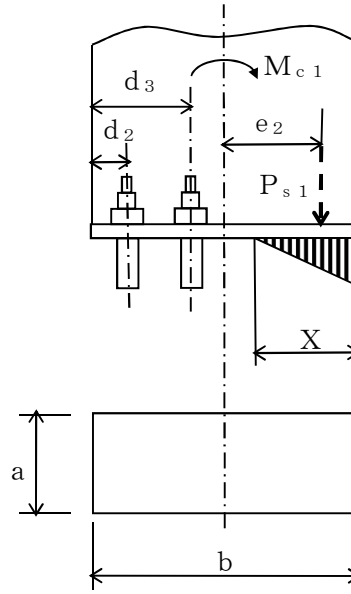
$$e_2 = M_{c1} / P_{s1}$$

とすると、 e_2 が負の場合及び

$$e_2 > \frac{b}{6} + \frac{d_2}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じる。

荷重の関係図を第 2-2-4 図に示す。



第 2-2-4 図 基礎ボルトが長手方向から見て 4 列の場合の横方向地震によって基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係図

$$\begin{aligned}
 f(X) &= X^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X^2 \\
 &+ \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) \right. \\
 &\left. - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0
 \end{aligned}$$

の式から、

$$\text{条件式} \begin{cases} f(d_3) > 0 \text{ かつ } f(b - d_3) < 0, \text{ 又は} \\ f(d_3) < 0 \text{ かつ } f(b - d_3) > 0 \end{cases}$$

のとき、中立軸 X_3 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$\begin{aligned}
 &X_3^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X_3^2 \\
 &+ \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X_3 - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) \right. \\
 &\left. - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0 \\
 F_{bc} &= \frac{P_{s1} \{ 2s(b - d_2 - X_3) \cdot n_2 \cdot A_b \}}{a \cdot X_3^2 - 2s(2b - d_2 - d_3 - 2X_3) n_2 \cdot A_b} \\
 \sigma_{bc} &= \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}
 \end{aligned}$$

なお、条件式を満たさない場合は、中立軸 X_4 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$X_4^3 + 3 \left(e_2 - \frac{b}{2} \right) X_4^2 - \frac{6 s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left(e_2 + \frac{b}{2} - d_2 \right) (b - d_2 - X_4) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left(e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_4}{3} \right)}{b - d_2 - \frac{X_4}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力の最大値は、

$$\sigma_b = \text{Max}(\sigma_{b\ell}, \sigma_{bc})$$

で表される。

(3) 基礎ボルトに生じるせん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力は、次式で表わされる。

長手方向地震が作用した場合

$$\tau_{b\ell} = \frac{a_H \cdot m_0}{n \cdot A_b}$$

横方向地震が作用した場合

$$\tau_{bc} = \frac{a_H \left(\frac{R}{g} + m_s \right)}{n \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値は、

$$\tau_b = \text{Max}(\tau_{b\ell}, \tau_{bc})$$

で表される。

2.2.7 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

(1) ベースプレートと据付面の摩擦力

ベースプレートと据付面の摩擦力 F を次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力 F_H と比較する。

$$F = \mu \cdot \{ m_0 \cdot (g - a_v) \}$$

(2) 水平方向地震による水平方向荷重

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

(3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

(a) $F \geq F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力は発生しない。

従って、計算結果表の記入欄は と記載する。

(b) $F < F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認することとし、発生応力は水平方向荷重 F_H をボルト全数の断面積で除した値とする。

3. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 評価条件

耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
C (S_s)	緊急時対策所	横置円筒形	大気圧	40	0.865

2. 評価用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		評価用加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1.0	0.031	14.02	12.45

3. 機器要目

m_o (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
99100	2758	3800	20	58	3200	1349	2300	1711.5	500

I_x (mm^4)	I_y (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_o (rad)	A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
3.95×10^{11}	1.33×10^{10}	2.14×10^8	2.67×10^7	2.08	2.73×10^5	2.02×10^5	7.76×10^4	1.07×10^5	9.04×10^4	1.07×10^5	9.04×10^4

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
10	8	4	2	1000	3700	1809.6 (M48)	100	450	1450

評価部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	235	400	100	—	—
支持脚	235	400	—	235	280
基礎ボルト	725	930	—	651	651

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 F (N)	1.40×10^6
水平地震力 F_H (N)	1.39×10^6
評価結果	$F \geq F_H$ より, 基礎(取付)ボルトにせん断力は作用しない。

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力	
			算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	$\sigma_0 = 21$	$S_0 = 240$
		一次	$\sigma_1 = 79$	$S_I = 360$
		一次+二次	$\sigma_2 = 165$	$S_{II} = 235$
支持脚	SM400B	組合せ	$\sigma_s = 48$	$1.5 f_t^* = 279$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\sigma_{scb}}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_{sbb}}{1.5 f_b} \leq 1$	
			0.15	
基礎ボルト	SUS630-B	引張	$\sigma_b = 211$	$1.5 f_t^* = 487$

それぞれの算出応力は許容値を満足する。

V-2-10-1-5-5 緊急時対策所用発電機の耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 発電機の耐震計算方法	6
3. 機能維持評価	
3.1 機能維持評価方法	9
4. 耐震計算結果	10

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度、動的機能及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機は、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動的機能維持評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

発電機の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 発電機の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ(ボルト矩形配置)の評価式ベースとした評価式にて評価を実施する。
- (3) 発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (5) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (6) 発電機はその設置目的上、地震後の機能維持が要求されるものであり、運転時荷重である回転によるモーメント及び回転体振動による加速度を考慮しないものとする。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、発電機の設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_b	ボルトに発生する引張応力	MPa
τ_{sb}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

(注) 取付ボルトについては、共通台板に設置されるため機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	IV_{AS}

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

取付ボルトの許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	取付ボルト		
			応力分類		
			一次応力		
			引張	せん断	組合せ ^(注)
C (S _s) クラス	IV_{AS}		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合、以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_{AS} : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第 6 表 取付ボルトの評価する応力

種類	応力分類	一次応力	
		引張	せん断
発電機		σ_b	τ_{sb}

2.2 発電機の耐震計算方法

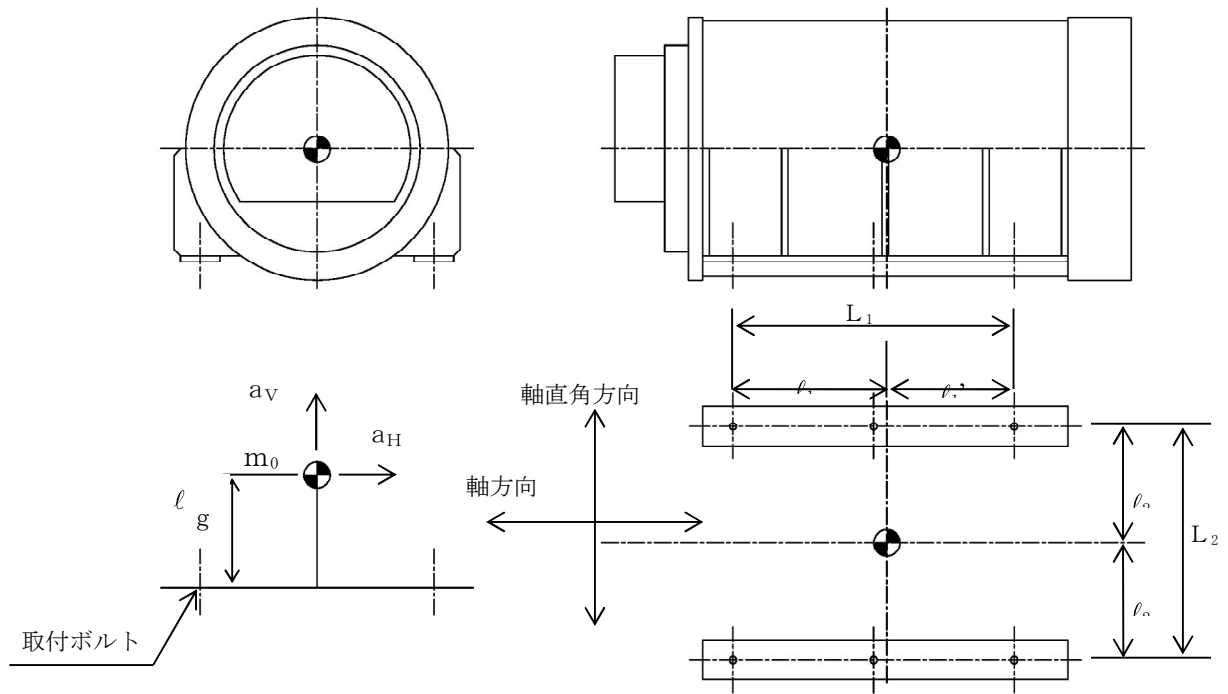
2.2.1 記号の説明

発電機の耐震計算に使用する記号を第 7 表に示す。

第 7 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
F_b	ボルト最大引張荷重	N
F_{sb}	ボルトのせん断荷重	N
F_{b1}, F_{b2}	ボルト引張荷重	N
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_1, l_1'	発電機重心からボルト位置までの距離	mm
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離	mm
l_2	発電機重心からボルト位置までの距離	mm
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離	mm
m_0	発電機質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの全本数	—

2.2.2 評価モデル図



第1図 発電機 外形図及び評価モデル

NT2 補③ V-2-10-1-5-5 R0

2.2.3. 算出過程

評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

(a) 軸方向

$$F_{b1} = \frac{1}{L_1} \{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_1\}$$

$$F_{b2} = \frac{1}{L_1} \{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_1\}$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2})$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_v = C_v \times g$$

(b) 軸直角方向

$$F_b = \frac{1}{L_2} \{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_2\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

3. 機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内，発電機の地震後機能維持評価について，以下に示す。

3.1 機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機と同型の常設代替高圧電源装置の加振試験を実施した。機能維持評価方法としては，緊急時対策所用発電機の設置エリアの最大加速度が常設代替高圧電源装置の加振試験で得られた発電機の機能確認済加速度以下であることにより確認する。機能確認済加速度については第8表に示す。

第8表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	1.6
鉛直	2.3

4. 耐震計算結果

発電機設備の発電機の耐震計算結果を以降に示す。応力の発生値は評価基準値以下であり、耐震性を有することを確認した。また、設置エリアの加速度は機能維持確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所 緊急時対策所用発電機設備（発電機）の耐震計算書

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	取付ボルト 評価温度 (°C)
C (Ss)		矩形配置	50

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)	水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81	11.77	9.81

3. 機器要目

評価部位	m ₀ (kg)	l _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (本)	n _{f b} (本)		L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	l ₁ (mm)	l ₁ ' (mm)	l ₂ (mm)
					軸方向	軸直角方向					
取付ボルト	5880	430	380.1	6	2	3	1128	890	650	478	445

4. 結果

4.1 取付ボルトの応力評価結果（許容応力状態IV_AS）

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
取付ボルト	引張	44	205	4.65	○
	せん断	38	157	4.13	○
	組合せ	44	205	4.65	○

4.3 発電機の機能維持評価結果

項目	評価用加速度 (×9.8m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水平	1.2	1.6	○
鉛直	1.0	2.3	○

V-2-10-1-5-6 緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性
についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 制御盤の耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 制御盤の耐震計算方法	6
3. 制御盤の機能維持評価	
3.1 機能維持評価方法	10
4. 制御盤の耐震計算結果	11
5. 保護継電装置盤の耐震計算方法	
5.1 基本事項	13
5.2 保護継電装置盤の耐震計算方法	17
6. 保護継電装置盤の機能維持評価	
6.1 機能維持評価方法	20
7. 保護継電装置盤の耐震計算結果	21

1. 概 要

本資料は、添付資料「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機制御盤は、重大事故等対処設備において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、この分類に応じた耐震評価を示す。

緊急時対策所用発電機制御盤は、以下の第1表に示す盤から構成される。本計算書においては、その各々の盤に対して耐震計算を行う。

第1表 緊急時対策所用発電機制御盤の構成

名称	種類
制御盤	垂直自立型
保護継電装置盤	垂直自立型

2. 制御盤の耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

制御盤の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 制御盤の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ(ボルト矩形配置)の評価式ベースで評価する。
- (3) 発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (5) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (6) 設備の固有振動数は、同型の制御盤の加振試験より、水平(左右方向)が 19.5Hz であり、水平(前後方向)が 11.25Hz であり、鉛直方向が 20Hz 以上である。
- (7) 減衰定数は水平方向と鉛直方向ともに 1.0% を用いる。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第2表に示す。

第2表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
v	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、制御盤の設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第3表に示す。

第3表 評価用地震力の求め方

耐震 重要度分 類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第4表に示す。

第4表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_b	ボルトに発生する引張応力	MPa
τ_{sb}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

(注) 基礎ボルトについては、雰囲気温度における値。取付ボルトについては、機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第5表に示す。

第5表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力を第6表に示す。

また、評価する応力を第7表に示す。

第6表 基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	支持構造物の 種類	基礎ボルト, 取付ボルト		
		一次応力		
		引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	許容 応力 状態 $IV_A S$	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合、以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第7表 基礎ボルト及び取付ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
制 御 盤		σ_b	τ_{sb}

2.2 制御盤の耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

制御盤の耐震計算に使用する記号を第8表に示す。

第8表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
F_b	ボルト引張荷重	N
F_{sb}	ボルトせん断荷重	N
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
g_1	取付ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_1	制御盤重心からボルト位置までの距離	mm
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離	mm
g_2	基礎ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_2	制御盤重心からボルト位置までの距離	mm
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離	mm
m_1	制御盤質量	kg
m_2	制御盤およびブラケットの質量	kg
n_b	せん断が作用するボルトの本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—

2.2.2 容器説明図

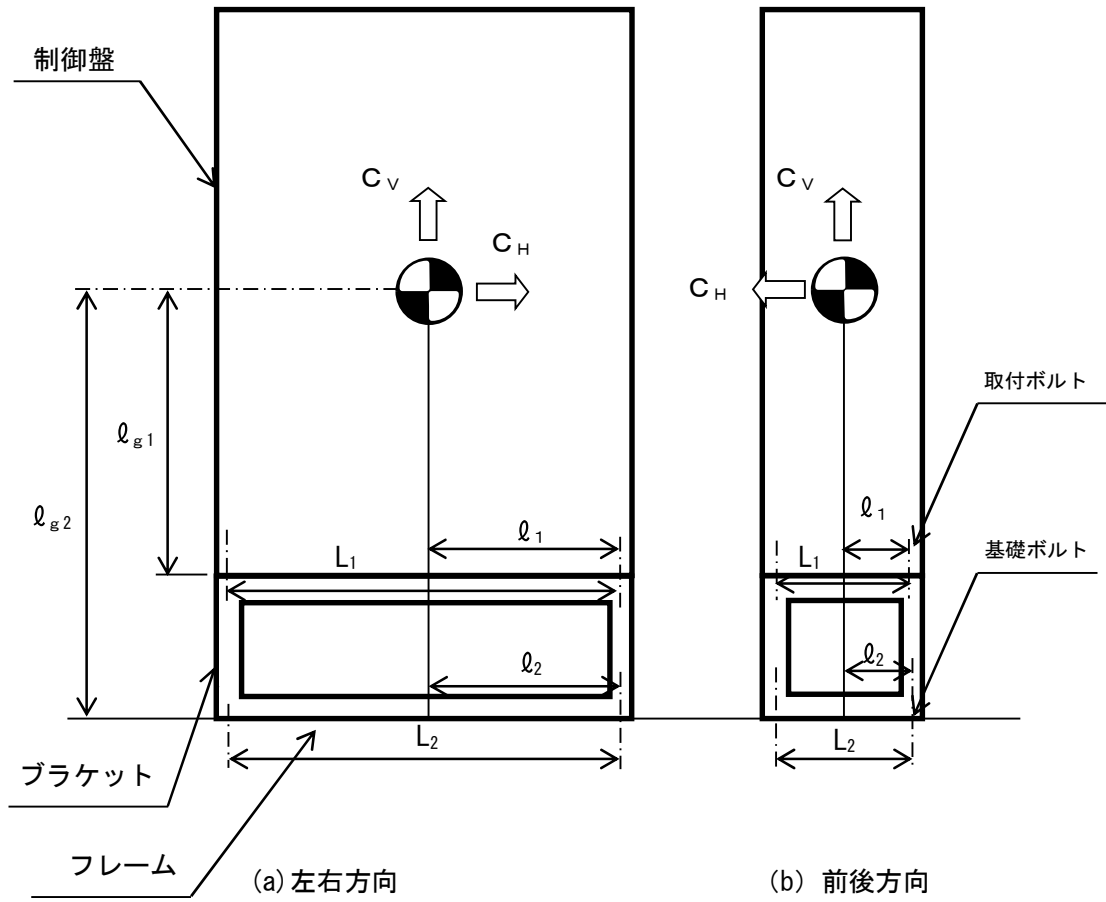


図 | 制御盤 取付ボルト強度評価モデル

NT2 補② V-2-10-1-1-5-6 R0

2.2.3 算出過程

評価は、JEAG4601 に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

(a) 左右方向

$$F_b = \frac{1}{L_1} \{m_1 \cdot a_H \cdot l_{g1} - m_1 \cdot (g - a_v) \cdot l_1\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_v = C_v \times g$$

(b) 前後方向

$$F_b = \frac{1}{L_1} \{m_1 \cdot a_H \cdot l_{g1} - m_1 \cdot (g - a_v) \cdot l_1\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_1 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

2.2.3.2 基礎ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

(a) 左右方向

$$F_b = \frac{1}{L_2} \{m_2 \cdot a_H \cdot \ell_{g2} - m_2 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_2\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(b) 前後方向

$$F_b = \frac{1}{L_2} \{m_2 \cdot a_H \cdot \ell_{g2} - m_2 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_2\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_2 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

3. 制御盤の機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内、制御盤の地震後機能維持評価について、以下に示す。

3.1 機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機制御盤と同型の制御盤が搭載されている常設代替高圧電源装置の加振試験を実施した。機能維持評価方法としては、緊急時対策所用発電機制御盤の設置エリアの最大加速度が常設代替高圧電源装置の加振試験で得られた制御盤の機能確認済加速度以下であることにより確認する。機能確認済加速度については第9表に示す。

第9表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	1.6
鉛直	2.3

4. 制御盤の耐震計算結果

発電機設備の制御盤の耐震計算結果を以降に示す。応力の発生値は評価基準値以下であり、耐震性を有することを確認した。また、設置エリアの加速度は機能維持確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所 緊急時対策所用発電制御盤（制御盤）の耐震計算書

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	取付ボルト、基礎ボルト 配置状態	取付ボルト、基礎ボルト 評価温度 (°C)
C (Ss)	□	矩形配置	50

2. 評価用加速度

減衰定数 (%)	設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)			設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
	水 平 (a _H) [*]		鉛 直 (a _V)	水 平 (a _H)	鉛 直 (a _V)
	左右 方向	前後 方向			
1.0	14.71	25.50	9.81	11.77	9.81

※水平（左右方向）は固有振動数 19.5Hz の値を用い、水平（前後方向）は固有振動数 11.25Hz の値を用いる。

3. 機器要目

評価部位	m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	ℓ _{g1} (mm)	ℓ _{g2} (mm)	A _b (mm ²)	n _b (本)	n _{f b} (本)		L ₁ (mm)		L ₂ (mm)		ℓ ₁ (mm)		ℓ ₂ (mm)	
							左右 方向	前後 方向	左右 方向	前後 方向	左右 方向	前後 方向	左右 方向	前後 方向	左右 方向	前後 方向
取付ボルト	120	—	550	—	78.5	6	2	3	640	210	—	—	320	105	—	—
基礎ボルト	—	170	—	850	113.0	4	2	2	—	—	640	180	—	—	320	90

4. 結果

4.1 取付ボルトの応力評価結果（許容応力状態Ⅳ_AS）

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
取付ボルト	引張	35	205	5.85	○
	せん断	7	157	22.42	○
	組合せ	35	205	5.85	○

4.2 基礎ボルトの応力評価結果（許容応力状態Ⅳ_AS）

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	引張	91	475	5.21	○
	せん断	10	366	36.60	○
	組合せ	91	475	5.21	○

4.3 制御盤の機能維持評価結果

項 目	評価用加速度 (×9.8m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水 平	1.2	1.6	○
鉛 直	1.0	2.3	○

5. 保護継電装置盤の耐震計算方法

5.1 基本事項

5.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

5.1.2 耐震計算の条件

保護継電装置盤の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 保護継電装置盤の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式ベースで評価する。
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (5) ボルトの減肉は考慮しないものとする。

5.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第10表に示す。

第 10 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_H	評価用水平地震力	—
K_V	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、保護継電装置盤の設置床面における設計用床応答曲線および常設代替高圧電源装置の加振試験での保護継電装置盤頂部における応答加速度により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第11表に示す。

第 11 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分 類	評価用水平地震力 (K_H)		評価用鉛直地震力 (K_V)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) および加振試験での応答加速度による地震力 (注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

5.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 12 表に示す。

第 12 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB(供用状態Cがある場合にはこれを含む。),又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB(供用状態Cがある場合にはこれを含む。),又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_b	ボルトに発生する引張応力	MPa
τ_{sb}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

(注) 基礎ボルトについては、雰囲気温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第13表に示す。

第 13 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルトの許容応力を第 14 表に示す。

また、評価する応力を第 15 表に示す。

第 14 表 基礎ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	支持構造物の 種類	許容 応力 状態	応力 分類	基礎ボルト		
				一次応力		
				引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス		$IV_A S$		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合、以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_{sb}, 1.5 f_t^*)$$

第 15 表 基礎ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
保護継電装置盤		σ_b	τ_{sb}

5.2 保護継電装置盤の耐震計算方法

5.2.1 記号の説明

保護継電装置盤の耐震計算に使用する記号を第16表に示す。

第16表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
F_{sb}	ボルトのせん断荷重	N
F_b	ボルト最大引張荷重	N
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_1	重心からボルト位置までの距離	mm
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離	mm
m_0	質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—

5.2.2 評価モデル図

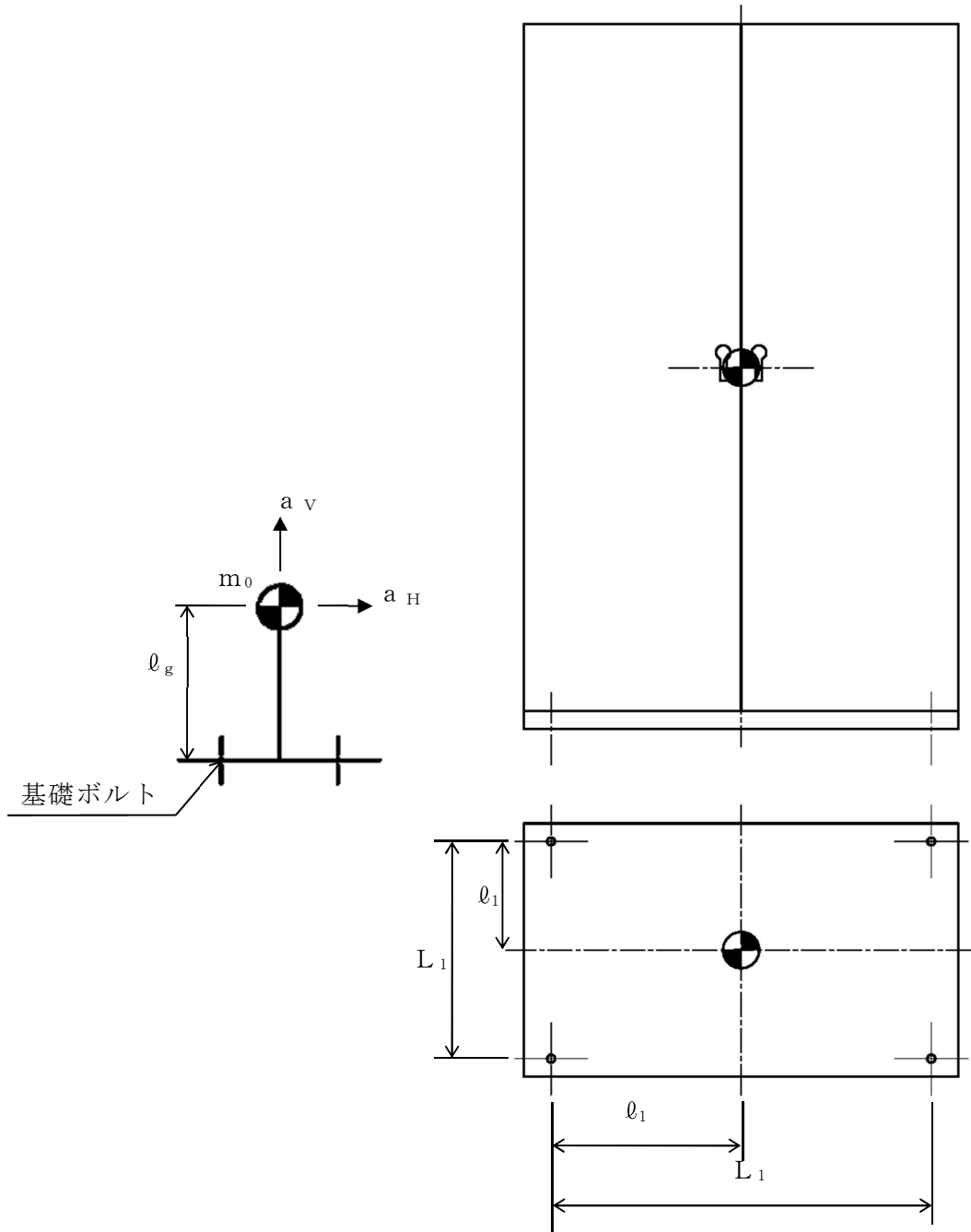


図 保護継電装置盤 基礎ボルト耐震評価モデル

5.2.3 算出過程

評価は、JEAG4601 に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

5.2.3.1 基礎ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

$$F_b = \frac{1}{L_1} \{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell_1\}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_v = C_v \times g$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

6. 保護継電装置盤の機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内、保護継電装置盤の地震後機能維持評価について、以下に示す。

6.1 機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤と同型の保護継電装置盤が搭載されている常設代替高圧電源装置の加振試験を実施した。機能維持評価方法としては、緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の設置エリアの最大加速度が常設代替高圧電源装置の加振試験で得られた保護継電装置盤の機能確認済加速度以下であることにより確認する。機能確認済加速度については第 17 表に示す。

第 17 表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	4.1
鉛直	5.5

7. 保護継電装置盤の耐震計算結果

発電機設備の保護継電装置盤（保護継電器盤および分岐盤）の耐震計算結果を以降に示す。応力の発生値は評価基準値以下であり、耐震性を有することを確認した。また、設置エリアの加速度は機能維持確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所 緊急時対策所用発電機制御盤（保護継電装置盤）の耐震計算書

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	基礎ボルト配置状態	基礎ボルト評価温度 (°C)
C (Ss)		矩形配置	50

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水 平 (a _H)	鉛 直 (a _V)	水 平 (a _H)	鉛 直 (a _V)
57.5	43.2	11.77	9.81

3. 機器要目

評価部位	m ₀ (kg)	ℓ _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (本)	n _{f b} (本)	L ₁ (mm)	ℓ ₁ (mm)
保護継電器盤 基礎 ボルト	840	975	201.0	4	2	765	382.5
分岐盤 基礎ボルト	480	975	201.0	4	2	550	275

4. 結果

4.1 保護継電器盤の応力評価結果（許容応力状態Ⅳ_AS）

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	引張	188	475	2.52	○
	せん断	61	366	6.00	○
	組合せ	188	475	2.52	○

4.2 分岐盤の応力評価結果（許容応力状態Ⅳ_AS）

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	引張	142	475	3.34	○
	せん断	35	366	10.45	○
	組合せ	142	475	3.34	○

4.3 保護継電器盤の機能維持評価結果

項 目	評価用加速度 (×9.8m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水 平	1.2	4.1	○
鉛 直	1.0	5.5	○

NT2 補② V-2-10-1-5-6 ROE

V-2-10-1-5-7 管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 設計用地震力	1
3. 標準支持間隔による配管の耐震計算結果	2

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、今回申請する緊急時対策所用発電機の配管(耐震Cクラス)について、標準支持間隔における耐震計算結果をまとめたものである。

2. 設計用地震力

本計算書において計算に使用する床応答曲線の種類及び減衰定数を次に示す。

機器名	建屋	床応答曲線 E L. (m)	減衰定数 (%)
緊急時対策所用発電機	緊急時対策所用発電機 燃料油貯蔵タンク 2A 燃料油貯蔵タンク 2B ～	屋外	<input type="text"/>
	緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B	緊急時対策所	<input type="text"/>
	緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B ～	緊急時対策所	<input type="text"/>
	緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B		<input type="text"/>
	緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B～ 緊急時対策所用発電機 内燃機関 2A 内燃機関 2B	緊急時対策所	<input type="text"/>

3. 標準支持間隔による配管の耐震計算結果

標準支持間隔を算定する配管の仕様を第1表「配管仕様」に示す。

配管の直管部標準支持間隔の耐震計算結果を第2表「直管部標準支持間隔(S₀地震時)(減衰定数0.5%)」に示す。

第1表 配管仕様

機器等の区分	機器名	材料	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ 当たりの質量 (保温材の有無) (kg/m)	番号
クラス区分外	緊急時対策所用発電機 燃料油貯蔵タンク 2A 燃料油貯蔵タンク 2B ～ 緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B	STPT370	0	45	60.5	3.9		1
								2
			0.5	45	60.5	3.9		3
								48.6
	緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B ～ 緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B	STPT370	0	45	48.6	3.7		5
								0.5
			7					
	緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B ～ 緊急時対策所用発電機 内燃機関 2A 内燃機関 2B	STPT370	0	45	27.2	2.9		8

第 2 表 直管部標準支持間隔 (S_s地震時) (減衰定数 0.5%)

建 屋	E L. (m)	材 料	外径 (mm)	保温材の有無	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				番 号	
						支 持 間 隔 (m)	固 有 振 動 数 (Hz)	一 次 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)		
屋外		STPT370	60.5							1	
緊急時対策所			60.5							2	
			60.5							3	
			48.6							4	
緊急時対策所		48.6	STPT370							48.6	5
		48.6								6	
		48.6								7	
緊急時対策所		STPT370	27.2							8	

NT2 補② V-2-10-1-5-7 ROE

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-738 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-5-54 計算機プログラム（解析コード）の概要・T A C F

目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）TACFについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付資料を示す使用状況一覧及び解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-3-4-1-2	原子炉圧力容器の応力計算書（その1）	
（ V -2-3-4-1-2 に含める）	下部鏡板の耐震性についての計算書 給水ノズル（N4）の耐震性についての計算書 スカート耐震性についての計算書	Ver. 0
V-2-3-4-1-3	原子炉圧力容器の応力計算書（その2）	
（ V -2-3-4-1-3 に含める）	胴板の耐震性についての計算書 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の耐震性についての計算書 再循環水出口ノズル（N1）の耐震性についての計算書 再循環水入口ノズル（N2）の耐震性についての計算書 主蒸気ノズル（N3）の耐震性についての計算書 炉心スプレイノズル（N5）の耐震性についての計算書 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル（N10）の耐震性についての計算書 低圧注水ノズル（N17）の耐震性についての計算書 上鏡スプレイノズル（N6）の耐震性についての計算書 ベントノズル（N7）の耐震性についての計算書 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル（N8）の耐震性についての計算書 計装ノズル（N11, N12, N16）の耐震性についての計算書 ドレンノズル（N15）の耐震性についての計算書	Ver. 0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	T A C F
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による応力解析
開発機関	バブコック日立(株)
開発時期	1982年
使用したバージョン	Ver. 0
コードの概要	<p>本解析コードは、有限要素法により、平面及び軸対称構造物の定常及び非定常温度分布を計算するプログラムである。</p> <p>温度分布計算は、領域を小さなメッシュに分割し、各メッシュについての熱平衡方程式をたて、定常問題は弛緩法により、非定常問題は微小時間でステップ毎の温度分布を順次求める方法による。</p> <p>境界条件としては、強制対流熱伝達のほか、自然対流熱伝達、輻射熱伝達等の非線型熱伝達も扱うことができる。</p> <p>要素として三角形要素及び四角形要素があり、任意の組合せで構造物をモデル化できる。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平板の1次元熱伝導の温度分布解析と、理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・T A C Fのマニュアルにより、今回の工認申請で使用する応力解析に、本解析コードが適用できることを確認している。 ・本解析コードは、これまで多くの既工事計画で使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

資料番号	TK-1-1245 改0
提出年月日	平成30年6月29日

工事計画に係る補足説明資料

補足-500-1【計算機プログラム（解析コード）の概要に係る
補足説明資料】

[V-5-54 計算機プログラム（解析コード）TACF]

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

1. 概要

本資料は、今回申請における添付書類「計算機プログラム（解析コード）の概要」において説明している解析コードについて、補足して説明するものである。

2. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	資料名	補足説明内容	備考
1	解析コードリスト（耐震・強度以外）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」、添付書類V-3「強度に関する説明書」以外の添付書類において使用した解析コードの補足説明	
2	解析コードリスト（耐震）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
3	解析コードリスト（強度）	添付書類V-3「強度に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
4	工事の計画*において使用された解析コードとのバージョンの差分について	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用された解析コードとバージョンが異なる解析コードの補足説明	
5	工事の計画*において使用実績のない解析コードリスト	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用実績のない解析コードの補足説明	
6	補足説明資料において使用している解析コードリスト	補足説明資料において使用した解析コードの補足説明	

*：他プラントを含む。また、自プラントについては工事計画認可及び工事計画届出とする。

2. 解析コードリスト (耐震) (1/1)

No.	解析コード名	製造元	使用したバージョン	最新バージョン	対象設備	使用目的	使用実績 (先行プラント含む)						関連添付書類			備考	
							実績	プラント名	対象工認件名	添付書類	バージョン	対象設備	使用目的	原子力産業界 一般産業界	目録番号		分類
追加	NOPS	バブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	シェル理論及びびり理論による応力計算	○						○	V-2-3-4-1-2	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その1)	(注1)
追加	NOPS	バブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	シェル理論及びびり理論による応力計算	○						○	V-2-3-4-1-3	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その2)	(注2)
追加	ASHSD2-B	米国カリフォルニア大学及びバブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	2次元有限要素法(軸対称モデル)による応力解析	○						○	V-2-3-4-1-2	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その1)	(注1)
追加	ASHSD2-B	米国カリフォルニア大学及びバブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	2次元有限要素法(軸対称モデル)による応力解析	○						○	V-2-3-4-1-3	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その2)	(注2)
追加	TACF	バブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	2次元有限要素法(軸対称モデル)による応力解析	○						○	V-2-3-4-1-2	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その1)	(注1)
追加	TACF	バブコック日立(株)	Ver.0	Ver.0	原子炉圧力容器	2次元有限要素法(軸対称モデル)による応力解析	○						○	V-2-3-4-1-3	機器・配管系	原子炉圧力容器の応力計算書(その2)	(注2)

注1：V-2-3-4-1-2に含める添付書類において適用するコード

目録番号	目録名称	NOPS	ASHSD2-B	TACF
(V-2-3-4-1-2に含める)	下部鏡板の耐震性についての計算書	○	○	○
	給水ノズル(N4)の耐震性についての計算書	○	○	○
	スカーットの耐震性についての計算書	—	○	○

注2：V-2-3-4-1-3に含める添付書類において適用するコード

目録番号	目録名称	NOPS	ASHSD2-B	TACF
(V-2-3-4-1-3に含める)	胴板の耐震性についての計算書	○	○	○
	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の耐震性についての計算書	○	○	○
	再循環水出口ノズル(N1)の耐震性についての計算書	○	○	○
	再循環水入口ノズル(N2)の耐震性についての計算書	○	○	○
	主蒸気ノズル(N3)の耐震性についての計算書	○	○	○
	炉心スプレイズ(N5)の耐震性についての計算書	○	○	○
	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル(N10)の耐震性についての計算書	○	○	○
	低圧注水ノズル(N17)の耐震性についての計算書	○	○	○
	上鏡スプレイズ(N6)の耐震性についての計算書	○	○	○
	ベントノズル(N7)の耐震性についての計算書	○	○	○
	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル(N8)の耐震性についての計算書	○	○	○
	計装ノズル(N11, N12, N16)の耐震性についての計算書	○	○	○
	ドレンノズル(N15)の耐震性についての計算書	○	○	○

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密または防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-708 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	11
4.1 設計荷重	11
4.2 材料及び許容応力	16
5. 応力計算	18
5.1 応力評価点	18
5.2 計算方針	19
5.3 座屈評価	24
6. 評価結果	26
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	26
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	31

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は原子炉格納容器の地震応答解析、応力評価により行う。

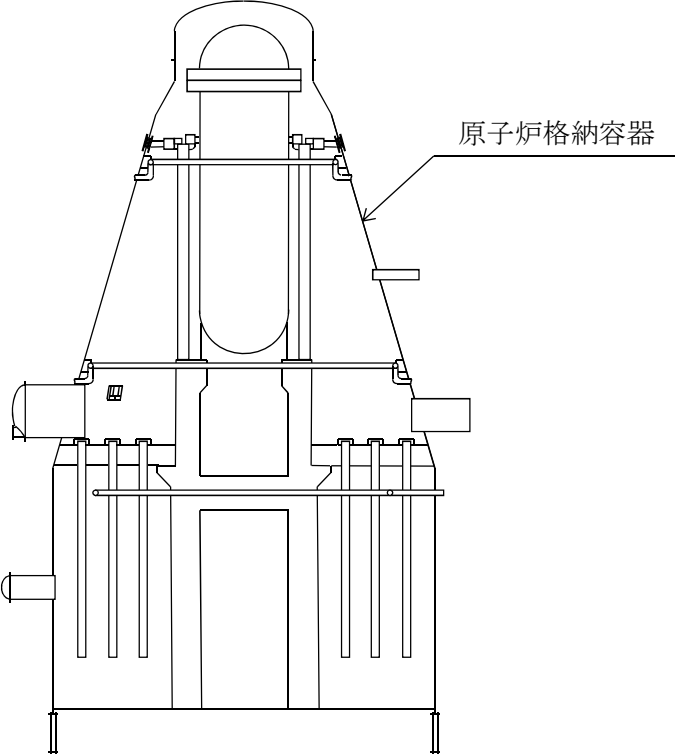
原子炉格納容器は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

原子炉格納容器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>・ [] 以下においてコンクリートに埋設されており、原子炉格納容器外側壁及び原子炉建屋の基礎と一体となっている。</p>	<p>・ 上部円錐胴部円筒形の鋼製容器（胴部内径約 [] 全高約 [] であり、板厚は [] である。</p> <p>原子炉格納容器の水平地震力はシアラグ及び原子炉格納容器下部より原子炉建屋に伝達される。</p>	

2.2 評価方針

- (1) 原子炉格納容器胴の応力評価は、東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は、実績のある三次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。また、J E A G 4 6 0 1 に基づき、軸圧縮荷重及び曲げモーメントによる座屈評価を行う。
- (2) 解析コードはN A S T R A Nを用いる。なお、評価に用いる解析コードN A S T R A N の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3. 形状及び主要寸法

原子炉格納容器胴の形状及び主要寸法を図 3-1 及び図 3-2 に，原子炉格納容器のドライウエルビームシートの形状及び主要寸法を図 3-3～図 3-7 に示す。

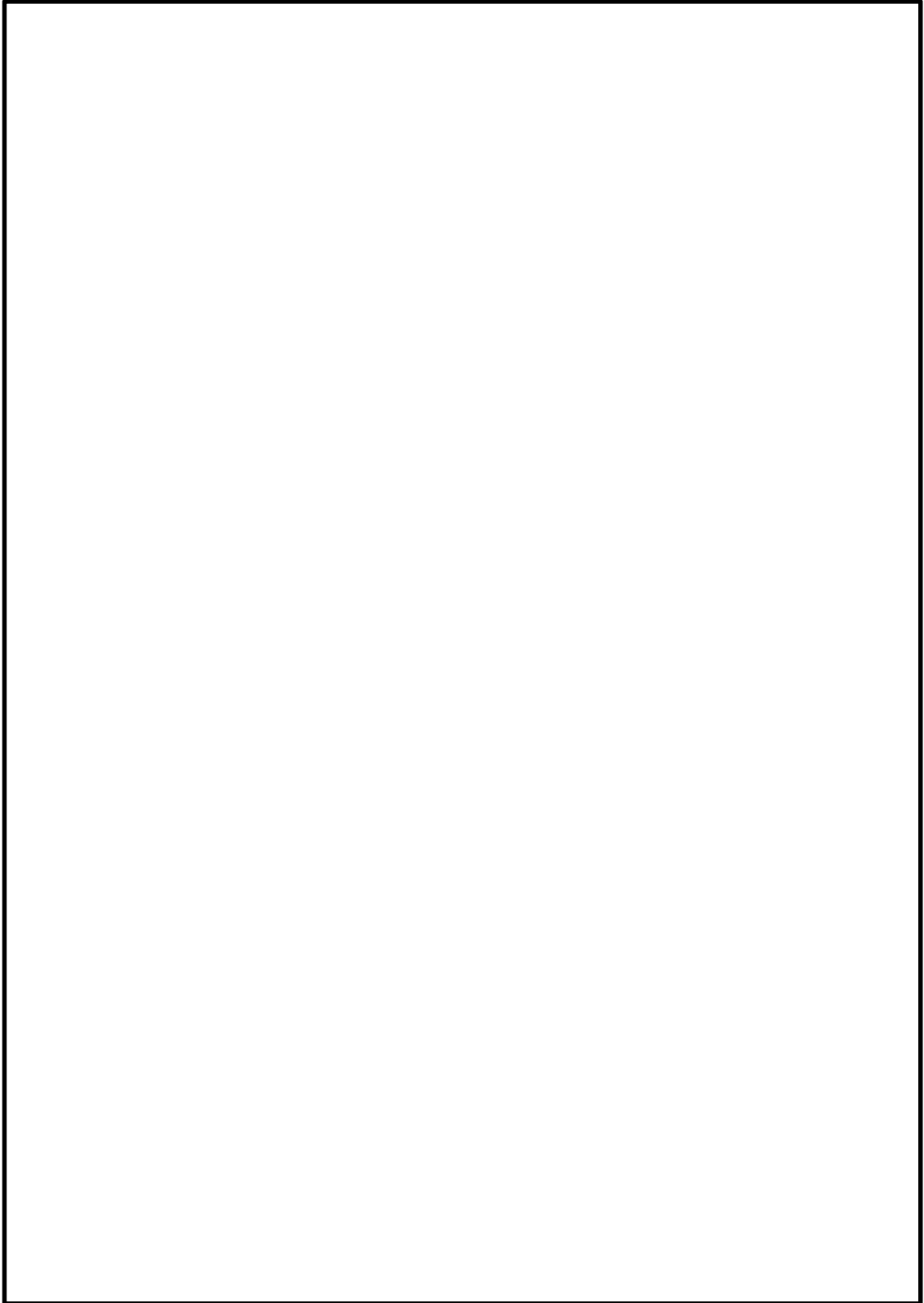


図 3-1 ドライウエル円錐部，サプレッションチェンバ円筒部の形状及び主要寸法（単位：mm）

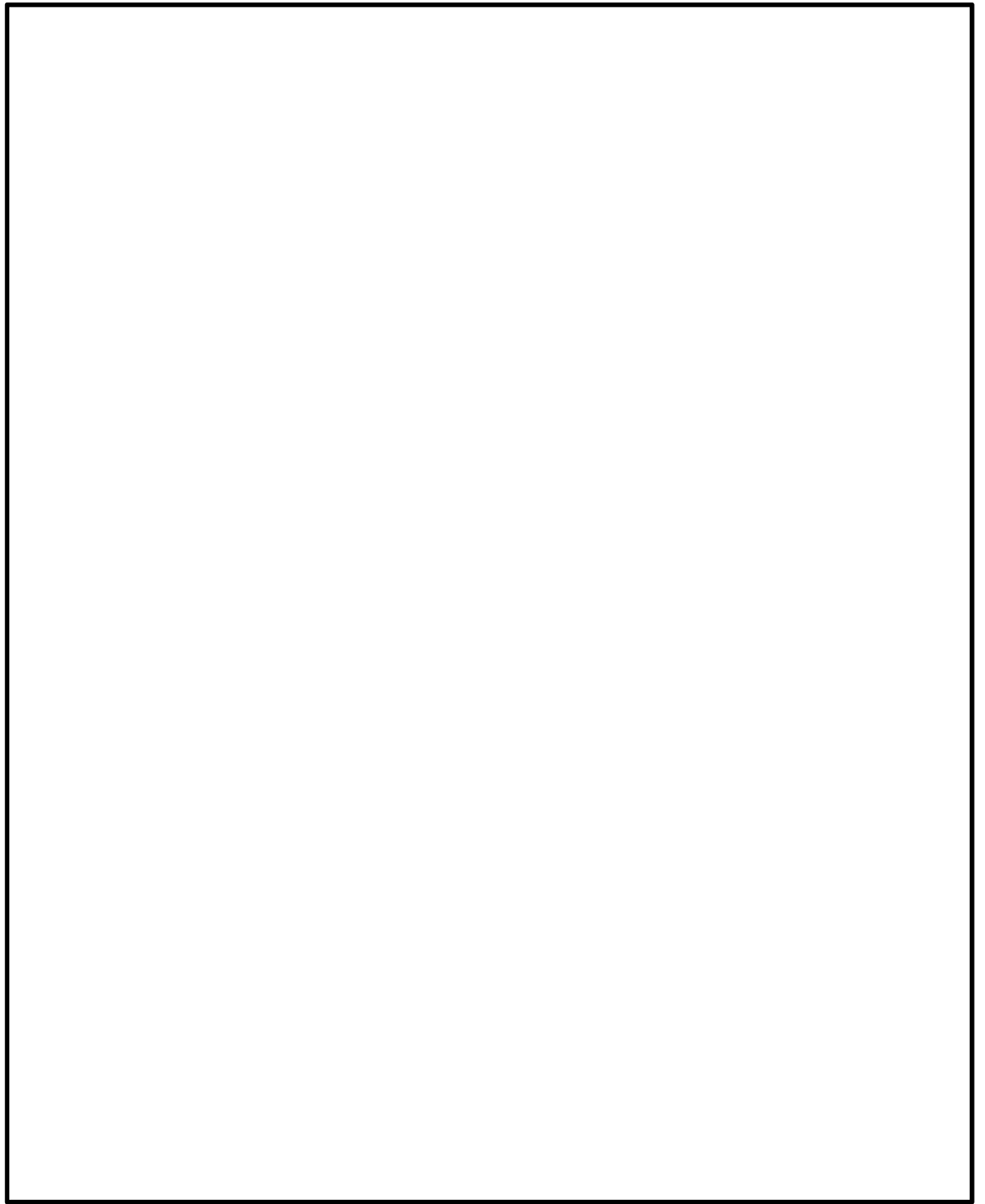
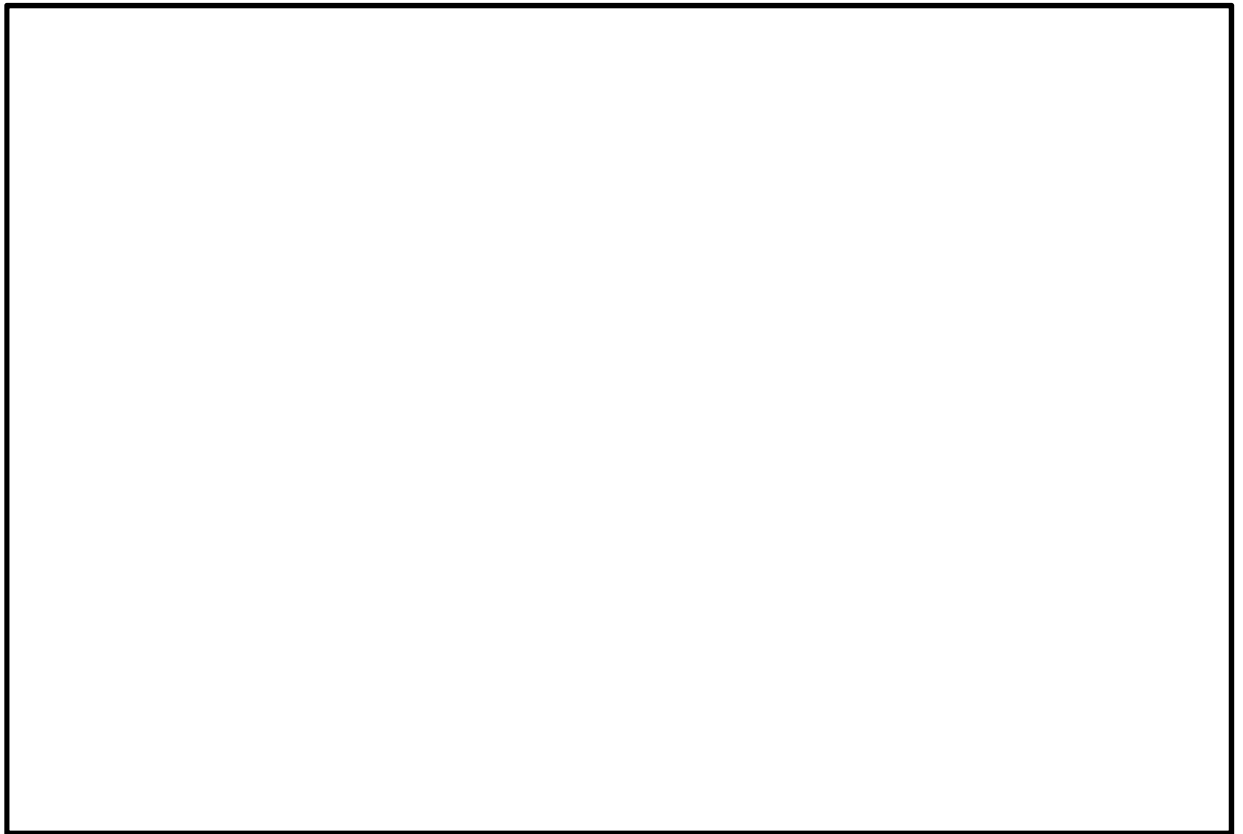


図 3-2 サプレッションチェンバ円筒部，サンドクッション部の形状及び主要寸法（単位：mm）



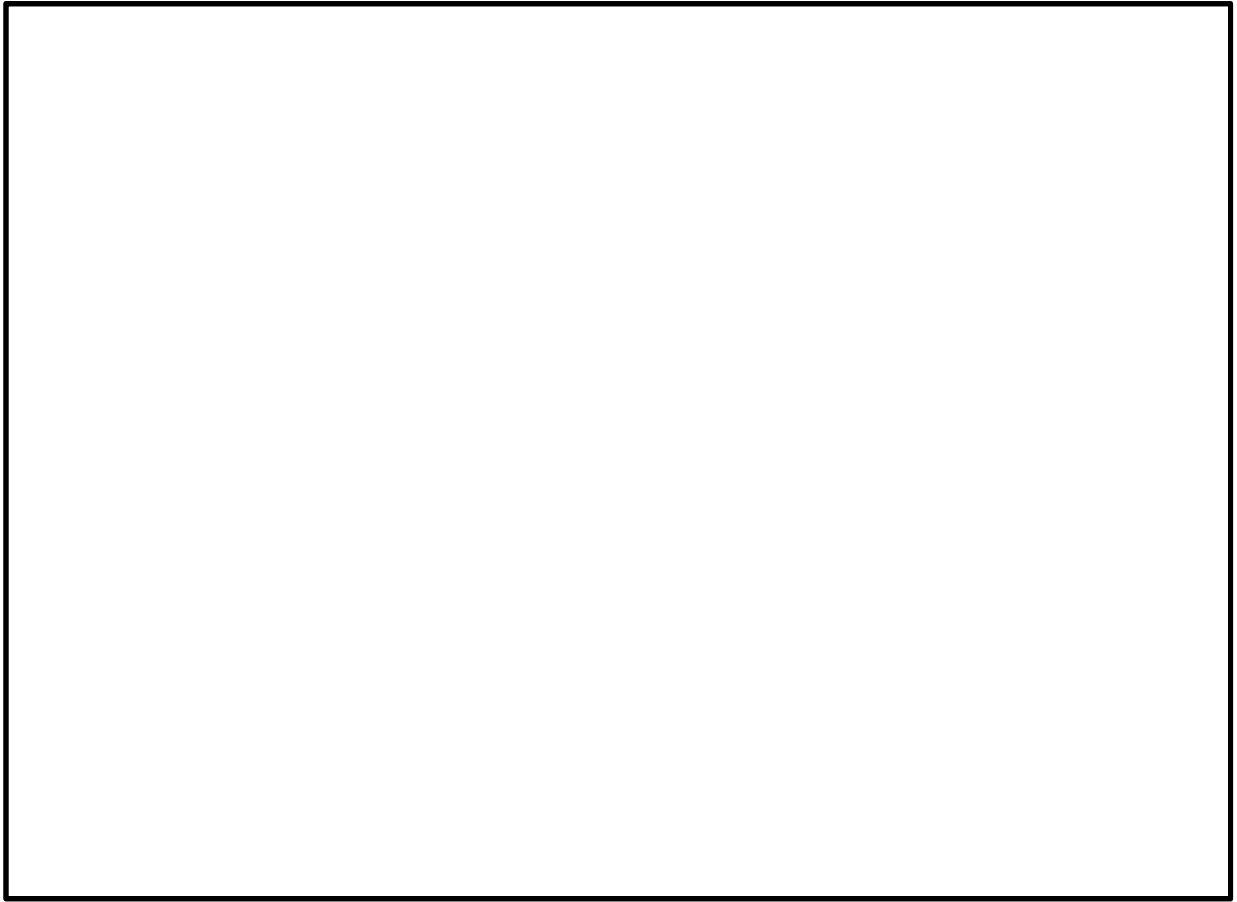
- ① 補強リング
- ② 側板
- ③ シートプレート
- ④ 下板
- Ⓟ 応力評価点

図 3-3 上段ビームシートの寸法及び名称 (単位: mm)



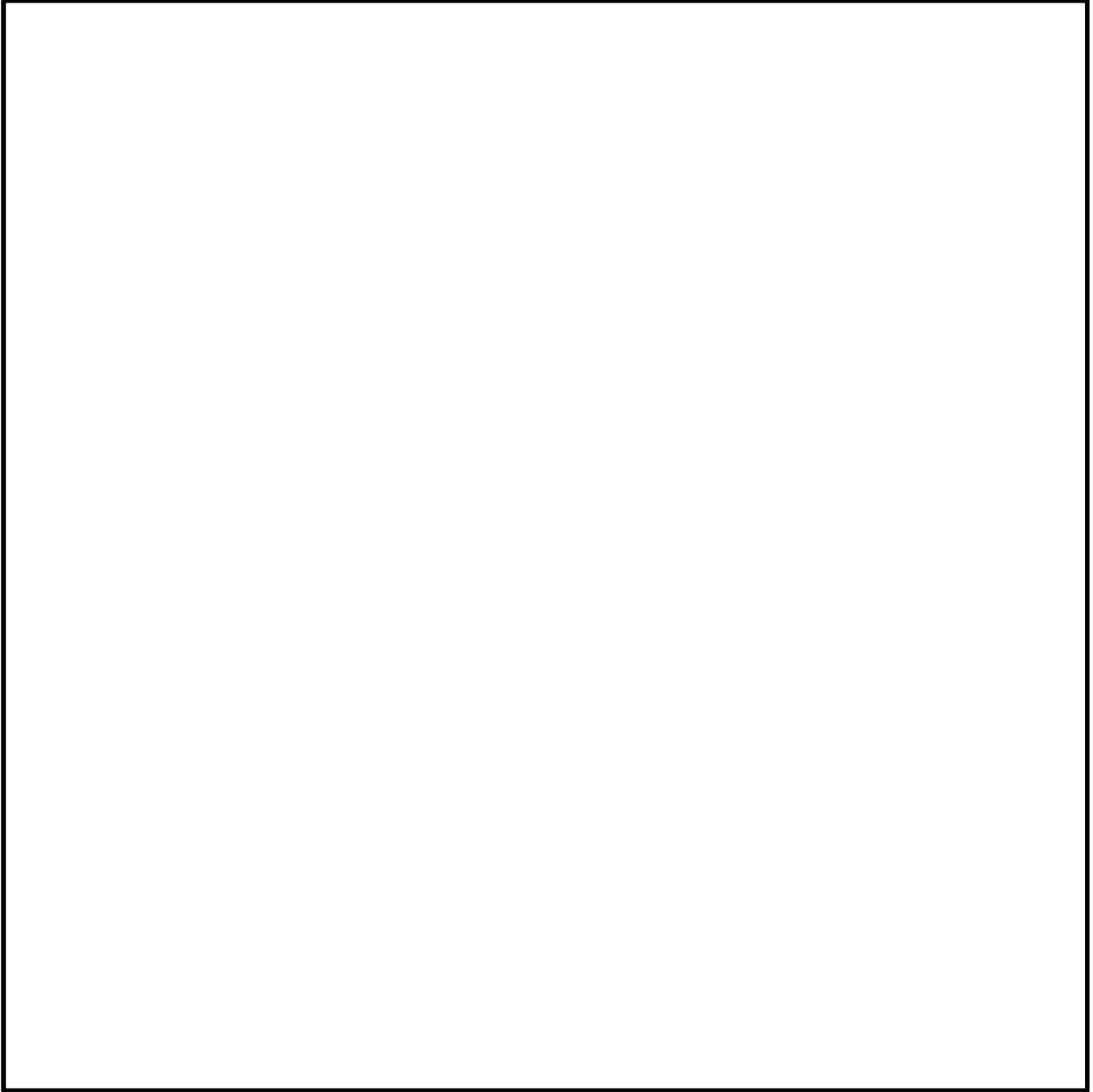
- ① 側板
- ② シートプレート
- ③ 下板
- Ⓟ 応力評価点

図 3-4 下段Aビームシート（補強板なし）の寸法及び名称（単位：mm）



- ① 側板
- ② シートプレート
- ③ 下板
- ④ 補強板
- ⓐ 応力評価点

図 3-5 下段A ビームシート及び補強板 (単位 : mm)



- ① 側板
- ② シートプレート
- ③ 下板
- ④ 補強板
- ⒫ P10 応力評価点

図 3-6 下段 B ビームシート及び補強板 (単位 : mm)

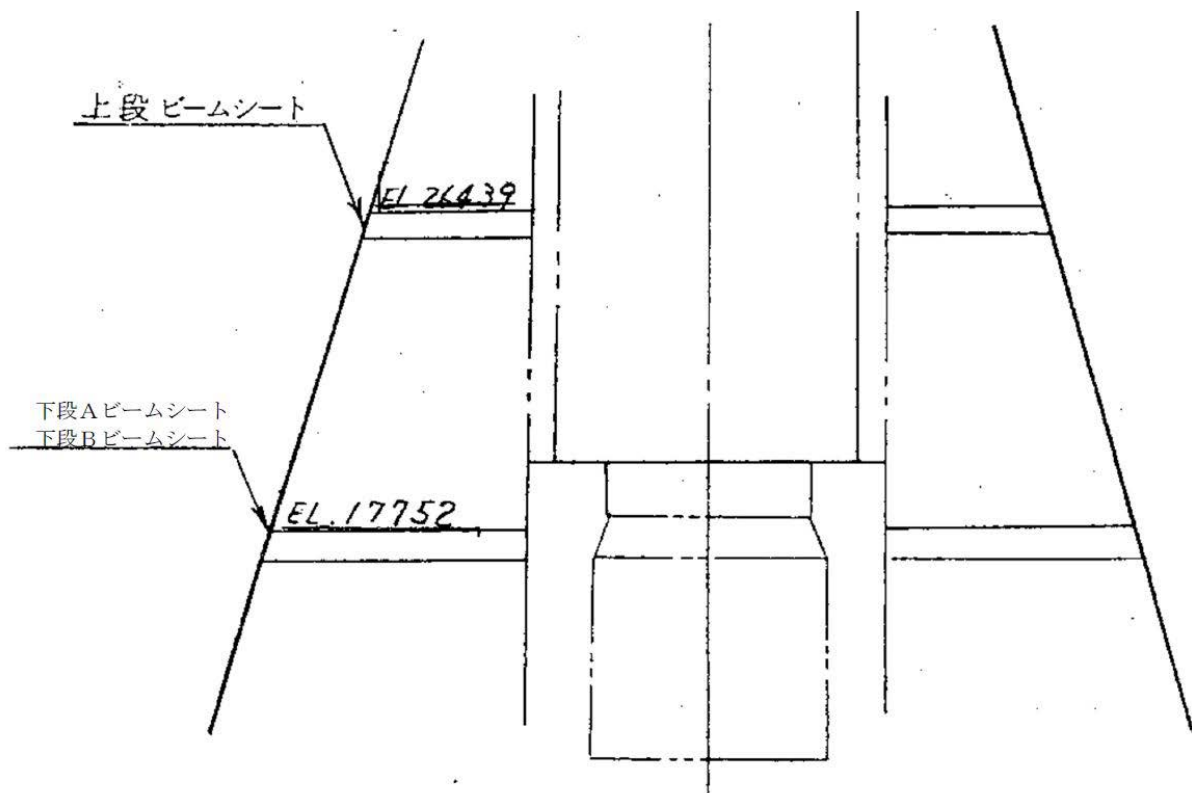


図3-7 ビームシートの位置 (単位: mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

a. ドライウエル

内圧 P_D	310 kPa
外圧 P_{D0}	14 kPa
温度 T_D	171 °C

b. サプレッションチェンバ

内圧 P_D	310 kPa
外圧 P_{D0}	14 kPa
温度 T_D	104.5 °C

(2) 冷却材喪失事故後の最大内圧 P_{DBA}

ドライウエル	255 kPa
サプレッションチェンバ	196 kPa

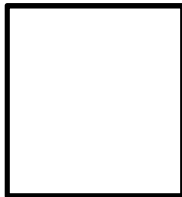
(3) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SA(L)}$	465 kPa (SA後長期)
内圧 $P_{SA(LL)}$	200 kPa (SA後長々期)
温度 $T_{SA(L)}$	171 °C (SA後長期)
温度 $T_{SA(LL)}$	150 °C (SA後長々期)

(4) 死荷重

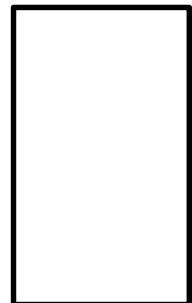
死荷重はドライウエル及びサプレッションチェンバ容器の自重及びシエルに取付くアダッチメントの重量を考慮したものである。死荷重の値が大きく変化する代表的応力評価点に対して荷重の大きさを示す。

- 点 P3
- 点 P4
- 点 P5
- 点 P6



(5) 活荷重

- 内部機器支持ビームから加わる荷重 (燃料交換時以外)
- 内部機器支持ビームから加わる荷重 (燃料交換時)
- イクイブメントハッチ床に加わる荷重
- パーソネルエアロック床に加わる荷重
- サプレッションチェンバ内のキャットウォークに加わる荷重
- 溶接パッドの支持荷重



(6) 水荷重

ドライウエル下フランジ・シールプレートに加わる荷重 (燃料交換時)

リングガーターにかかるサプレッションチェンバ内保有水重量



スプレイヘッド内保有水重量

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、下記の冠水水位による水頭圧を考慮する。

冠水水位

(7) 地震力による荷重

a. 原子炉格納容器胴

応力計算に用いる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 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、弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震力及び基準地震動 S_s による水平方向地震荷重のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表 4-1 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

応力評価点*	通常運転時			燃料交換時		
	鉛直荷重	地震荷重		鉛直荷重	地震荷重	
		S_d^*	S_s		S_d^*	S_s
P1	[Blank area for data entry]					
P2						
P3						
P4						
P5						
P6						

注記 * : 応力評価点の位置は図 3-1 及び図 3-2 参照。

表 4-2 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）

（単位：N）

応力評価点* ¹	重大事故等時		
	鉛直荷重	地震荷重	
		S d	S s
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			

注記 *1：応力評価点の位置は図 3-1 及び図 3-2 参照。

*2：座屈評価に用いる荷重。

表 4-3 水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

応力評価点*	S d*による地震荷重		S sによる地震荷重	
	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
P1				
P2				
P3				
P4				
P5				
P6				

注記 *：応力評価点の位置は図 3-1 及び図 3-2 参照。

表 4-4 水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

応力評価点*1	S _d による地震荷重		S _s による地震荷重	
	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
P1				
P2				
P3				
P4				
P5				
P6				

注記 *1：応力評価点の位置は図 3-1 及び図 3-2 参照。

*2：座屈評価に用いる荷重。

b. ビームシート

内部機器支持ビームからビームシートに加わる最大荷重を表 4-5 に示す。なお，下段ビームシートにおいて地震荷重の加わる 135°，315° の位置を下段 B としその他を下段 A とする。また，各取付位置における設計荷重を表 4-6 に示す。

表 4-5 最大荷重（設計基準対象施設）

取付位置	最大荷重 P (N)		荷重の組合せ
	S _d *	S _s	
上段			総荷重＋活荷重
下段 A			総荷重
下段 B			総荷重＋地震荷重
下段 B 補強板 取付部			下段 A に加わる最大荷重＋ 下段 B に加わる最大荷重＋ 2×地震荷重

表 4-6 各取付位置における設計荷重（設計基準対象施設）

取付位置	S d *			S s		
	半径方向 分力 P _n (N)	軸方向 モーメント ML(N・mm)	円周方向 モーメント Mc(N・mm)	半径方向 分力 P _n (N)	軸方向 モーメント ML(N・mm)	円周方向 モーメント Mc(N・mm)
	上段					
下段A						
下段B						
下段B補強板 取付部						

c. ビームシートと原子炉格納容器の取付部

原子炉格納容器に加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重を表 4-7 に示す。水平方向地震荷重を表 4-8 に示す。

表 4-7 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

取付位置	通常運転時		燃料交換時			
	鉛直荷重	地震荷重		鉛直荷重	地震荷重	
		S d *	S s		S d *	S s
上段						
下段						

表 4-8 水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

取付位置	S d *による地震荷重		S sによる地震荷重	
	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
上段				
下段				

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

ドライウェル円錐部シェル		(SGV480 相当)
サプレッションチェンバ円筒部シェル		(SGV480 相当)
ビームシート		(SGV480 相当)

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-9 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-10 に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-11 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-12 に示す。

表4-9 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	原子炉格納容器胴及 びドライウェルビー ムシートと原子炉格 納容器胴との接合部	S	クラス MC 容器	D + P + M + S _d *	Ⅲ _A S
					D + P + M + S _s	Ⅳ _A S
					D + PL + ML + S _d *	Ⅳ _A S

表4-10 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉 格納施設	原子炉 格納容器	原子炉格納容器胴	常設耐震/ 防止 常設 ／緩和	重大 事故等 クラス2 容器	D + P _{SALL} + M _{SALL} + S _s	V _A S（V _A Sと してⅣ _A Sの許 容限界を用い る。）
					D + P _{SAL} + M _{SAL} + S _d	V _A S（V _A Sと してⅣ _A Sの許 容限界を用い る。）

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

表4-11 許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> (SGV480 相当)	171	Ⅲ _A S	—	344	393
		Ⅳ _A S	—	380	393
	104.5	Ⅲ _A S	237	356	393
		Ⅳ _A S	258	387	393

表4-12 許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> (SGV480 相当)	150	V _A S	254	381	393
	171	V _A S	253	380	393

5. 応力計算

5.1 応力評価点

原子炉格納容器胴の形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1, 図 3-1 ~図 3-6 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P1	円筒部と円錐部の接合部
P2	円錐部の角度変化部
P3	円錐部の板厚変化部
P4	円錐部と円筒部の接合部
P5	円筒部（中央部）
P6	底部のフランジプレートとの接合部
P7	上段ビームシートとの接合部
P8	下段Aビームシート（補強板なし）との接合部
P9	下段Aビームシート（補強板あり）との接合部
P10	下段Bビームシートとの接合部

5.2 計算方針

各荷重により原子炉格納容器胴に生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。原子炉格納容器の計算モデルを図5-1～5-5に示す。

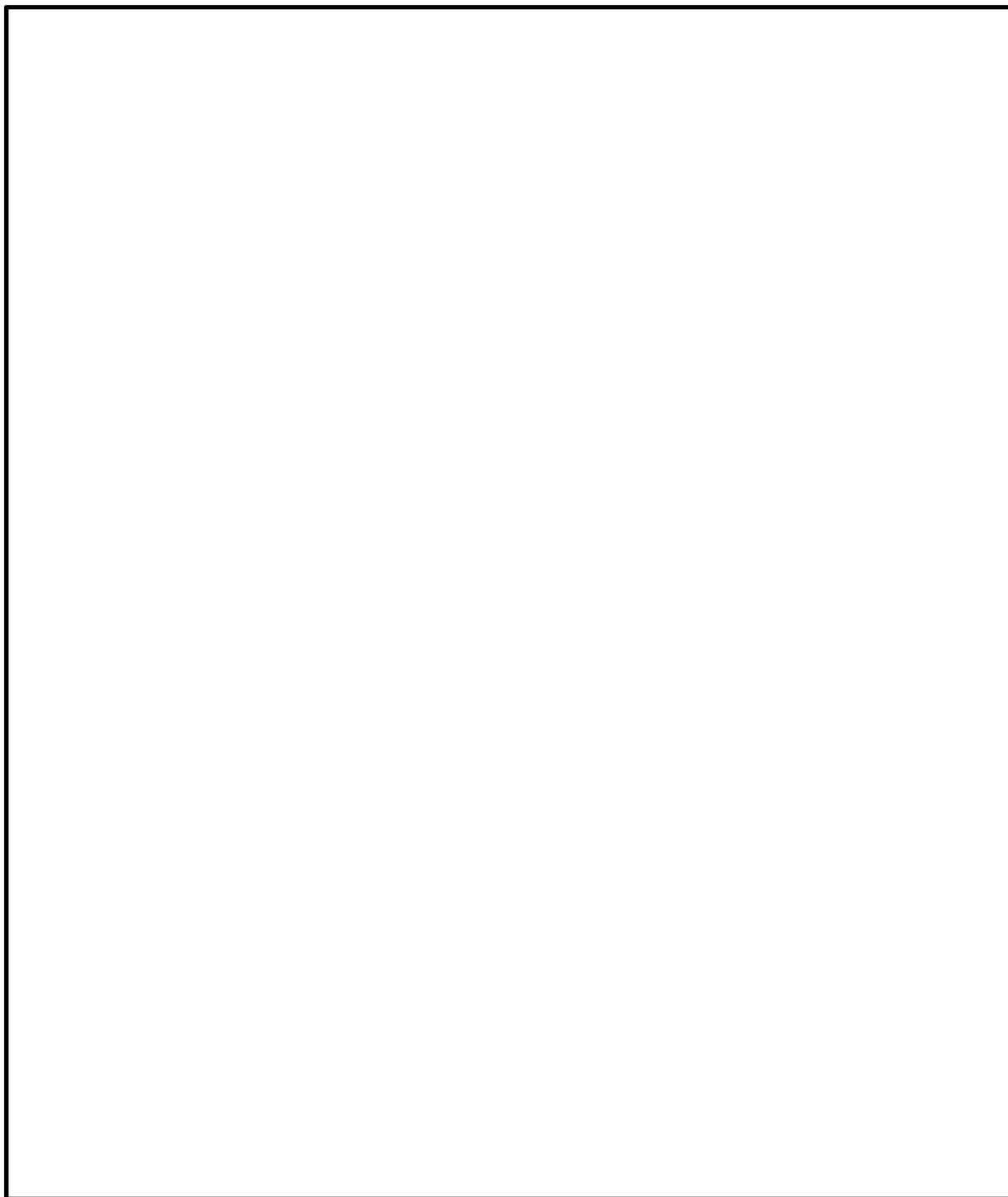


図5-1 計算モデル

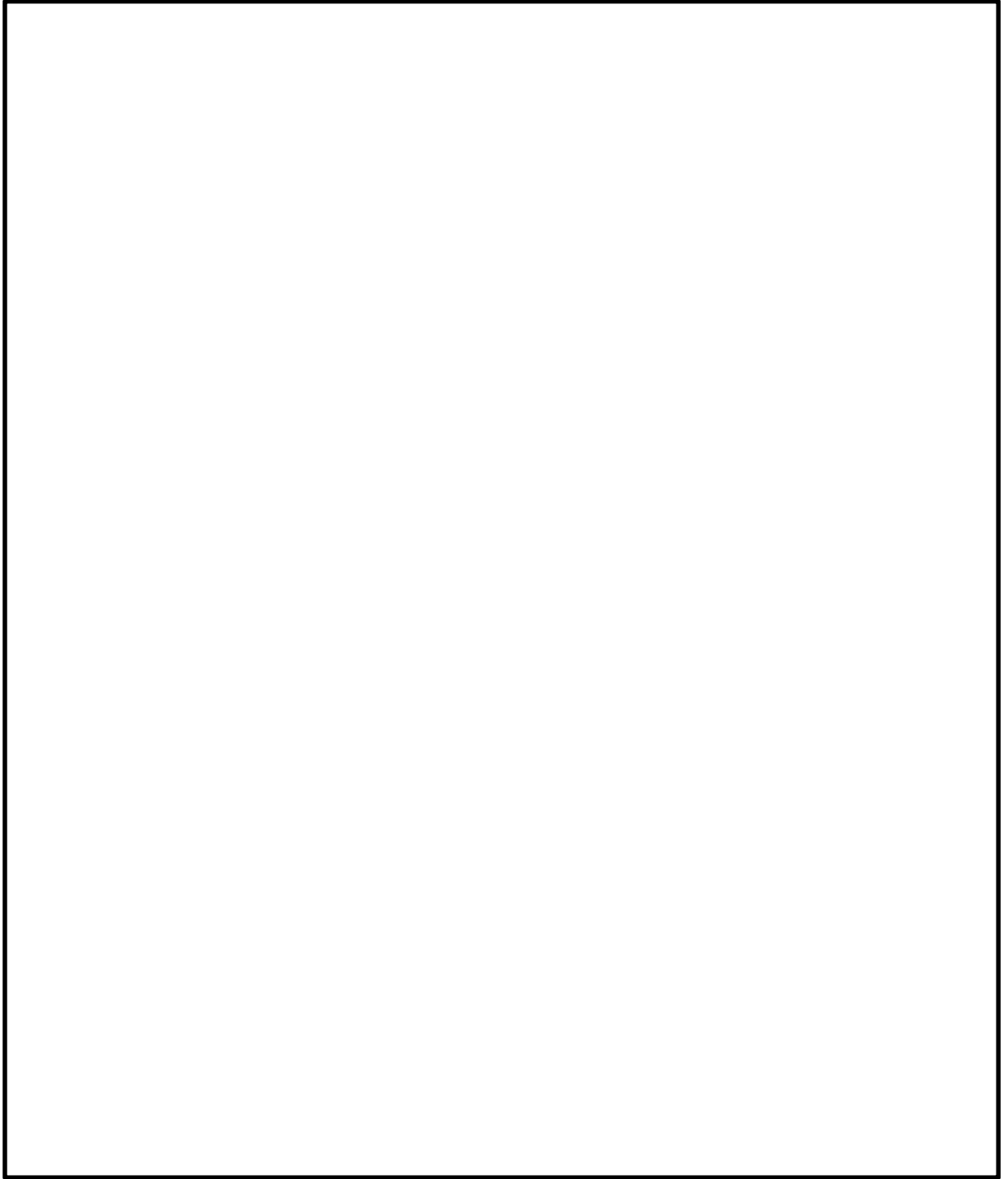


図 5-2 上段ビームシートの解析モデル

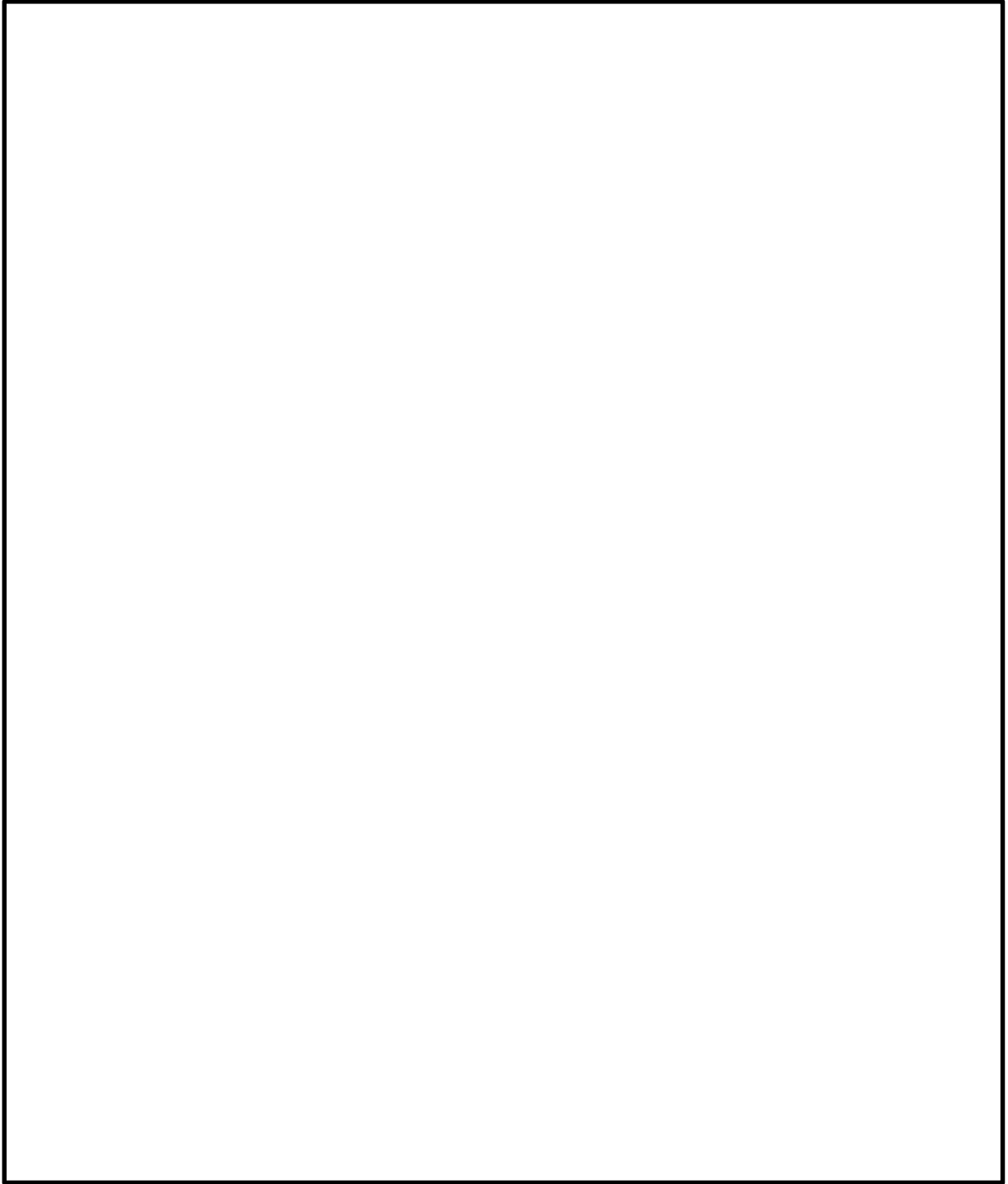


図 5-3 下段Aビームシート（補強板なし）の解析モデル

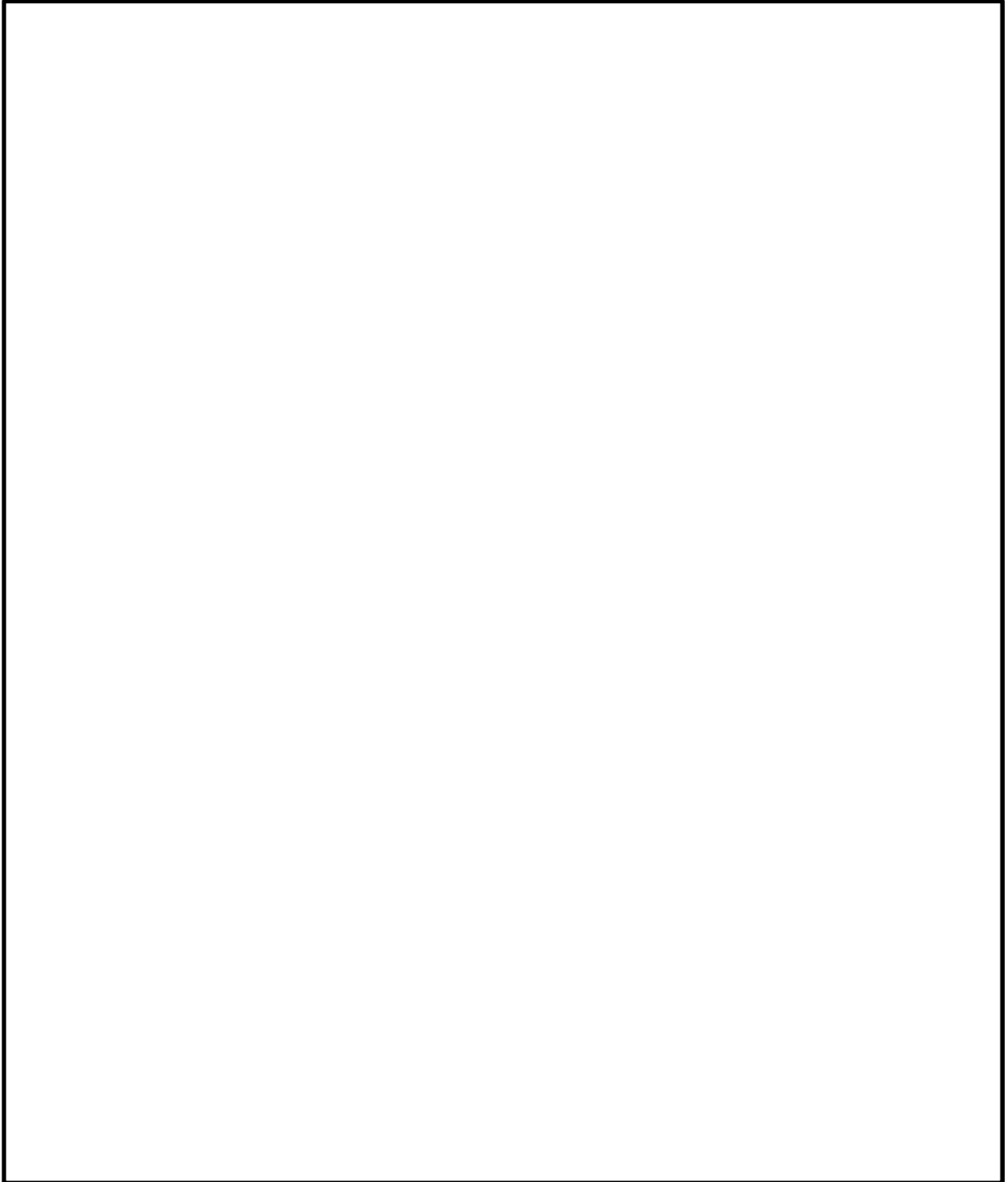


図 5-4 下段Aビームシート（補強板あり）の解析モデル

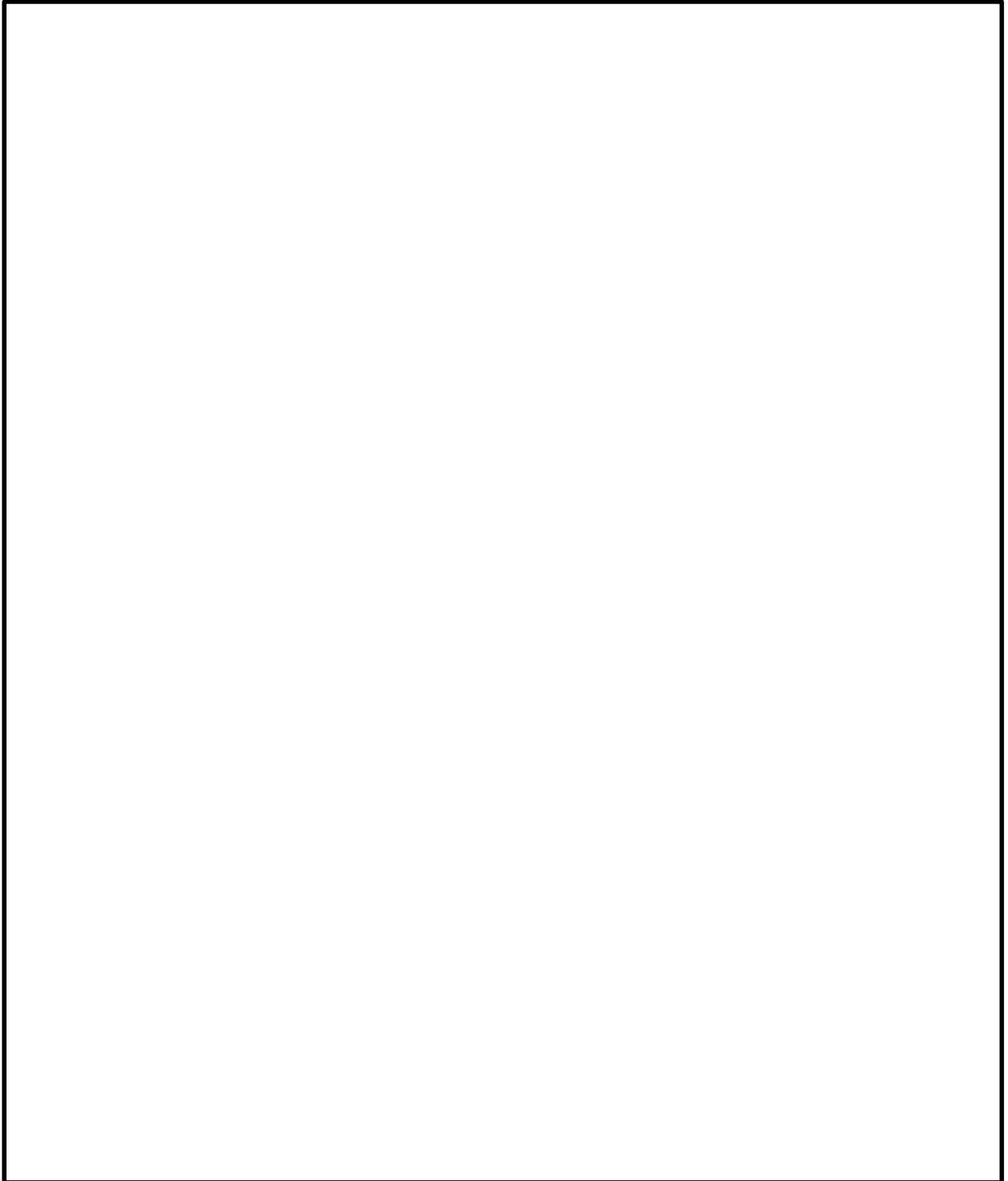


図 5-5 下段B ビームシート（補強板あり）の解析モデル

5.3 座屈評価

(1) 評価荷重

応力評価点 P6 の座屈評価に用いる地震荷重を以下に示す。

a. 設計基準対象施設としての評価荷重

$$\begin{array}{ll} \text{軸圧縮荷重} & P = \boxed{} \\ \text{曲げモーメント} & M = \boxed{} \end{array}$$

b. 重大事故等対処設備としての評価荷重

$$\begin{array}{ll} \text{軸圧縮荷重} & P = \boxed{} \\ \text{曲げモーメント} & M = \boxed{} \end{array}$$

(2) 評価式

応力評価点 P6 に対する地震時における評価は、以下の評価式を用いて行う。

$$\frac{\alpha \cdot (P/A)}{f_c} + \frac{\alpha \cdot (M/Z)}{f_b} \leq 1.0$$

ここで、

A : 断面積 (mm²)

Z : 断面係数 (mm³)

f_c : 軸圧縮荷重に対する座屈応力で、次の計算式により計算した値 (MPa)

$$f_c = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{1}{6800g} (F - \Phi_c \{\eta_2\}) (\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \Phi_c \{\eta\} & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで、

$$\Phi_c \{\eta\} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta} \right) \right\} \right]$$

f_b : 曲げモーメントに対する座屈応力で、次の計算式により計算した値 (MPa)

$$f_b = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{1}{8400g} (F - \Phi_b \{\eta_3\}) (\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \\ \Phi_b \{\eta\} & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

ここで、

$$\Phi_b \{\eta\} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta} \right) \right\} \right]$$

α : 安全率で次に規定する値。許容応力状態ⅢAS及びⅣASに対して、

$$\alpha = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13600g} (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta_2 \leq \eta) \end{cases}$$

E : 材料の縦弾性係数 (MPa)

t : 円筒の板厚 (mm)

R : 円筒の平均半径(mm)

η : R / t

η_1 : 1200 g / F

η_2 : 8000 g / F

η_3 : 9600 g / F

g : 重力加速度

F : 設計・建設規格 SSB-3121.1 において定める F の値(MPa)

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉格納容器胴の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-9 に示す荷重の組合せのうち， $D + P + M + S_s$ 及び $D + P_L + M_L + S_{d^*}$ の評価について，それぞれ発生値が高い方の評価を記載している。

(2) 許容応力状態ⅢASに対する評価

許容応力状態ⅢASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-9 に示す荷重の組合せのうち， $D + P + M + S_{d^*}$ の評価について評価を記載している。

表 6-1 許容応力状態IVASに対する評価結果 (D+P+M+S_s 又はD+P_L+M_L+S_d*) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器胴	P1	円筒部と円錐部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	131	380	○	②*
			一次+二次応力	144	393	○	①*
	P2	円錐部の角度変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	73	380	○	①*
			一次+二次応力	156	393	○	①*
	P3	円錐部の板厚変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	86	380	○	②*
			一次+二次応力	90	393	○	①*
	P4	円錐部と円筒部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	112	387	○	①*
			一次+二次応力	284	393	○	①*
	P5	円筒部 (中央部)	一次一般膜応力	82	258	○	②*
			一次膜応力+一次曲げ応力	82	387	○	②*
			一次+二次応力	98	393	○	①*
	P6	底部のフランジプレートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	66	387	○	①*
			一次+二次応力	186	393	○	①*
			座屈	0.59	1	○	①*/単位 なし

表 6-1 許容応力状態IVASに対する評価結果 (D+P+M+S_s 又はD+P_L+M_L+S_d*) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器胴	P7	上段ビームシートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	116	380	○	②*
			一次+二次応力	286	393	○	①*
	P8	下段Aビームシート (補強板なし)との接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	112	380	○	②*
			一次+二次応力	324	393	○	①*
	P9	下段Aビームシート (補強板あり)との接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	106	380	○	②*
			一次+二次応力	210	393	○	①*
	P10	下段Bビームシートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	128	380	○	②*
			一次+二次応力	544	393	×*	①*
			疲労評価	0.821	1	○	単位なし

注記 * : ① : D+P+M+S_s / ② : D+P_L+M_L+S_d*における結果を示す。

P10の一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、設計・建設規格 (J S M E S N C 1 -2005) PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。

表 6-2 許容応力状態ⅢAS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅢAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器胴	P1	円筒部と円錐部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	47	344	○	
			一次+二次応力	88	393	○	
	P2	円錐部の角度変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	54	344	○	
			一次+二次応力	96	393	○	
	P3	円錐部の板厚変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	31	344	○	
			一次+二次応力	42	393	○	
	P4	円錐部と円筒部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	70	356	○	
			一次+二次応力	140	393	○	
	P5	円筒部 (中央部)	一次一般膜応力	37	237	○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	37	356	○	
			一次+二次応力	52	393	○	
	P6	底部のフランジプレートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	42	356	○	
			一次+二次応力	102	393	○	
			座屈	0.59	1	○	①*/単位なし

表 6-2 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S_d*) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器胴	P7	上段ビームシートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	61	344	○	
			一次+二次応力	216	393	○	
	P8	下段Aビームシート (補強板なし)との接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	50	344	○	
			一次+二次応力	218	393	○	
	P9	下段Aビームシート (補強板あり)との接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	47	344	○	
			一次+二次応力	130	393	○	
	P10	下段Bビームシートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	61	344	○	
			一次+二次応力	370	393	○	

注記 * : ① 保守的に (D + P + M + S_s) の評価結果を記載する。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器胴の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態V_{AS}に対する評価

許容応力状態V_{AS}に対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-10 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ 及び $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ の評価について、それぞれ発生値が高い方の評価を記載している。

表 6-3 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s 又は D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	VAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器胴	P1	円筒部と円錐部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	232	380	○	②*
			一次+二次応力	92	393	○	①*
	P2	円錐部の角度変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	71	380	○	②*
			一次+二次応力	120	393	○	①*
	P3	円錐部の板厚変化部	一次膜応力+一次曲げ応力	156	380	○	②*
			一次+二次応力	88	393	○	①*
	P4	円錐部と円筒部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	157	380	○	②*
			一次+二次応力	278	393	○	①*
	P5	円筒部 (中央部)	一次一般膜応力	227	253	○	②*
			一次膜応力+一次曲げ応力	227	380	○	②*
			一次+二次応力	146	393	○	①*
	P6	底部のフランジプレートとの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	94	380	○	②*
			一次+二次応力	304	393	○	①*
			座屈	0.98	1	○	①*/単位なし

注記 * : ① : D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s / ② : D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d における結果を示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密または防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-890 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-9-2-2-1-1 格納容器スプレイヘッドの基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・ 評価条件整理表

格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）

格納容器スプレイヘッダNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
A	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
B	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
C	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
D	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）

格納容器スプレイヘッダNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
E	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
F	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.45	76.7	3.45	148	有	S45告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・適用規格の選定

管 No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
A	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
B	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
C	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
D	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
F	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
—	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目次

1. 緒言	1
2. 形状及び主要寸法	2
3. 設計条件	7
3.1 設計荷重	7
3.2 材料及び許容応力	7
4. 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）（上部）	8
4.1 管	8
4.2 案内管	8
4.3 穴の補強の要否	9
5. 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）（下部）	10
5.1 管	10
5.2 案内管	10
5.3 穴の補強の要否	11
6. 格納容器スプレイヘッダ（サプレッションチェンバ側）	12
6.1 管	12
6.2 案内管	12
6.3 穴の補強の要否	13

1. 緒言

本計算書は、格納容器スプレイヘッドの基本板厚計算書である。

本計算書においては、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）を適用して評価する。

以下の計算において使用するすべての記号は、適用規格に定義されているものと同様とし、適宜補足する。

2. 形状及び主要寸法

格納容器スプレイヘッドの形状及び主要寸法を図2-1～図2-5に示す。

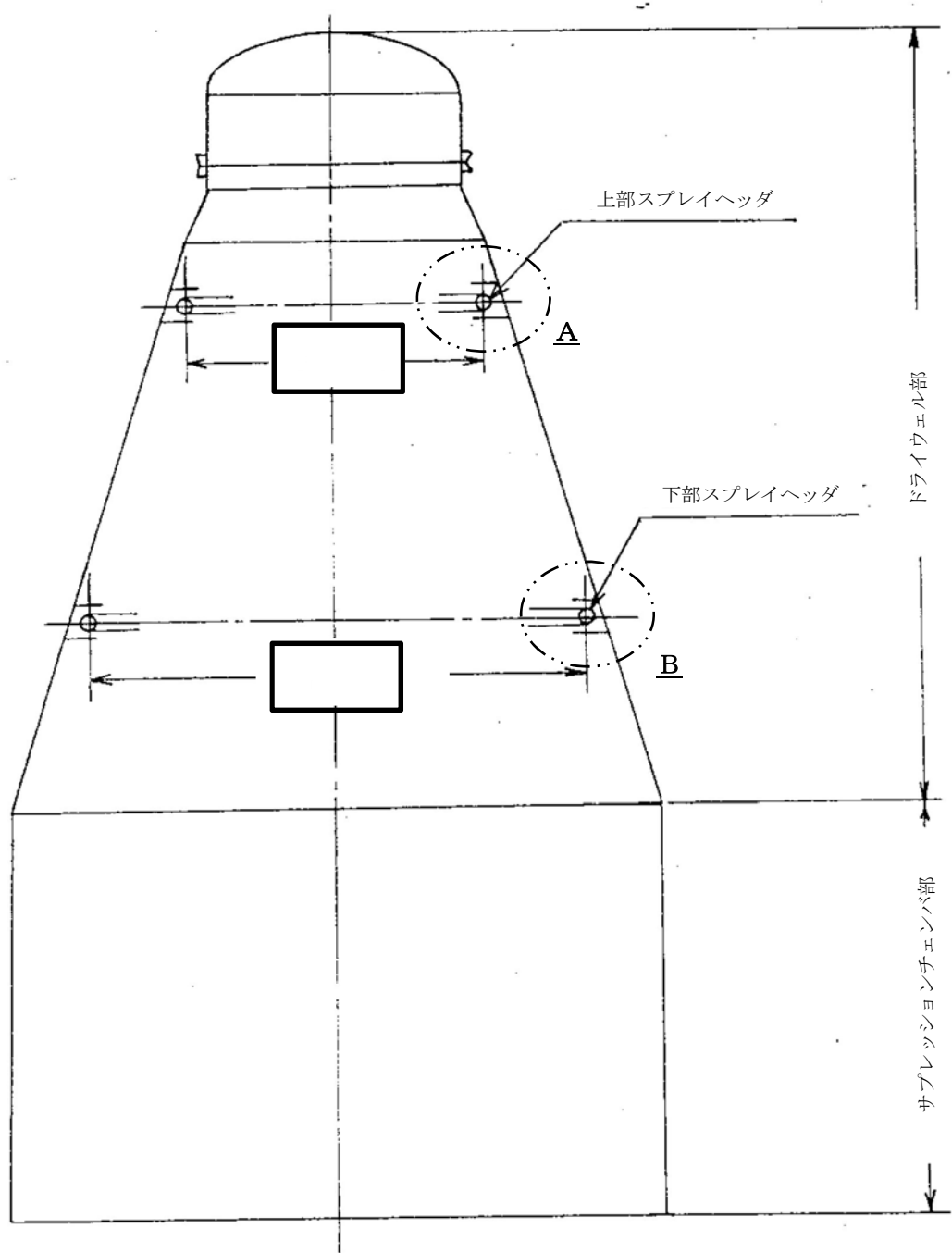


図2-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）の形状及び主要寸法（単位：mm）

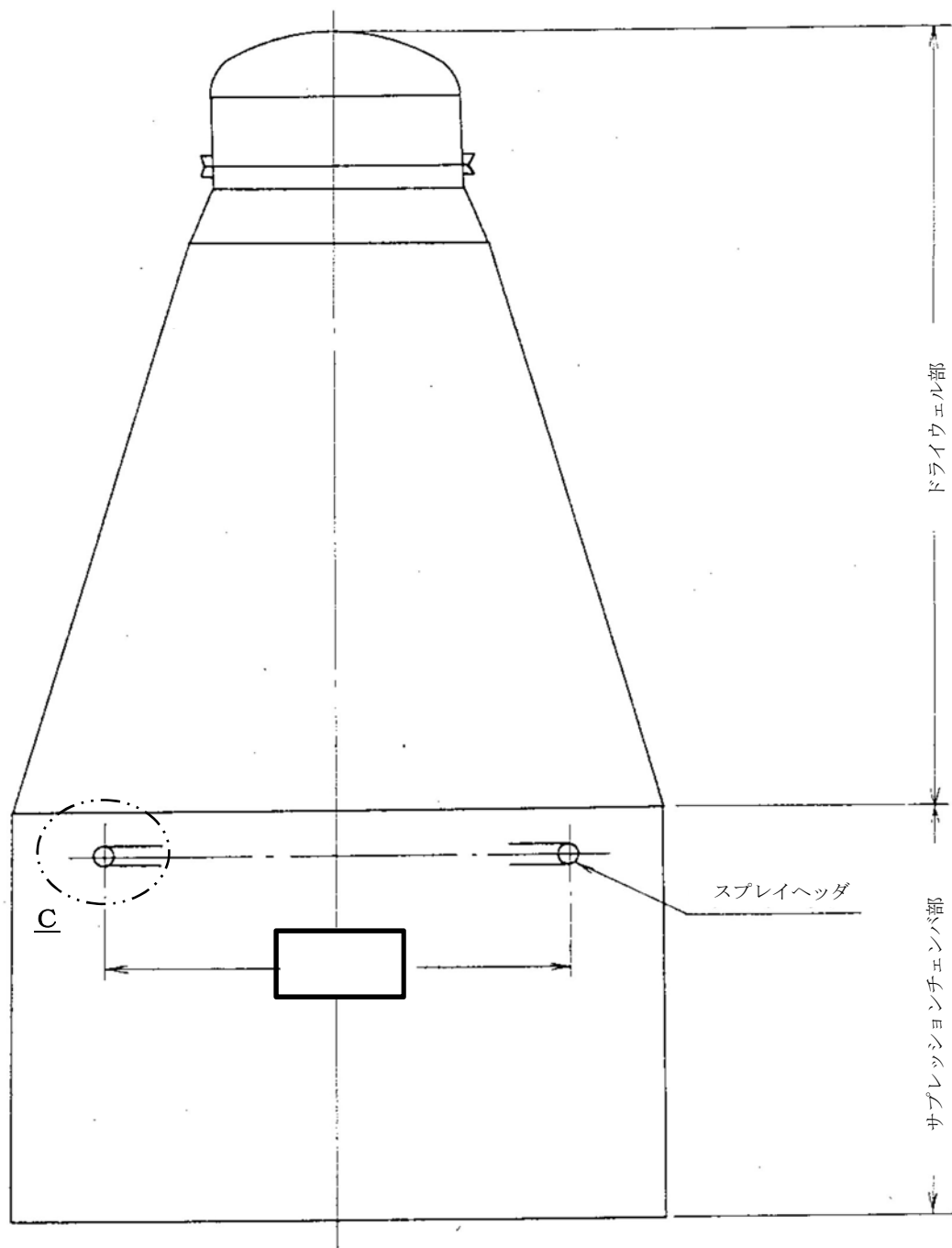
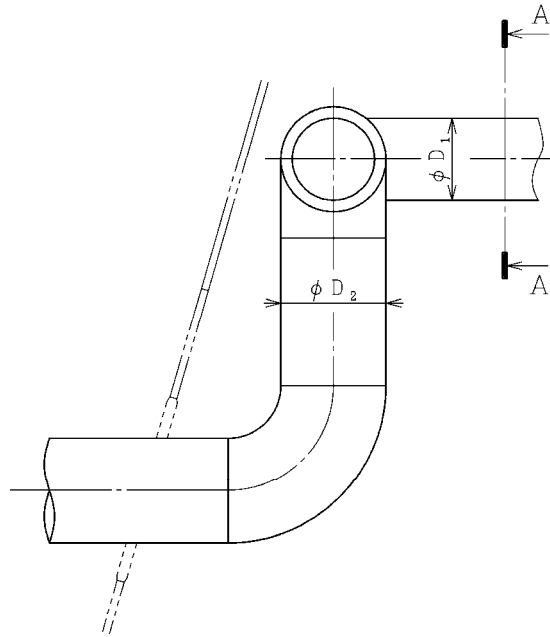
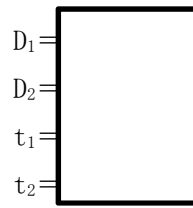


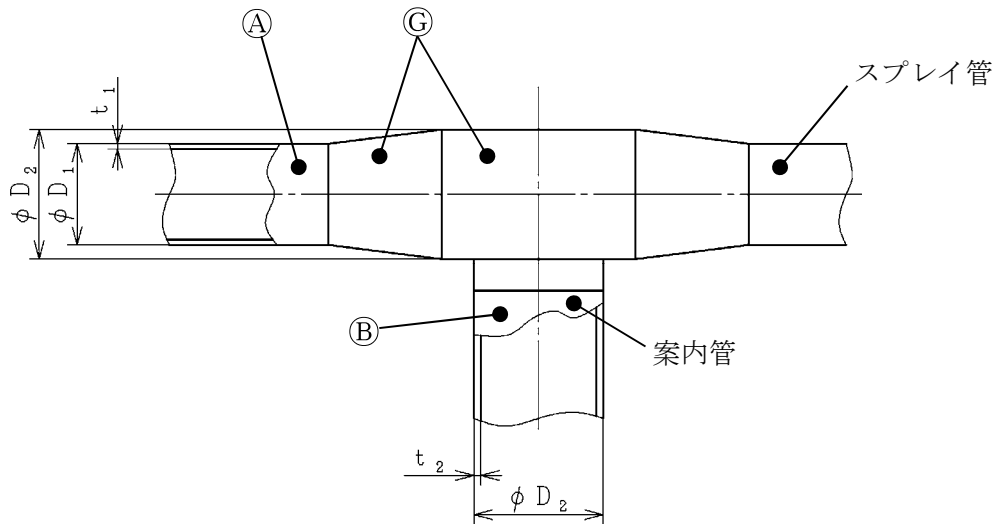
図 2-2 格納容器スプレイヘッド (サプレッションチェンバ側) の形状及び主要寸法 (単位 : mm)



A 部詳細図

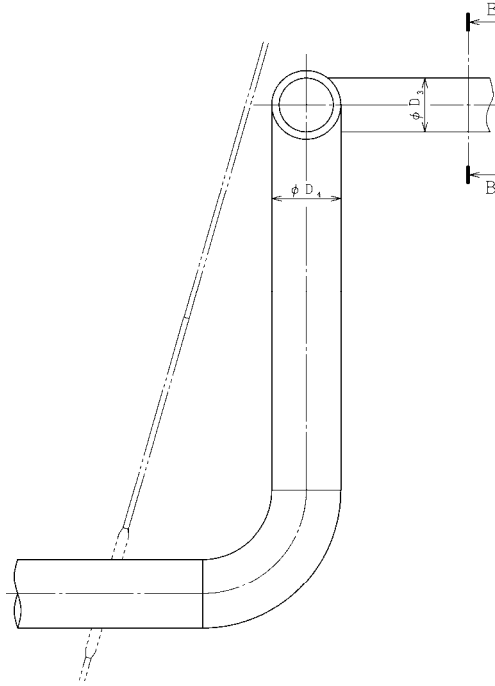


$\eta = 1.0$ (設計・建設規格 PVC-3130 による。)

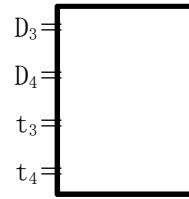


A-A 矢視図

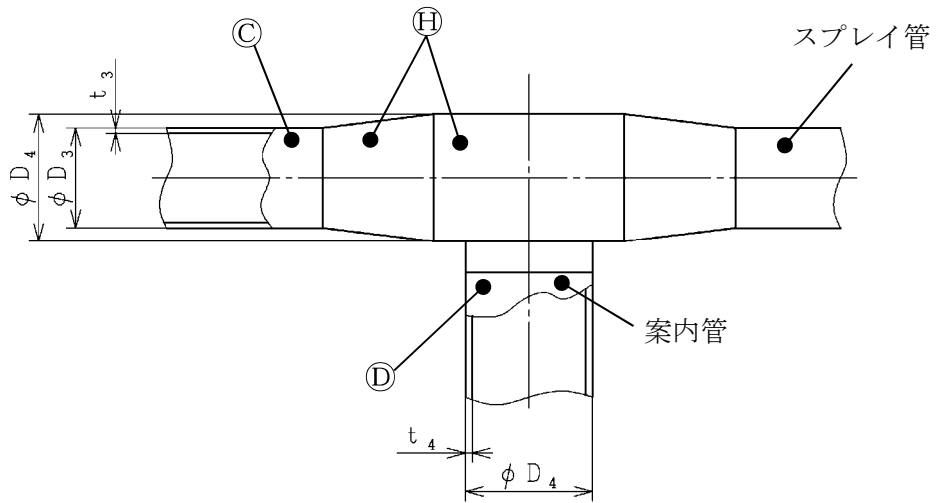
図 2-3 格納容器スプレイヘッド (ドライウェル側) (上部) の形状及び主要寸法



B部詳細図

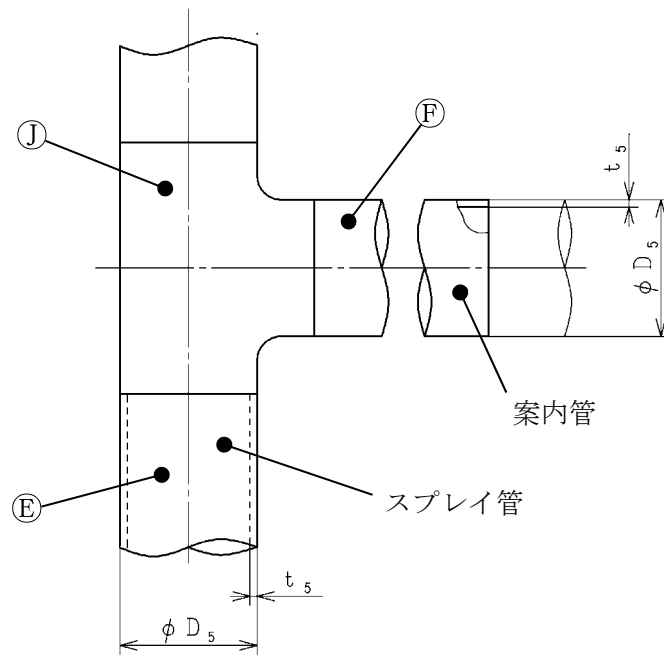


$\eta = 1.0$ (設計・建設規格 PVC-3130 による。)

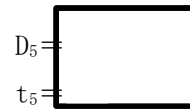


B-B矢視図

図 2-4 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）（下部）の形状及び主要寸法



C 部詳細図



$\eta = 1.0$ (設計・建設規格 PVC-3130 による。)

図 2-5 格納容器スプレイヘッド (サプレッションチェンバ側) の形状及び主要寸法

3. 設計条件

3.1 設計荷重

(1) 最高使用圧力及び最高使用温度

a. 格納容器スプレイヘッド (ドライウエル側)

内圧 $P = 3.45 \text{ MPa}$

温度 $148 \text{ }^\circ\text{C}$

b. 格納容器スプレイヘッド (サブプレッションチェンバ側)

内圧 $P = 3.45 \text{ MPa}$

温度 $148 \text{ }^\circ\text{C}$

3.2 材料および許容応力

(1) 材 料

a. 格納容器スプレイヘッド (ドライウエル側)



(GSTPL 相当)

b. 格納容器スプレイヘッド (サブプレッションチェンバ側)



(GSTPL 相当)

(2) 許容引張応力

使用材料の許容引張応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定されている値とする。

$$S = 103\text{MPa}$$

4. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（上部）

管継手㉔（図 2-3 参照）（エルボ含む。）の形状及び寸法については，設計・建設規格 PPC-3415（J I S B 2 3 1 2（2001））に掲げられるものとし，厚さにあつては，接続配管のスケジュール番号と同等以上のものを使用する。

4.1 管㉕

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
- b. 寸法及び定数 管㉕の寸法を図 2-3 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \boxed{}}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \boxed{}$$

(3) 管の最小必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(3)）

$$t = 3.8 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（上部）㉕の呼び厚さは $\boxed{}$ 最小厚さは $\boxed{}$ であり，これは上記の要求を満足している。

4.2 案内管㉖

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
- b. 寸法及び定数 案内管㉖の寸法を図 2-3 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \boxed{}}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \boxed{}$$

(3) 管の最小必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(3)）

$$t = 3.8 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（上部）案内管㉖の呼び厚さは $\boxed{}$ 最小厚さは $\boxed{}$ であり，これは上記の要求を満足している。

4.3 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422(1)）

格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）（上部）に設けられる穴は円形であり，かつ，その大きさは次のように規定値を満足しているので穴の補強を必要としない。

スプレイヘッダ穴の径 < 61 mm

また， < $\frac{1}{4} \cdot (D_1 - 2 \cdot t_1)$

$$= \frac{1}{4} \times \text{$$
$$= \text{$$

5. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（下部）

管継手㊸(図 2-4 参照) (エルボ含む。)の形状及び寸法については、設計・建設規格 PPC-3415 (J I S B 2 3 1 2 (2001))に掲げられるものとし、厚さにあつては、接続配管のスケジュール番号と同等以上のものを使用する。

5.1 管(㉔)

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
- b. 寸法及び定数 管㉔の寸法を図 2-4 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(1))

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \boxed{}}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \boxed{}$$

(3) 管の最小必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(3))

$$t = 3.8 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（下部）㉔の呼び厚さは $\boxed{}$ 最小厚さは $\boxed{}$ であり、これは上記の要求を満足している。

5.2 案内管(㉕)

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
- b. 寸法及び定数 案内管㉕の寸法を図 2-4 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(1))

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \boxed{}}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \boxed{}$$

(3) 管の最小必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(3))

$$t = 3.8 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）（下部）案内管㉕の呼び厚さは $\boxed{}$ 最小厚さは $\boxed{}$ であり、これは上記の要求を満足している。

5.3 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422(1)）

格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）（下部）に設けられる穴は円形であり，かつ，その大きさは次のように規定値を満足しているので穴の補強を必要としない。

スプレイヘッダ穴の径 $34.4 \text{ mm} < 61 \text{ mm}$

$$\text{また, } 34.4 \text{ mm} < \frac{1}{4} \cdot (D_3 - 2 \cdot t_3)$$

$$= \frac{1}{4} \times \boxed{}$$

$$= \boxed{}$$

6. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）

管継手①(図 2-5 参照)の形状及び寸法については、設計・建設規格 PPC-3415 (J I S B 2 3 1 2 (2001))に掲げられるものとし、厚さにあつては、接続配管のスケジュール番号と同等以上のものを使用する。

6.1 管(㊸)

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
 b. 寸法及び定数 管(㊸)の寸法を図 2-5 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(1))

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \square}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \square$$

(3) 管の最小必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(3))

$$t = 3.4 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）(㊸)の呼び厚さは \square 最小厚さは \square であり、これは上記の要求を満足している。

6.2 案内管(㊹)

(1) 一般

- a. 適用条項 設計・建設規格 PPC-3410
 b. 寸法及び定数 案内管(㊹)の寸法を図 2-5 に示す。

(2) 内圧による必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(1))

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$$= \frac{3.45 \times \square}{2 \times 103 \times 1.0 + 0.8 \times 3.45}$$

$$= \square$$

(3) 管の最小必要厚さ (設計・建設規格 PPC-3411(3))

$$t = 3.4 \text{ mm}$$

(4) 結論

格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）案内管(㊹)の呼び厚さは \square 最小厚さは \square であり、これは上記の要求を満足している。

6.3 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422(1)）

格納容器スプレイヘッド（サプレッションチェンバ側）に設けられる穴は円形であり、かつ、その大きさは次のように規定値を満足しているので穴の補強を必要としない。

スプレイヘッド穴の径 mm < 61 mm

また, mm < $\frac{1}{4} \cdot (D_5 - 2 \cdot t_5)$

= $\frac{1}{4} \times$

= mm

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密または防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-891改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-9-2-2-1-2 格納容器スプレイヘッダの応力計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	4
3. 形状及び主要寸法	5
4. 設計条件	8
4.1 設計荷重	8
4.2 材料及び許容応力	9
5. 応力計算	10
5.1 応力評価点	10
5.2 計算方針	11
6. 評価結果	14
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	14

1. 概要

本計算書は、格納容器スプレイヘッドの強度計算書である。

格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）及び格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）は、設計基準対象施設の格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）及び格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）を重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

設計基準対象施設としては、格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）は、東海第二発電所昭和48年4月9日付け47公第12076号にて認可された工事計画書の添付書類、「Ⅲ-3-3-7 ドライウエルスプレイヘッド強度計算書」、格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）は、昭和48年10月22日付け48公第8316号にて認可された工事計画書の添付書類、「Ⅲ-3-2-3 格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）の耐震性についての計算書」に評価結果があり、強度が十分であることを確認している。

以下、重大事故等クラス2管としての強度評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

格納容器スプレイヘッダの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>・格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）の耐震サポートは、ドライウエルシェルよりとる。</p> <p>・格納容器スプレイヘッダ（サプレッションチェンバ側）の耐震サポートは、ダイヤフラムフロアコラムサポートよりとる。</p>	<p>・格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）は、外径 [] mm, [] mm の管で作られ、上部スプレイヘッダは直径 [] m, 下部スプレイヘッダは直径 [] m の円環構造となっている。</p> <p>・格納容器スプレイヘッダ（サプレッションチェンバ側）は、外径 [] mm の管で作られ、直径 [] m の円環構造となっている。</p>	<p>格納容器 スプレイヘッダ</p>

2.2 評価方針

- (1) 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）の応力評価は，東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認），格納容器スプレイヘッダ（サブプレッションチェンバ側）の応力評価は，昭和 48 年 10 月 22 日付け 48 公第 8316 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は，実績のある三次元ビームモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは N A S T R A N を用いる。なお，評価に用いる解析コード N A S T R A N の検証及び妥当性確認等の概要については，「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3. 形状及び主要寸法

格納容器スプレイヘッドの形状及び主要寸法を図3-1～図3-3に示す。

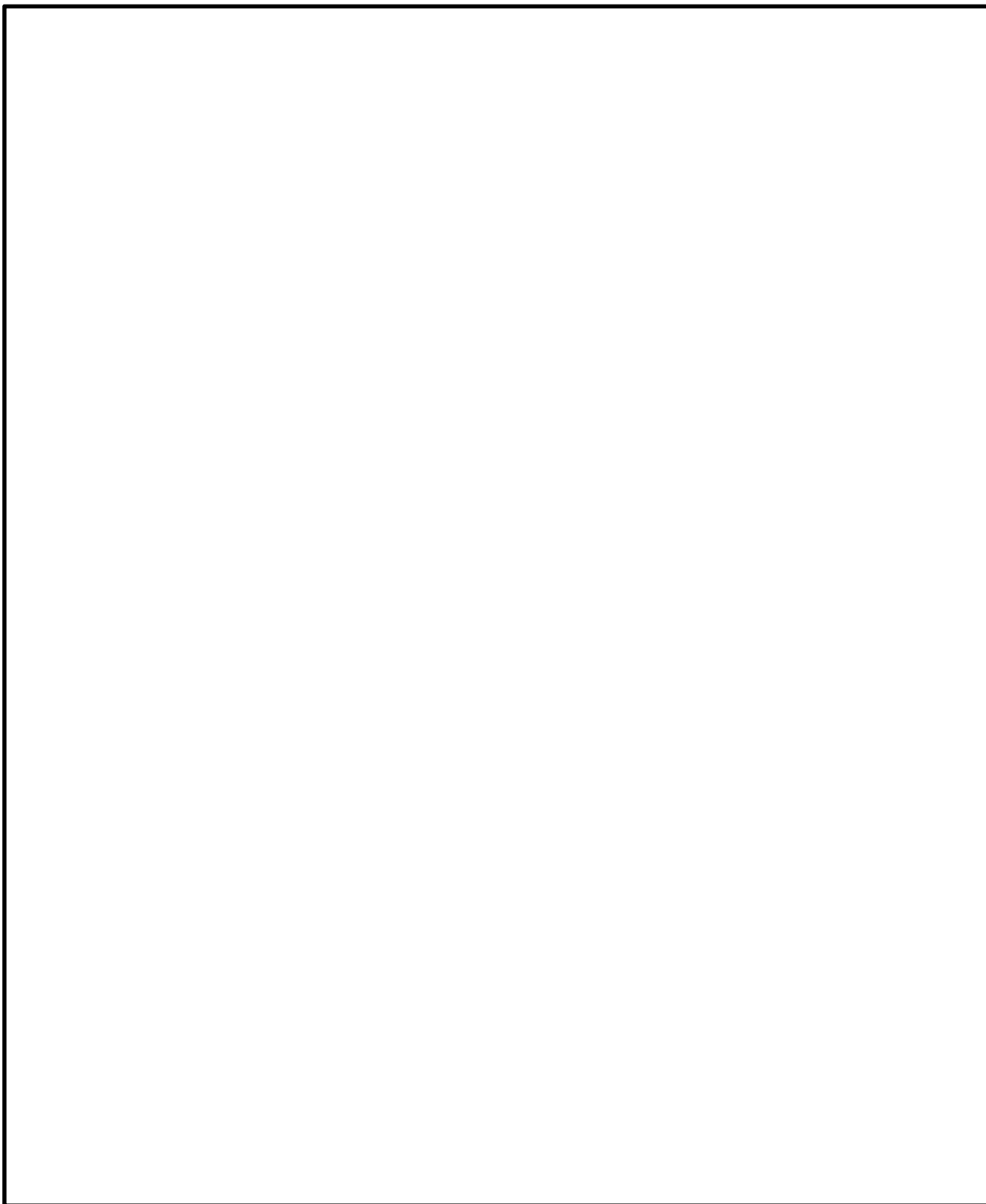


図3-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）及びサポートの形状及び主要寸法
（単位：mm）

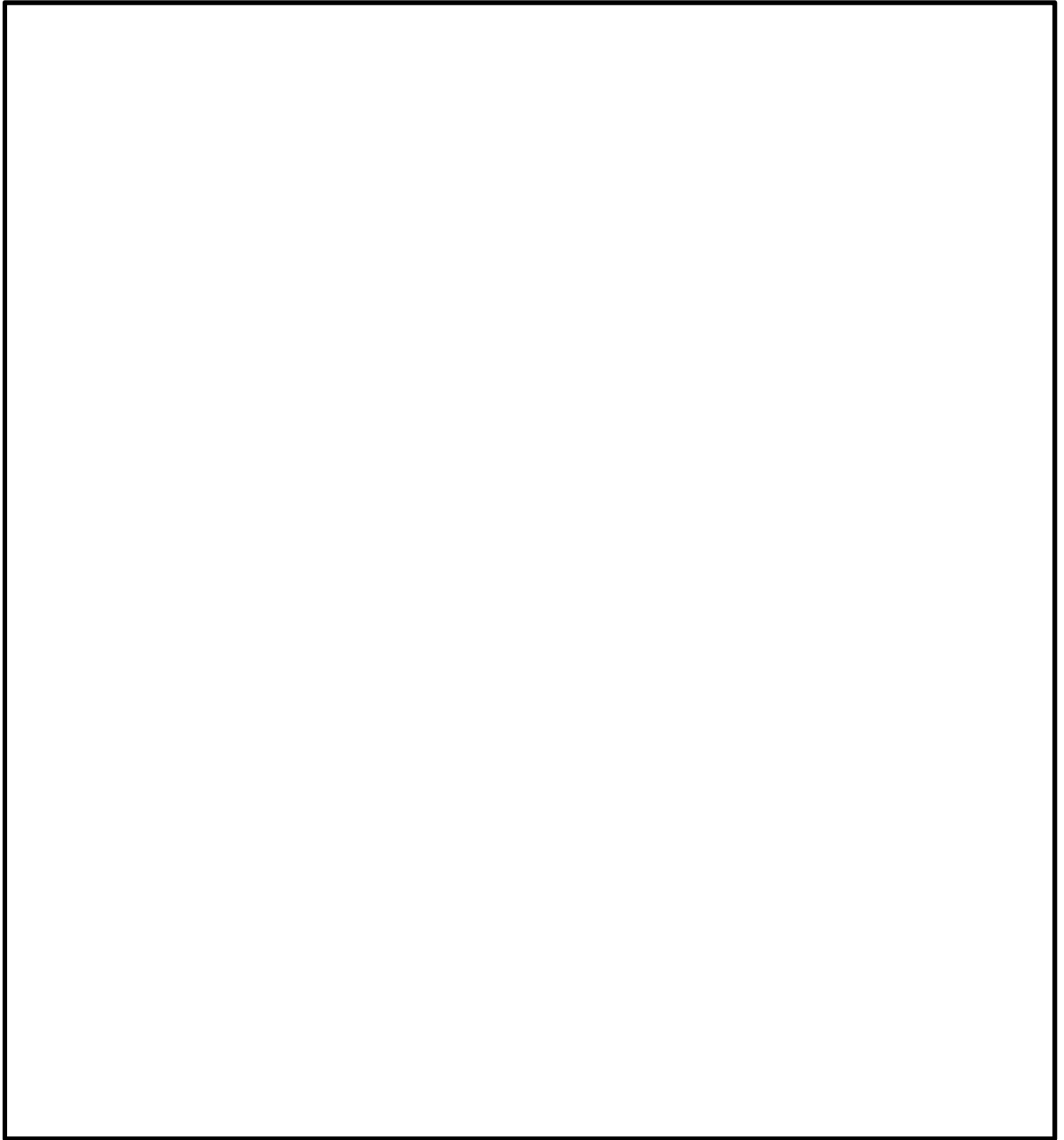


図3-2 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）案内管の形状及び主要寸法（単位：mm）

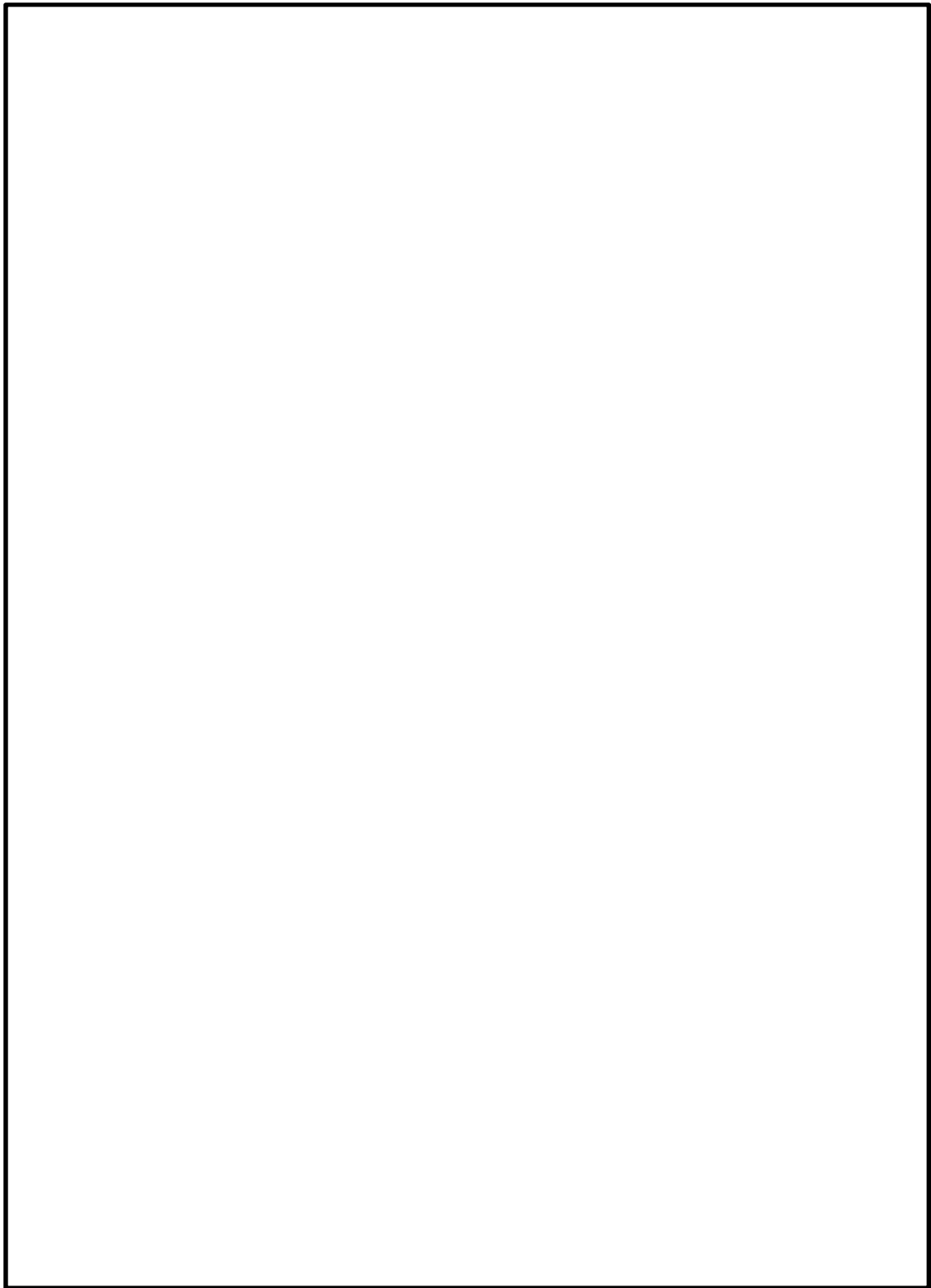


図 3-3 格納容器スプレイヘッダ (サブプレッションチェンバ側) の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 重大事故等対処施設としての評価圧力及び評価温度

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

内圧 P_{SA} 3450 kPa

温度 T_{SA} 148 °C

b. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）

内圧 P_{SA} 3450 kPa

温度 T_{SA} 148 °C

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

格納容器スプレイヘッダ (ドライウエル側)



(GSTPL 相当)

格納容器スプレイヘッダ (サブプレッションチェンバ側)

(GSTPL 相当)

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。供用状態に対する許容応力のうち、重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び供用状態 (重大事故等対処施設)

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
原子炉格納施設	圧力低減設備	格納容器スプレイヘッダ (ドライウエル側)	常設耐震／防止 常設 ／緩和	重大事故等クラス2管	$D + P_{SA} + M_{SA}$	E (EとしてDの許容限界を用いる)
		格納容器スプレイヘッダ (サブプレッションチェンバ側)	常設耐震／防止 常設 ／緩和		$D + P_{SA} + M_{SA}$	E (EとしてDの許容限界を用いる)

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

表4-2 許容応力 (重大事故等対処施設)

(単位 : MPa)

材料	供用状態	許容応力		
		一次応力		一次+二次応力
		P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
 (GSTPL 相当)	E*	—	339	—

注記 * : 許容応力状態IVASの許容応力を準用する。

5. 応力計算

5.1 応力評価点

格納容器スプレイヘッドの形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の応力評価点

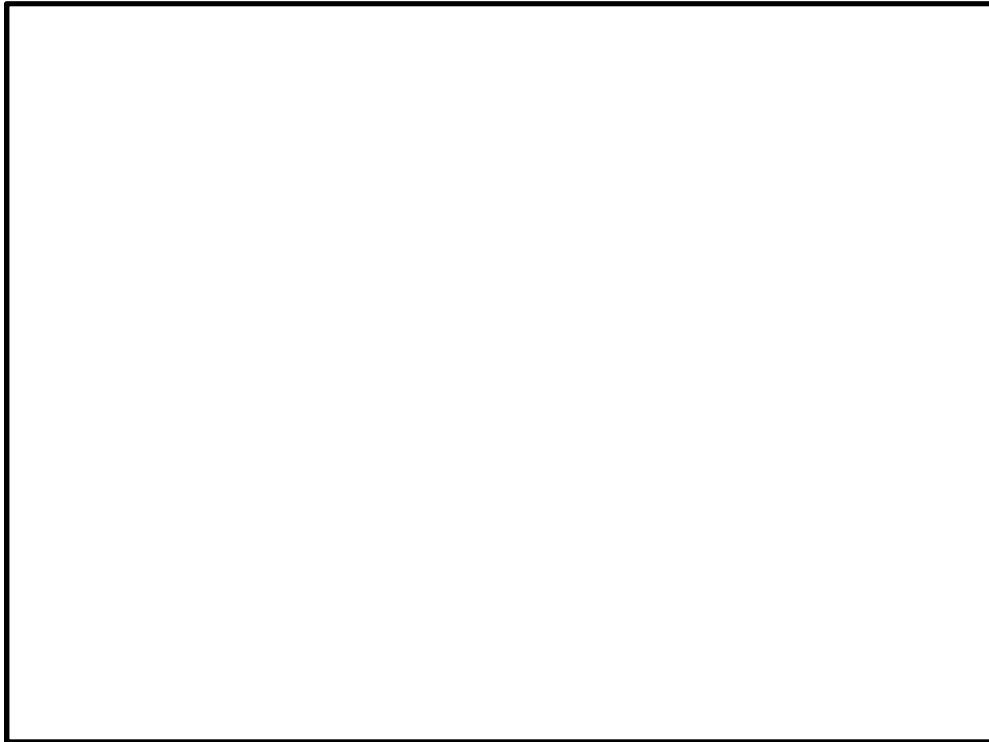
応力評価点番号	応力評価点
P 1	上部ドライウエルスプレイヘッド案内管直管部
P 2	上部ドライウエルスプレイヘッド案内管エルボ部
P 3	下部ドライウエルスプレイヘッド案内管直管部
P 4	下部ドライウエルスプレイヘッド案内管エルボ部

表 5-2 格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）の応力評価点

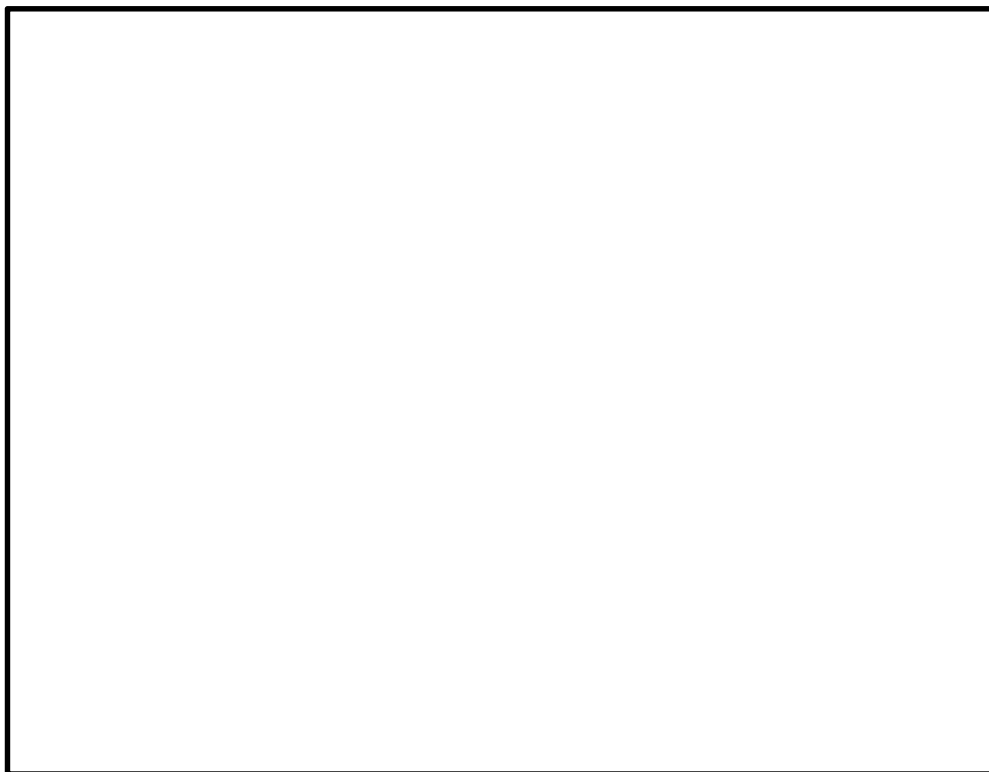
応力評価点番号	応力評価点
P 1	サブプレッションチェンバスプレイヘッドスプレイ管部
P 2	サブプレッションチェンバスプレイヘッドティー部
P 3	サブプレッションチェンバスプレイヘッド案内管部

5.2 計算方針

各荷重により格納容器スプレイヘッドに生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の計算モデルを図5-1に、格納容器スプレイヘッド（サブプレッションチェンバ側）の計算モデルを図5-2に示す。



上部ドライウェルスプレイヘッダ案内管



下部ドライウェルスプレイヘッダ案内管

図 5-1 格納容器スプレイヘッダ（ドライウェル側）の計算モデル

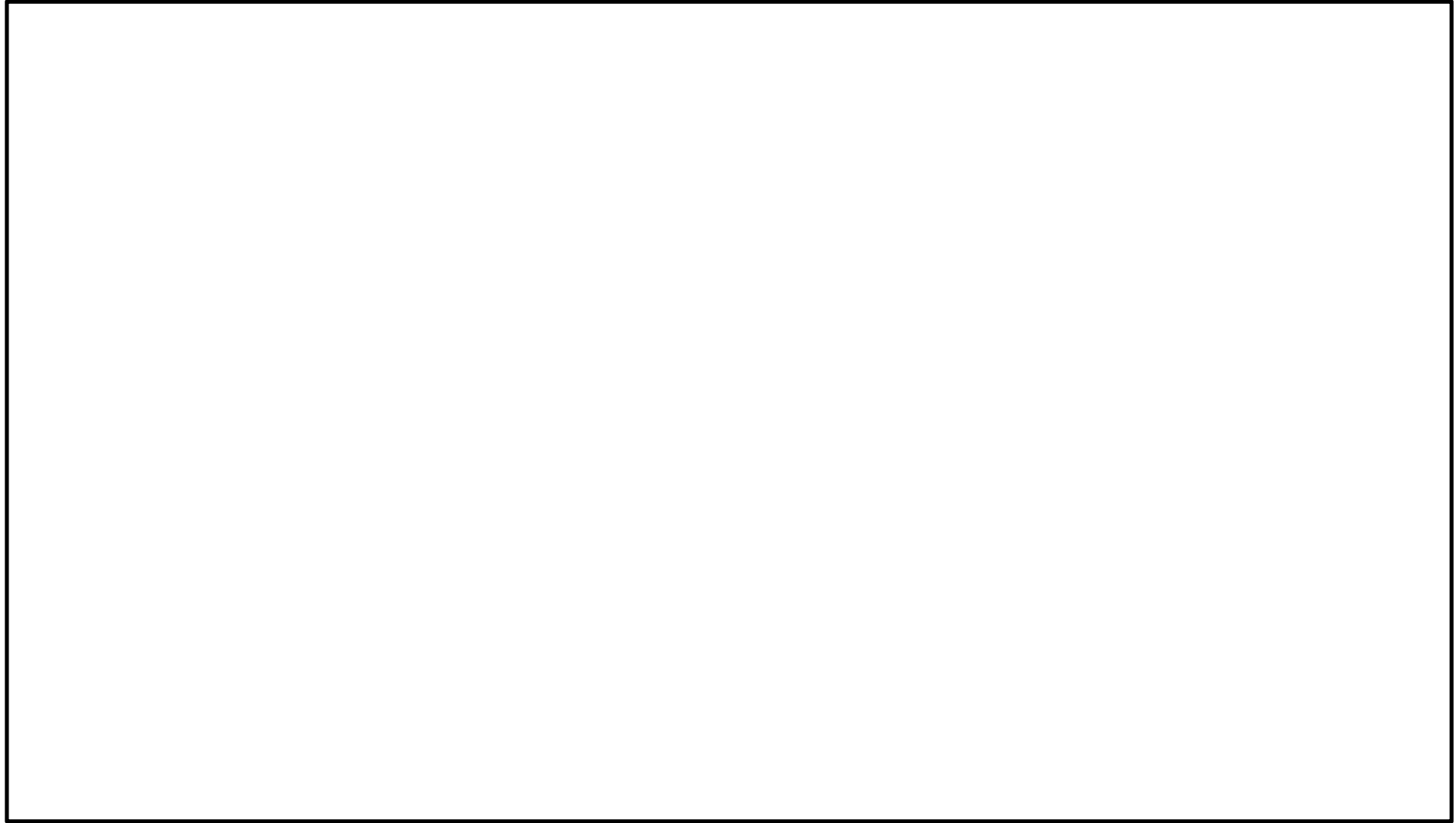


図5-2 格納容器スプレイヘッダ（サプレッションチェンバ側）の計算モデル

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

格納容器スプレイヘッダの重大事故等対処施設としての強度評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足している。

(1) 供用状態Eに対する評価

供用状態Eに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。
表 4-1 に示す荷重の組合せについて記載している。

表 6-1 供用状態Eに対する応力評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
格納容器スプレイ ヘッド (ドライウ ェル側)	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	一次膜応力+一次曲げ応力	18	339	○	
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	一次膜応力+一次曲げ応力	19	339	○	
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	一次膜応力+一次曲げ応力	19	339	○	
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	一次膜応力+一次曲げ応力	19	339	○	
格納容器スプレイ ヘッド (サブレッ ションチェンバ 側)	P 1	サブレーションチェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	一次膜応力+一次曲げ応力	25	339	○	
	P 2	サブレーションチェンバ スプレイヘッドティ一部	一次膜応力+一次曲げ応力	26	339	○	
	P 3	サブレーションチェンバ スプレイヘッド案内管部	一次膜応力+一次曲げ応力	25	339	○	

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
から公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-799 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-3-1 緊急時対策所換気系ダクトの耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 耐震設計の原則	1
3. ダクト及び支持構造物の設計手順	1
4. ダクト設計の基本方針	3
4.1 重要度別による設計方針	3
4.2 荷重の組合せ	3
4.3 設計用地震力	4
4.4 ダクト支持点の設計方法	4
4.4.1 手法1の支持間隔算定法	4
4.4.2 手法2の支持間隔算定法	4
4.5 耐震支持間隔	6
4.5.1 矩形ダクトの固有振動数	6
4.5.2 矩形ダクトの座屈評価	7
4.5.3 緊急時対策所換気系ダクトの耐震支持間隔	8
4.6 ダクトの構造	10
5. 支持構造物設計の基本方針	11
5.1 支持構造物の構造及び種類	11
5.2 支持方法	11
5.3 支持構造物の選定	13
5.4 支持構造物の耐震性確認	14
5.4.1 概要	14
5.4.2 支持構造物の耐震性確認	14

1. 概要

本方針は、緊急時対策所換気系ダクトに適用し、ダクト支持について耐震設計上十分な安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

2. 耐震設計の原則

ダクト及びその支持構造物は、耐震設計上の重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

3. ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建屋の形状、機器の配置、配管、ケーブルトレイ等の経路を考慮し、耐震性を加味して決定する。

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

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

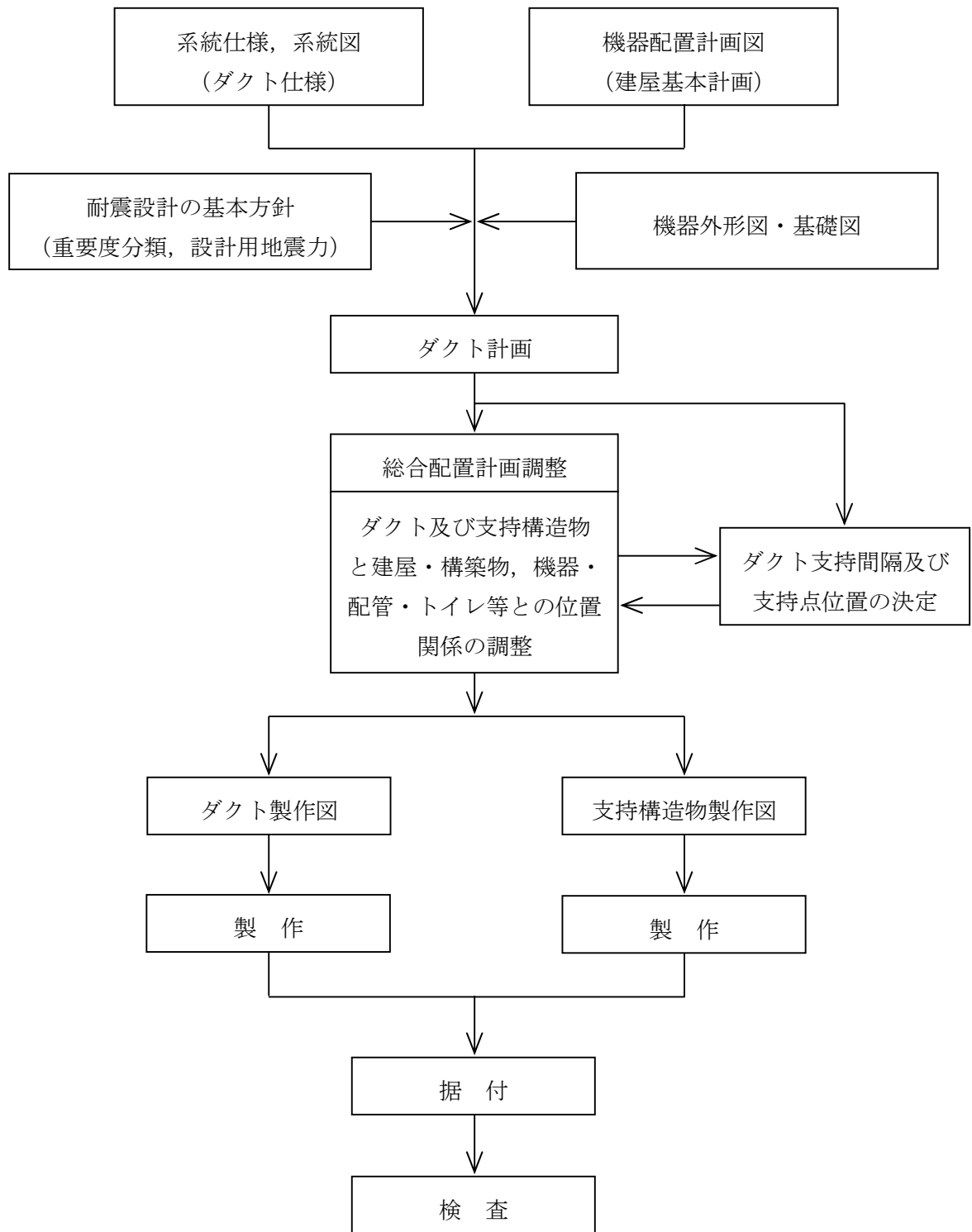


図 3-1 ダクト及び支持構造物の設計作業手順

4. ダクト設計の基本方針

4.1 重要度別による設計方針

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

表 4-1 重要度分類と設計方針

重要度分類	設計方針
重大事故等 * クラス 2 配管	地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長さを最大許容ピッチ以下に確保すること。

注記*：重大事故等時の設備区分を示す。

4.2 荷重の組合せ

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

ここで，

D：死荷重

P_D：最高使用圧力による機械的荷重
(座屈評価のため，考慮しない)

M_D：設計上定められた機械的荷重
(死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重はない)

S_s：基準地震動 S_s

表 4-2 設計用地震力

建屋	EL (m)	基準地震動 S _s (1.2ZPA)	
		水平	鉛直
緊急時対策所	[Redacted]	1.93	1.45
		1.71	1.42
		1.62	1.41
		1.54	1.36
		1.43	1.27

4.3 設計用地震力

ダクトについては、「V-2-1-1 耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。

4.4 ダクト支持点の設計方法

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

支持間隔の算定は、ダクトの固有振動数（ f_d ）が十分剛（20Hz 以上）となるよう算定する手法とダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する手法があり、このうち前者を手法 1、後者を手法 2 と呼ぶ。今回は手法 1 にて支持間隔算出を行う。

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

以上 2 つの方法による支持点決定までの設計手順を図 4-1 に示す。

4.4.1 手法 1 の支持間隔算定法

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

4.4.2 手法 2 の支持間隔算定法

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

ただし、支持間隔はダクトの固有振動数が建屋・構造物の一次固有振動数から大きい側に十分離れるように定めるものとし、固有振動数から定まる支持間隔と許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔のうち、いずれか小さい方とする。

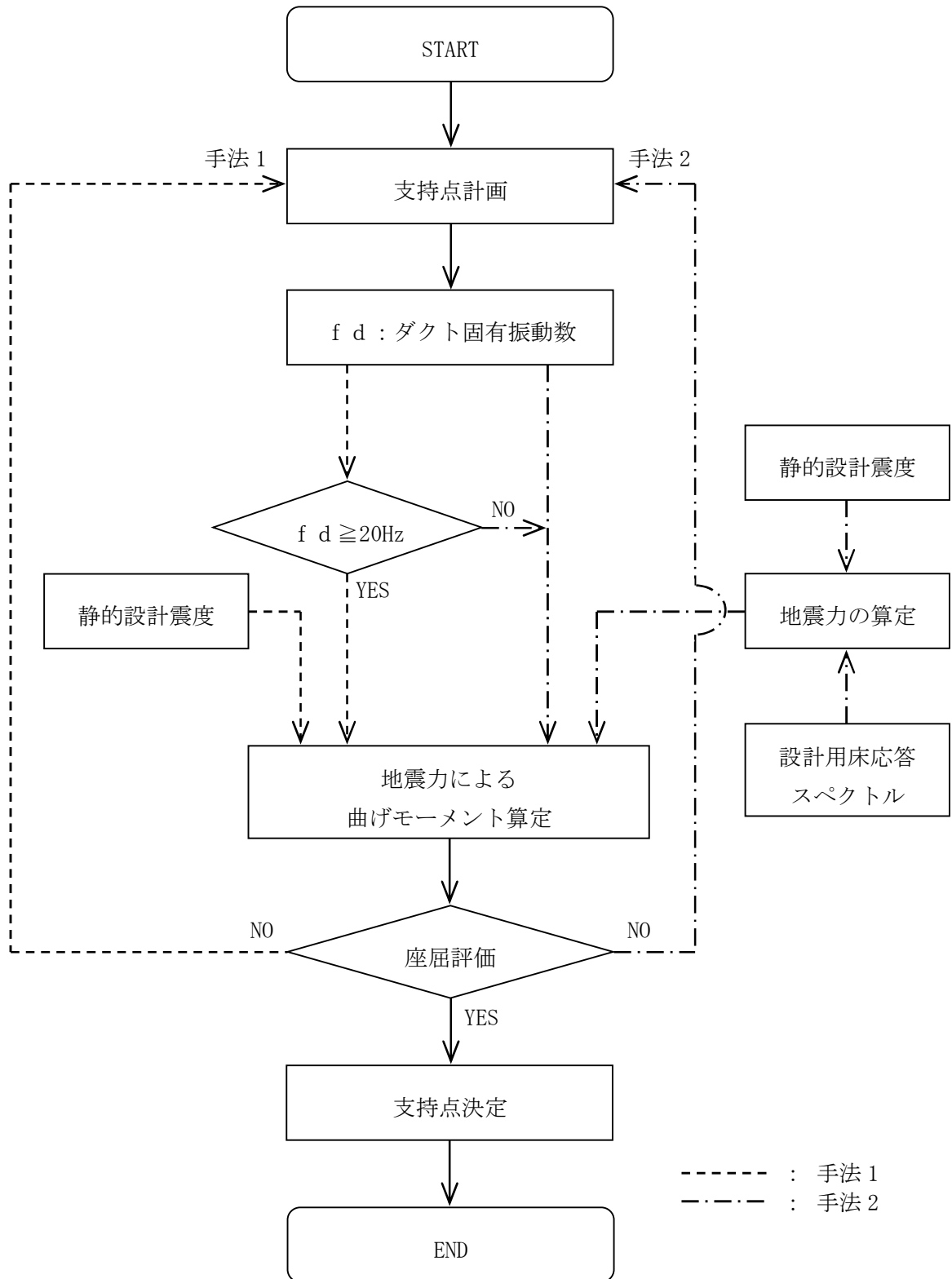


図 4-1 ダクト支持点設計手順

4.5 耐震支持間隔

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

なお、丸ダクトについては、弁接続用として使用されるものであり、前後の矩形ダクトと比べ十分な剛性を有していることから評価は矩形ダクトで代表する。

4.5.1 矩形ダクトの固有振動数

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。

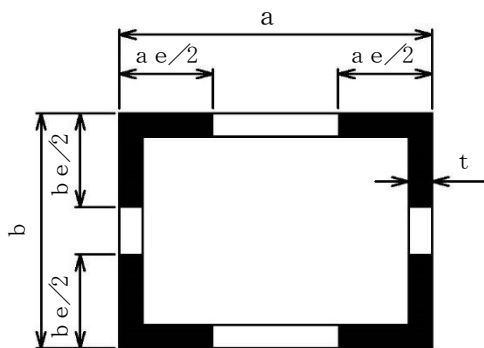
$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、

$$I = \left(\frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right) \cdot \beta \dots\dots\dots (4.3)$$

ここで、

- f : 固有振動数 (Hz)
 - π : 円周率 (-)
 - ℓ : 両端単純支持間隔 (mm)
 - E : 縦弾性係数 (N/mm²)
 - g : 重力加速度 (9806.65mm/s² = 9.80665m/s²) (mm/s²)
 - I : 断面二次モーメント (mm⁴)
 - W : ダクト単位長さ重量 (N/mm)
 - β : 断面二次モーメントの安全係数 (-)
- (幅厚比 $b / t \leq 600 \dots \beta = 0.75$, $b / t > 600 \dots \beta = 0.6$)



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

図 4-2 矩形ダクトの断面図

4.5.2 矩形ダクトの座屈評価

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

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \dots\dots\dots (4.4)$$

ここで,

M_0 : 発生曲げモーメント (N・mm)

α : 設計震度 (—)

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

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (4.5)$$

ここで,

M : 許容座屈曲げモーメント (N・mm)

(4.4), (4.5)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (4.6)$$

ここで,

$$M = S \cdot M_T \dots\dots\dots (4.7)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2 \cdot b^2}} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a \cdot e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \dots\dots\dots (4.9)$$

S : 座屈曲げモーメントの安全係数(=0.7) (—)

M_T : 座屈限界曲げモーメント (N・mm)

λ : 座屈限界曲げモーメントの補正係数 (—)

ν : ポアソン比(=0.3) (—)

σ_y : 降伏点 (N/mm²)

γ : 座屈限界曲げモーメントの安全係数(=0.6) (—)

4.5.3 緊急時対策所換気系ダクトの耐震支持間隔

緊急時対策所換気系ダクトの耐震支持間隔は、手法1から定めており、支持間隔が最も短くなるダクトを表4-3に示す。

表 4-3 矩形ダクトの耐震支持間隔

建屋	NO.	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ重量 (N/mm)	固有振動数が 20Hz となる支持間隔 (mm)	S _s 地震動より 定まる支持間隔 (mm)	耐震支持間隔 (mm)
緊急時対策所 建屋							
		以下余白					

4.6 ダクトの構造

矩形ダクトは、溶接ダクトとはぜ折ダクトがある。

- (1) 溶接ダクトは、二隅あるいは四隅を溶接継手とする。補強は、定ピッチで全周を形鋼で囲い、ダクトに断続溶接する。
 - (2) はぜ折ダクトの補強は、定ピッチで全周を形鋼で囲いダクトにリベット止めする。
- ダクト構造の代表例を図 4-3 に示す。

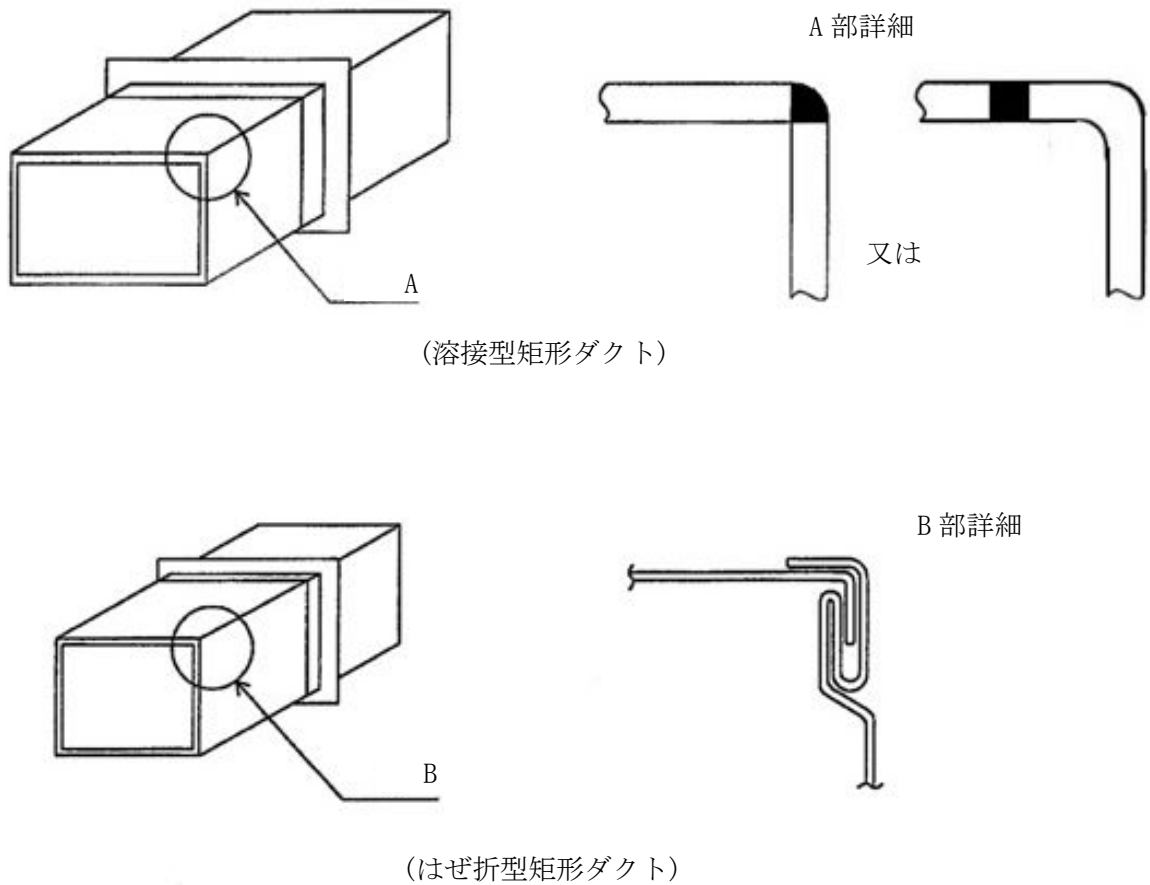


図 4-3 ダクトの構造

5. 支持構造物設計の基本方針

5.1 支持構造物の構造及び種類

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

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

図5-1に支持構造物の基本形状例を示す。

5.2 支持方法

(1) 直管部

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

(2) 曲管部及び分岐部

曲管部及び分岐部は、これらの近傍を支持することを原則とする。

(3) 重量物の取付部

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

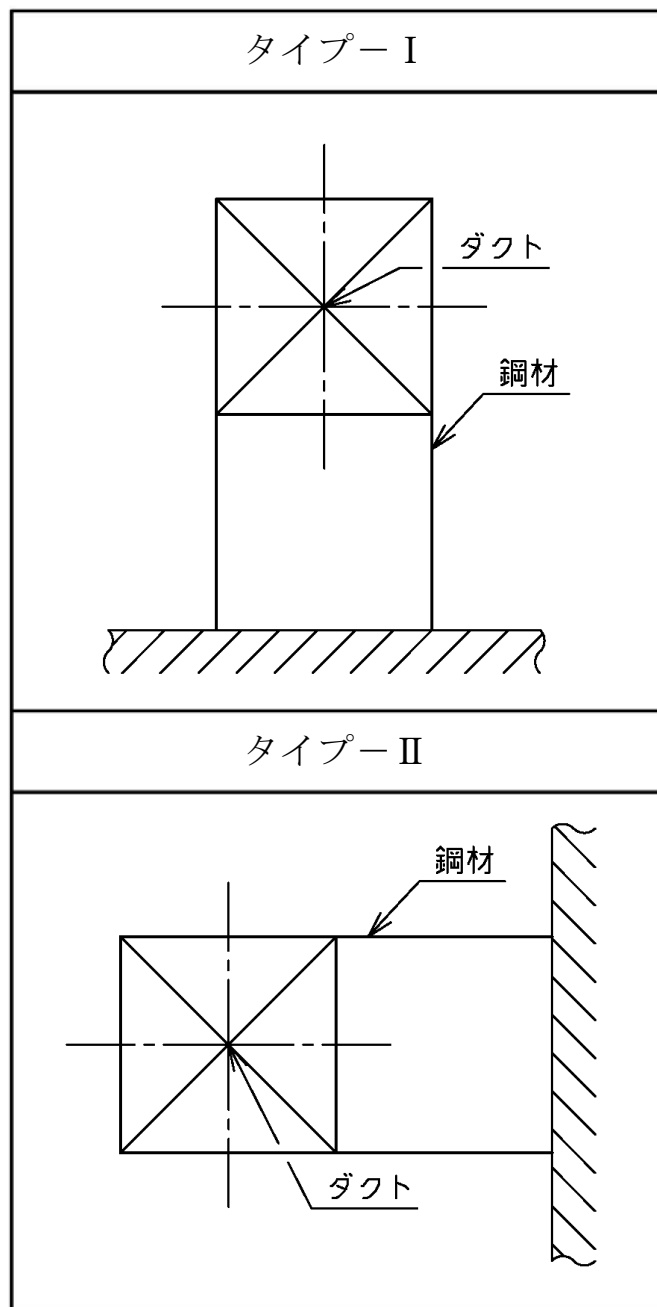


図 5-1 支持構造物の基本形状例

5.3 支持構造物の選定

支持構造物に用いる標準的な鋼材表を、表 5-1 に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが、同等以上の強度を持つほかの鋼材も使用可能とする。

表 5-1 鋼材表

順位	形状*1	断面二次モーメント (cm ⁴)*2		単位質量 (kg/m)
		I _x	I _y	
1	L-40×40×5			
2	L-50×50×4			
3	L-50×50×6			
4	L-65×65×6			
5	L-75×75×6			
6	L-90×90×6			
7	□-50×50×3.2			
8	□-75×75×3.2			
9	□-100×100×3.2			
10	□-100×100×4.5			
11	□-125×125×4.5			
12	□-150×150×4.5			
13	C-75×40×5×7			
14	C-100×50×5×7.5			
15	C-125×65×6×8			
16	C-150×75×6.5×10			

注記*1：表中の記号は、L：山形鋼，C：みぞ形鋼，□：角形鋼管を示す。

*2：表中の方向は、I_x：強軸，I_y：弱軸方向を示す。

5.4 支持構造物の耐震性確認

5.4.1 概要

各支持構造物について、ダクトに発生する荷重に対して十分な耐震性を有することを解析により確認した結果を示す。

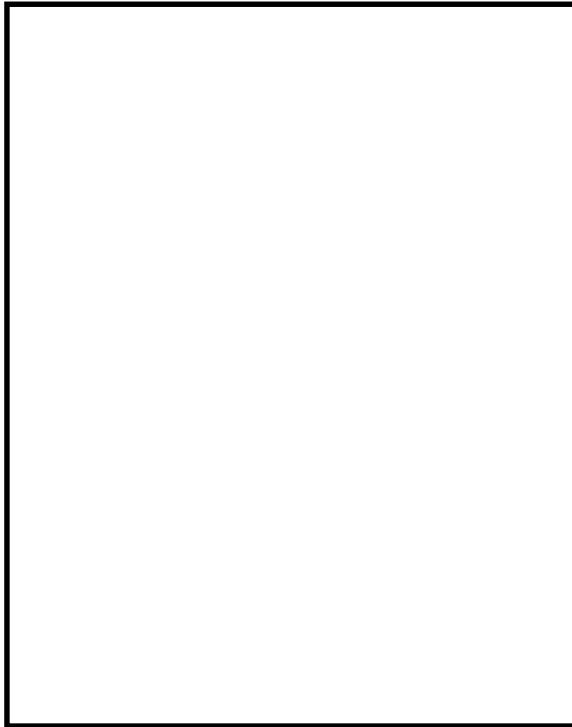
5.4.2 支持構造物の耐震性確認

耐震性を有することの確認は、次の支持構造物に関して実施する。なお、支持構造物の形状が多岐にわたるため、ここでは代表例に対する耐震性確認を示す。

表 5-2 支持構造物の評価条件

支持構造物	評価する荷重	適用する 許容応力状態	評価温度	評価結果の表番
支持構造物	Ss 震度による 荷重	IV _A S	□°C	表 5-3 (1/2~2/2)

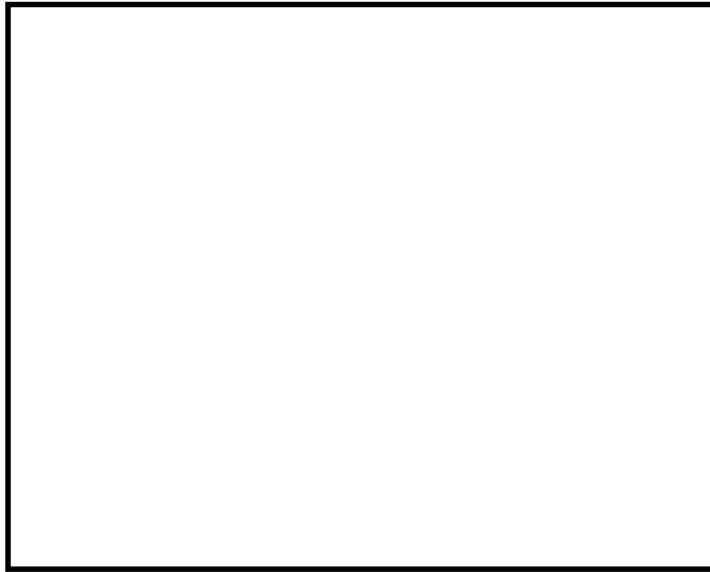
表 5-3 (1/2) 支持構造物強度評価結果



許容応力(MPa) : 141

支持構造物寸法 (mm)			震度 (-)		鋼材サイズ		評価部位	発生応力 (MPa)
L	A	H	水平	鉛直	主材	副材		
			1.93	1.45	□-50×50×3.2	L-50×50×6	溶接部	105

表 5-3 (2/2) 支持構造物強度評価結果



許容応力 (MPa) : 141

支持構造物寸法 (mm)			震度 (-)		鋼材サイズ	評価部位	発生応力 (MPa)
L	A	H	水平	鉛直			
			1.93	1.45	主材	溶接部	125
					副材		

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
から公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-800 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-3-2 緊急時対策所換気系ダクトの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 緊急時対策所換気系ダクトの強度計算方法	2
2.1 記号の定義	2
2.2 強度計算方法	10
3. 換気設備の重大事故等クラス2管の使用材料の評価結果	20
3.1 評価対象材料及び仕様	20
3.2 評価結果	20
4. 概略系統図	22
5. 評価結果	26
5.1 ダクトの厚さ計算結果	26
5.2 フランジの強度計算結果	28
5.3 ダクトの応力計算結果	30

1. 概要

本計算書は、重大事故等クラス2管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「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））＜第I編 軽水炉規格＞ J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

重大事故等クラス2管の強度計算方法及び計算式については、設計・建設規格クラス2管の規定に基づくものとする。

設計・建設規格クラス2管の規定によらない場合の評価方法として、機械工学便覧、または、「日本工業規格」（以下「J I S」という）を準用する。

本資料は、上記概要を踏まえたうえで、東海第二発電所の緊急時対策所換気系ダクトの強度計算方法及び評価結果について説明するものである。

評価結果はダクトおよびフランジ、それぞれにおいて、発生応力が最大となる部位を代表として記載する。

2. 緊急時対策所換気系ダクトの強度計算方法

緊急時対策所換気設備の円形ダクト，及び矩形ダクトの強度評価式はクラス2管には定められていないことから，設計・建設規格を準用した評価式，又は設計・建設規格に規定されていない評価式を用いた強度計算方法並びに計算式について説明する。

2.1 記号の定義

ダクトの厚さ計算，フランジの応力計算，ダクトの応力計算に用いる記号については，次のとおりである。

(1) ダクトの厚さ計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	B	—	設計・建設規格付録材料図表 Part7 図1 から図20 より求めた値
	D_o	mm	ダクトの外径
	P	MPa	最高使用圧力 *1
	P_e	MPa	外面に受ける最高の圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表5 に規定する材料の許容引張応力
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	η	—	長手継手の効率 *2

注記*1：外圧を受ける場合，最高使用圧力は負圧として表示する。

*2：継手効率 η については，設計・建設規格表 PVC-3130-1 の値を用いる。

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	a	mm	ダクト幅 (長辺)
	b	mm	ダクト高さ
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_p	kg/mm ²	単位面積当りのダクト鋼板の質量
	E	MPa	縦弾性係数
	g	mm/s ²	重力加速度 (9806.65mm/s ² = 9.80665m/s ²)
	P	MPa	最高使用圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	ν	—	ポアソン比
δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量	

(2) フランジの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト(1/2)

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm ²	ボルトの総有効断面積
	B	mm	フランジの内径 (図 2-1 による)
	b_o	mm	ガスケット締付時のガスケット座の基本幅 $b_o = G_o - C$
	C	mm	ボルト穴の中心円の直径 (図 2-1 による)
	G	mm	ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の直径
	G_o	mm	ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい値 (図 2-1 による)
	H	N	内圧によってフランジに加わる荷重
	H_D	N	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重 (図 2-1 による)
	H_P	N	気密を保つためのガスケット圧縮力 (図 2-1 による)
	H_R	N	平衡反力 (図 2-1 による)
	H_T	N	内圧によってフランジに加わる荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差 (図 2-1 による)
	M	N・mm	自重によりフランジに作用するモーメント
	M_o	N・mm	使用状態でフランジに作用するモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	S_o	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 7 に規定するボルト材料の許容引張応力
	S_{fo}	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 に規定するフランジ材料の許容引張応力
	W	N	使用状態での必要な最小ボルト荷重 (図 2-1 による)
	b_1	mm	ガスケット締付時のガスケット座の有効幅
	b''	mm	使用状態でのガスケット座の有効幅 $2b'' = 5$
	d_b	mm	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴の直径
	h_D	mm	ボルト穴の中心円から図 2-1 に示す H_D 作用点までの半径方向の距離
	h_P	mm	ボルト穴の中心円から図 2-1 に示す H_P 作用点までの半径方向の距離
	h_R	mm	ボルト穴の中心円から図 2-1 に示す H_R 作用点までの半径方向の距離
h_T	mm	ボルト穴の中心円から図 2-1 に示す H_T 作用点までの半径方向の距離	
m	-	ガスケット係数	

a. 円形のダクト(2/2)

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力 計算に使用するもの	n	-	ボルトの本数
	t	mm	フランジの厚さ(図 2-1 による)
	σ_{f0}	MPa	使用状態でフランジに作用する曲げ応力
	σ_{M0}	MPa	使用状態におけるボルト荷重により生じる平均引張応力

b. 矩形のダクト(1/2)

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A	mm	フランジ幅 (図 2-2 による)
	A_b	mm ²	ボルトの総有効断面積
	B	mm	フランジ高さ (図 2-2 による)
	G	mm	ガスケット圧縮力 H_P の作用点間距離
	H	N	内圧によってフランジに加わる荷重
	H_D	N	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重 (図 2-2 による)
	H_P	N	気密を保つためのガスケット圧縮力 (図 2-2 による)
	H_R	N	平衡反力 (図 2-2 による)
	H_T	N	内圧によってフランジに加わる荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差 (図 2-2 による)
	M	N・mm	自重によりフランジに作用するモーメント
	M_0	N・mm	使用状態でフランジに作用するモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	S_{f0}	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定するフランジ材料の許容引張応力
	S_0	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定するボルト材料の許容引張応力
	W	N	使用状態での必要な最小ボルト荷重 (図 2-2 による)
	b_0	mm	ガスケット締付時のガスケット座の基本幅 $b_0=2(e-h_D)$
	b_1	mm	ガスケット締付時のガスケット座の有効幅
	b''	mm	使用状態でのガスケット座の有効幅 $2b''=5$
	d_b	mm	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴の直径
	e	mm	フランジ寸法 (図 2-2 による)
h_D	mm	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から図 2-2 に示す H_D 作用点までの距離)	
h_P	mm	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から図 2-2 に示す H_P 作用点までの距離)	
h_R	mm	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から図 2-2 に示す H_R 作用点までの距離)	

b. 矩形のダクト(2/2)

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの 応力計算に使用するもの	h_T	mm	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から図 2-2 に示す H_T 作用点までの距離)
	ℓ	mm	ボルト間隔
	m	-	ガスケット係数
	t	mm	フランジの厚さ (図 2-2 による)
	σ_{f0}	MPa	使用状態でフランジに作用する曲げ応力
	σ_{M0}	MPa	使用状態におけるボルト荷重により生じる平均引張応力

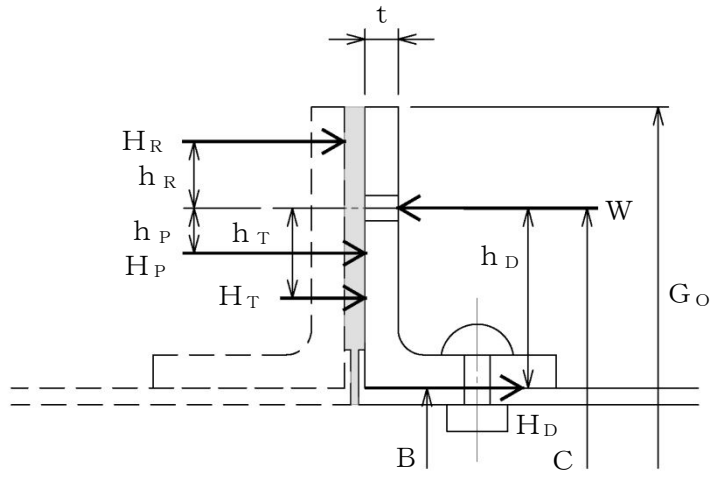


図 2-1 フランジの寸法 (円形ダクト)

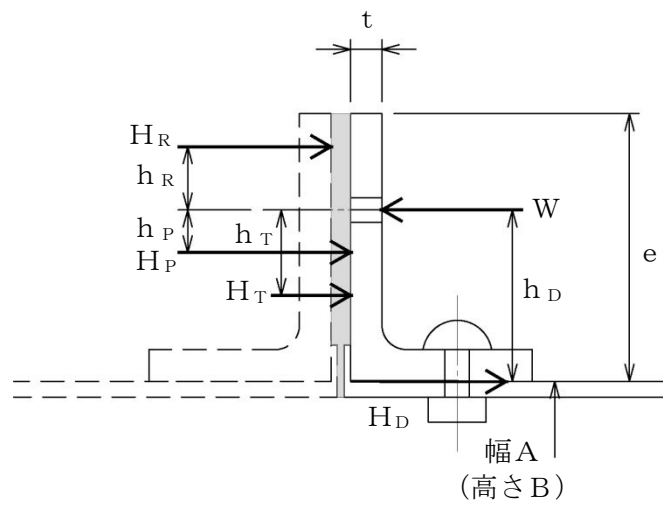


図 2-2 フランジの寸法 (矩形ダクト)

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの 応力計算に 使用するもの	B ₁ B ₂	-	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数
	D ₀	mm	ダクトの外径
	M _a	N・mm	ダクトの機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	S _h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	S _{p r m}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	Z	mm ³	ダクトの断面係数

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの 応力計算に 使用するもの	a	mm	ダクト幅（長辺）
	b	mm	ダクト高さ
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D _p	kg/mm ²	単位面積当りのダクト鋼板の質量
	E	MPa	縦弾性係数
	g	m/s ²	重力加速度
	P	MPa	最高使用圧力
	S _h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	S _{p r m}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	-	ポアソン比
	δ _{max}	mm	面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量

2.2 強度計算方法

ここでは緊急時対策所換気設備を構成する円形のダクト、矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。

材料の許容応力は、設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 5, 表 7 に応じた値を用いる。

設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 5, 表 7 記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し、小数点第 1 位以下を切捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格又は機械工学便覧に基づき、適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1) ダクトの厚さ計算（設計・建設規格 PPC-3411 及び機械工学便覧準用）

ダクトの厚さは、次の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

a. 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり、設計・建設規格 PPC-3411 に規定されている下式を用いて、計算上必要な厚さを求める。なお、ダクトの外面に圧力を受けるものにあつては、外面圧に対する厚さ計算を行う。

区 分	適用規格番号	計 算 式
内圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(1)準用	$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$
外圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(2)準用	$t = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$

b. 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。ここで、両サイドの2つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また、接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており、本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が增強されている。したがって、評価対象面は、面外に等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板とみなせ、長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて、計算上必要な厚さを求めることができる。（図2-3参照）

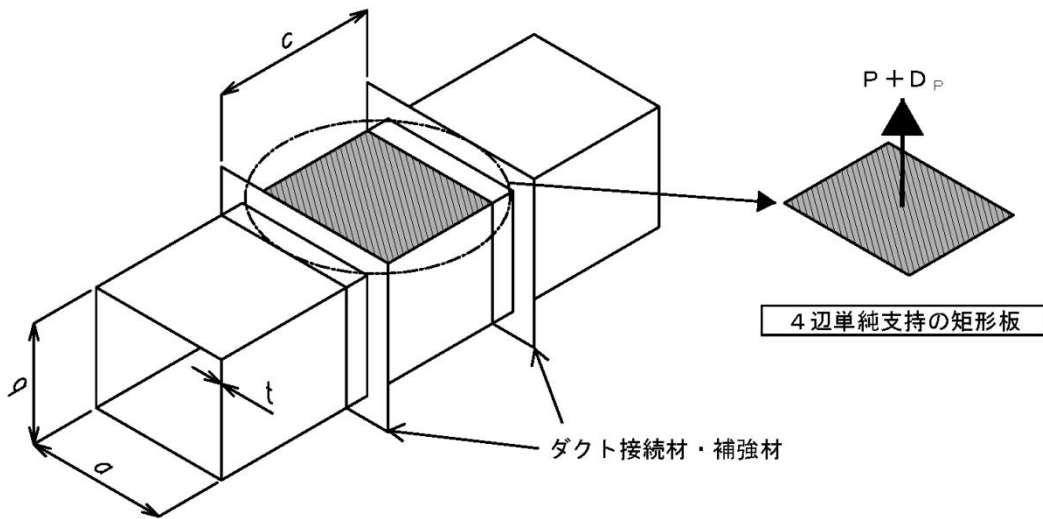


図2-3 板材の面外荷重に対する評価モデル

区 分	適用規格番号	計 算 式
矩形の ダクト	機械工学便覧 (設計・建設規格) PPC-3411(1) 参考	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 \cdot E \cdot t^4} (P + g \cdot D_P) = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{\max}}{t}$ $+ \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a \cdot c} + (3 - \nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \left(\frac{\delta_{\max}}{t} \right)^3 \dots\dots (2.1)$ $S = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{\max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2)\delta_{\max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu(\delta_{\max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\}$ $\dots\dots\dots (2.2)$

(2.1)式及び(2.2)式を解いて、両式を満足する δ_{\max} 及び t を求める。このときの t を矩形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお、縦弾性係数は設計・建設規格付録材料図表 Part 6 の値を用いて算出し、ポアソン比を 0.3 とし、計算を行う。

(2) フランジ（設計・建設規格 PPC-3414 準用）

a. 円形のダクト

円形のアンゲルフランジ構造であり、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造 - 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており、同様な寸法の取り方が可能であるため、図 2-4「フランジ形式」に示すルーズ形フランジとみなして、設計・建設規格 PPC-3414 (2) に従い、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造 - 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

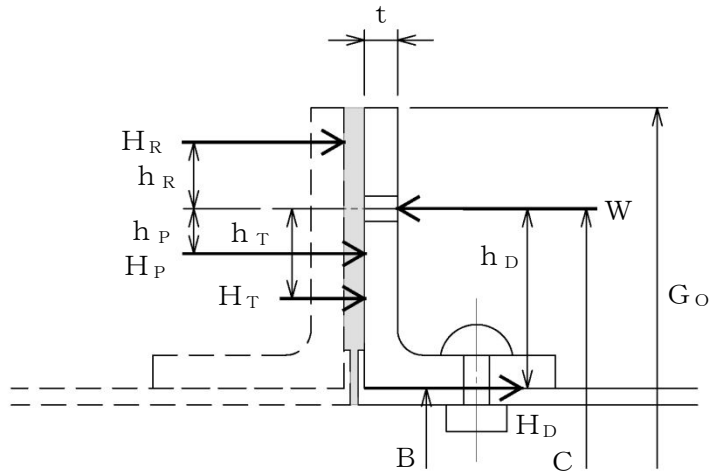


図 2-4 フランジ形式（円形アンゲルフランジ）

項 目		計 算 式
計算上必要なボルト荷重	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{16 \cdot M}{\pi \cdot G^3}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	ガスケット締付時のガスケット座の有効幅	$b_1 = 4 \sqrt{b_0}$
	ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の直径	$G = C - (d_h + 2 \cdot b'')$
	内圧によってフランジに加わる荷重	$H = \frac{\pi}{4} (C - d_h)^2 \cdot P_{FD}$
	気密を保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b'' \cdot G \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	使用状態での必要な最小ボルト荷重	$W = H + H_P + H_R$
ボルトの平均応力	ボルトの総有効断面積	$A_b = n \cdot \frac{\pi}{4} d_b^2$
	使用状態でのボルト荷重により生じる平均引張応力	$\sigma_{M0} = \frac{W}{A_b}$
	評 価	σ_{M0} が S_0 以下となることを確認する。

項 目		計 算 式	
フランジに作用するモーメント	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重	$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P$	
	フランジに加わる荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$	
	モーメント腕長さ	ルーズ形	
			$H_D = \frac{C - B}{2}$
			$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
			$h_R = \frac{G_0 - C + d_h}{4}$
		$h_T = \frac{(C + d_h + 2 \cdot b'') - B}{4}$	
使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P$		
フランジに生じる応力	フランジの曲げ応力	$\sigma_{f0} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 (\pi \cdot C - n \cdot d_h)}$	
	評 価	σ_{f0} が $1.5 S_{f0}$	

b. 矩形のダクト

矩形のアンクルフランジ構造であり、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造 - 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており、矩形と円形の形状の違いを考慮することにより、同様な寸法の取り方が可能であるため、図 2-5「フランジ形式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造 - 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じてボルトに発生する応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

なお、フランジについては、図 2-5「フランジ形式」に示す断面形状にて、ボルト間隔 l における区間の荷重を負担するものとし、フランジに作用する曲げ応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

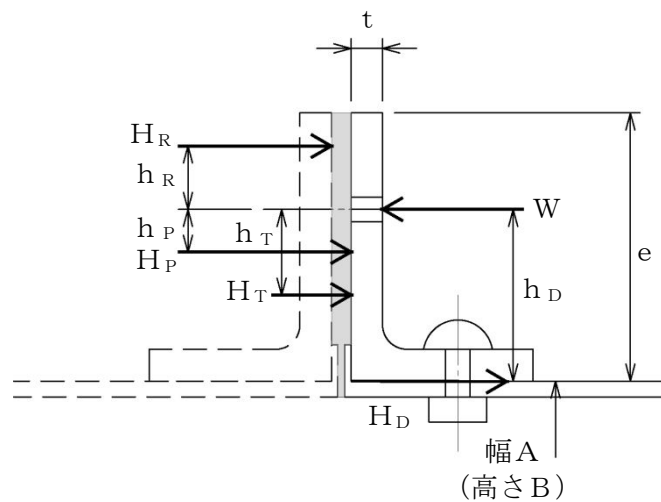


図 2-5 フランジ形式 (矩形アンクルフランジ)

項 目		計 算 式
計算上必要なボルト荷重	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{2(A + B + 4 \cdot h_D)M}{G(A + 2 \cdot h_D - d_h)(B + 2 \cdot h_D - d_h)(A + 2 \cdot h_D)}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	ガスケット締付時のガスケット座の有効幅	$b_1 = 4\sqrt{b_0}$
	ガスケット圧縮力 H_P の作用点間距離	$G = B + e - d_h - 2 \cdot b''$
	フランジ応力算定用圧力によってフランジに加わる荷重	$H = \frac{(A + 2 \cdot h_D - d_h)(B + 2 \cdot h_D - d_h)P_{FD} \cdot \ell}{2(A + B + 4 \cdot h_D)}$
	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重	$H_D = \frac{A \cdot B \cdot P}{2(A + B + 4 \cdot h_D)} \cdot \ell$
	ガスケット荷重	$H_P = 2 \cdot b'' \cdot \ell \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{M_0}{h_R}$
	フランジに加わる荷重とフランジの内径面に加わる荷重の差	$H_T = H - H_D$
	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの距離)	$h_D = \frac{e}{2}$
	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から H_P 作用点までの距離)	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から H_R 作用点までの距離)	$h_R = \frac{e - h_D}{2} + \frac{d_h}{4}$
	モーメント腕長さ (ボルト穴の中心円から H_T 作用点までの距離)	$h_T = \frac{2 \cdot h_D + d_h + 2 \cdot b''}{4}$
	使用状態での必要な最小ボルト荷重	$W = H + H_P + H_R$
ボルトの平均応力	ボルトの有効断面積	$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2$
	使用状態でのボルト荷重により生じる平均引張応力	$\sigma_{M0} = \frac{W}{A_b}$
	評 価	σ_{M0} が S_0 以下となることを確認する。

項 目		計 算 式
する モー メント	フランジに作用 使用状態でフランジに作用する全モー メント	$M_0 = H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P$
生 じる 応力	フランジ フランジの曲げ応力	$\sigma_{f0} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 (\ell - d_h)}$
	評 価	σ_{f0} が $1.5 S_{f0}$ 以下となることを確認する。

(3) 伸縮継手（設計・建設規格 PPC-3416 準用）

申請範囲のダクトには伸縮継手は使用しない。

(4) 穴の補強計算（設計・建設規格 PPC-3420 準用）

穴の補強計算は、管の計算上必要な厚さに相当する穴の欠損面積（補強に必要な面積）を管の計算上必要な厚さを上回る部分の面積（補強に有効な面積）が補充していることを確認するものである。したがって、管の計算上必要な厚さが実際の管厚さに対して小さければ、補強に有効な面積が補強に必要な面積を下回ることはない。

緊急時対策所換気系ダクトの圧力は最も高くなる箇所でも 1.1×10^{-3} MPa と微圧であり、一般に、前述する(1)項にて定義する計算上必要な厚さは、小さい値となる。このため、補強に必要な面積も小さい値となり、補強に有効な面積を上回ることはない。したがって、緊急時対策所換気系のダクトの厚さが計算上必要な厚さに比べて、余裕があることを確認することによって、補強に有効な面積が補強に必要な面積よりも大きくなることを確認できるので、穴の補強計算は省略する。

(5) 応力計算（設計・建設規格 PPC-3500, 3700 及び 3800 準用）

縦弾性係数は設計・建設規格付録材料図表 Part 6 の値を用いて算出し、ポアソン比を 0.3 として以下の応力計算を行う。

a. 一次応力（設計・建設規格 PPC-3510 準用）

(a) 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり、一次応力は、設計・建設規格 PPC-3520 に規定されている次の計算式により求められる値が、最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。なお、緊急時対策所換気系ダクトには、機械的荷重（短期的）を生じる逃がし弁等が設置されていないため、設計・建設規格 PPC-3520 (2) による応力計算は行わない。

適用規格番号	計 算 式	許容応力
設計・建設規格 PPC-3520 (1) b 準用	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	1.5 S _h

(b) 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の 2 つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を補強部材（及び接続部材）で支持された長方形の板と見なすことができる。したがって、次の計算式（等分布荷重を受ける 4 辺単純支持の長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧；前述する 2.2 (1) b. 項（厚さ計算）の式と同一）により求められる応力値が、最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

適用規格番号	計算式	許容応力
機械工学便覧 (設計・建設規格 PPC-3520 (1) 準用)	$\frac{256(1-v^2)}{\pi^6 \cdot E \cdot t^4} (P + g \cdot D_p) = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{max}}{t}$ $+ \left\{ \frac{4 \cdot v}{a^2 \cdot c^2} + (3 - v^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \left(\frac{\delta_{max}}{t} \right)^3 \dots \dots \dots (2.3)$ $S_{prm} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{max}}{8(1-v^2)} \left\{ \frac{(2-v^2)\delta_{max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{v(\delta_{max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\} \dots (2.4)$	1.5 S _h

(2.3)式及び(2.4)式を解いて、両式を満足する δ_{max} 及び S_{prm} を求める。
この時の S_{prm} を矩形ダクトの一次応力と定義する。

3. 換気設備の重大事故等クラス2管の使用材料の評価結果

3.1 評価対象材料及び仕様

NO.	使用箇所	使用条件				使用材料 規格	比較材料 規格
		最高使用 圧 力 (MPa)		最高使用 温 度 (°C)			
		DB	SA	DB	SA		
1	ダクト	—	$\pm 1.1 \times 10^{-3}$	—	40	SGC340 JIS G 3302	—
2	(緊急時対策所)	—	$\pm 1.1 \times 10^{-3}$	—	40	SS400 JIS G 3101	SM400B JIS G 3106

3.2 評価結果

番号1（使用規格材料：JIS G 3302 SGC340）の評価結果

(1) 評価結果

ダクト（緊急時対策所）の使用材料規格である溶融亜鉛めっき鋼板は、設計・建設規格のクラス2管に使用可能な材料として規定されていないものの、以下のとおり、求められる機能を考慮し、使用条件に対して適切な材料である。

換気設備のダクト（緊急時対策所）は、重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

溶融亜鉛めっき鋼板を使用しているダクト鋼板面は、重大事故等対処設備として、緊急時対策所換気空調系の流路を構成するための仕切板としての機能が求められ、最高使用圧力は、 -1.1×10^{-3} MPa から 1.1×10^{-3} MPa と微圧であり、最高使用温度も40℃であり、ダクト（緊急時対策所）に使用可能な材料である。

番号 2 (使用規格材料 : JIS G 3101(2010) SS400) の評価結果

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較材料
使用材料	400~510N/mm ²	245N/mm ² 以上 ^{*1}	最小引張強さ及び, 最小降伏点は同値である。
比較材料	400~510N/mm ²	245N/mm ² 以上 ^{*1}	

注記*1 : 鋼材の厚さが 16mm 以下の場合の値

(2) 化学的成分

	化学的成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	—	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—	—	—	—	—
比較材料	*2 0.20 以下	0.35 以下	0.60 ~ 1.40	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>使用材料と比較材料において、化学的成分規定値に差異のある成分は P 及び S の 2 成分であり、C、Si 及び Mn については使用材料では規定されていない。P 及び S は材料の機械的強度及びじん性に影響を及ぼす。</p> <p>機械的強度については、影響を及ぼす化学的成分規定値に差異はあるものの、(1)の機械的強度の比較結果より十分な機械的強度を有していることを確認できるため問題はない。</p> <p>じん性については、影響を及ぼす不純物である P 及び S の規定値に差異はあるものの、規定値が影響を与えるレベル以下であるため問題はない。</p>									

注記*2 : 鋼材の厚さが 50mm 以下の場合の値

(3) 評価結果

JIS G 3101 SS400 はクラス 2 管に使用可能な材料として規定されている JIS G 3106 SM400B と比較した結果、機械的強度は同等であり、化学的成分は材料に悪影響を与えないため、使用条件に対してクラス 2 管に適用する材料として適切である。

5. 評価結果

5.1 ダクトの厚さ計算結果

(1) 円形のダクト(1/1)

設計・建設規格 PPC-3411

NO.	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	外 径 D。 (mm)	S (MPa)	η	t (mm)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
	-0.60×10^{-3}	40	SGC340	351	85	0.6	0.08	
	以下余白							

評 価：上記ダクトの最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。

(2) 矩形のダクト(1/1)

機械工学便覧（長方形板の大たわみ式）

NO.	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	長 径* (mm)	S (MPa)	D_p ($\times 10^{-6} \text{kg/mm}^2$)	η	t (mm)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
	1.10×10^{-3}	40	SGC340	702	85	8.155	—	0.13	
	以下余白								

評 価：上記ダクトの最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。

注記*：長径とは、ダクト幅及びダクト高さのうち、大きい方を指す。

5.2 フランジの強度計算結果

(1) 円形のフランジ(1/1)

設計・建設規格 PPC-3414

使用箇所番号 _____

管の外径 351

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用 圧力 P (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	フランジ		ボルト				ガスケット					
		材 料	最高使用 温度にお ける許容 引張応力 S_{f0} (MPa)	材 料	最高使用 温度にお ける許容 引張応力 S_0 (MPa)	本 数 n	ボルトの 谷 径 d_b (mm)	材 料	寸法(mm)			ガスケット 係数 m	有効 幅 "b" (mm)
									外径 G_0	基 本 幅 b_0	厚 さ		
0.60×10^{-3}	40	SS400	100	SS400	59	16	19.294	ゴムシート	501	56	3以上	0.5	2.5

(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{f0} (MPa)	許容応力 $1.5 S_{f0}$ (MPa)
36230	6	150

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ_{M0} (MPa)	許容応力 S_0 (MPa)
1	59

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。
----	--

(2) 矩形のフランジ(1/1)

設計・建設規格 PPC-3414

使用箇所番号 _____

管の外径 203.2×153.2

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用 圧 力 P (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	フランジ		ボルト				ガスケット					
		材 料	最高使用 温度にお ける許容 引張応力 S_{f0} (MPa)	材 料	最高使用 温度にお ける許容 引張応力 S_0 (MPa)	ボルト 間隔 ℓ (mm)	ボルトの 谷 径 d_b (mm)	材 料	寸法(mm)			ガスケット 係数 m	有効 幅 b'' (mm)
									長径*	基 本 幅 b_0	厚 さ		
0.60×10^{-3}	40	SS400	100	SS400	61	100	6.647	ゴムシート	283.2	40	3以上	0.5	2.5

(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{f0} (MPa)	許容応力 $1.5 S_{f0}$ (MPa)
7370	55	150

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ_{M0} (MPa)	許容応力 S_0 (MPa)
33	61

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。
----	--

注記* : 長径とは、ダクト幅及びダクト高さのうち、大きい方を指す。

5.3 ダクトの応力計算結果

(1) 円形のダクト(1/1)

設計・建設規格 PPC-3520

NO.	外 径 D。 (mm)	厚 さ t (mm)	材 料	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	一 次 応 力	
						合計応力 S _{pr m} (MPa)	許容応力 1.5 S _h (MPa)
	351	0.5	SGC340	-0.60×10^{-3}	40	3	127
	以下余白						

評 価：ダクトの合計応力は、許容応力以下であるので、強度は十分である。

(2) 矩形のダクト(1/1)

機械工学便覧（長方形板の大たわみ式），設計・建設規格 PPC-3520

NO.	長 径* (mm)	厚 さ t (mm)	材 料	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	D _p (×10 ⁻⁶ kg/mm ²)	一 次 応 力	
							合計応力 S _{p r m} (MPa)	許容応力 1.5 S _h (MPa)
	702	1.0	SGC340	1.10×10 ⁻³	40	8.155	31	127
	以下余白							

評 価：ダクトの合計応力は，許容応力以下であるので，強度は十分である。

注記*：長径とは，ダクト幅及びダクト高さのうち，大きい方を指す。

本資料のうち、枠組みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-801 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-3-3 弁の強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」並びに「V-3-2-12 重大事故等クラス2 弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

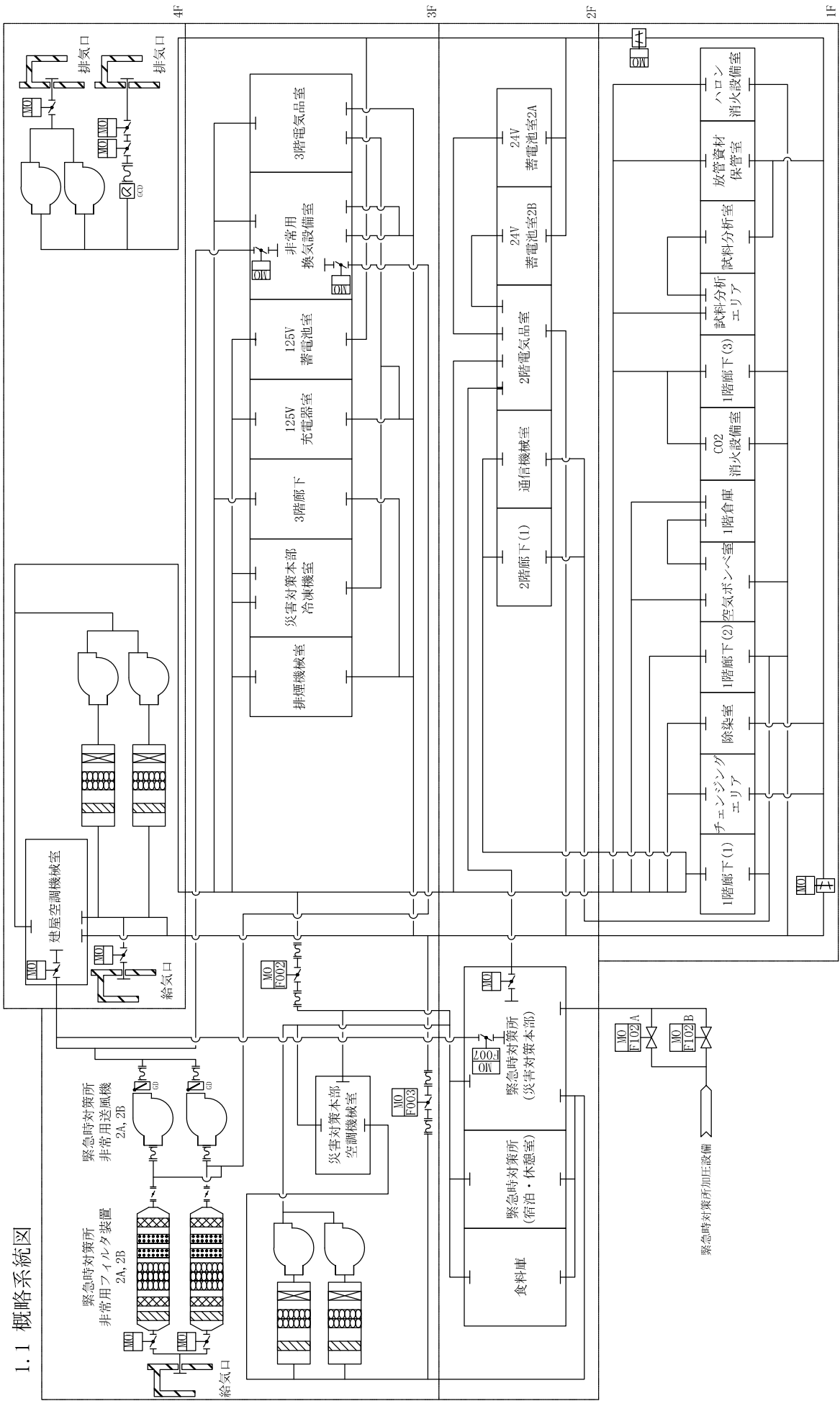
・評価条件整理表

機器名 (弁番号)	既設 or 新設	施設時の 技術標準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
							圧力	温度 (°C)		圧力	温度 (°C)					
F007	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	0.86(MPa) (差圧)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2	
										5.6(kPa)	40					
F002	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	0.86(MPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2	
F003	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6(kPa) (差圧)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2	
										0.86(MPa)	40					
F102A, B	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	22.00(MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2	

目 次

1. 重大事故等クラス2弁	1
1.1 概略系統図	2
1.2 設計仕様	3
1.3 強度計算書	4

1. 重大事故等クラス2 弁



換気系概略系統図

1.2 設計仕様

系統：換気系

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F007	止め弁	150	SCPH2	S25C	SNB7
F002	止め弁	350	SCPH2	S25C	SNB7
F003	止め弁	350	SCPH2	S25C	SNB7
F102A, B	止め弁	25	SUSF304	SUSF304	SNB7

1.3 強度計算書

系 統 : 換気系

弁番号	F007	シート	1
-----	------	-----	---

設計条件		ネック部の厚さ	
最高使用圧力P (MPa)	0.86 *,*1	dn (mm)	
最高使用温度Tm (°C)	40 *	dn/dm	
弁箱又は弁ふたの厚さ		φ (mm)	
弁箱材質		tm1 (mm)	7.2
弁ふた材質		tm2 (mm)	1.1
P1 (MPa)	-	tma1 (mm)	
P2 (MPa)	-	tma2 (mm)	
dm (mm)		評価 : $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。	
t1 (mm)	-		
t2 (mm)	-		
t (mm)	7.2		
tab (mm)			
taf (mm)			
評価 : $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。			

注記*: 重大事故等時における使用時の値を示す。
 *1: 内圧及び外圧(差圧)で絶対値として大きい値。

NT2 補③ V-3-8-1-3-3 R0

フランジ及びフランジボルトの応力解析			
設計条件		モーメントの計算	
PFD (MPa)	0.86	HD (N)	780.8
Peq (MPa)	0	hD (mm)	13.5
Tm (°C)	40	MD (N・mm)	10.541×10^3
Me (N・mm)		HG (N)	0.0
Fe (N)		hG (mm)	12.2
フランジの形式	JIS B8265付属書3 図2 b) 6)	MG (N・mm)	0.0
フランジ		HT (N)	948.6
材料		hT (mm)	16.35
σ_{fa} (MPa)		MT (N・mm)	1.551×10^4
常温(ガスケット締付時)(20°C)	120	Mo (N・mm)	2.605×10^4
σ_{fb} (MPa)		Mg (N・mm)	3.491×10^5
最高使用温度(使用状態)	120	フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	2.88
C (mm)		ho (mm)	
g0 (mm)		f	1.00
g1 (mm)		F	0.864
h (mm)		V	0.363
ボルト		e (mm ⁻¹)	0.04593
材料		d (mm ³)	11951.3
σ_a (MPa)		L	1.73
常温(ガスケット締付時)(20°C)	173	T	1.23
σ_b (MPa)		U	2.13
最高使用温度(使用状態)	173	Y	1.94
n		Z	1.27
db (mm)		応力の計算	
ガスケット		σ_{Ho} (MPa)	3
材料		σ_{Ro} (MPa)	4
ガスケット厚さ (mm)		σ_{To} (MPa)	2
G (mm)		σ_{Hg} (MPa)	31
m		σ_{Rg} (MPa)	47
y (N/mm ²)		σ_{Tg} (MPa)	21
bo (mm)		応力の評価 : $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
b (mm)			
N (mm)			
Gs (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	1.729×10^3	よって十分である。	
Hp (N)	0.0		
Wm1 (N)	1.729×10^3		
Wm2 (N)	0.0		
Am1 (mm ²)	10.00		
Am2 (mm ²)	0.0		
Am (mm ²)	10.00		
Ab (mm ²)			
Wo (N)	1.729×10^3		
Wg (N)	2.862×10^4		
評価 : $A_m < A_b$		よって十分である。	

NT2 補③ V-3-8-1-3-3 R0

系 統 : 換気系

弁番号	F002	シート	1
-----	------	-----	---

設計条件		ネック部の厚さ	
最高使用圧力P (MPa)	0.86 *	dn (mm)	
最高使用温度Tm (°C)	40 *	dn/dm	
弁箱又は弁ふたの厚さ		φ (mm)	
弁箱材質		tm1 (mm)	10.3
弁ふた材質		tm2 (mm)	1.2
P1 (MPa)	-	tma1 (mm)	
P2 (MPa)	-	tma2 (mm)	
dm (mm)		評価 : $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。	
t1 (mm)	-		
t2 (mm)	-		
t (mm)	10.3		
tab (mm)			
taf (mm)			
評価 : $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。			

注記*: 重大事故等時における使用時の値を示す。

フランジ及びフランジボルトの応力解析			
設計条件		モーメントの計算	
PFD (MPa)	0.86	HD (N)	2.118×10^3
Peq (MPa)	0	hD (mm)	13.0
Tm (°C)	40	MD (N・mm)	2.754×10^4
Me (N・mm)		HG (N)	0.0
Fe (N)		hG (mm)	14.7
フランジの形式	JIS B8265付属書3 図2 b) 6)	MG (N・mm)	0.0
フランジ		HT (N)	1.248×10^3
材料		hT (mm)	18.35
σ_{fa} (MPa)		MT (N・mm)	2.291×10^4
常温(ガスケット締付時)(20°C)	120	Mo (N・mm)	5.045×10^4
σ_{fb} (MPa)		Mg (N・mm)	7.894×10^5
最高使用温度(使用状態)	120	フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	2.32
C (mm)		ho (mm)	
g0 (mm)		f	1.00
g1 (mm)		F	0.873
h (mm)		V	0.382
ボルト		e (mm ⁻¹)	0.03174
材料		d (mm ³)	35336.7
σ_a (MPa)		L	1.51
常温(ガスケット締付時)(20°C)	173	T	1.39
σ_b (MPa)		U	2.69
最高使用温度(使用状態)	173	Y	2.45
n		Z	1.46
db (mm)		応力の計算	
ガスケット		σ_{Ho} (MPa)	3
材料		σ_{Ro} (MPa)	3
ガスケット厚さ (mm)		σ_{To} (MPa)	2
G (mm)		σ_{Hg} (MPa)	29
m		σ_{Rg} (MPa)	38
y (N/mm ²)		σ_{Tg} (MPa)	18
bo (mm)		応力の評価 : $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
b (mm)			
N (mm)			
Gs (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	3.367×10^3	よって十分である。	
Hp (N)	0.0		
Wm1 (N)	3.367×10^3		
Wm2 (N)	0.0		
Am1 (mm ²)	19.46		
Am2 (mm ²)	0.0		
Am (mm ²)	19.46		
Ab (mm ²)			
Wo (N)	3.367×10^3		
Wg (N)	5.370×10^4		
評価 : $A_m < A_b$		よって十分である。	

NT2 補③ V-3-8-1-3-3 R0

系 統 : 換気系

弁番号	F003	シート	1
-----	------	-----	---

設計条件		ネック部の厚さ	
最高使用圧力P (MPa)	0.86 *,*1	dn (mm)	
最高使用温度Tm (°C)	40 *	dn/dm	
弁箱又は弁ふたの厚さ		φ (mm)	
弁箱材質		tm1 (mm)	10.3
弁ふた材質		tm2 (mm)	1.2
P1 (MPa)	-	tma1 (mm)	
P2 (MPa)	-	tma2 (mm)	
dm (mm)		評価 : $tma1 \geq tm1$ $tma2 \geq tm2$ よって十分である。	
t1 (mm)	-		
t2 (mm)	-		
t (mm)	10.3		
tab (mm)			
taf (mm)			
評価 : $tab \geq t$ $taf \geq t$ よって十分である。			

注記*: 重大事故等時における使用時の値を示す。
 *1: 内圧及び外圧(差圧)で絶対値として大きい値。

NT2 補③ V-3-8-1-3-3 0 R

フランジ及びフランジボルトの応力解析			
設計条件		モーメントの計算	
PFD (MPa)	0.86	HD (N)	2.118×10^3
Peq (MPa)	0	hD (mm)	13.0
Tm (°C)	40	MD (N・mm)	2.754×10^4
Me (N・mm)		HG (N)	0.0
Fe (N)		hG (mm)	14.7
フランジの形式	JIS B8265付属書3 図2 b) 6)	MG (N・mm)	0.0
フランジ		HT (N)	1.248×10^3
材料		hT (mm)	18.35
σ_{fa} (MPa)		MT (N・mm)	2.291×10^4
常温(ガスケット締付時)(20°C)	120	Mo (N・mm)	5.045×10^4
σ_{fb} (MPa)		Mg (N・mm)	7.894×10^5
最高使用温度(使用状態)	120	フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	2.32
C (mm)		ho (mm)	
g0 (mm)		f	1.00
g1 (mm)		F	0.873
h (mm)		V	0.382
ボルト		e (mm ⁻¹)	0.03174
材料		d (mm ³)	35336.7
σ_a (MPa)		L	1.51
常温(ガスケット締付時)(20°C)	173	T	1.39
σ_b (MPa)		U	2.69
最高使用温度(使用状態)	173	Y	2.45
n		Z	1.46
db (mm)		応力の計算	
ガスケット		σ_{Ho} (MPa)	3
材料		σ_{Ro} (MPa)	3
ガスケット厚さ (mm)		σ_{To} (MPa)	2
G (mm)		σ_{Hg} (MPa)	29
m		σ_{Rg} (MPa)	38
y (N/mm ²)		σ_{Tg} (MPa)	18
bo (mm)		応力の評価 : $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。	
b (mm)			
N (mm)			
Gs (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	3.367×10^3		
Hp (N)	0.0		
Wm1 (N)	3.367×10^3		
Wm2 (N)	0.0		
Am1 (mm ²)	19.46		
Am2 (mm ²)	0.0		
Am (mm ²)	19.46		
Ab (mm ²)			
Wo (N)	3.367×10^3		
Wg (N)	5.370×10^4		
評価 : $A_m < A_b$	よって十分である。		

系 統 : 換気系

弁番号	F102A,B	シート	1
-----	---------	-----	---

設計条件		ネック部の厚さ	
最高使用圧力P (MPa)	22.00 *	dn (mm)	
最高使用温度Tm (°C)	66 *	dn/dm	
弁箱又は弁ふたの厚さ		φ (mm)	
弁箱材質		tm1 (mm)	-
弁ふた材質		tm2 (mm)	12.3
P1 (MPa)	14.70	tma1 (mm)	
P2 (MPa)	24.53	tma2 (mm)	
dm (mm)		評価 : $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。	
t1 (mm)	4.8		
t2 (mm)	5.9		
t (mm)	5.7		
tab (mm)			
taf (mm)			
評価 : $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。			

注記*: 重大事故等時における使用時の値を示す。

NT2 補③ V-3-8-1-3-3 R0

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-802 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-2-3 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

中央制御室待避室空気ポンプユニット配管

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 評価規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
MCRS-1	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.8	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

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 設計条件	9
3.2 材料及び許容応力	16
4. 計算結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示すとおりとする。





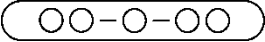
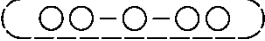

(1) 管

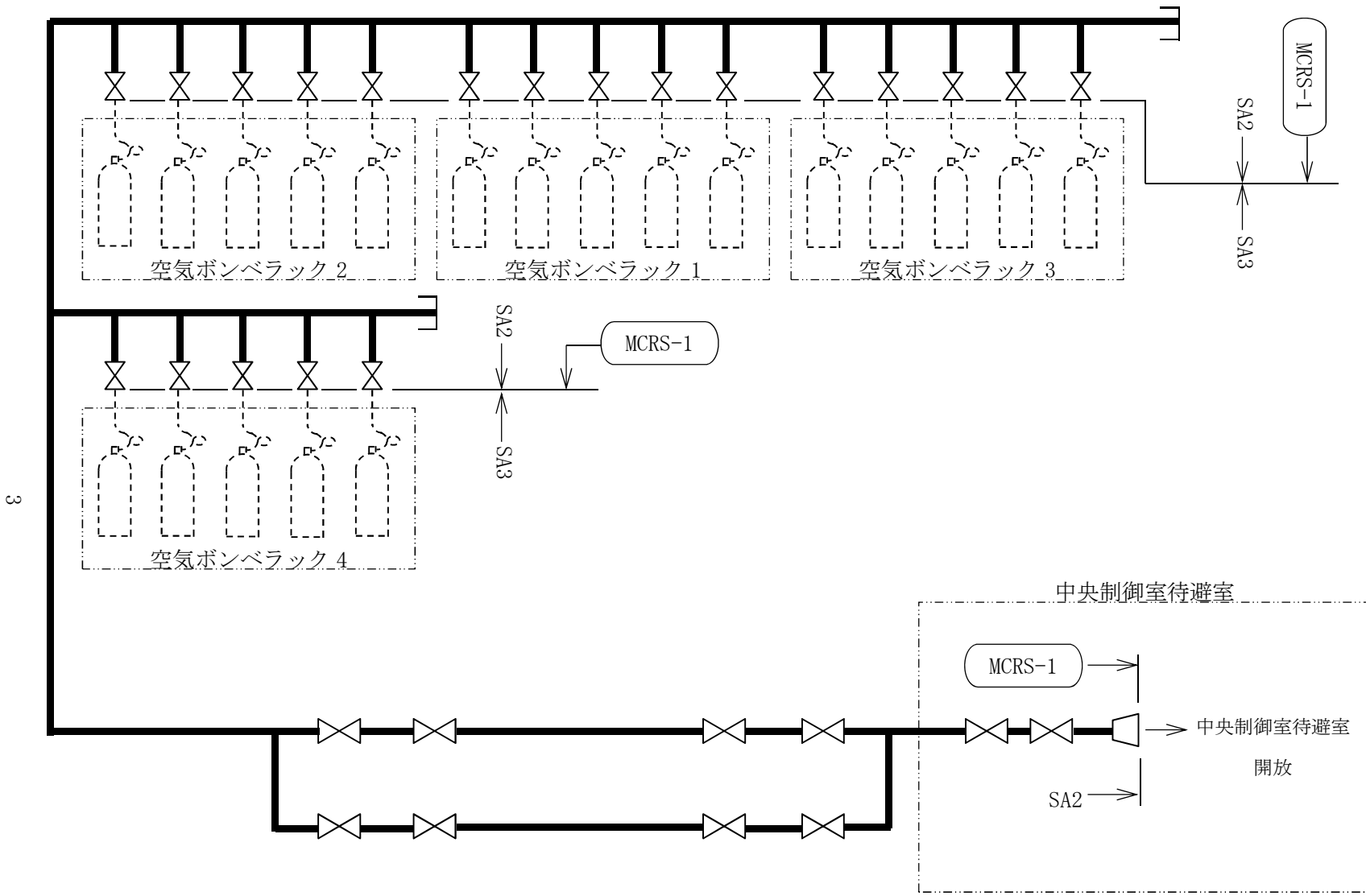
工事計画記載範囲の管について、最大応力を解析モデル単位で評価する。なお、評価結果については、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例







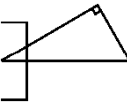
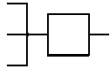

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2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

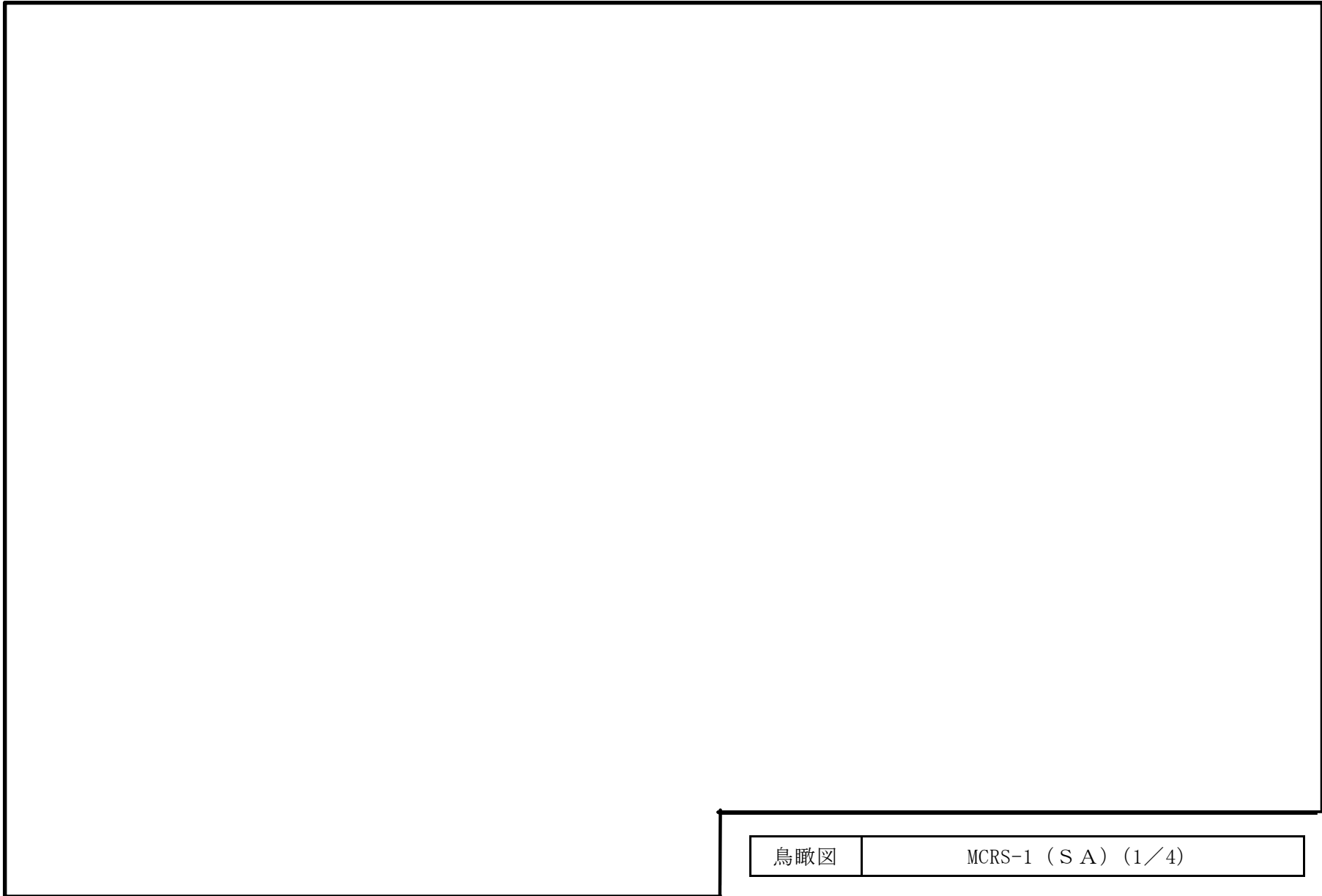


中央制御室待避室空気ポンベユニット配管概略系統図

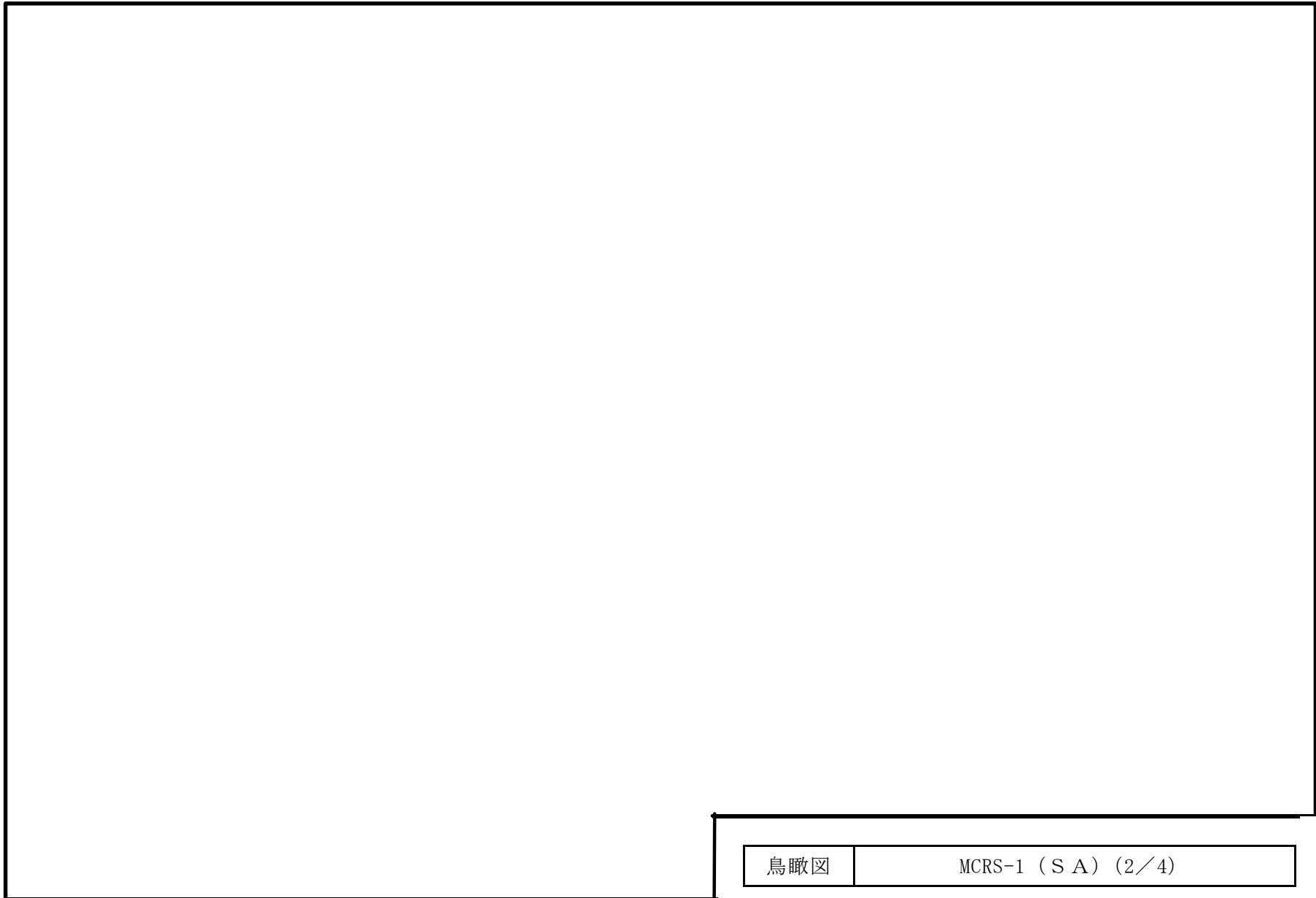
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

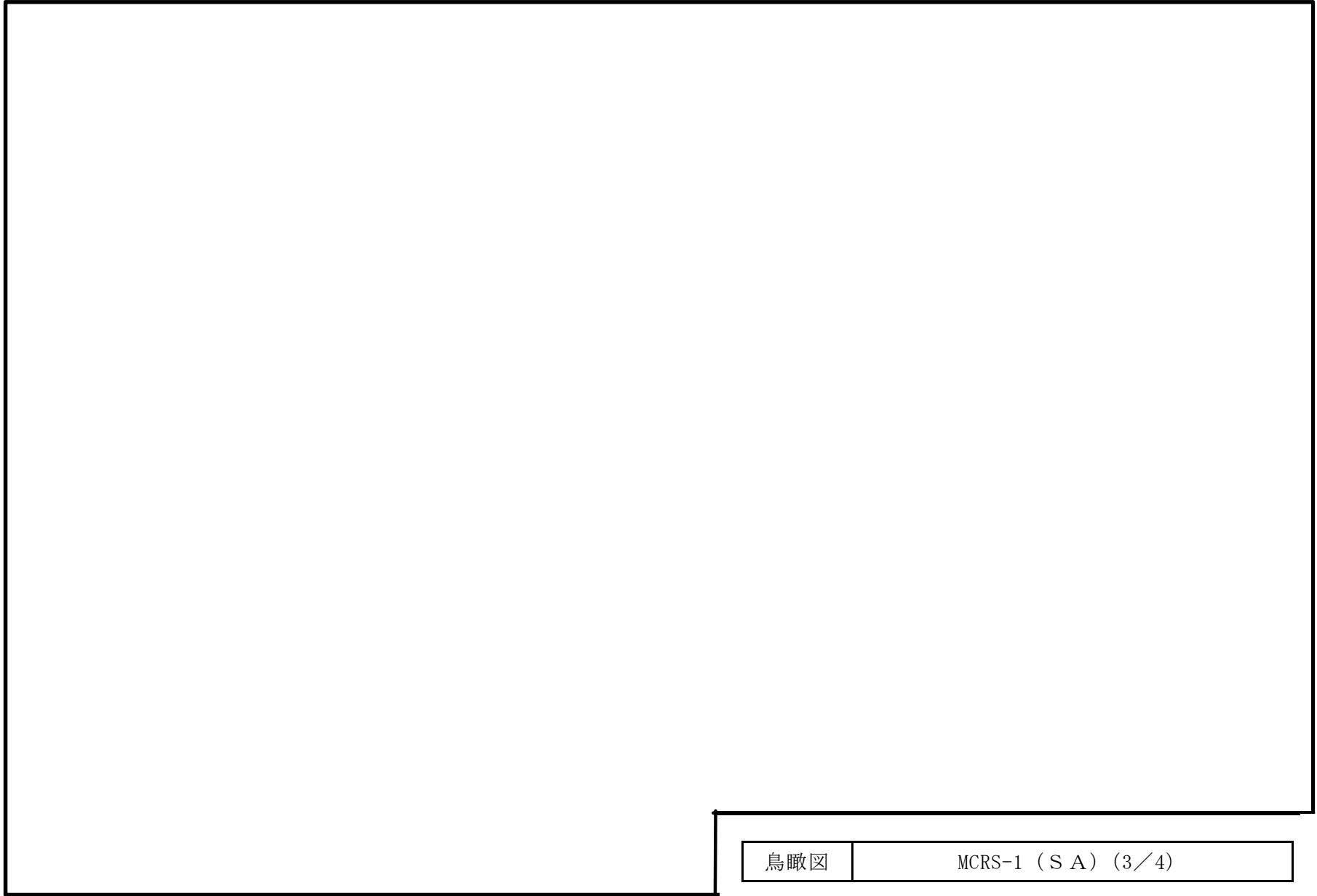
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ 注： 鳥瞰図中の寸法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



鳥瞰図	MCRS-1 (S A) (1/4)
-----	--------------------

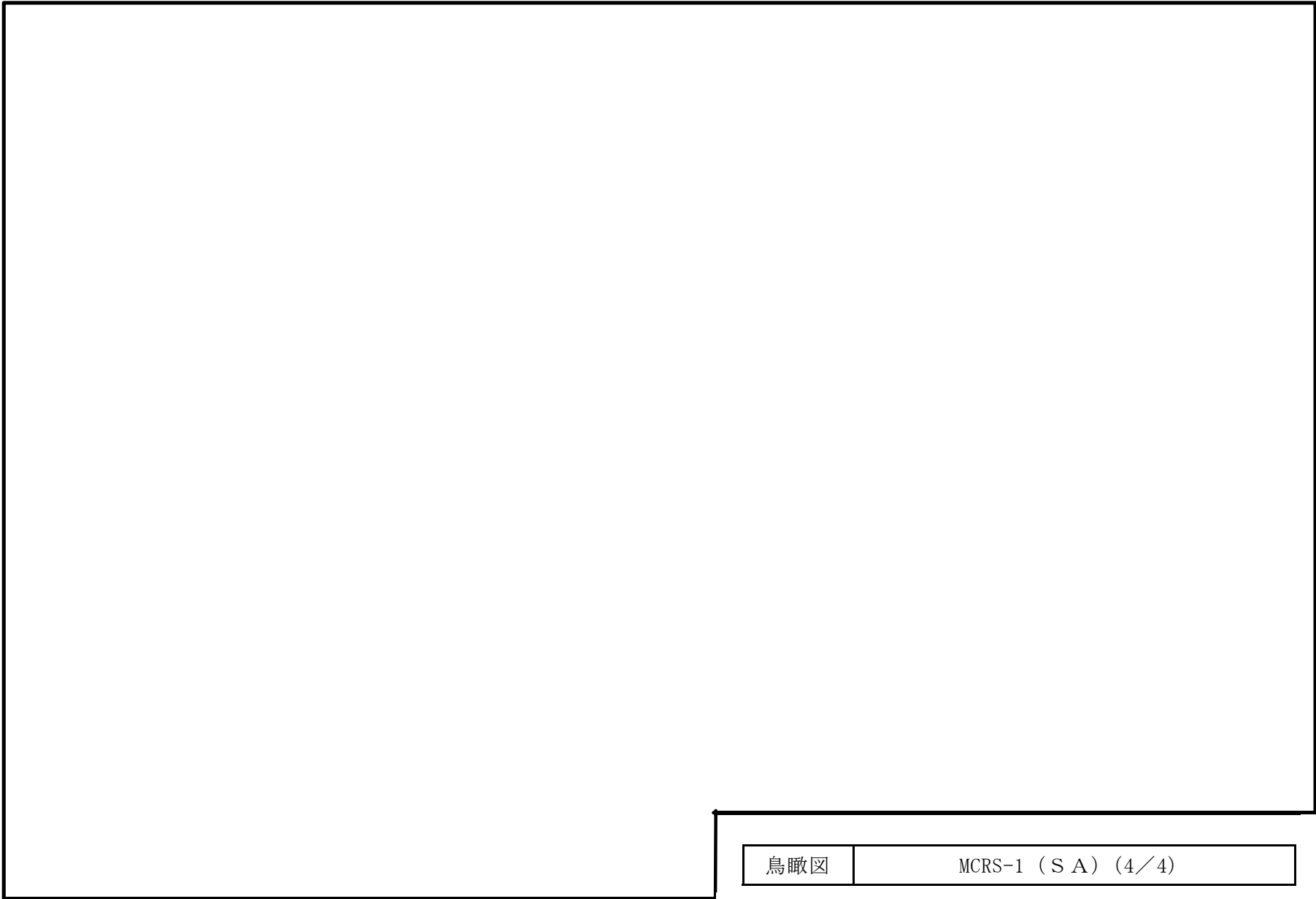


鳥瞰図	MCRS-1 (S A) (2/4)
-----	--------------------



7

鳥瞰図	MCRS-1 (S A) (3/4)
-----	--------------------



鳥瞰図	MCRS-1 (S A) (4 / 4)
-----	--------------------------

3. 計算条件

3.1 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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	501, 801, 601, 401, 602, 402 603, 403, 604, 802, 605, 404 606, 405, 607, 803, 1, 608 804, 609, 2, 805, 610, 406 611, 407, 612, 806, 613, 408 614, 409, 615, 410, 616, 807 3, 617, 808, 618, 4, 411 619, 412, 620, 413, 621, 414 622, 415, 623, 5, 6, 416 7, 809, 624, 8, 810, 625 811, 626, 812, 627, 417, 9 813, 628, 418, 301, 901, 302 814, 303, 902, 834, 311, 906 312, 835, 313, 907, 314, 836 315, 908, 316, 837, 317, 909 318, 838, 319, 910, 320, 839	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	321, 911, 322, 840, 323, 912 324, 841, 325, 913, 326, 842 327, 914, 328, 843, 329, 915 330, 651, 844, 331, 916, 332 652, 845, 333, 917, 334, 653 846, 335, 918, 336, 654, 847 337, 919, 338, 655, 848, 339 920, 340, 656, 424, 657, 425 658, 426, 659, 427, 660, 428 661, 849, 503, 663, 850, 341 921, 342, 664, 851, 343, 922 344, 665, 852, 345, 923, 346 666, 853, 347, 924, 348, 667 854, 349, 925, 350, 351, 926 352, 668, 22, 353, 927, 354 855, 355, 928	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	902, 304, 419, 630, 420, 305 903, 306, 815, 307, 904, 308 421, 632, 816, 10, 422, 633 817, 634, 818, 635, 11, 819 12, 636, 820, 637, 821, 13 14, 638, 822, 639, 823, 640 15, 824, 641, 825, 642, 826 643, 827, 644, 828, 645, 16 829, 17, 646, 830, 18, 647 19, 20, 831, 648, 832, 21 649, 309, 905, 310, 833, 650 502, 928, 356, 429, 670, 430 357, 929, 358, 856, 359, 930 360, 23, 672, 673, 857, 361 931, 362, 674, 858, 363, 932	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	364, 365, 933, 366, 505, 677 859, 367, 934, 368, 201	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
3	202	1.80	40	60.5	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	501, 801, 601, 401, 602, 402, 603, 403, 604, 802, 605, 404, 606, 405 607, 803, 1, 608, 804, 609, 2, 805, 610, 406, 611, 407, 612, 806 613, 408, 614, 409, 615, 410, 616, 807, 3, 617, 808, 618, 4, 411 619, 412, 620, 413, 621, 414, 622, 415, 623, 5, 6, 416, 7, 809 624, 8, 810, 625, 811, 626, 812, 627, 417, 9, 813, 628, 418, 301 901, 302, 814, 303, 902, 304, 419, 630, 420, 305, 903, 306, 815, 307 904, 308, 421, 632, 816, 10, 422, 633, 817, 634, 818, 635, 11, 819 12, 636, 820, 637, 821, 13, 14, 638, 822, 639, 823, 640, 15, 824 641, 825, 642, 826, 643, 827, 644, 828, 645, 16, 829, 17, 646, 830 18, 647, 19, 20, 831, 648, 832, 21, 649, 309, 905, 310, 833, 650 502, 834, 311, 906, 312, 835, 313, 907, 314, 836, 315, 908, 316, 837 317, 909, 318, 838, 319, 910, 320, 839, 321, 911, 322, 840, 323, 912 324, 841, 325, 913, 326, 842, 327, 914, 328, 843, 329, 915, 330, 651 844, 331, 916, 332, 652, 845, 333, 917, 334, 653, 846, 335, 918, 336 654, 847, 337, 919, 338, 655, 848, 339, 920, 340, 656, 424, 657, 425 658, 426, 659, 427, 660, 428, 661, 849, 503, 663, 850, 341, 921, 342 664, 851, 343, 922, 344, 665, 852, 345, 923, 346, 666, 853, 347, 924 348, 667, 854, 349, 925, 350, 351, 926, 352, 668, 22, 353, 927, 354 855, 355, 928, 356, 429, 670, 430, 357, 929, 358, 856, 359, 930, 360 23, 672, 673, 857, 361, 931, 362, 674, 858, 363, 932, 364, 365, 933 366, 505, 677, 859, 367, 934, 368, 201
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	202

NT2 補② V-3-8-1-2-3 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	501, 503
<input type="checkbox"/>	502, 505, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350

弁部の質量

鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901, 906, 907, 908, 909 910, 911, 912, 913, 914 915, 916, 917, 918, 919 920, 921, 922, 923, 924 925, 926, 927	240 kg	902, 903, 928, 929
	904, 930, 931, 932, 933 934	5 kg	905

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	40	—	205	520	129

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520 による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{prm}(1)$ $S_{prm}(2)$	許容応力 $1.5 S_h$ $1.8 S_h$
MCRS-1	408	$S_{prm}(1)$	63	193
—	—	$S_{prm}(2)$	—	—

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-803 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-4-3 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

第二弁操作室空気ポンプユニット配管

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 評価規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
PCVVCC-1	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.8	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

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	12
3.1 設計条件	12
3.2 材料及び許容応力	20
4. 計算結果	21

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示すとおりとする。





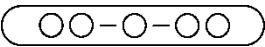
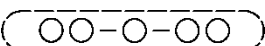

(1) 管

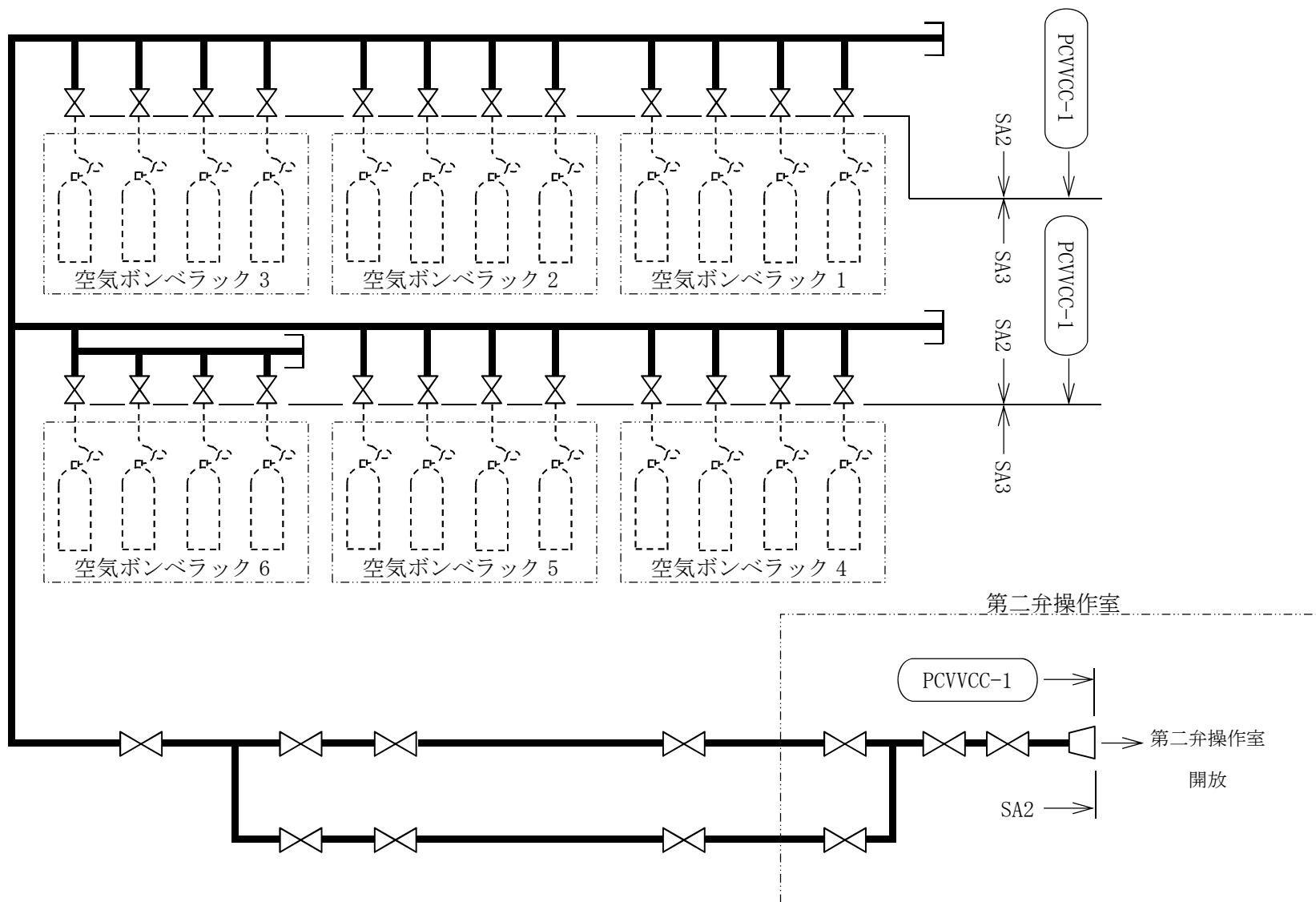
工事計画記載範囲の管について、最大応力を解析モデル単位で評価する。なお、評価結果については、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例







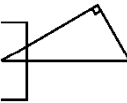
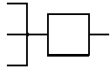

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2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

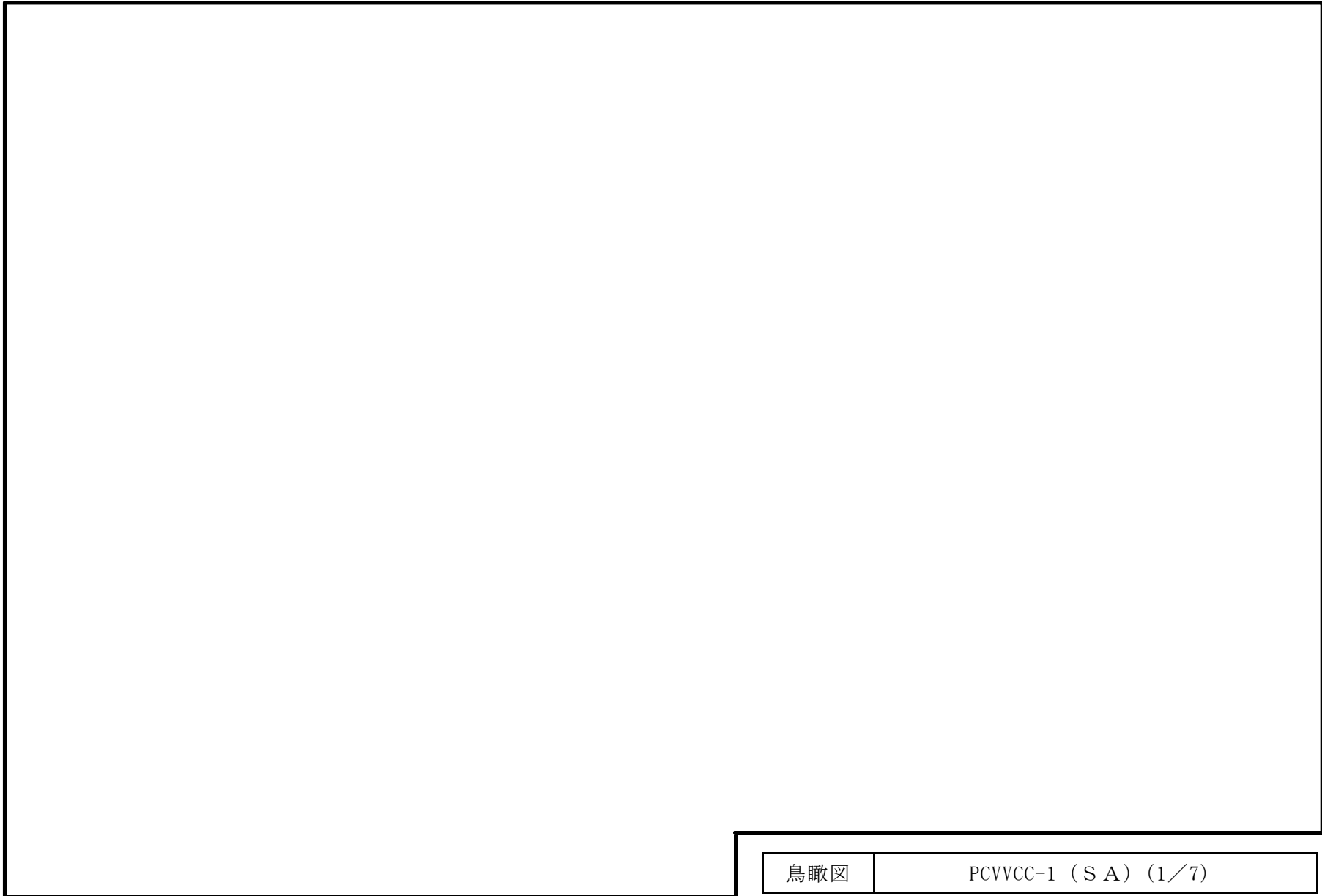


第二弁操作室空気ポンベユニット配管概略系統図

2.2 鳥瞰図

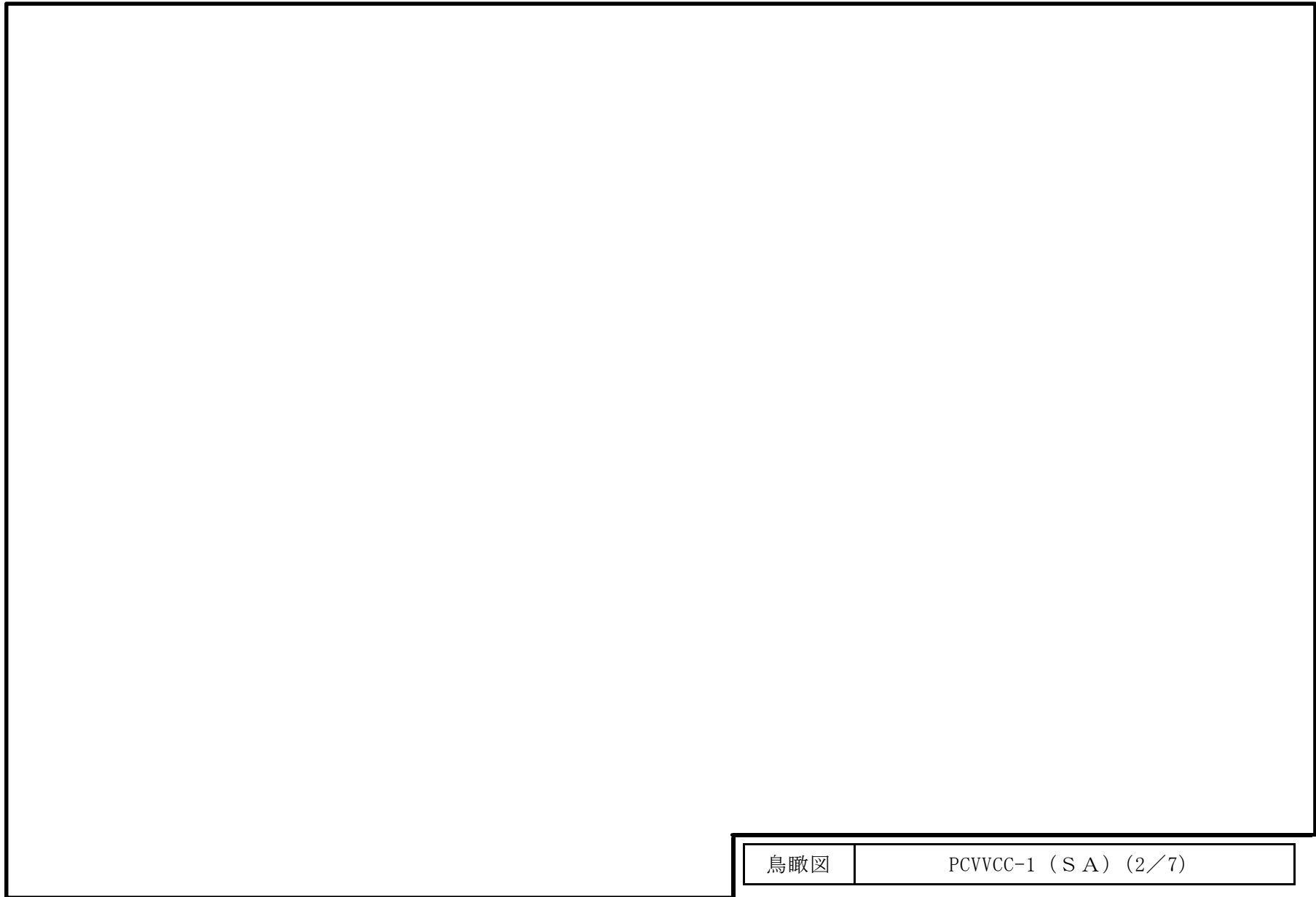
鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」,設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を 「(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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ 注： 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



鳥瞰図

PCVCC-1 (S A) (1/7)

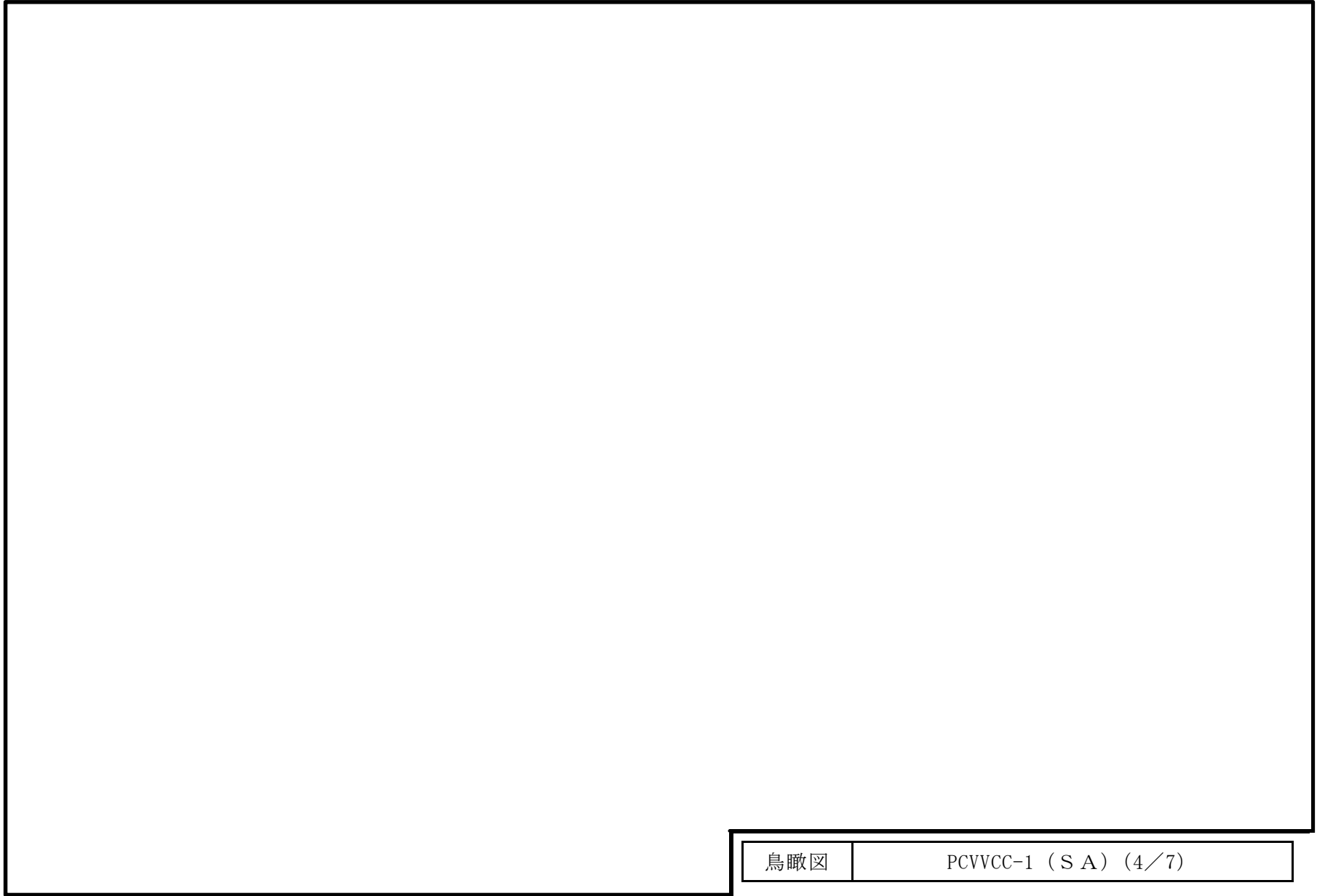


鳥瞰図

PCVCC-1 (S A) (2/7)

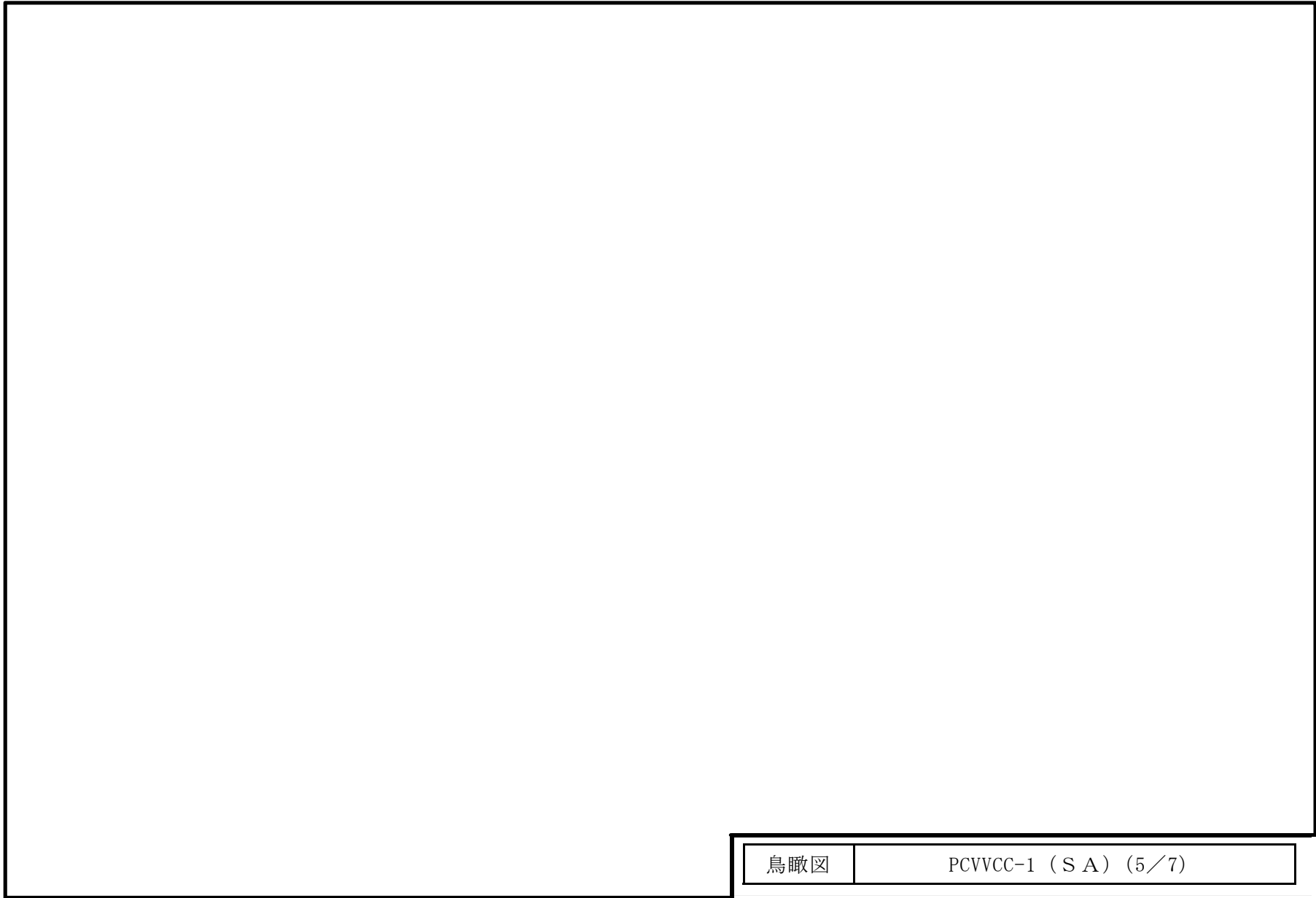


鳥瞰図	PCVVCC-1 (S A) (3/7)
-----	----------------------



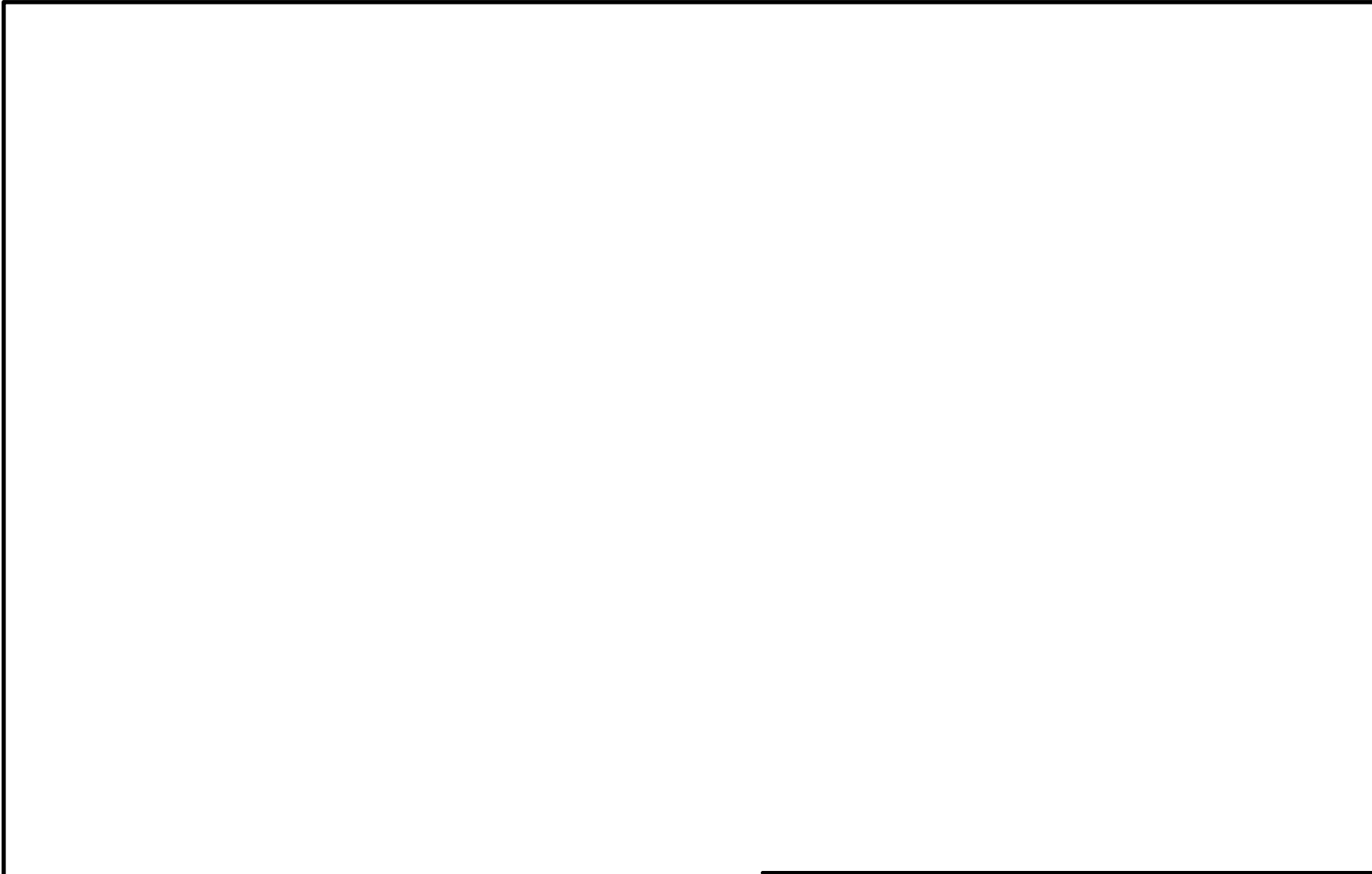
鳥瞰図

PCVVCC-1 (S A) (4/7)



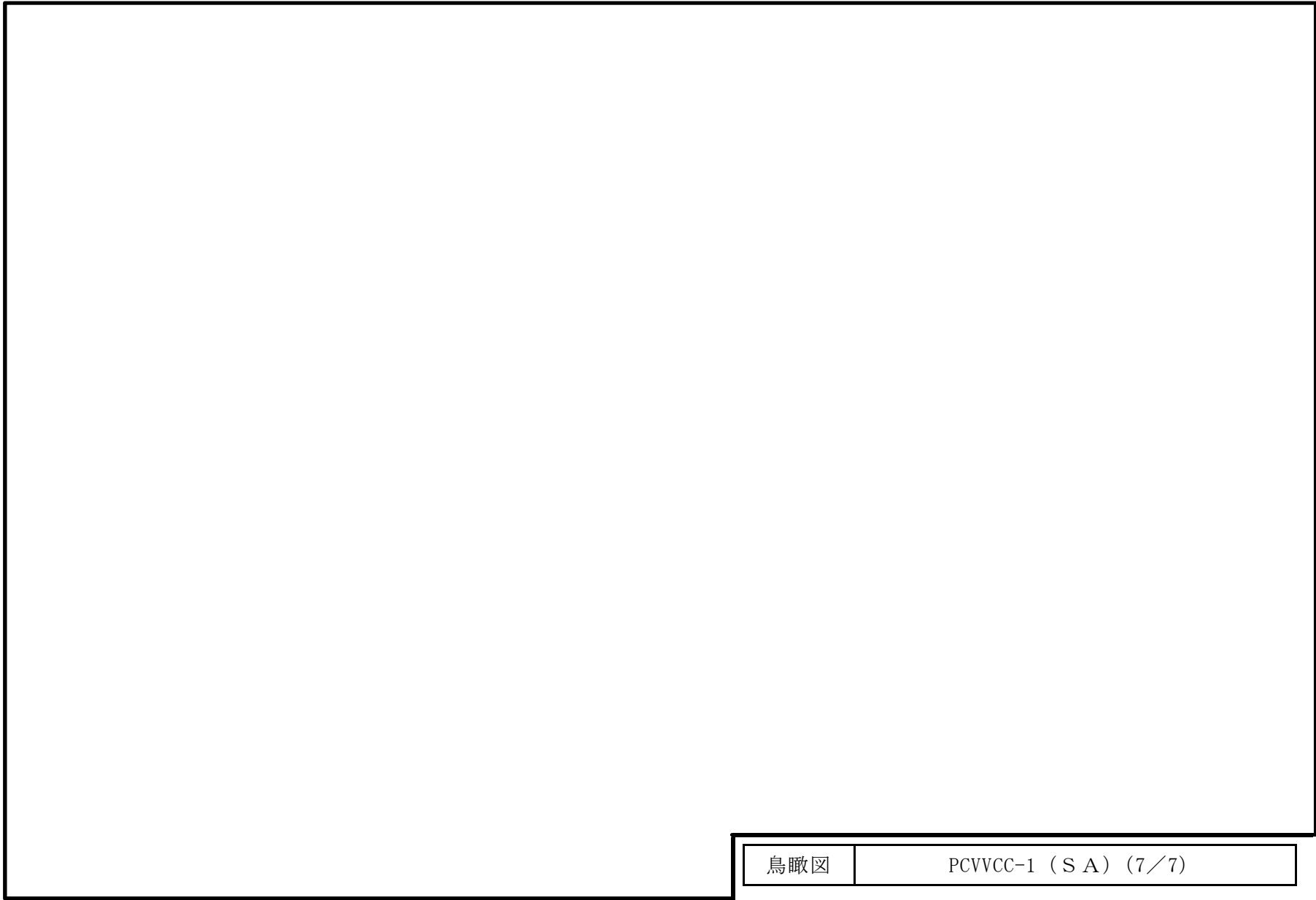
鳥瞰図

PCVCC-1 (S A) (5/7)



鳥瞰図

PCVCC-1 (S A) (6/7)



鳥瞰図	PCVCC-1 (S A) (7/7)
-----	---------------------

3. 計算条件

3.1 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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	501, 801, 601, 401, 602, 402 603, 403, 604, 404, 605, 1 405, 606, 406, 607, 407, 608 408, 609, 802, 610, 409, 611 410, 612, 411, 613, 412, 614 2, 413, 615, 803, 3, 616 804, 617, 4, 805, 618, 5 806, 6, 8, 619, 9, 807 10, 12, 808, 620, 414, 13 301, 901, 302, 415, 303, 902 304, 14, 809, 305, 903, 648 834, 313, 907, 314, 649, 835 315, 908, 316, 650, 836, 317 909, 318, 651, 837, 319, 910 320, 652, 838, 321, 911, 322 653, 839, 323, 912, 324, 654	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-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	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	840, 325, 913, 326, 655, 841 327, 914, 328, 656, 842, 329 915, 330, 657, 843, 331, 916 332, 658, 844, 333, 917, 334 659, 845, 335, 918, 336, 38 39, 660, 846, 661, 421, 40 662, 41, 847, 42, 43, 44 422, 663, 423, 664, 424, 665 425, 666, 848, 667, 426, 668 427, 669, 428, 670, 429, 671 849, 503, 672, 430, 673, 431 674, 432, 675, 433, 676, 850 504, 678, 851, 337, 919, 338 679, 852, 339, 920, 340, 680 853, 341, 921, 342, 681, 854 343, 922, 344, 682, 855, 345	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-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	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	923, 346, 683, 856, 347, 924 348, 684, 857, 349, 925, 350 685, 858, 351, 926, 352, 686 859, 353, 927, 354, 687, 860 355, 928, 356, 688, 861, 357 929, 358, 689, 862, 359, 930 360, 361, 931, 362, 690, 863 45, 691, 46, 864, 692, 865 693, 866, 694, 867, 47, 48 363, 932, 364, 365, 933	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
2	903, 306, 416, 621, 417, 307 904, 308, 810, 622, 811, 15 623, 812, 624, 16, 17, 813 625, 814, 18, 626, 20, 815 627, 816, 21, 628, 23, 817 629, 818, 24, 630, 26, 819	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	631, 820, 27, 632, 821, 633 28, 30, 822, 634, 823, 635 824, 636, 825, 31, 637, 32 826, 638, 827, 639, 828, 33 34, 640, 35, 829, 36, 641 830, 37, 642, 309, 905, 310 831, 643, 418, 644, 419, 645 832, 311, 906, 312, 646, 833 647, 502, 933, 366, 434, 695 435, 367, 934, 368, 868, 49 696, 50, 869, 697, 870, 698 871, 51, 699, 53, 872, 700 873, 54, 711, 56, 874, 712 875, 57, 713, 876, 714, 58 60, 877, 715, 878, 716, 879 717, 61, 62, 880, 718, 881	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	□

設計条件

鳥瞰図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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	719, 882, 63, 64, 720, 65 883, 66, 721, 884, 67, 722 369, 935, 370, 885, 68, 723 886, 371, 936, 372, 887, 373 937, 374, 375, 938, 376, 506 726, 888, 377, 939, 378, 889 211	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
3	212	1.80	40	60.5	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

配管の付加質量



鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	501, 801, 601, 401, 602, 402, 603, 403, 604, 404, 605, 1, 405, 606 406, 607, 407, 608, 408, 609, 802, 610, 409, 611, 410, 612, 411, 613 412, 614, 2, 413, 615, 803, 3, 616, 804, 617, 4, 805, 618, 5 806, 6, 8, 619, 9, 807, 10, 12, 808, 620, 414, 13, 301, 901 302, 415, 303, 902, 304, 14, 809, 305, 903, 306, 416, 621, 417, 307 904, 308, 810, 622, 811, 15, 623, 812, 624, 16, 17, 813, 625, 814 18, 626, 20, 815, 627, 816, 21, 628, 23, 817, 629, 818, 24, 630 26, 819, 631, 820, 27, 632, 821, 633, 28, 30, 822, 634, 823, 635 824, 636, 825, 31, 637, 32, 826, 638, 827, 639, 828, 33, 34, 640 35, 829, 36, 641, 830, 37, 642, 309, 905, 310, 831, 643, 418, 644 419, 645, 832, 311, 906, 312, 646, 833, 647, 502, 648, 834, 313, 907 314, 649, 835, 315, 908, 316, 650, 836, 317, 909, 318, 651, 837, 319 910, 320, 652, 838, 321, 911, 322, 653, 839, 323, 912, 324, 654, 840 325, 913, 326, 655, 841, 327, 914, 328, 656, 842, 329, 915, 330, 657 843, 331, 916, 332, 658, 844, 333, 917, 334, 659, 845, 335, 918, 336 38, 39, 660, 846, 661, 421, 40, 662, 41, 847, 42, 43, 44, 422 663, 423, 664, 424, 665, 425, 666, 848, 667, 426, 668, 427, 669, 428 670, 429, 671, 849, 503, 672, 430, 673, 431, 674, 432, 675, 433, 676 850, 504, 678, 851, 337, 919, 338, 679, 852, 339, 920, 340, 680, 853 341, 921, 342, 681, 854, 343, 922, 344, 682, 855, 345, 923, 346, 683 856, 347, 924, 348, 684, 857, 349, 925, 350, 685, 858, 351, 926, 352 686, 859, 353, 927, 354, 687, 860, 355, 928, 356, 688, 861, 357, 929 358, 689, 862, 359, 930, 360, 361, 931, 362, 690, 863, 45, 691, 46 864, 692, 865, 693, 866, 694, 867, 47, 48, 363, 932, 364, 365, 933 366, 434, 695, 435, 367, 934, 368, 868, 49, 696, 50, 869, 697, 870 698, 871, 51, 699, 53, 872, 700, 873, 54, 711, 56, 874, 712, 875 57, 713, 876, 714, 58, 60, 877, 715, 878, 716, 879, 717, 61, 62 880, 718, 881, 719, 882, 63, 64, 720, 65, 883, 66, 721, 884, 67 722, 369, 935, 370, 885, 68, 723, 886, 371, 936, 372, 887, 373, 937 374, 375, 938, 376, 506, 726, 888, 377, 939, 378, 889, 211
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	212

NT2 補② V3-8-1-4-3 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点
	501, 503, 504
	502, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 506

弁部の質量

鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901, 902, 907, 908, 909 910, 911, 912, 913, 914 915, 916, 917, 918, 919 920, 921, 922, 923, 924 925, 926, 927, 928, 929 930, 931, 932	240 kg	903, 904, 933, 934
	905, 935, 936, 937, 938 939	5 kg	906

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	40	—	205	520	129

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520 による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{prm}(1)$ $S_{prm}(2)$	許容応力 $1.5 S_h$ $1.8 S_h$
PCVVCC-1	414	$S_{prm}(1)$	55	193
—	—	$S_{prm}(2)$	—	—

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
から公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-804 改0
提出年月日	平成30年6月29日

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

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
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
設計条件	11
設計条件	12
設計条件	13
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

1. 概要

本計算書は、「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-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。





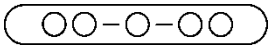
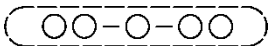

(2) 支持装置

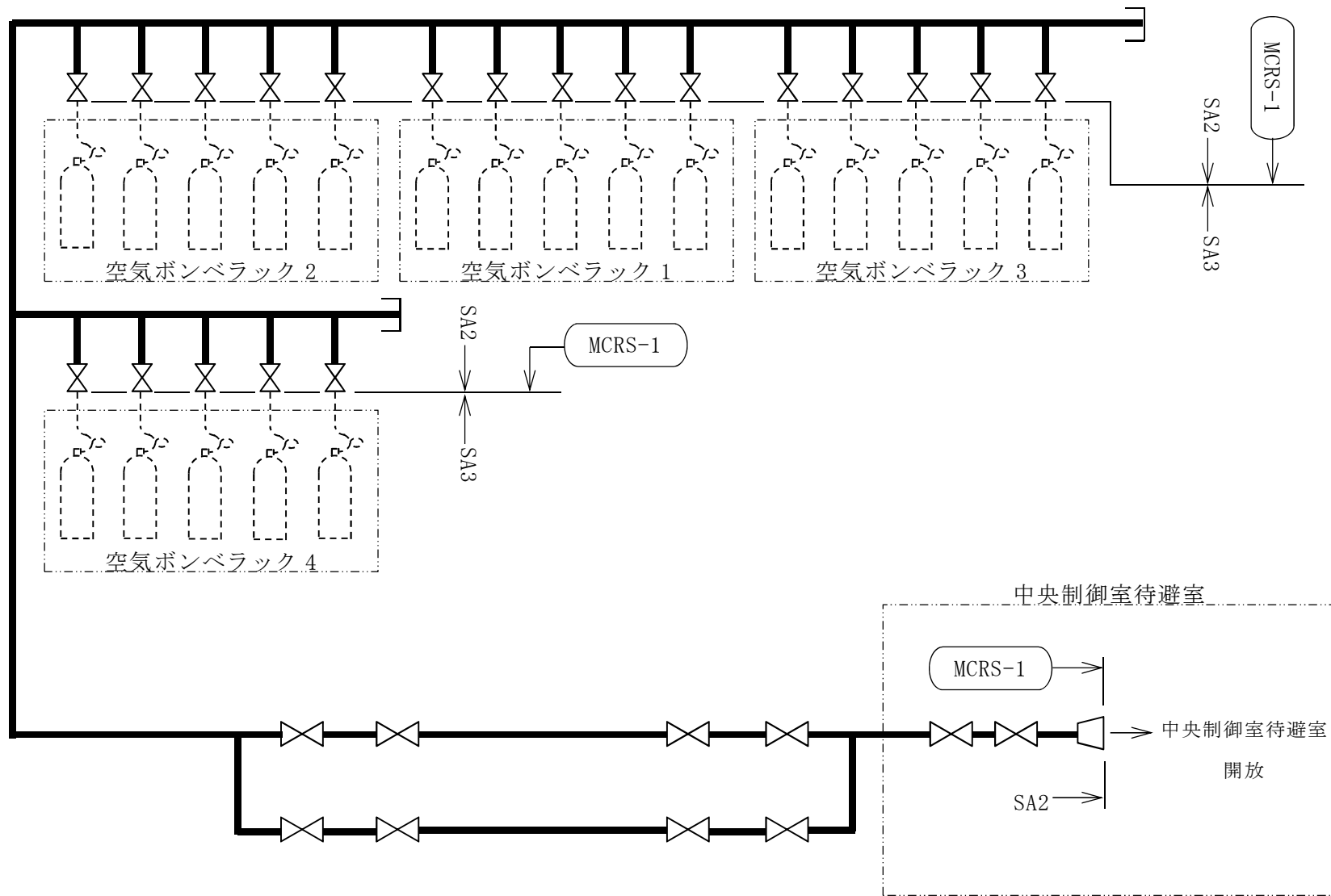
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例



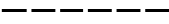



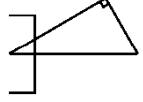
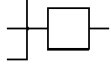

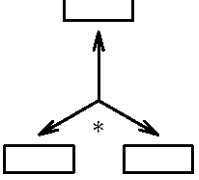
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2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

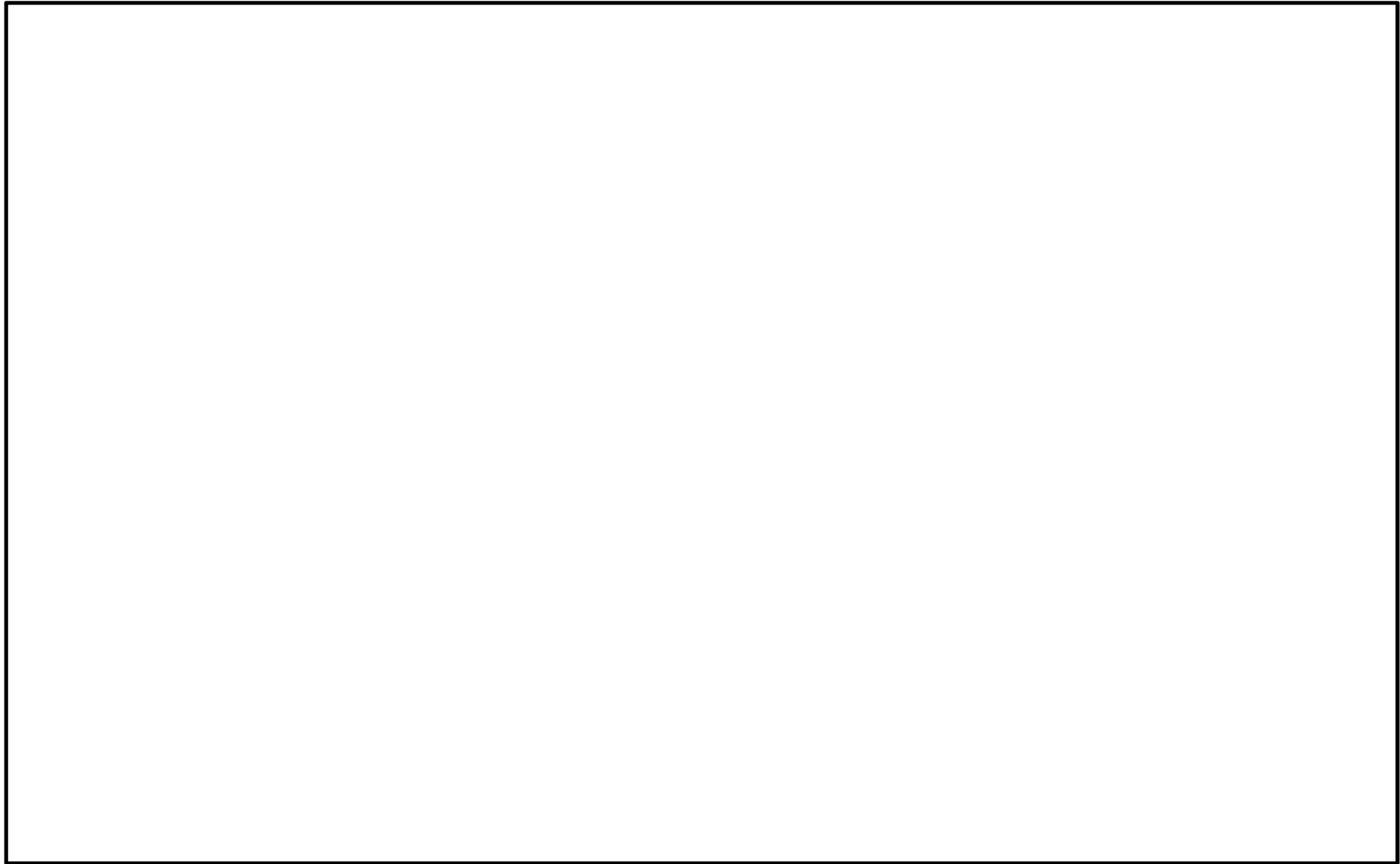


中央制御室待避室空気ポンベユニット配管概略系統図

2.2 鳥瞰図

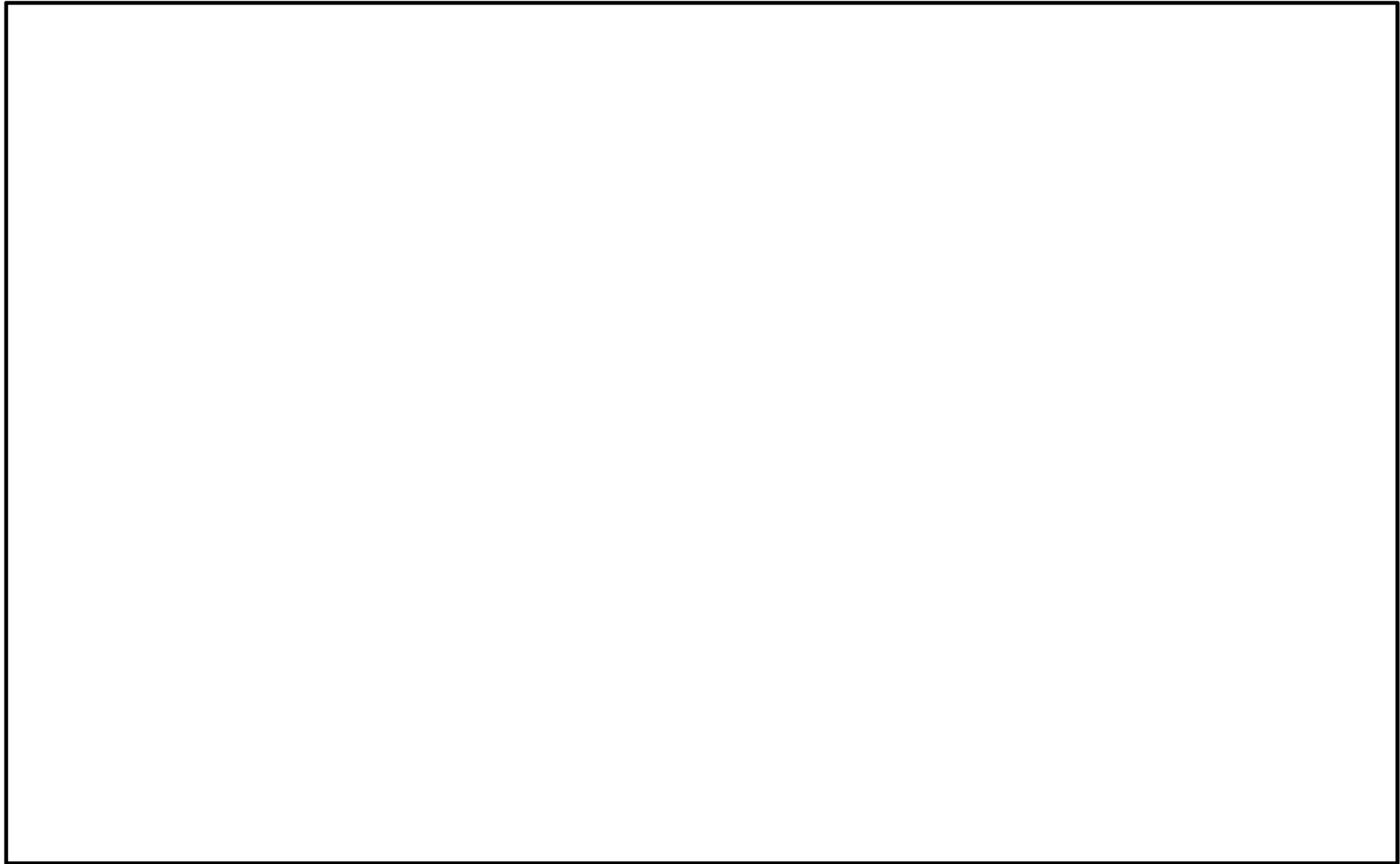
鳥瞰図記号凡例

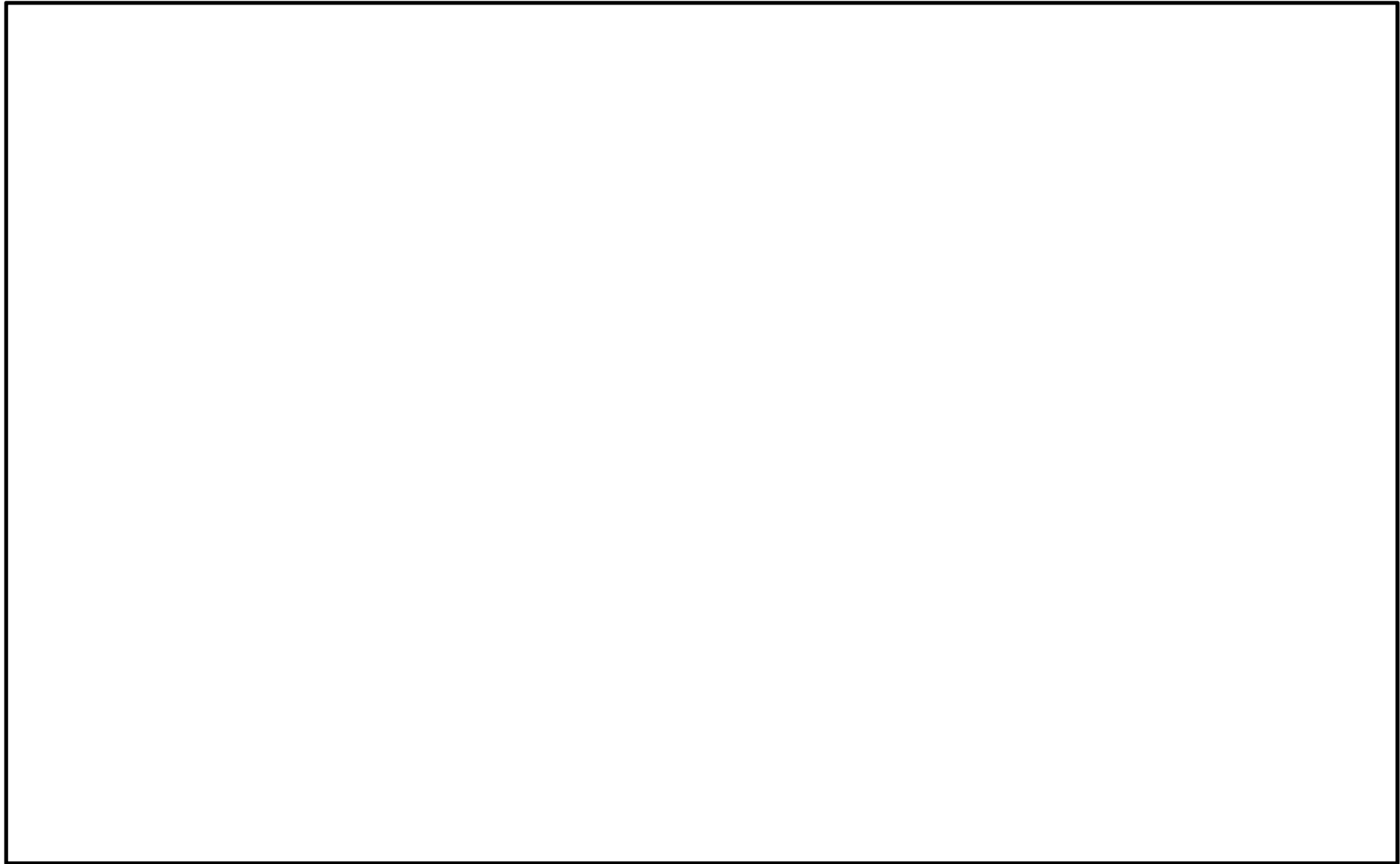
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	拘束点の地震に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



5

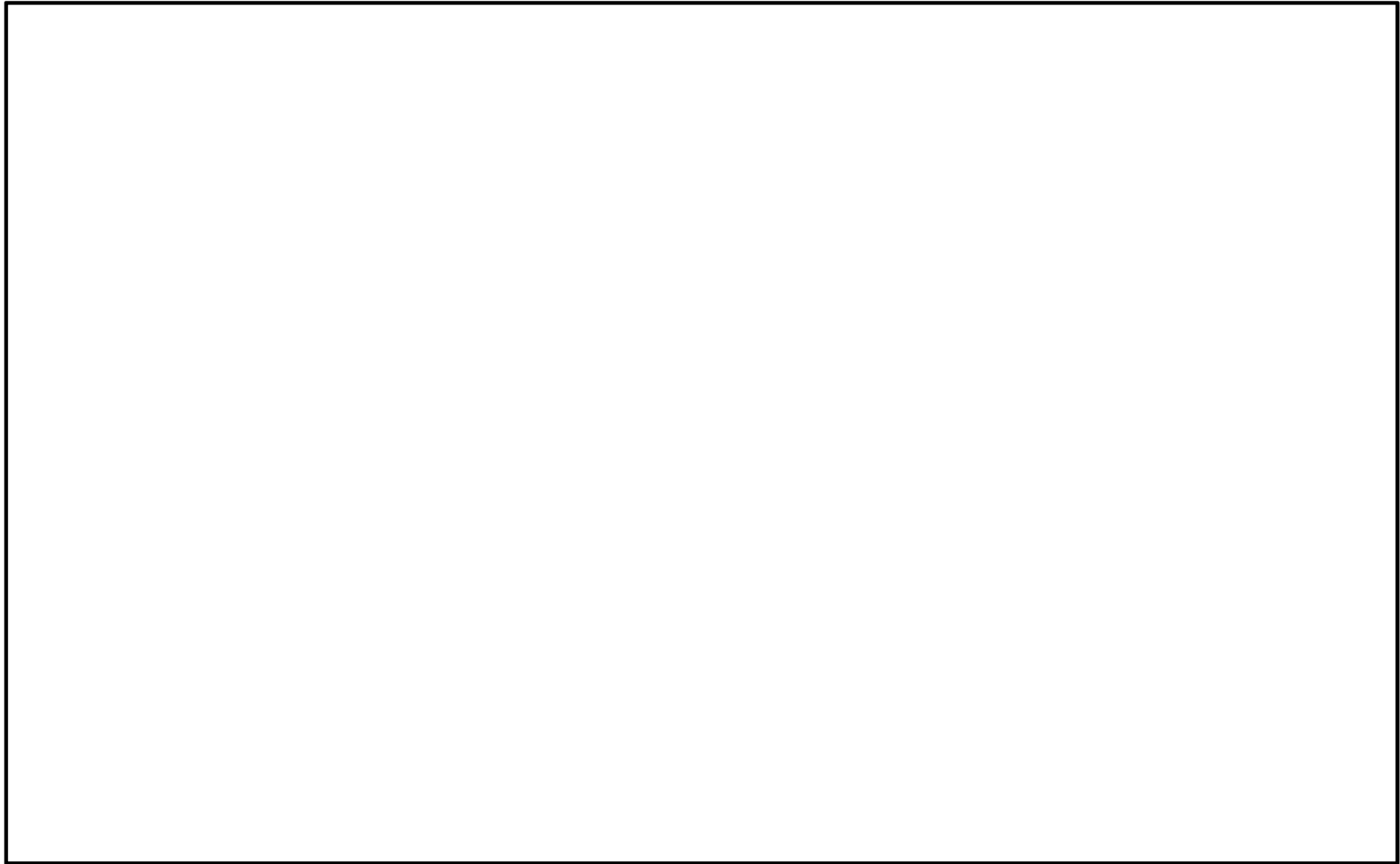
9





7

8



3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備分類*2	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力 状態*5
放射線管理施設	換気設備	中央制御室 待避室	S A	常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記 *1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「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。

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	501, 801, 601, 401, 602, 402 603, 403, 604, 802, 605, 404 606, 405, 607, 803, 1, 608 804, 609, 2, 805, 610, 406 611, 407, 612, 806, 613, 408 614, 409, 615, 410, 616, 807 3, 617, 808, 618, 4, 411 619, 412, 620, 413, 621, 414 622, 415, 623, 5, 6, 416 7, 809, 624, 8, 810, 625 811, 626, 812, 627, 417, 9 813, 628, 418, 301, 901, 302 814, 303, 902, 834, 311, 906 312, 835, 313, 907, 314, 836 315, 908, 316, 837, 317, 909 318, 838, 319, 910, 320, 839	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	321, 911, 322, 840, 323, 912 324, 841, 325, 913, 326, 842 327, 914, 328, 843, 329, 915 330, 651, 844, 331, 916, 332 652, 845, 333, 917, 334, 653 846, 335, 918, 336, 654, 847 337, 919, 338, 655, 848, 339 920, 340, 656, 424, 657, 425 658, 426, 659, 427, 660, 428 661, 849, 503, 663, 850, 341 921, 342, 664, 851, 343, 922 344, 665, 852, 345, 923, 346 666, 853, 347, 924, 348, 667 854, 349, 925, 350, 351, 926 352, 668, 22, 353, 927, 354 855, 355, 928	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	902, 304, 419, 630, 420, 305 903, 306, 815, 307, 904, 308 421, 632, 816, 10, 422, 633 817, 634, 818, 635, 11, 819 12, 636, 820, 637, 821, 13 14, 638, 822, 639, 823, 640 15, 824, 641, 825, 642, 826 643, 827, 644, 828, 645, 16 829, 17, 646, 830, 18, 647 19, 20, 831, 648, 832, 21 649, 309, 905, 310, 833, 650 502, 928, 356, 429, 670, 430 357, 929, 358, 856, 359, 930 360, 23, 672, 673, 857, 361 931, 362, 674, 858, 363, 932	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 MCRS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	364, 365, 933, 366, 505, 677 859, 367, 934, 368, 201	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
3	202	1.80	40	60.5	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

配管の付加質量



鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	501, 801, 601, 401, 602, 402, 603, 403, 604, 802, 605, 404, 606, 405 607, 803, 1, 608, 804, 609, 2, 805, 610, 406, 611, 407, 612, 806 613, 408, 614, 409, 615, 410, 616, 807, 3, 617, 808, 618, 4, 411 619, 412, 620, 413, 621, 414, 622, 415, 623, 5, 6, 416, 7, 809 624, 8, 810, 625, 811, 626, 812, 627, 417, 9, 813, 628, 418, 301 901, 302, 814, 303, 902, 304, 419, 630, 420, 305, 903, 306, 815, 307 904, 308, 421, 632, 816, 10, 422, 633, 817, 634, 818, 635, 11, 819 12, 636, 820, 637, 821, 13, 14, 638, 822, 639, 823, 640, 15, 824 641, 825, 642, 826, 643, 827, 644, 828, 645, 16, 829, 17, 646, 830 18, 647, 19, 20, 831, 648, 832, 21, 649, 309, 905, 310, 833, 650 502, 834, 311, 906, 312, 835, 313, 907, 314, 836, 315, 908, 316, 837 317, 909, 318, 838, 319, 910, 320, 839, 321, 911, 322, 840, 323, 912 324, 841, 325, 913, 326, 842, 327, 914, 328, 843, 329, 915, 330, 651 844, 331, 916, 332, 652, 845, 333, 917, 334, 653, 846, 335, 918, 336 654, 847, 337, 919, 338, 655, 848, 339, 920, 340, 656, 424, 657, 425 658, 426, 659, 427, 660, 428, 661, 849, 503, 663, 850, 341, 921, 342 664, 851, 343, 922, 344, 665, 852, 345, 923, 346, 666, 853, 347, 924 348, 667, 854, 349, 925, 350, 351, 926, 352, 668, 22, 353, 927, 354 855, 355, 928, 356, 429, 670, 430, 357, 929, 358, 856, 359, 930, 360 23, 672, 673, 857, 361, 931, 362, 674, 858, 363, 932, 364, 365, 933 366, 505, 677, 859, 367, 934, 368, 201
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	202

NT2 補② V-2-8-3-2-1 RI

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点
	501, 503
	502, 505, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350

弁部の質量

鳥 瞰 図 MCRS-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901, 906, 907, 908, 909 910, 911, 912, 913, 914 915, 916, 917, 918, 919 920, 921, 922, 923, 924 925, 926, 927	240 kg	902, 903, 928, 929
	904, 930, 931, 932, 933 934	5 kg	905

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MCRS-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						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
902						
903						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						

NT2 補② V-2-8-3-2-1 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MCRS-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
827						
828						
829						
830						
831						
832						
833						
834						
835						
836						
837						
838						
839						
840						
841						
842						
843						
844						
845						
846						
847						
848						
849						
850						
851						
852						
853						
854						
855						

NT2 補② V-2-8-3-2-1 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MCRS-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
928						
929						
856						
857						
858						
859						

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 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	40	—	205	520	129

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
MCRS-1	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 MCRS-1

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		X方向	Z方向	Y方向

各モードに対応する刺激係数

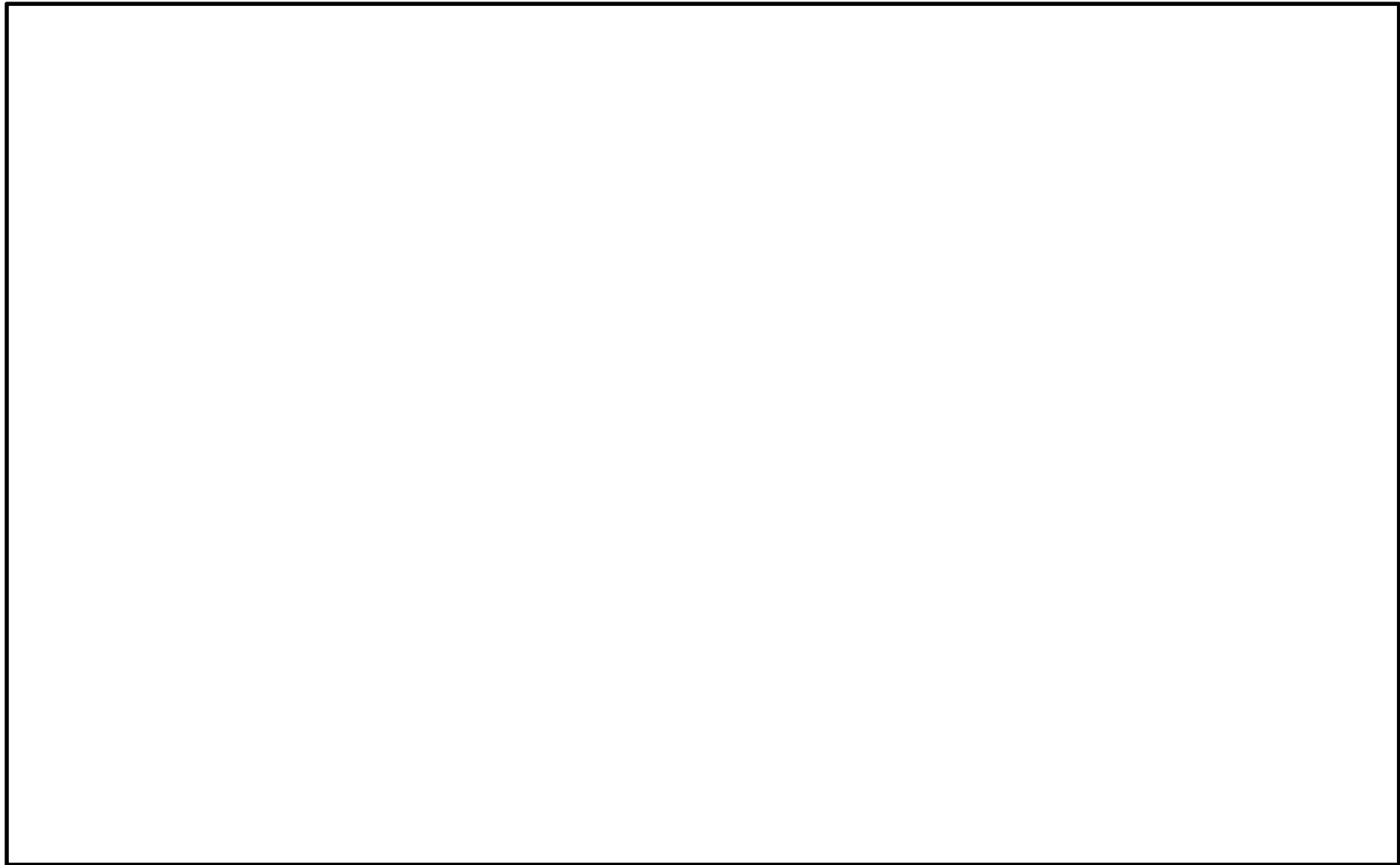
鳥 瞰 図 MCRS-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向

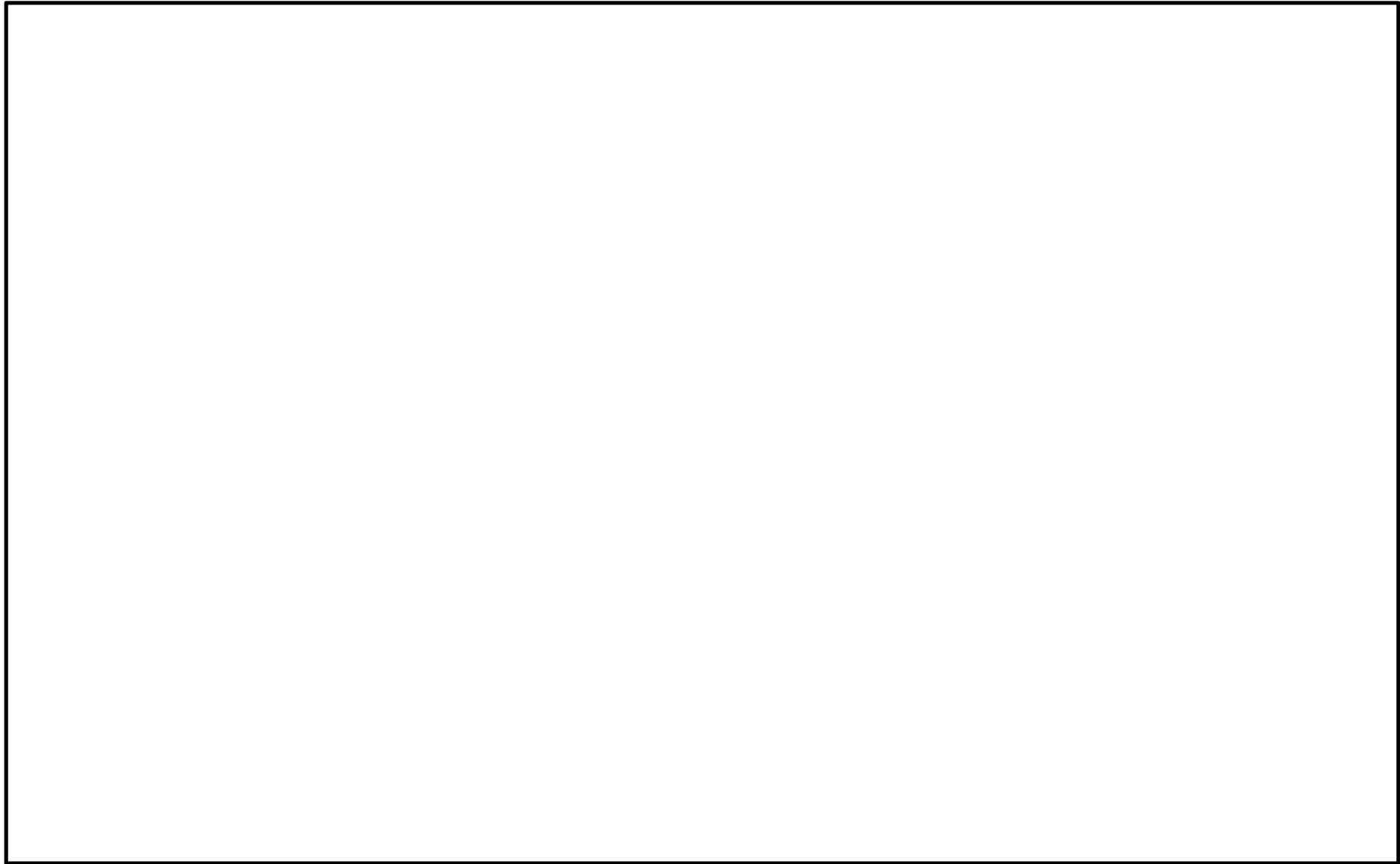
NT2 補② V-2-8-3-2-1 R1

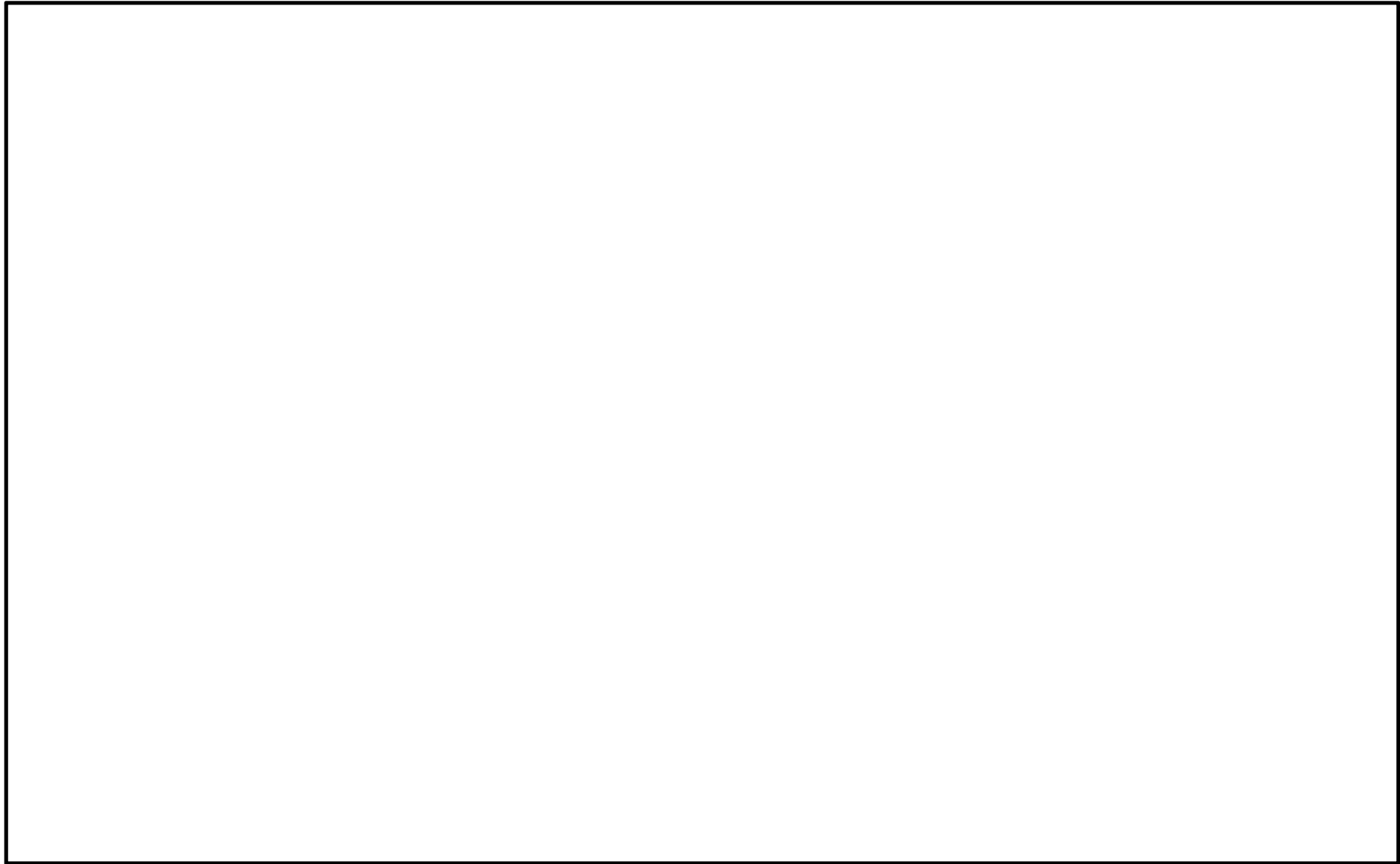
代表的振動モード図

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。



25





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 $S_{pr m}(S_s)$	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
MCRS-1	$V_A S$	428	$S_{pr m}(S_s)$	244	468	—	—	—
MCRS-1	$V_A S$	428	$S_n(S_s)$	—	—	390	410	—

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(応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-MCRS-1-036	レストレイント	Uボルト	SUS304	66	—	5.2	3.7	—	—	—	組合せ	90	258
AN-MCRS-1-002	アンカ	Uバンド	SS400	66	0.090	0.22	0.122	0.028	0.004	0.004	組合せ	8	283

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
から公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-805 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-4-1 第二弁操作室空気ポンプユニット配管
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	12
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.2 設計条件	13
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 支持構造物評価結果	34

1. 概要

本計算書は、「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-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。





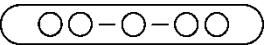
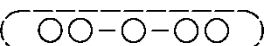

(2) 支持装置

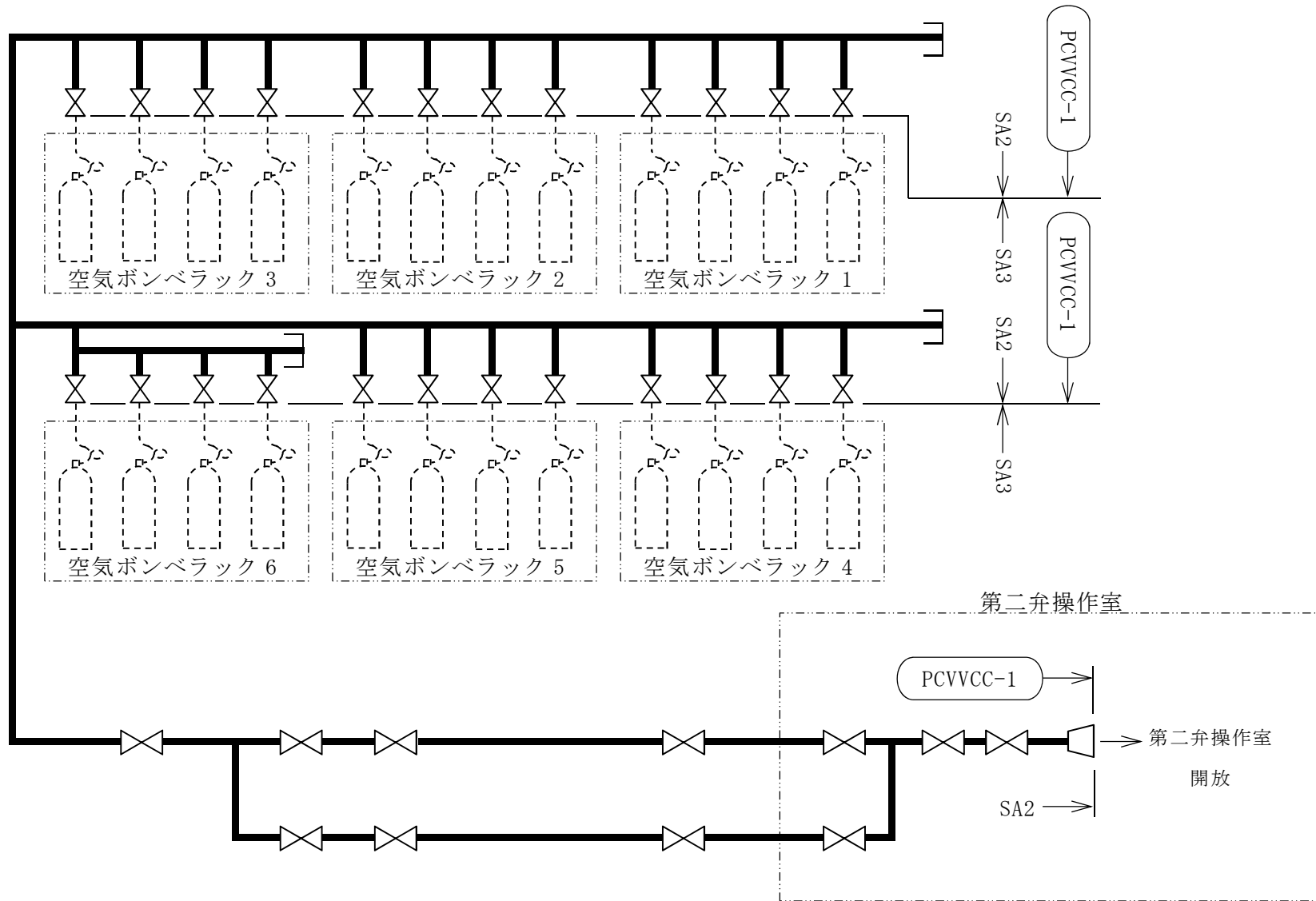
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例







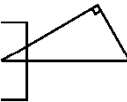
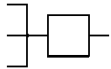

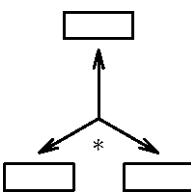
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス1管
DB2	クラス2管
DB3	クラス3管
DB4	クラス4管
SA2	重大事故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

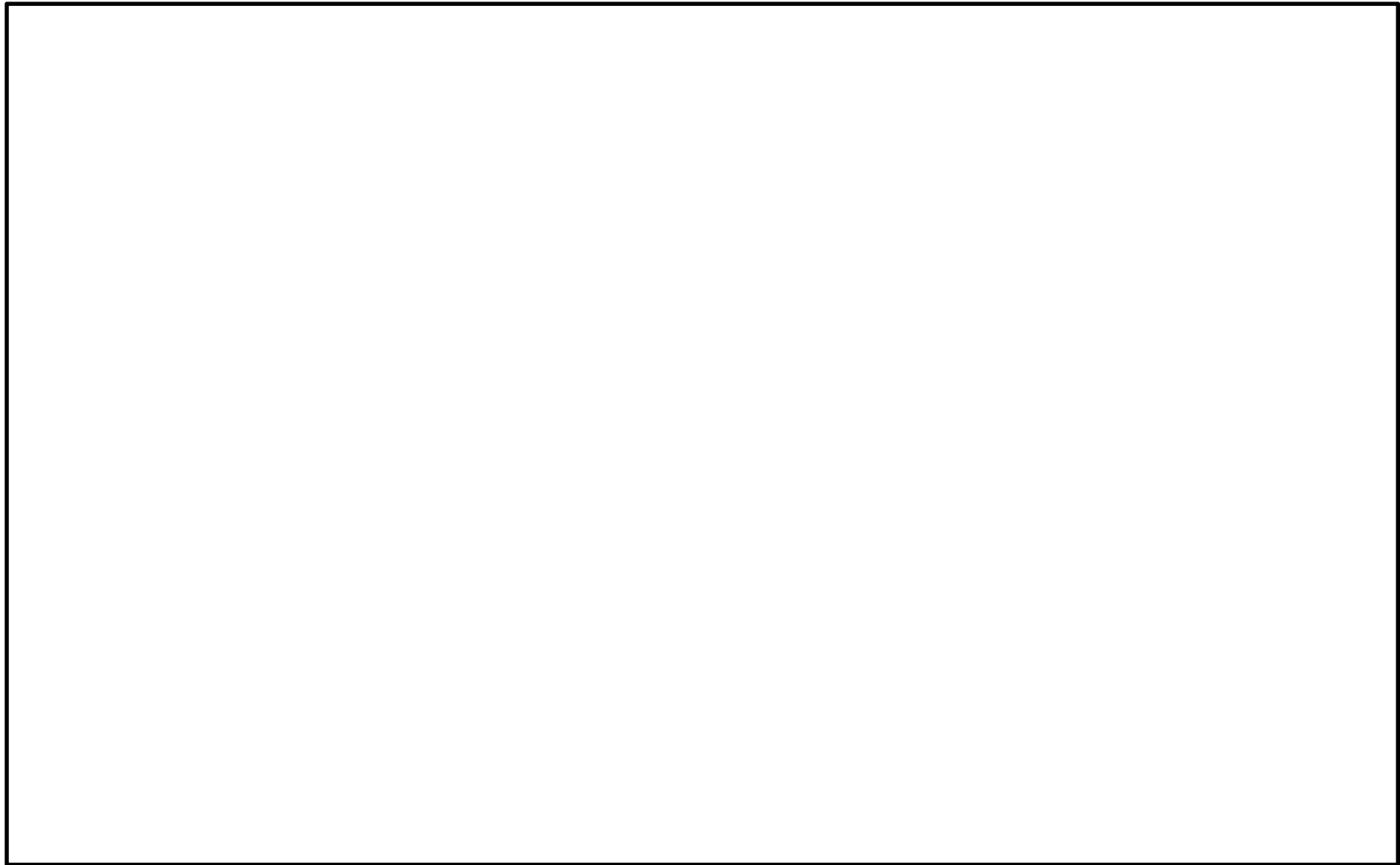


第二弁操作室空気ポンベユニット配管概略系統図

2.2 鳥瞰図

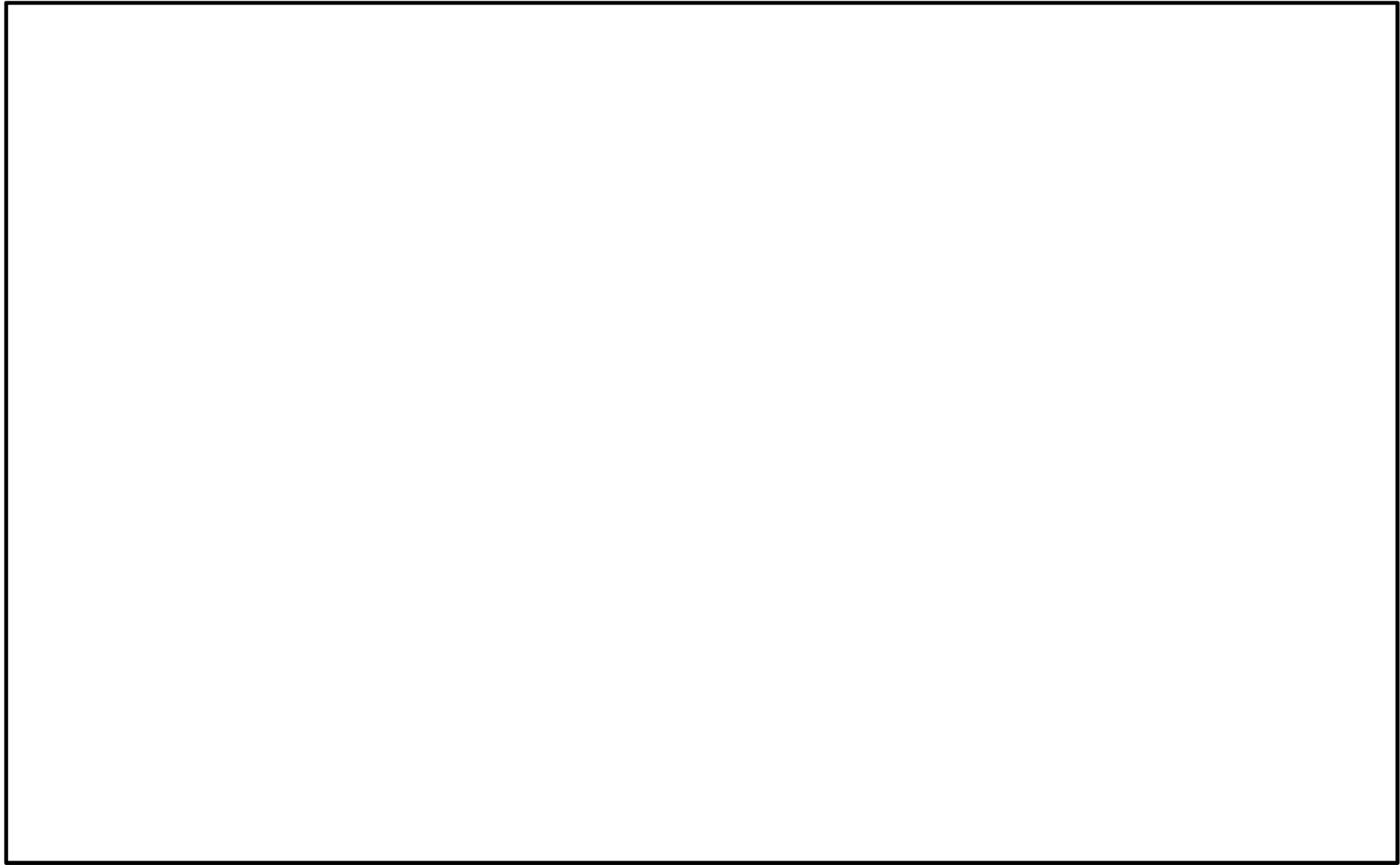
鳥瞰図記号凡例

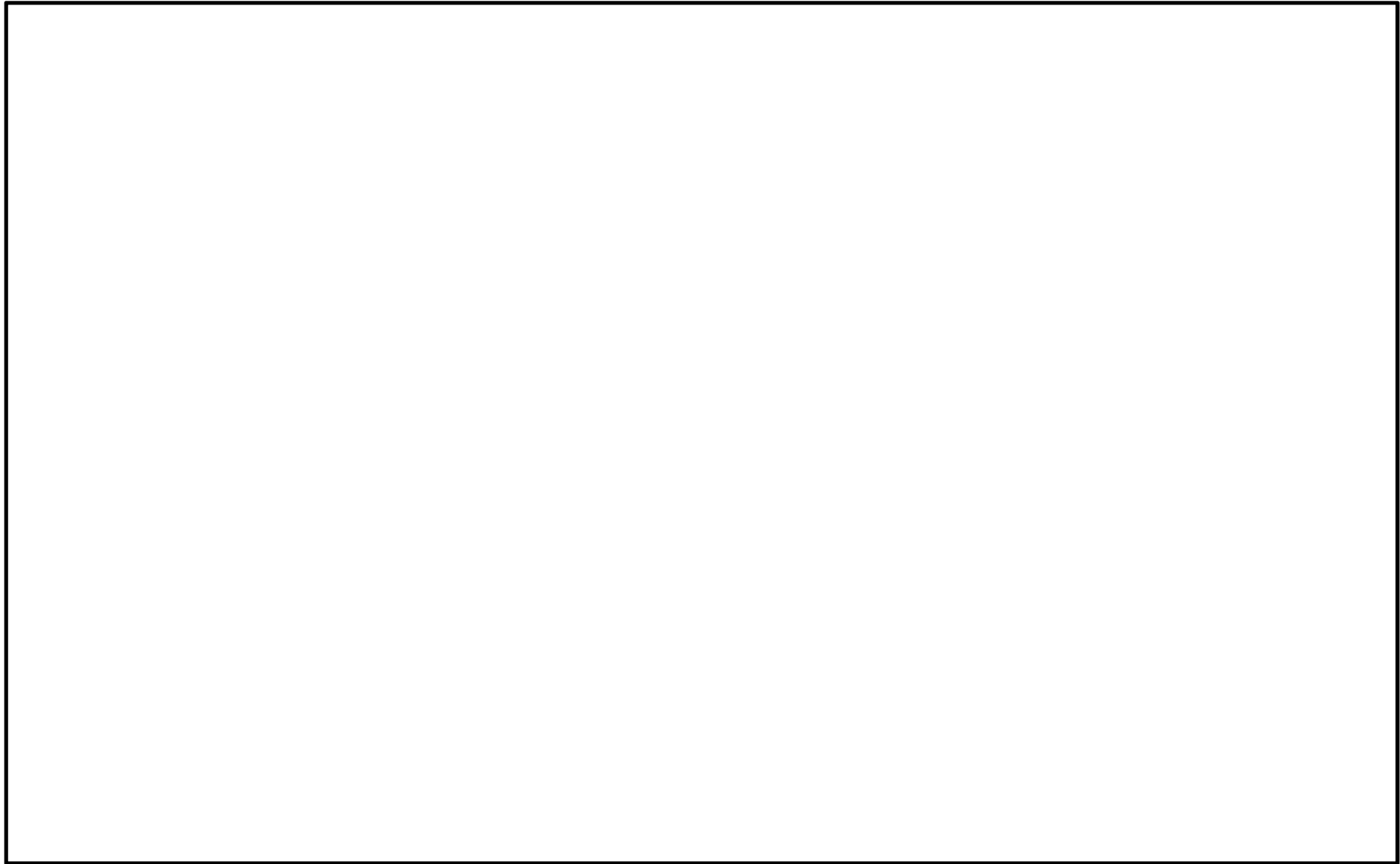
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	拘束点の地震に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



5

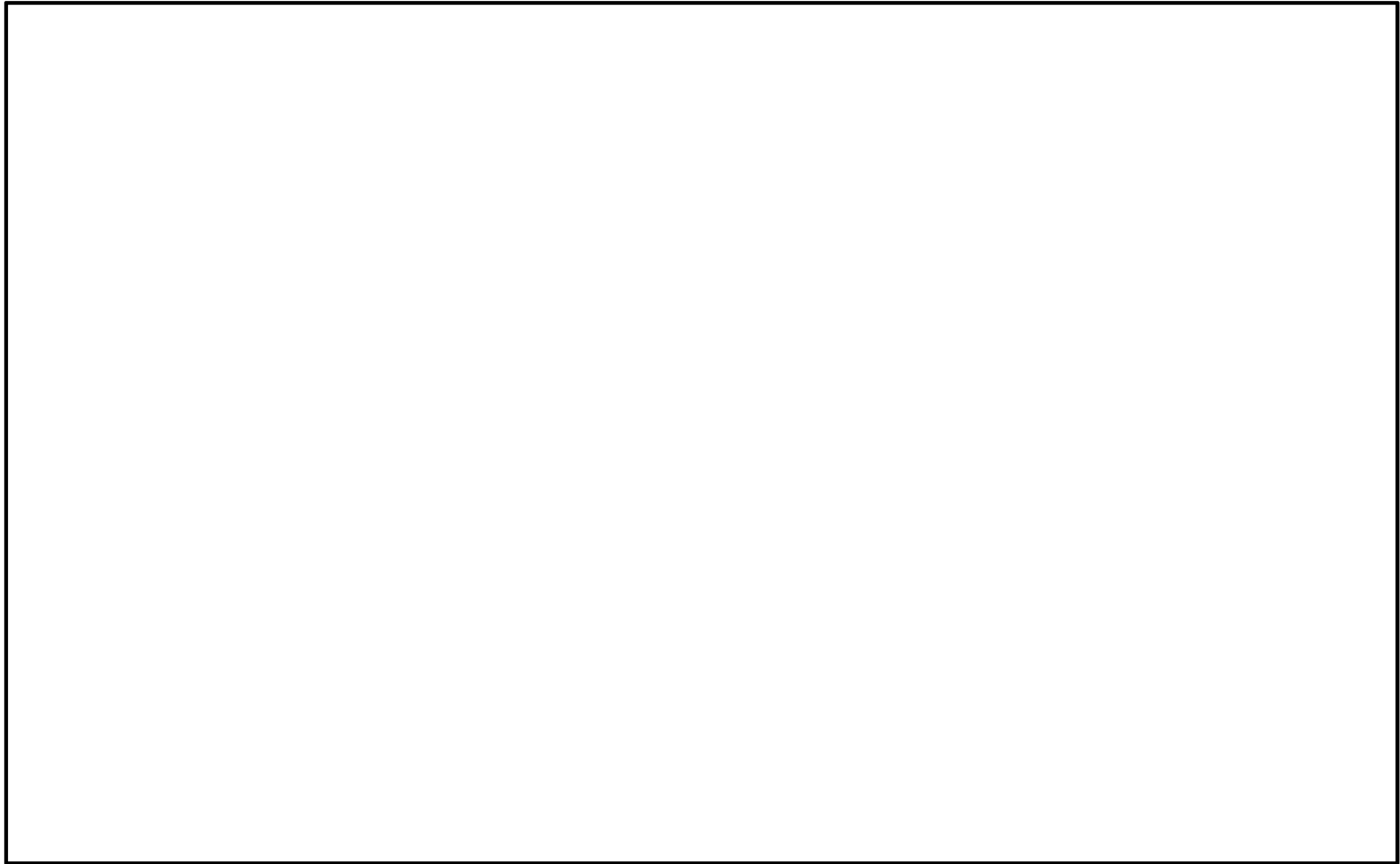
9



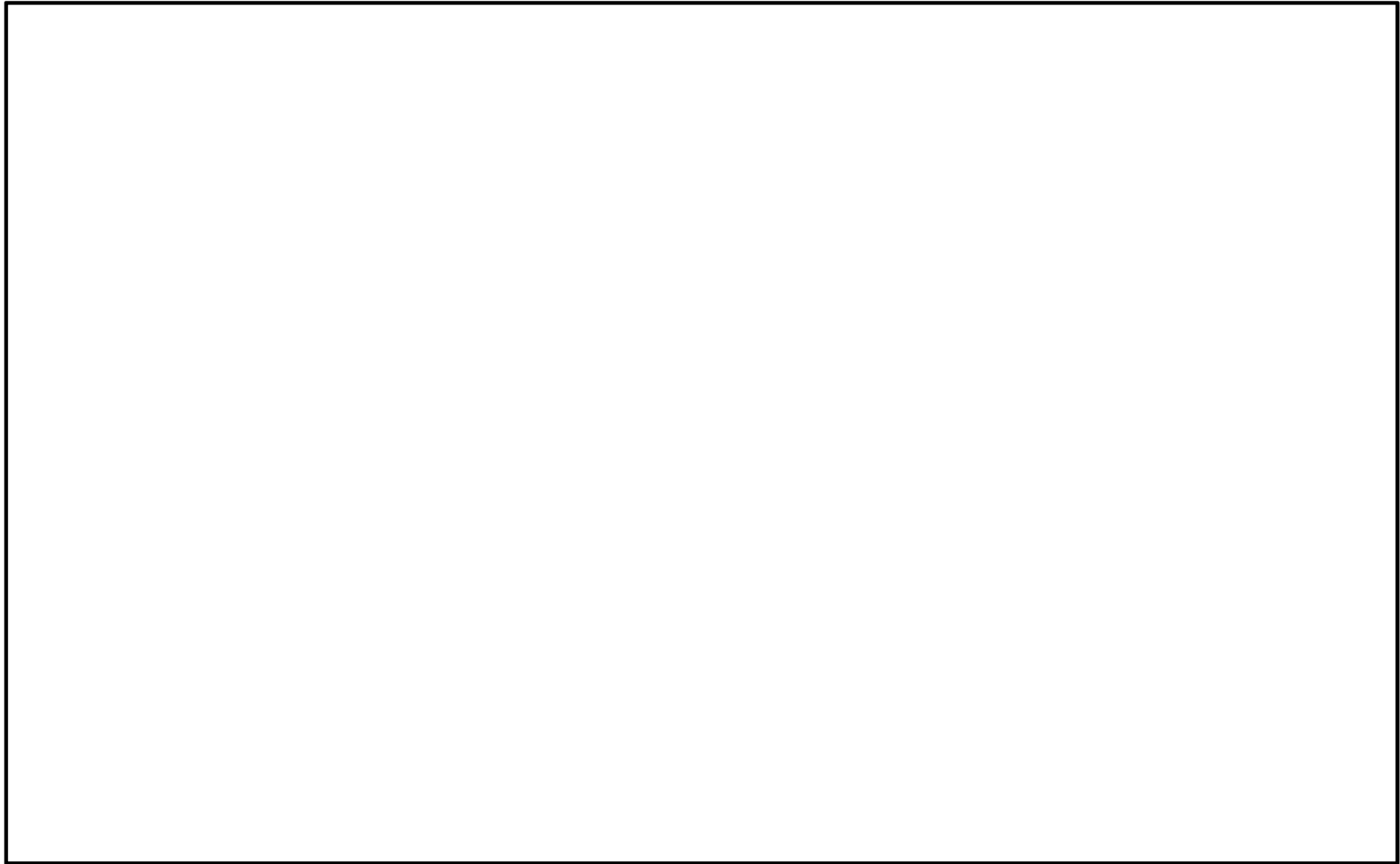


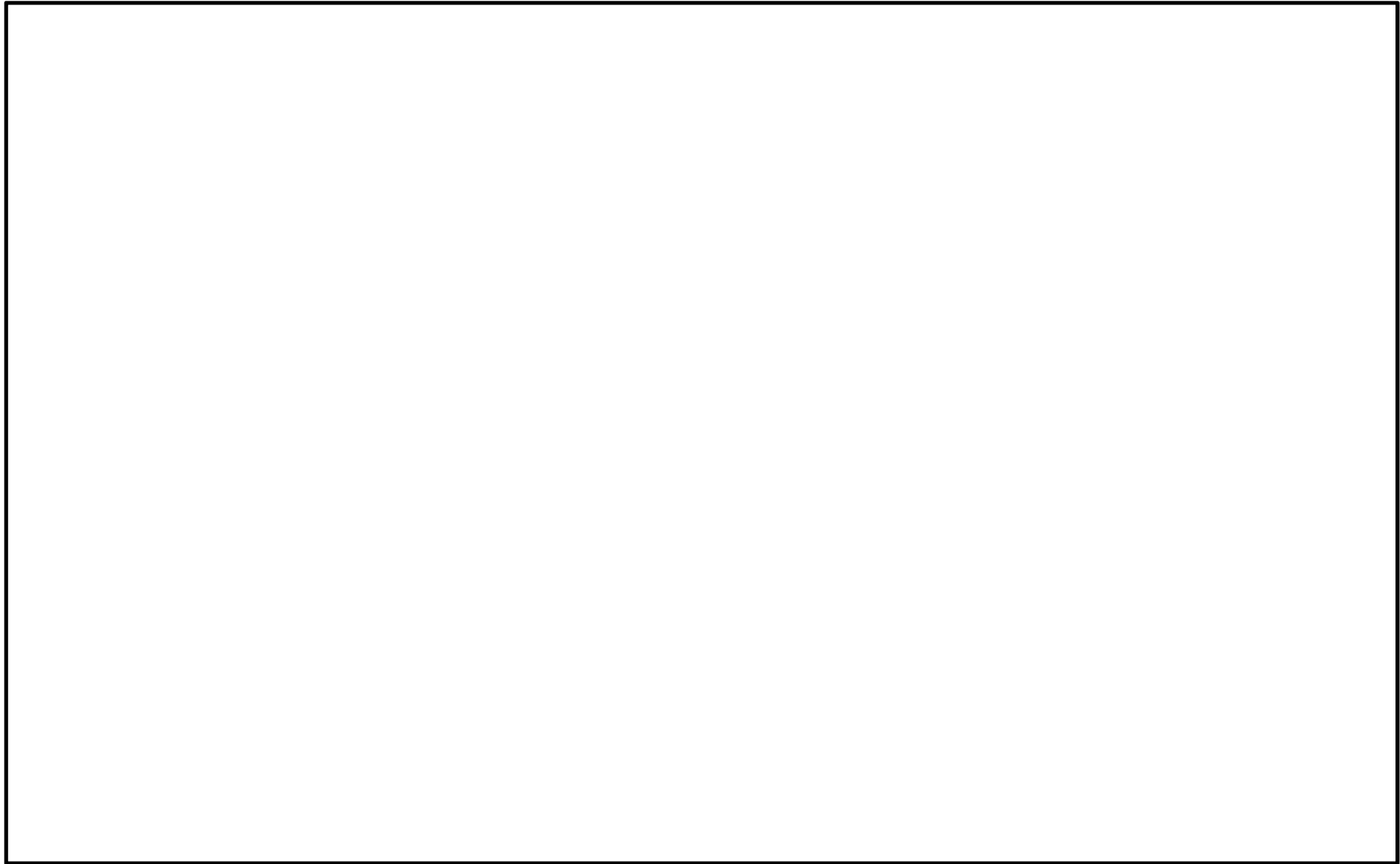
7

8

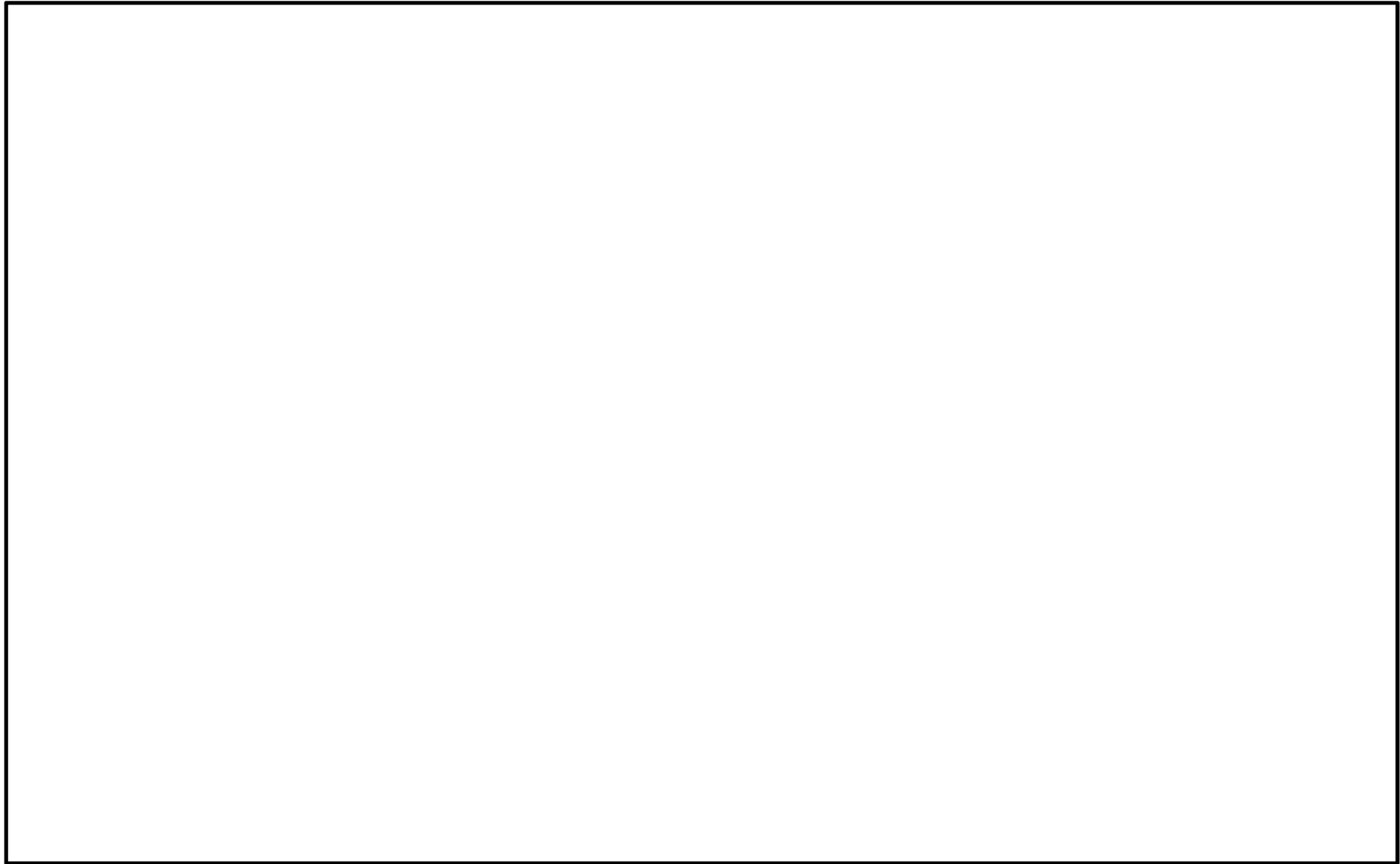


6





10



11

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備分類*2	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力 状態*5
放射線管理施設	換気設備	第二弁操作室	S A	常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記 *1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「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。

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	501, 801, 601, 401, 602, 402 603, 403, 604, 404, 605, 1 405, 606, 406, 607, 407, 608 408, 609, 802, 610, 409, 611 410, 612, 411, 613, 412, 614 2, 413, 615, 803, 3, 616 804, 617, 4, 805, 618, 5 806, 6, 8, 619, 9, 807 10, 12, 808, 620, 414, 13 301, 901, 302, 415, 303, 902 304, 14, 809, 305, 903, 648 834, 313, 907, 314, 649, 835 315, 908, 316, 650, 836, 317 909, 318, 651, 837, 319, 910 320, 652, 838, 321, 911, 322 653, 839, 323, 912, 324, 654	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	840, 325, 913, 326, 655, 841 327, 914, 328, 656, 842, 329 915, 330, 657, 843, 331, 916 332, 658, 844, 333, 917, 334 659, 845, 335, 918, 336, 38 39, 660, 846, 661, 421, 40 662, 41, 847, 42, 43, 44 422, 663, 423, 664, 424, 665 425, 666, 848, 667, 426, 668 427, 669, 428, 670, 429, 671 849, 503, 672, 430, 673, 431 674, 432, 675, 433, 676, 850 504, 678, 851, 337, 919, 338 679, 852, 339, 920, 340, 680 853, 341, 921, 342, 681, 854 343, 922, 344, 682, 855, 345	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	923, 346, 683, 856, 347, 924 348, 684, 857, 349, 925, 350 685, 858, 351, 926, 352, 686 859, 353, 927, 354, 687, 860 355, 928, 356, 688, 861, 357 929, 358, 689, 862, 359, 930 360, 361, 931, 362, 690, 863 45, 691, 46, 864, 692, 865 693, 866, 694, 867, 47, 48 363, 932, 364, 365, 933	14.70	40	27.2	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
2	903, 306, 416, 621, 417, 307 904, 308, 810, 622, 811, 15 623, 812, 624, 16, 17, 813 625, 814, 18, 626, 20, 815 627, 816, 21, 628, 23, 817 629, 818, 24, 630, 26, 819	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	631, 820, 27, 632, 821, 633 28, 30, 822, 634, 823, 635 824, 636, 825, 31, 637, 32 826, 638, 827, 639, 828, 33 34, 640, 35, 829, 36, 641 830, 37, 642, 309, 905, 310 831, 643, 418, 644, 419, 645 832, 311, 906, 312, 646, 833 647, 502, 933, 366, 434, 695 435, 367, 934, 368, 868, 49 696, 50, 869, 697, 870, 698 871, 51, 699, 53, 872, 700 873, 54, 711, 56, 874, 712 875, 57, 713, 876, 714, 58 60, 877, 715, 878, 716, 879 717, 61, 62, 880, 718, 881	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

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 PCVVCC-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
2	719, 882, 63, 64, 720, 65 883, 66, 721, 884, 67, 722 369, 935, 370, 885, 68, 723 886, 371, 936, 372, 887, 373 937, 374, 375, 938, 376, 506 726, 888, 377, 939, 378, 889 211	1.80	40	27.2	2.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
3	212	1.80	40	60.5	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>

配管の付加質量



鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点
	501, 801, 601, 401, 602, 402, 603, 403, 604, 404, 605, 1, 405, 606 406, 607, 407, 608, 408, 609, 802, 610, 409, 611, 410, 612, 411, 613 412, 614, 2, 413, 615, 803, 3, 616, 804, 617, 4, 805, 618, 5 806, 6, 8, 619, 9, 807, 10, 12, 808, 620, 414, 13, 301, 901 302, 415, 303, 902, 304, 14, 809, 305, 903, 306, 416, 621, 417, 307 904, 308, 810, 622, 811, 15, 623, 812, 624, 16, 17, 813, 625, 814 18, 626, 20, 815, 627, 816, 21, 628, 23, 817, 629, 818, 24, 630 26, 819, 631, 820, 27, 632, 821, 633, 28, 30, 822, 634, 823, 635 824, 636, 825, 31, 637, 32, 826, 638, 827, 639, 828, 33, 34, 640 35, 829, 36, 641, 830, 37, 642, 309, 905, 310, 831, 643, 418, 644 419, 645, 832, 311, 906, 312, 646, 833, 647, 502, 648, 834, 313, 907 314, 649, 835, 315, 908, 316, 650, 836, 317, 909, 318, 651, 837, 319 910, 320, 652, 838, 321, 911, 322, 653, 839, 323, 912, 324, 654, 840 325, 913, 326, 655, 841, 327, 914, 328, 656, 842, 329, 915, 330, 657 843, 331, 916, 332, 658, 844, 333, 917, 334, 659, 845, 335, 918, 336 38, 39, 660, 846, 661, 421, 40, 662, 41, 847, 42, 43, 44, 422 663, 423, 664, 424, 665, 425, 666, 848, 667, 426, 668, 427, 669, 428 670, 429, 671, 849, 503, 672, 430, 673, 431, 674, 432, 675, 433, 676 850, 504, 678, 851, 337, 919, 338, 679, 852, 339, 920, 340, 680, 853 341, 921, 342, 681, 854, 343, 922, 344, 682, 855, 345, 923, 346, 683 856, 347, 924, 348, 684, 857, 349, 925, 350, 685, 858, 351, 926, 352 686, 859, 353, 927, 354, 687, 860, 355, 928, 356, 688, 861, 357, 929 358, 689, 862, 359, 930, 360, 361, 931, 362, 690, 863, 45, 691, 46 864, 692, 865, 693, 866, 694, 867, 47, 48, 363, 932, 364, 365, 933 366, 434, 695, 435, 367, 934, 368, 868, 49, 696, 50, 869, 697, 870 698, 871, 51, 699, 53, 872, 700, 873, 54, 711, 56, 874, 712, 875 57, 713, 876, 714, 58, 60, 877, 715, 878, 716, 879, 717, 61, 62 880, 718, 881, 719, 882, 63, 64, 720, 65, 883, 66, 721, 884, 67 722, 369, 935, 370, 885, 68, 723, 886, 371, 936, 372, 887, 373, 937 374, 375, 938, 376, 506, 726, 888, 377, 939, 378, 889, 211
	212

NT2 補② V-2-8-3-4-1 RI

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点
	501, 503, 504
	502, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 506

弁部の質量

鳥 瞰 図 PCVVCC-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901, 902, 907, 908, 909 910, 911, 912, 913, 914 915, 916, 917, 918, 919 920, 921, 922, 923, 924 925, 926, 927, 928, 929 930, 931, 932	240 kg	903, 904, 933, 934
	905, 935, 936, 937, 938 939	5 kg	906

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 PCVVCC-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						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
903						
904						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						

NT2 補② V-2-8-3-4-1 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 PCVVCC-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
827						
828						
829						
830						
831						
832						
833						
834						
835						
836						
837						
838						
839						
840						
841						
842						
843						
844						
845						
846						
847						
848						
849						
850						
851						
852						
853						
854						

NT2 補② V-2-8-3-4-1 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 PCVVCC-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
855						
856						
857						
858						
859						
860						
861						
862						
863						
864						
865						
866						
867						
933						
934						
868						
869						
870						
871						
872						
873						
874						
875						
876						
877						
878						
879						
880						

NT2 補② V-2-8-3-4-1 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 PCVVCC-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
881						
882						
883						
884						
885						
886						
887						
888						
889						

NT2 補② V-2-8-3-4-1 R1

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 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	40	—	205	520	129

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
PCVVCC-1	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 PCVVCC-1

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		X方向	Z方向	Y方向

各モードに対応する刺激係数

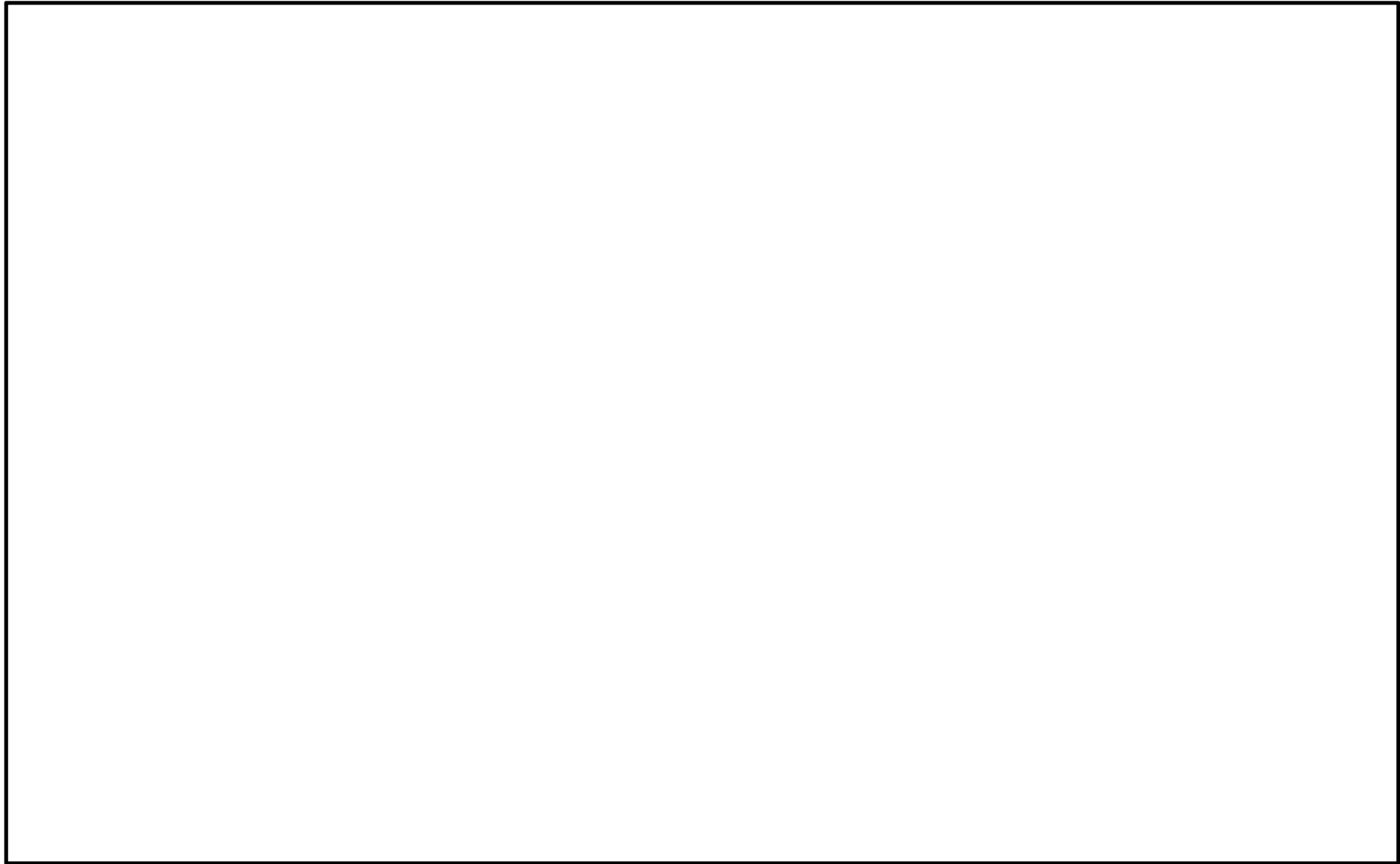
鳥 瞰 図 PCVVCC-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向

NT2 補② V-2-8-3-4-1 R1

代表的振動モード図

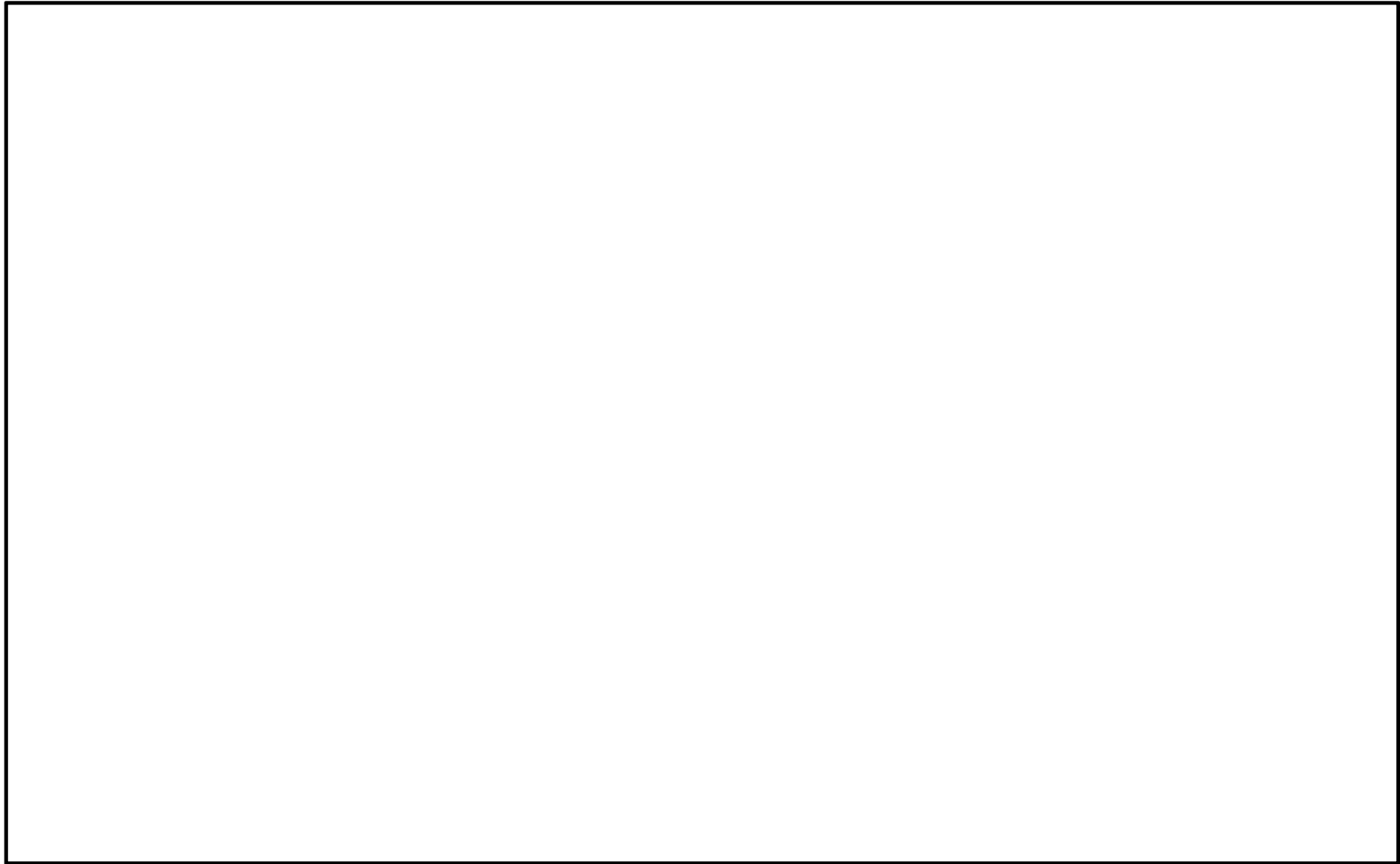
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

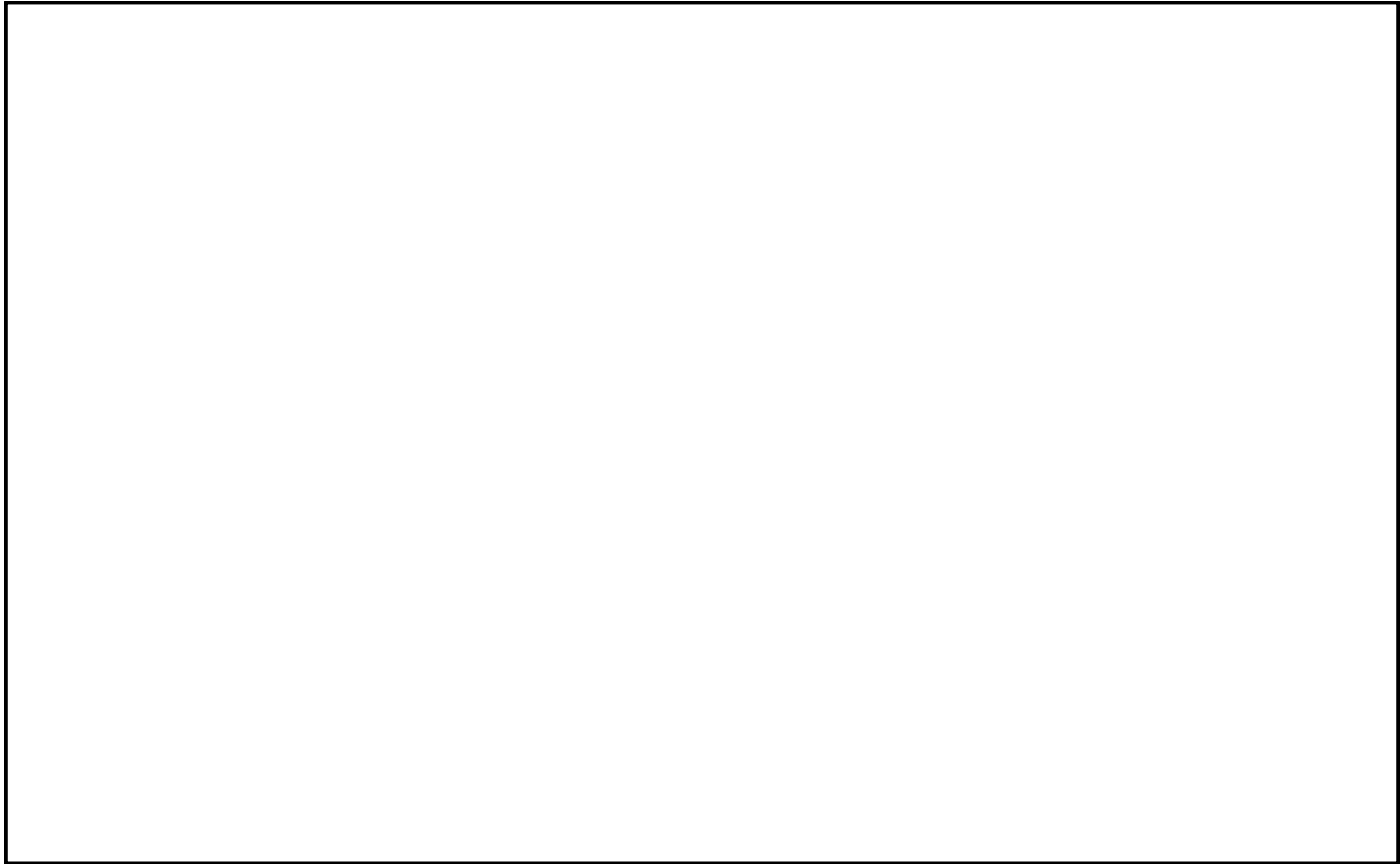


30

鳥瞰図

PCVVCC-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 $S_{pr m}(S_s)$	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
PCVVCC-1	$V_A S$	401	$S_{pr m}(S_s)$	213	468	—	—	—
PCVVCC-1	$V_A S$	418	$S_n(S_s)$	—	—	361	410	—

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(応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-PCVVCC-1-070	レストレイント	Uボルト	SUS304	66	3.8	5.5	—	—	—	—	組合せ	93	258
AN-PCVVCC-1-002	アンカ	Uバンド	SS400	66	0.088	0.26	0.50	0.008	0.006	0.030	組合せ	10	283

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-807 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-2-5

軽油貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目次

1. 基本方針	1
1.1 一般事項	1
1.1.1 概要	1
1.1.2 適用規格	1
1.1.3 計算条件	1
1.1.4 記号の説明	2
1.1.5 計算精度と数値の丸め方	8
1.2 計算方法	9
1.2.1 固有周期の計算方法	9
1.2.2 応力の計算方法	12
1.2.2.1 胴の応力	12
1.2.2.2 脚の応力	21
1.2.2.3 基礎ボルトの応力	22
1.3 評価方法	27
1.3.1 固有周期の評価	27
1.3.2 応力の評価	27
1.3.2.1 胴の応力評価	27
1.3.2.2 脚の応力評価	28
1.3.2.3 基礎ボルトの応力評価	28
1.4 参考文献	28
2. 設計条件	29
3. 機器概要	29
4. 計算数値	30
4.1 胴に生じる応力	30
4.2 脚に生じる応力	31
4.3 基礎ボルトに生じる応力	31
5. 結論	32
5.1 固有周期	32
5.2 応力	32

1. 基本方針

1.1 一般事項

1.1.1 概要

本基本方針は、横置円筒形容器(5脚)の耐震性に関する計算書の計算方法を示す。

1.1.2 適用規格

本計算方法は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月)に準拠したものである。

1.1.3 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量は、胴の中心軸に集中させる。
- (2) 脚下端は固定条件とする。
- (3) 容器は、胴を5脚で支持され、脚はそれぞれボルトで据付面に据え付けられているものとする。
- (4) 容器の胴は剛とみなす。
- (5) 容器の脚は鉛直方向に剛とみなす。
- (6) 水平方向については脚の曲げ及びせん断変形を考慮するものとする。
- (7) 地震力は、容器に対して水平及び鉛直方向から作用するものとし、計算を実施し、強度評価において各応力を組み合わせる。
- (8) 腐食代を考慮する容器については、剛性及び応力計算に腐食代を考慮する。なお、質量には、腐食代を考慮しない。

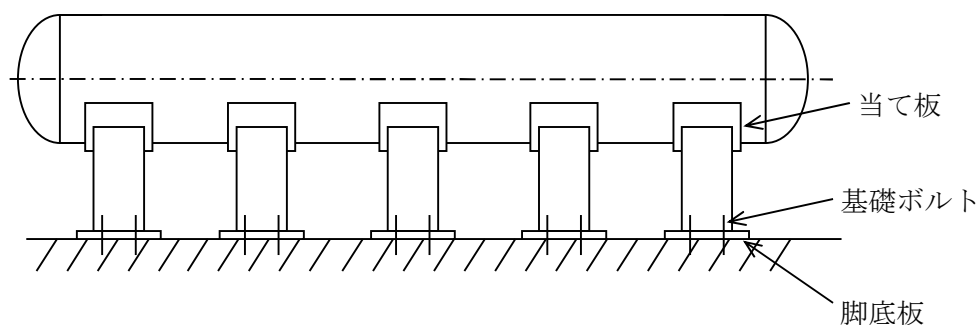


図 1.1.3-1 概要図

1.1.4 記号の説明

記号	記号の定義	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	脚の断面積	mm^2
A_{s1}	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s3}	脚の長手方向に対するせん断断面積	mm^2
A_{s4}	脚の横方向に対するせん断断面積	mm^2
a	脚底板の長手方向幅	mm
b	脚底板の横方向幅	mm
C_1	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
C_2	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
C_c	応力の補正係数 (参考文献 (1) より得られる値)	—
C_H	水平方向設計震度	—
C_ℓ	応力の補正係数 (参考文献 (1) より得られる値)	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_i	胴の内径	mm
d_1	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d_2, d_3	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	mm
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
e	脚中心から偏心荷重作用点までの距離 (長手方向)	mm
e_1	脚中心から偏心荷重作用点までの距離 (横方向)	mm
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値。	MPa
F^*	「JSME S NC1」のSSB-3121.1 (1) に定める値。 材料の許容応力を決定する場合の基準値。 「JSME S NC1」のSSB-3121.1 (1) に定める値。 ただし、 S_y を $1.2S_y$ と読み替える。	MPa
F_{b1}, F_{b2}	基礎ボルトに作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	脚の許容引張応力	MPa
f_{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
H	水頭	mm
h_1	基礎から脚の胴付け根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm

記号	記号の定義	単位
I_{sx}	脚の長手方向軸まわりの断面二次モーメント	mm^4
I_{sy}	脚の横方向軸まわりの断面二次モーメント	mm^4
K_1, K_2	参考文献 (1) によるアタッチメントパラメータの補正係数	—
K_c	脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/mm
K_ℓ	脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/mm
k_c, k_ℓ	参考文献 (1) によるアタッチメントパラメータの補正係数	—
ℓ	両端の脚中心から鏡板重心までの距離	mm
ℓ_0	脚中心間距離	mm
ℓ_H	鏡板の端から鏡板の丸みの始まる箇所までの長さ	mm
ℓ_L	鏡板の丸みの始まる箇所の長さ	mm
ℓ_w	当て板における脚の取り付けられない部分の長手方向長さ	mm
M	脚つけ根部における胴の運転時質量による最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_i	脚つけ根部における胴の運転時質量による曲げモーメント ($i=1\sim 5$)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_b	脚底板に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_c	水平方向地震力 (横方向) により胴の脚つけ根部に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{c1}	水平方向地震力 (横方向) により脚底面に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_ℓ	水平方向地震力 (長手方向) により胴の脚つけ根部に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{\ell 1}$	水平方向地震力 (長手方向) により脚底面に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_x	参考文献 (1) による胴に生じる軸方向の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm/mm}$
M_ϕ	参考文献 (1) による胴に生じる周方向の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm/mm}$
m_0	容器の運転時質量	kg
m_s	脚 1 個の質量	kg
N_x	参考文献 (1) による胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	参考文献 (1) による胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚 1 個当たりの基礎ボルトの本数	—
n_s	脚の本数 ($n_s=5$)	—
n_1	鉛直方向地震力及び水平方向地震力 (長手方向) により引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
n_2	鉛直方向地震力及び水平方向地震力 (横方向) により引張りを 受ける基礎ボルトの本数	—

記号	記号の定義	単位
P	運転時質量により胴の脚つけ根部に作用する反力	N
P_e	鉛直方向地震力により胴の脚つけ根部に作用する反力	N
P_ℓ	水平方向地震力（長手方向）により胴の脚つけ根部に作用する鉛直方向荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
P_s	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により脚底部に作用する鉛直方向荷重	N
P_{s1}	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（横方向）により脚底部に作用する鉛直方向荷重	N
R	脚の受ける荷重の最大	N
R_i	脚の受ける荷重 (i=1~5)	N
r_m	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
r_o	脚つけ根部における胴の外半径	mm
S	「JSME S NC1」に定める許容引張応力	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_y	「JSME S NC1」に定める設計降伏点	MPa
S_u	「JSME S NC1」に定める設計引張強さ	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T_1	水平方向（長手方向）固有周期	s
T_2	水平方向（横方向）固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
t_e	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
X_{n1}, X_{n2}	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
Z	参考文献(2)による胴の断面係数	mm ³
Z_{sx}	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm ³
Z_{sy}	脚の横方向軸に対する断面係数	mm ³
$\beta, \beta_1, \beta_2,$ β_c, β_ℓ	参考文献(1)によるアタッチメントパラメータ	—
γ	参考文献(1)によるシェルパラメータ	—
θ	参考文献(2)による胴の有効範囲角の2分の1	rad
θ_0	胴の脚端部より鉛直軸までの角度	rad
θ_w	胴の脚端部より当て板端部までの角度	rad
π	円周率	—
ρ	液体の比重	—

記号	記号の定義	単位
σ_0	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0\ell}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0\ell x}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0\ell\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_1	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1cx}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1\ell}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1\ell x}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1\ell\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_2	地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ_{2c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和	MPa
σ_{2cx}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2\ell}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2\ell x}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2\ell\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa

記号	記号の定義	単位
$\sigma_{2\phi 4}, \sigma_{2x4}$	水平方向地震力（長手方向）による胴の脚つけ根部に生じる周方向二次応力の和，軸方向二次応力の和	MPa
$\sigma_{2\phi 41}, \sigma_{2x41}$	水平方向地震力（長手方向）による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向二次応力，軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 42}, \sigma_{2x42}$	水平方向地震力（長手方向）による胴の脚つけ根部の鉛直荷重により生じる周方向二次応力，軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 5}, \sigma_{2x5}$	水平方向地震力（横方向）による胴の脚つけ根部のモーメントにより生じる周方向二次応力，軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 7}, \sigma_{2x7}$	鉛直方向地震力により胴の脚つけ根部に生じる周方向二次応力，軸方向二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力により基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{sc}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{sf}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{s1}	運転時質量により脚に生じる圧縮応力	MPa
σ_{s2}	水平方向地震力（長手方向）により脚に生じる曲げ及び圧縮応力の和	MPa
σ_{s3}	水平方向地震力（横方向）により脚に生じる曲げ応力	MPa
σ_{s4}	鉛直方向地震力により脚に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}, \sigma_{x1}$	内圧又は静水頭により胴に生じる周方向一次応力，軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直地震力が加わり胴に生じる周方向一次応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量による長手方向曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 3}, \sigma_{x3}$	運転時質量により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力，軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 4}, \sigma_{x4}$	水平方向地震力（長手方向）により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力の和，軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 41}, \sigma_{x41}$	水平方向地震力（長手方向）により胴の脚つけ根部の曲げモーメントにより生じる周方向及び軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 42}, \sigma_{x42}$	水平方向地震力（長手方向）により胴の脚つけ根部の鉛直荷重により生じる周方向一次応力，軸方向一次応力	MPa

記号	記号の定義	単位
σ_{x43}	水平方向地震力（長手方向）による水平方向荷重により生じる胴の応力	MPa
$\sigma_{\phi 5}, \sigma_{x5}$	水平方向地震力（横方向）による胴の脚つけ根部の曲げモーメントにより生じる周方向一次応力，軸方向一次応力	MPa
σ_{x6}	鉛直方向地震力による長手方向曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 7}, \sigma_{x7}$	鉛直方向地震により胴の脚つけ根部に生じる周方向一次応力，軸方向一次応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	水平方向地震力（横方向）により基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_c	水平方向地震力（横方向）により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_ℓ	水平方向地震力（長手方向）により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_{s2}	水平方向地震力（長手方向）により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_{s3}	水平方向地震力（横方向）により脚に生じるせん断応力	MPa
ω	胴部自重による等分布荷重	N/mm

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

1.1.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、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	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	切捨て	有効数字3桁目
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	切捨て	有効数字3桁目
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁目
ボルト断面積	mm ²	小数点第2位	切捨て	小数点第1位
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桁目
断面係数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁目
算出応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
角度	rad	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
設計震度	—	小数点第3位	切上げ	小数点第2位

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

*2：「発電用原子力設備規格 材料規格」に記載された温度の中間における許容引張応力、設計降伏点及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。なお、許容応力を求める際に使用する温度は雰囲気温度、40℃とする。

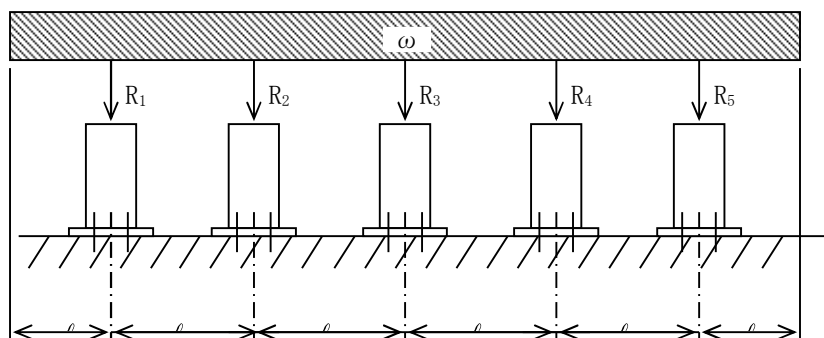
1.2 計算方法

1.2.1 固有周期の計算方法

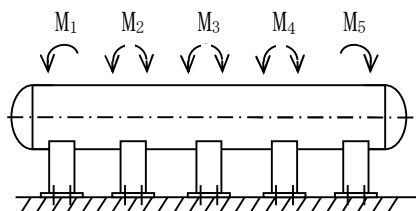
(1) 計算モデル

本容器の荷重状態及び脚に生じるモーメントを第 1.2.1-1 図～第 1.2.1-4 図に示す。

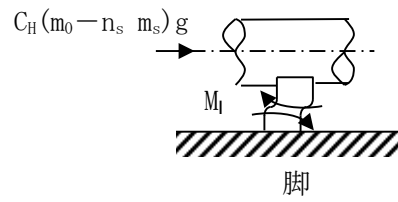
本容器は、第 1.2.1-5 図及び第 1.2.1-6 図に示す 1 質点系振動モデルとして考える。



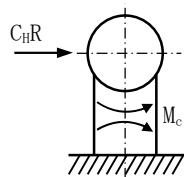
第 1.2.1-1 図 脚の荷重状態



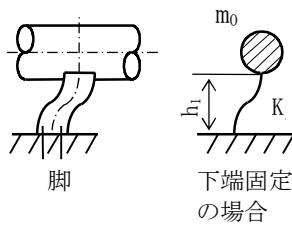
第 1.2.1-2 図 脚の位置での曲げモーメント



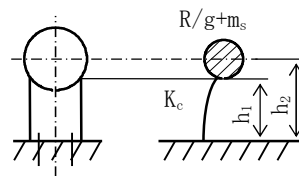
第 1.2.1-3 図 長手方向荷重により胴が受ける局部モーメント



第 1.2.1-4 図 横方向荷重により胴が受ける局部モーメント



第 1.2.1-5 図 水平方向（長手方向）の固有周期計算モデル



第 1.2.1-6 図 水平方向（横方向）の固有周期計算モデル

(2) 水平方向 (長手方向)

固有周期は, 次による。

$$T_1 = 2 \pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_\ell}} \dots\dots\dots (1.2.1-1)$$

ここで, 第 1.2.1-5 図におけるばね定数は, 次による。

$$K_\ell = \frac{n_s}{\frac{h_1^3}{12E_s I_{sy}} + \frac{h_1}{G_s A_{s1}}} \dots\dots\dots (1.2.1-2)$$

(3) 水平方向 (横方向)

固有周期は, 次による。

$$T_2 = 2 \pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{10^3 \cdot K_c}} \dots\dots\dots (1.2.1-3)$$

ここで, 第 1.2.1-6 図におけるばね定数は, 次による。

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2 - h_1)}{6E_s I_{sx}} + \frac{(h_2 - h_1)h_1(h_2 - h_1/2)}{E_s I_{sx}} + \frac{h_1}{G_s A_{s2}}} \dots\dots (1.2.1-4)$$

(4) 鉛直方向

鉛直方向については, 剛構造とみなす。

1.2.2 応力の計算方法

Sクラスに対する応力の計算方法を以下に示す。

ここで、静的地震力を用いる場合は絶対値和し、動的地震力を用いる場合にはSRSS法を適用する。

なお、B、Cクラスに対する応力を計算する場合には、一次+二次応力を計算することを要しない。また、鉛直地震力は考慮しない。

1.2.2.1 胴の応力

(1) 脚の受ける荷重

脚にかかる荷重は、モーメントの釣合より求める。

$$\omega = \frac{(m_0 - n_s m_s) g}{\ell_L + \frac{4}{3} \ell_H} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-1)$$

$$\ell = \frac{2}{3} \ell_H + \frac{\ell_L - (n_s - 1) \ell_0}{2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-2)$$

$$R_1 = R_5 = \frac{\omega (\ell_L + \frac{4}{3} \ell_H) - 2R_2 - R_3}{2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-3)$$

$$R_2 = R_4 = \omega \ell_0 + \frac{-M_1 + 2M_2 - M_3}{\ell_0} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-4)$$

$$R_3 = \omega \ell_0 + \frac{2(M_3 - M_2)}{\ell_0} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-5)$$

$$R = \text{Max}(R_1, R_2, R_3) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-6)$$

(2) 曲げモーメント

第1.2.1-1図に示すように胴は等分布荷重を受けるはりとして考える。

第1.2.1-2図において脚つけ根部における曲げモーメントMは、次による。

$$M_1 = M_5 = \frac{1}{2} \omega \ell^2 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-7)$$

$$M_2 = M_4 = -\frac{1}{7} \omega \ell^2 + \frac{3}{28} \omega \ell_0^2 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-8)$$

$$M_3 = \frac{1}{14} \omega (\ell^2 + \ell_0^2) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-9)$$

$$M = \text{Max}(M_1, M_2, M_3) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-10)$$

(3) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i}{2t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-11)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i C_V}{2t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-12)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i}{4t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-13)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{2t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-14)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-15)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r(D_i + 1.2t)}{4t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-16)$$

(4) 運転時質量及び鉛直方向地震力による長手方向曲げモーメントにより生じる胴の応力（脚つけ根部）

(2)で求めた長手方向曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のように求める。

長手方向曲げモーメントにより、胴の脚つけ根部には局部変形が生じ、胴の長手方向曲げモーメントに対しての有効断面を減少させる。

参考文献(2)によると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第1.2.2-1図に 2θ で示される円弧殻である。

したがって、応力は、次による。

$$\sigma_{x2} = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-17)$$

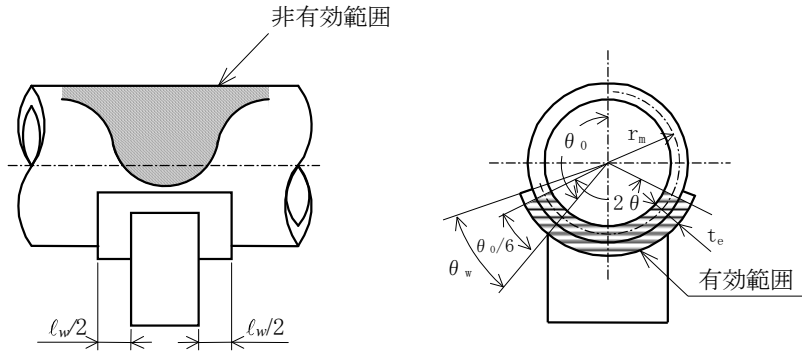
また、鉛直方向地震荷重による応力は、次による。

$$\sigma_{x6} = \frac{M}{Z} C_V \quad \dots\dots\dots (1.2.2-18)$$

ここで、

$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-19)$$

$$Z = r_m^2 t_e \left(\frac{\theta + \sin \theta \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right) \dots\dots\dots (1.2.2-20)$$



第 1.2.2-1 図 脚つけ根部の有効範囲

胴の脚つけ根部に取り付く当て板の大きさが、

$$\text{円周方向範囲 } \theta_w \geq \frac{\theta_0}{6} \dots\dots\dots (1.2.2-21)$$

$$\text{長手方向範囲 } l_w \geq 1.56 \sqrt{\left(\frac{D_i + t}{2} \right) t} \dots\dots\dots (1.2.2-22)$$

である場合、脚つけ根部における胴の有効板厚 t_e は胴板の厚さと当て板の厚さの合計とする。

また、当て板が上記範囲を満たさない場合、 t_e は胴板の厚さとする。

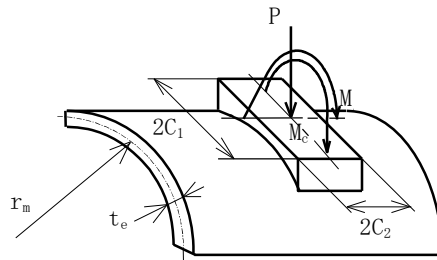
(5) 運転時質量及び鉛直方向地震力により生じる胴の脚つけ根部の応力

胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。

胴の脚つけ根部に作用する反力は、次による。

運転時質量による反力

$$P = R \dots\dots\dots (1.2.2-23)$$



第 1.2.2-2 図 脚が胴に及ぼす力の関係

鉛直方向地震力による反力

$$P_e = RC_v \quad \dots\dots\dots (1.2.2-24)$$

この反力 P 及び P_eにより生じる胴の局部応力は、参考文献 (1) により次のように求める。

$$\gamma = r_m/t_e \quad \dots\dots\dots (1.2.2-25)$$

$$\beta_1 = C_1/r_m \quad \dots\dots\dots (1.2.2-26)$$

$$\beta_2 = C_2/r_m \quad \dots\dots\dots (1.2.2-27)$$

$\beta_1/\beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3}(\beta_1/\beta_2 - 1)(1 - K_1) \right\} \sqrt{\beta_1\beta_2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-28)$$

$\beta_1/\beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3}(1 - \beta_1/\beta_2)(1 - K_2) \right\} \sqrt{\beta_1\beta_2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-29)$$

シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって、参考文献 (1) の表より値を求める (以下*を付記する。) ことにより、胴の脚つけ根部の応力は、次による。

反力 P により生じる応力

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_\phi}{P/r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m t_e} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-30)$$

$$\sigma_{x3} = \left[\frac{N_x}{P/r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m t_e} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-31)$$

反力 P_e により生じる応力

一次応力

$$\sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_\phi}{P_e/r_m} \right]^* \left(\frac{P_e}{r_m t_e} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-32)$$

$$\sigma_{x7} = \left[\frac{N_x}{P_e/r_m} \right]^* \left(\frac{P_e}{r_m t_e} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-33)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 7} = \left[\frac{M_\phi}{P_e} \right]^* \left(\frac{6P_e}{t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-34)$$

$$\sigma_{2x7} = \left[\frac{M_x}{P_e} \right]^* \left(\frac{6P_e}{t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-35)$$

(6) 水平方向地震力（長手方向）により生じる胴の脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部に作用する曲げモーメント及び鉛直方向荷重（偶力）
 は、次による。

$$M_\ell = \frac{1}{2n_s} C_H (m_0 - n_s m_s) g h_1 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-36)$$

$$P_\ell = C_H (m_0 - n_s m_s) g \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{(n_s - 1) \ell_0} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-37)$$

曲げモーメント M_ℓ と鉛直方向荷重 P_ℓ により生じる胴の局部応力は(5)
 と同様な方法で参考文献(1)より求める。

曲げモーメント M_ℓ により生じる応力

一次応力

$$\sigma_{\phi 41} = \left[\frac{N_\phi}{M_\ell / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \beta_\ell t_e} \right) C_\ell \quad \dots\dots\dots (1.2.2-38)$$

$$\sigma_{x41} = \left[\frac{N_x}{M_\ell / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \beta_\ell t_e} \right) C_\ell \quad \dots\dots\dots (1.2.2-39)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 41} = \left[\frac{M_\phi}{M_\ell / (r_m \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \beta_\ell t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-40)$$

$$\sigma_{2x41} = \left[\frac{M_x}{M_\ell / (r_m \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \beta_\ell t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-41)$$

ここで、アタッチメントパラメータ β_ℓ は、次による。

ただし、二次応力を求める場合はさらに k_ℓ を乗じた値とする。

$$\beta_\ell = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-42)$$

鉛直方向荷重 P_ℓ により生じる応力は、次による。

一次応力

$$\sigma_{\phi 42} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_{\ell}/r_m} \right]^* \left(\frac{P_{\ell}}{r_m t_e} \right) \dots\dots\dots (1.2.2-43)$$

$$\sigma_{x42} = \left[\frac{N_x}{P_{\ell}/r_m} \right]^* \left(\frac{P_{\ell}}{r_m t_e} \right) \dots\dots\dots (1.2.2-44)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 42} = \left[\frac{M_{\phi}}{P_{\ell}} \right]^* \left(\frac{6P_{\ell}}{t_e^2} \right) \dots\dots\dots (1.2.2-45)$$

$$\sigma_{2x42} = \left[\frac{M_x}{P_{\ell}} \right]^* \left(\frac{6P_{\ell}}{t_e^2} \right) \dots\dots\dots (1.2.2-46)$$

また、水平方向荷重により胴に生じる引張応力は、次による。

$$\sigma_{x43} = \frac{C_H(m_0 - n_s m_s)g}{\pi(D_i + t)t} \dots\dots\dots (1.2.2-47)$$

したがって、曲げモーメント M_{ϕ} 、鉛直方向荷重 P_{ℓ} 及び水平方向荷重に

より生じる胴の応力は、次による。

一次応力

$$\sigma_{\phi 4} = \sigma_{\phi 41} + \sigma_{\phi 42} \dots\dots\dots (1.2.2-48)$$

$$\sigma_{x4} = \sigma_{x41} + \sigma_{x42} + \sigma_{x43} \dots\dots\dots (1.2.2-49)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 4} = \sigma_{2\phi 41} + \sigma_{2\phi 42} \dots\dots\dots (1.2.2-50)$$

$$\sigma_{2x4} = \sigma_{2x41} + \sigma_{2x42} \dots\dots\dots (1.2.2-51)$$

また、水平方向地震力（長手方向）が作用した場合、胴の脚つけ根部に生じるせん断応力は、次による。

$$\tau_{\ell} = \frac{C_H(m_0 - n_s m_s)g}{4n_s C_2 t} \dots\dots\dots (1.2.2-52)$$

(7) 水平方向地震力（横方向）により生じる胴の脚つけ根部の応力

水平方向地震力（横方向）が作用した場合、胴の脚つけ根部の曲げモーメント M_c は、次による。

$$M_c = C_H R r_0 \dots\dots\dots (1.2.2-53)$$

$$r_0 = \frac{D_i}{2} + t_e \dots\dots\dots (1.2.2-54)$$

この曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、(5)、(6) と同様な方法で参考文献(1)より求める。

シェルパラメータ γ は(5)と同じであるが、アタッチメントパラメータ β_c は、次による。

ただし、二次応力を求める場合はさらに k_c を乗じた値とする。

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-55)$$

曲げモーメント M_c により生じる応力は、次による。

一次応力

$$\sigma_{\phi 5} = \left[\frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right) C_c \quad \dots\dots\dots (1.2.2-56)$$

$$\sigma_{x5} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \beta)} \right]^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \beta_c t_e} \right) C_c \quad \dots\dots\dots (1.2.2-57)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 5} = \left[\frac{M_\phi}{M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-58)$$

$$\sigma_{2x5} = \left[\frac{M_x}{M_c / (r_m \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_c}{r_m \beta_c t_e^2} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2.2-59)$$

また、水平方向地震力(横方向)が作用した場合、胴の脚のつけ根部に生じるせん断応力は、次による。

$$\tau_c = \frac{C_H R}{4C_1 t} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-60)$$

(8) 組合せ応力

(3) ~ (7) によって算出される脚つけ根部に生じる胴の応力は、次により組み合わせる。

(a) 一次一般膜応力

【絶対値和】

i) 水平方向地震力(長手方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-61)$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} + \sigma_{x43} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-62)$$

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}[\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-63)$$

ii) 水平方向地震力(横方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-64)$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-65)$$

$$\sigma_{0c} = \text{Max}[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-66)$$

【SRSS法】

i) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-67)$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x6}^2 + \sigma_{x43}^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-68)$$

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}[\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-69)$$

ii) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-70)$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-71)$$

$$\sigma_{0c} = \text{Max}[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-72)$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、次による。

$$\sigma_0 = \text{Max}[\sigma_{0\ell}, \sigma_{0c}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-73)$$

(b) 一次応力（膜+曲げ）

【絶対値和】

i) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 7} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-74)$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-75)$$

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x} + \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-76)$$

ii) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 7} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-77)$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x5} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-78)$$

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx} + \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-79)$$

【SRSS法】

i) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 4}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-80)$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-81)$$

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x} + \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\} \quad \dots\dots (1.2.2-82)$$

ii) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sqrt{\sigma_{\phi 5}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-83)$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x5}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-84)$$

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx} + \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\} \quad \dots\dots (1.2.2-85)$$

したがって、胴に生じる一次応力（膜+曲げ）の最大値は、絶対値和、SRS法それぞれに対して、次による。

$$\sigma_1 = \text{Max}[\sigma_{1\ell}, \sigma_{1c}] \quad \dots\dots (1.2.2-86)$$

(c) 地震力のみによる一次+二次応力の変動値

【絶対値和】

i) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7} \quad \dots\dots (1.2.2-87)$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sigma_{x4} + \sigma_{2x4} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7} + \sigma_{2x7} \quad \dots\dots (1.2.2-88)$$

$$\sigma_{2\ell} = \sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x} + \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \quad \dots\dots (1.2.2-89)$$

ii) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7} \quad \dots\dots (1.2.2-90)$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x5} + \sigma_{2x5} + \sigma_{x6} + \sigma_{x7} + \sigma_{2x7} \quad \dots\dots (1.2.2-91)$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx} + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \quad \dots\dots (1.2.2-92)$$

【SRS法】

i) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 4} + \sigma_{2\phi 4})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-93)$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sqrt{(\sigma_{x4} + \sigma_{2x4})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7} + \sigma_{2x7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-94)$$

$$\sigma_{2\ell} = \sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x} + \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \quad \dots\dots (1.2.2-95)$$

ii) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 7} + \sigma_{2\phi 7})^2 + (\sigma_{\phi 5} + \sigma_{2\phi 5})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-96)$$

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x5} + \sigma_{2x5})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x7} + \sigma_{2x7})^2} \quad \dots\dots (1.2.2-97)$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx} + \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \quad \dots\dots (1.2.2-98)$$

したがって、胴に生じる一次+二次応力の変動値の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、次による。

$$\sigma_2 = \text{Max}[\sigma_{2\ell}, \sigma_{2c}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-99)$$

1.2.2.2 脚の応力

(1) 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R + m_s g}{A_s} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-100)$$

(2) 鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s4} = \frac{R + m_s g}{A_s} C_V \quad \dots\dots\dots (1.2.2-101)$$

(3) 水平方向地震力（長手方向）による応力

曲げ，圧縮応力は，次による。

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-102)$$

ここで，

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2n_s} C_H m_0 g h_1 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-103)$$

せん断応力は，次による。

$$\tau_{s2} = \frac{C_H m_0 g}{n_s A_{s3}} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-104)$$

(4) 水平方向地震力（横方向）による応力

曲げ応力は，次による。

$$\sigma_{s3} = \frac{C_H (R + m_s g) h_2}{Z_{sx}} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-105)$$

せん断応力は，次による。

$$\tau_{s3} = \frac{C_H (R + m_s g)}{A_{s4}} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-106)$$

(5) 組合せ応力

【絶対値和】

(a) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3 \tau_{s2}^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-107)$$

(b) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{sc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4})^2 + 3 \tau_{s3}^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-108)$$

【S R S S法】

(a) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{s\ell} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s4}^2}\right)^2 + 3 \tau_{s2}^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-109)$$

(b) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

$$\sigma_{sc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s3}^2 + \sigma_{s4}^2}\right)^2 + 3 \tau_{s3}^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-110)$$

したがって、脚に生じる最大応力は、絶対値和、S R S S法それぞれに対して、次による。

$$\sigma_s = \text{Max}[\sigma_{s\ell}, \sigma_{sc}] \quad \dots\dots\dots (1.2.2-111)$$

1.2.2.3 基礎ボルトの応力

(1) 水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

(a) 引張応力

水平方向地震力（長手方向）が作用した場合に脚底面に働く曲げモーメントは、次による。

$$M_b = M_{\ell 1} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-112)$$

水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の鉛直方向荷重は、次による。

【絶対値和】

$$P_s = (1 - C_v)(R + m_s g) - P_\ell \quad \dots\dots\dots (1.2.2-113)$$

【S R S S法】

$$P_s = R + m_s g - \sqrt{\{C_v(R + m_s g)\}^2 + P_\ell^2} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-114)$$

今、曲げモーメントと圧縮荷重の比を

$$e = M_b / P_s \quad \dots\dots\dots (1.2.2-115)$$

とすると、 e が負の場合又は

$$e > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-116)$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次のように求める。

今、中立軸の位置 X_{n1} を

$$X_{n1}^3 + 3\left(e - \frac{a}{2}\right)X_{n1}^2 - \frac{6sA_b n_1}{b}\left(e + \frac{a}{2} - d_1\right)(a - d_1 - X_{n1}) = 0 \quad \dots\dots\dots (1.2.2-117)$$

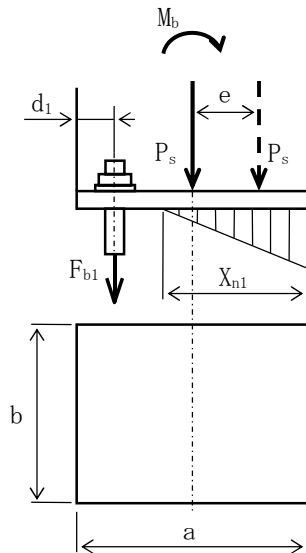
より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は

$$F_{b1} = \frac{P_s \left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_{n1}}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_{n1}}{3}} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-118)$$

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は、次による。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{n_1 A_b} \quad \dots\dots\dots (1.2.2-119)$$



第 1.2.2-3 図 基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

(b) せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n_s n A_b} \dots\dots\dots (1.2.2-120)$$

(2) 水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合

(a) 引張応力

水平方向地震力（横方向）が作用した場合に脚底面に働く曲げモーメントは、次による。

$$M_{c1} = C_H (R + m_s g) h_2 \dots\dots\dots (1.2.2-121)$$

水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の鉛直方向荷重は、次による。

$$P_{s1} = (1 - C_v) (R + m_s g) \dots\dots\dots (1.2.2-122)$$

今、曲げモーメントと圧縮荷重の比を

$$e_1 = M_{c1} / P_{s1} \dots\dots\dots (1.2.2-123)$$

とすると、 e_1 が負の場合又は

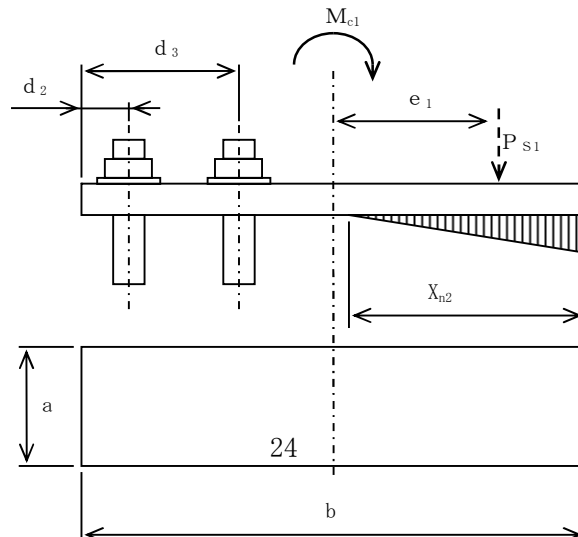
$$e_1 > \frac{b}{6} + \frac{d_2}{3} \dots\dots\dots (1.2.2-124)$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次のように求める。

i) 基礎ボルトが長手方向から見て2列の場合

(1) (a)と同様にして引張応力は求められるが、 M_{c1} は M_b とし、 P_{s1} は P_s 、 d_2 は d_1 、 a は b 、 b は a 、 n_2 は n_1 、 e_1 は e と置き換え、得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。

ii) 基礎ボルトが長手方向から見て4列の場合は以下となる。



第 1.2.2-4 図 基礎ボルトが長手方向から見て 4 列の場合の横方向地震による基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

基礎ボルトが長手方向から見て 4 列の場合は以下の式より計算する。

$$f(x) = X_{n2}^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_1\right)X_{n2}^2 + \frac{6sA_b n_2}{a} \{ (b - d_2 - d_3 + 2e_1)X_{n2} - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_1(2b - d_2 - d_3) \} \dots\dots\dots (1.2.2-125)$$

の式から、条件式

$$f(d_3) > 0 \text{ かつ } f(b - d_3) < 0 \dots\dots\dots (1.2.2-126)$$

又は

$$f(d_3) < 0 \text{ かつ } f(b - d_3) > 0 \dots\dots\dots (1.2.2-127)$$

の時、中立軸 X_{n2} 及び基礎ボルトに生じる引張力は以下の式により求まる。

$$X_{n2}^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_1\right)X_{n2}^2 + \frac{6sA_b n_2}{a} \{ (b - d_2 - d_3 + 2e_1)X_{n2} - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_1(2b - d_2 - d_3) \} = 0 \dots\dots\dots (1.2.2-128)$$

$$F_{b2} = \frac{P_{s1} \{ 2s(b - d_2 - X_{n2})n_2A_b \}}{aX_{n2}^2 - 2s(2b - d_2 - d_3 - 2X_{n2})n_2A_b} \dots\dots (1.2.2-129)$$

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{n_2A_b} \dots\dots\dots (1.2.2-130)$$

なお、条件式を満たさない場合は、中立軸 X_{n2} 及び基礎ボルトに生じる引張応力は (1) (a) と同様にして求められるが、 P_{s1} は P_s 、 d_2 は d_1 、 a は b 、 b は a 、 n_2 (=2 とする) は n_1 、 e_1 は e と置き換え、得られた基礎ボルトの応力を σ_{b2} とする。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力の最大は、次による。

$$\sigma_b = \text{Max}[\sigma_{b1}, \sigma_{b2}] \dots\dots\dots (1.2.2-131)$$

(b) せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{C_H(R + m_s g)}{nA_b} \dots\dots\dots (1.2.2-132)$$

したがって、基礎ボルトに生じるせん断応力の最大は、次による。

$$\tau_b = \text{Max}[\tau_{b1}, \tau_{b2}] \dots\dots\dots (1.2.2-133)$$

1.3 評価方法

1.3.1 固有周期の評価

1.2.1 項で求めた固有周期から設計震度を設定する。

1.3.2 応力の評価

1.3.2.1 胴の応力評価

1.2.2.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における表 1.3.2.1-1 に示す許容応力 S_a 以下であること。

表 1.3.2.1-1 胴の許容応力

耐震 クラス	供用状態	許容応力 S_a			
		一次一般膜応力	一次応力	一次+二次 応力範囲	一次+二次 ⁽¹⁾ +ピーク応力
S	C_s	$\text{Min}[S_y, 0.6S_u]$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	左欄の 1.5 倍	$2S_y$	⁽²⁾ 疲労累積係数 ≤ 1.0
	D_s	$0.6S_u$	左欄の 1.5 倍		
B, C	C_s	$\text{Min}[S_y, 0.6S_u]$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	S_y ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金は、 $1.2S$ とすることができる。	—	—

注 (1) : 一次+二次応力範囲が $2S_y$ 以下の場合は評価不要である。

注 (2) : 地震力のみによる疲労累積係数とする。

1.3.2.2 脚の応力評価

1.2.2.2 項で求めた脚の組合せ応力が表 1.3.2.2-1 に示す許容応力 f_t 以下であること。

表 1.3.2.2-1 脚の許容応力

耐震クラス	供用状態	許容引張応力 f_t
S	C _s	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$
	D _s	$1.5 \left(\frac{F^*}{1.5} \right)$
B, C	C _s	$1.5 \left(\frac{F}{1.5} \right)$

1.3.2.3 基礎ボルトの応力評価

1.2.2.3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。

$$f_{ts} = \text{Min} \left[1.4f_{t0} - 1.6 \tau_b, f_{t0} \right] \dots\dots\dots (1.3.2-1)$$

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_{t0} 及び f_{sb} は表 1.3.2.3-1 による。

表 1.3.2.3-1 基礎ボルトの許容応力

耐震クラス	供用状態	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
S	C _s	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$
	D _s	$1.5 \left(\frac{F^*}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \right)$
B, C	C _s	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

1.4 参考文献

- (1) “Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings” (WELDING RESEARCH COUNCIL BULLETIN No. 107 AUG. 1965. REV. MAR. 1979)
- (2) “Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports” (WELDING RESEARCH SUPPLEMENT SEP. 1951)

2. 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)	静的震度又は弾性設計用地震動 S_a		基準地震動 S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
				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				
軽油貯蔵タンク	S	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.0m 地下埋設	0.039	0.690	0.290	0.810	0.710	静水頭			1.00

3. 機器概要

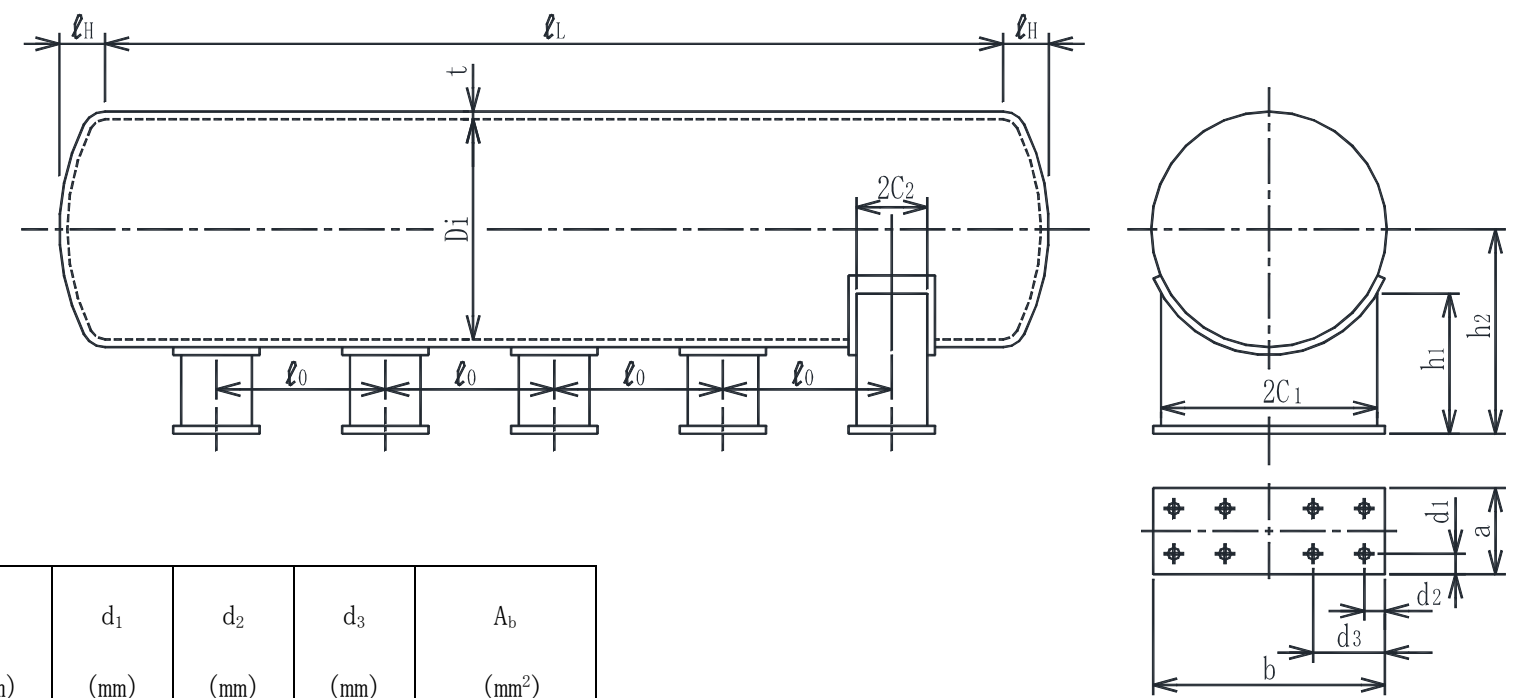
m_0 (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	l_0 (mm)	l_L (mm)	l_H (mm)

h_1 (mm)	h_2 (mm)	H (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)	E_s (MPa)	G_s (MPa)

θ (rad)	θ_0 (rad)	θ_w (rad)	l_w (mm)	s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)	A_b (mm ²)

I_{Sx} (mm ⁴)	I_{Sy} (mm ⁴)	Z_{Sx} (mm ³)	Z_{Sy} (mm ³)	A_s (mm ²)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	A_{s3} (mm ²)	A_{s4} (mm ²)

S (胴板) (MPa)	S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
152	484	595	235	280	205	205



4. 計算数値

4.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類	静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力								
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力								
運転時質量による応力								
鉛直方向地震による 運転時質量による応力								
水平方向地震による応力								
組合せ応力								

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類	静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力								
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力								
運転時質量による応力								
鉛直方向地震による 運転時質量による応力								
運転時質量による 脚反力による応力								
鉛直方向地震による 脚反力による応力								
水平方向地震 による応力	引張							
	せん断							
組合せ応力								

(3) 地震動のみによる一次+二次応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の種類		静的震度又は弾性設計用地震動 S d				基準地震動 S s			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
鉛直方向地震による 静水頭又は内圧による応力									
鉛直方向地震による 運転時質量による応力									
鉛直方向地震による 脚反力による応力									
水平方向地震 による応力	引張								
	せん断								
組合せ応力									

4.2 脚に生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		静的震度又は弾性設計用地震動 S d		基準地震動 S s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力					
鉛直方向地震による応力					
水平方向地震による応力	曲げ				
	せん断				
組合せ応力					

4.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		静的震度又は弾性設計用地震動 S d		基準地震動 S s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
引張応力					
せん断応力					

5. 結論

5.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	
横方向	

5.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	静的震度又は弾性設計用地震動 S _d		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜				
		一次				
		一次+二次				
脚		組合せ				
基礎ボルト		引張				
		せん断				

すべて許容応力以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-809 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-5-7-2-2 緊急用海水系ストレナー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	3
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	5
3. 評価部位	5
4. 固有周期	5
5. 構造強度評価	6
5.1 構造強度評価方法	6
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
5.3 設計用地震力	11
5.4 計算方法	12
5.5 計算条件	14
5.6 応力の評価	15
6. 評価結果	15
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急用海水系ストレーナが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

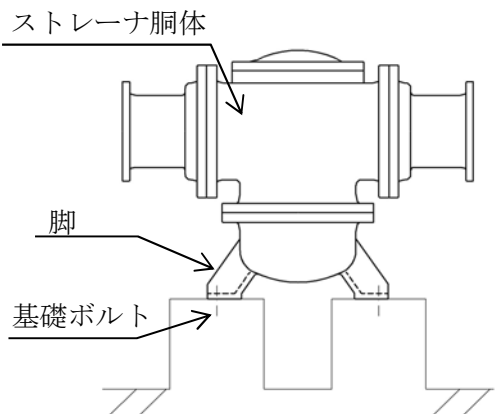
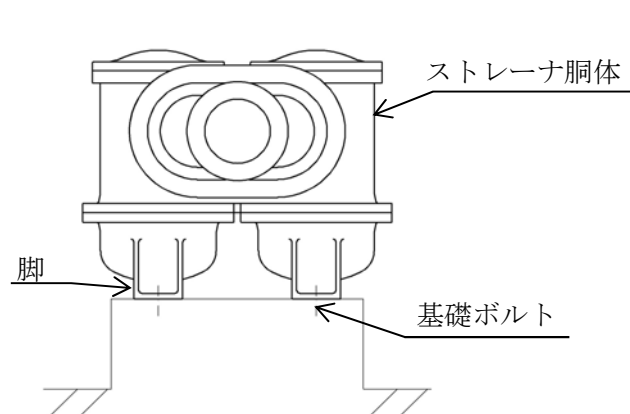
緊急用海水系ストレーナは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用海水系ストレーナの構造計画を表 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	
ストレーナは胴と一体の脚で支持し、脚を基礎ボルトで支持する。	バケット形ダブルストレーナ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p>  <p>ストレーナ胴体</p> <p>脚</p> <p>基礎ボルト</p> <p>(長辺方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  <p>ストレーナ胴体</p> <p>脚</p> <p>基礎ボルト</p> <p>(短辺方向)</p> </div> </div>

2.2 評価方針

緊急用海水系ストレーナの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す緊急用海水系ストレーナの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

緊急用海水系ストレーナの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

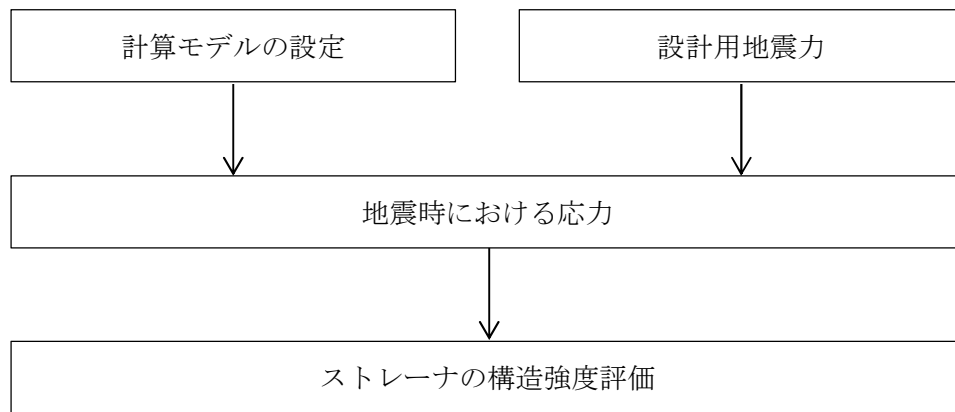


図 2-1 緊急用海水系ストレーナの耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補一 1984, JEAG 4601-1987及びJEAG 4601-1991 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 NC 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_1	重心と基礎ボルト間の水平方向距離*	mm
l_2	重心と基礎ボルト間の水平方向距離*	mm
m	運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40 °Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	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

注記 * : $l_1 \leq l_2$

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に示す通りとする。

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
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
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

緊急用海水系ストレーナの耐震評価は、「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について実施する。

緊急用海水系ストレー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

緊急用海水系ストレーナは1個の大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ、下面が基礎ボルトにて固定されている。

したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) ストレーナ及び内容物の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力はストレーナに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) ストレーナ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 5-1 概要図における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

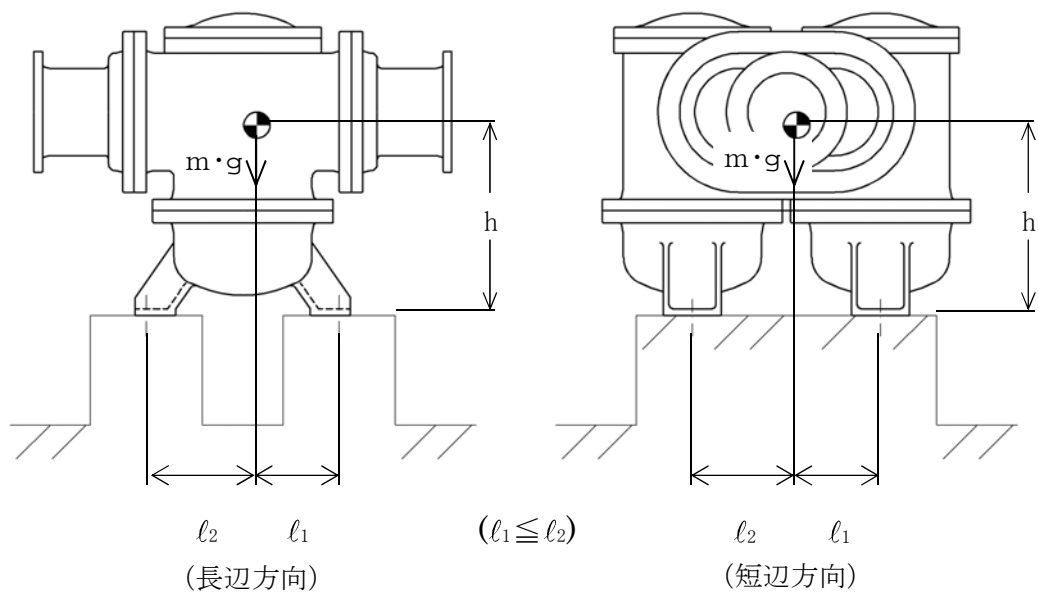


図 5-1 概要図

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

緊急用海水系ストレー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

緊急用海水系ストレーナの許容応力を表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

緊急用海水系ストレーナの使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	緊急用海水系ストレーナ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

*2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

*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 (重大事故等クラス 2 支持構造物)

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		191	496	205

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 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)		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
常設耐震／防止 常設／緩和	緊急用海水 ポンプピット EL. 0.80* ¹	—* ²	—* ²	C _H =1.83	C _V =1.05

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

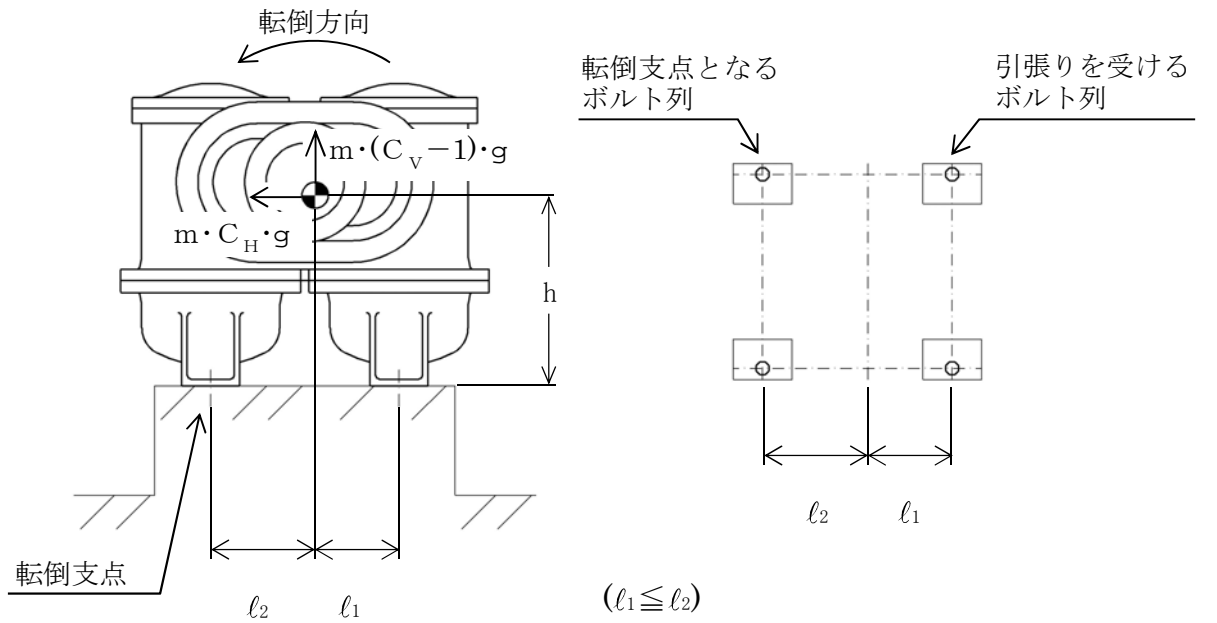


図5-2 計算モデル（短辺方向転倒）

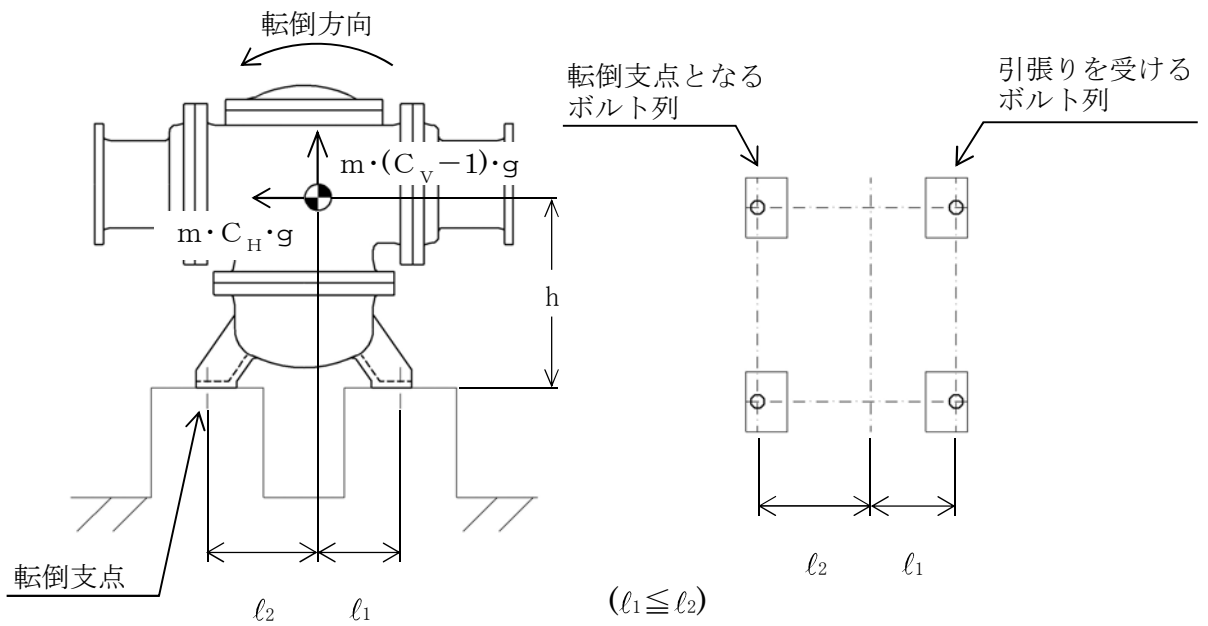


図5-3 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

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

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g + m \cdot (C_V - 1) \cdot l_2 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる数値を表 5-5 に示す。

表 5-5 基礎ボルトの応力計算条件

項目	記号	単位	数値等
材料	—	—	
温度条件 (周囲環境温度)	—	°C	
ボルトの呼び径	d	mm	36
運転時質量	m	kg	5600
重力加速度	g	m/s ²	9.80665
据付面から重心までの距離	h	mm	779
重心とボルト間の水平方向距離 (長辺方向)	l_1	mm	428
重心とボルト間の水平方向距離 (長辺方向)	l_2	mm	432
重心とボルト間の水平方向距離 (短辺方向)	l_1	mm	377
重心とボルト間の水平方向距離 (短辺方向)	l_2	mm	463
ボルトの本数	n	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (長辺方向)	n_f	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (短辺方向)	n_f	—	2

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用海水系ストレー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。

【緊急用海水系ストレーナ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 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急用海水系ストレーナ	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急用海水 ポンプピット EL. 0.80*1	—*2	—*2	C _H =1.83	C _V =1.05	66

注記 *1: 基準床レベルを示す。
*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

1.2.1 基礎ボルト

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	S _y (RT) (MPa)	転倒方向
												基準地震動 S _s
基礎ボルト						4	2	191	496	246	205	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F _b	Q _b
	基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
基礎ボルト	4.736×10 ⁴	1.005×10 ⁵

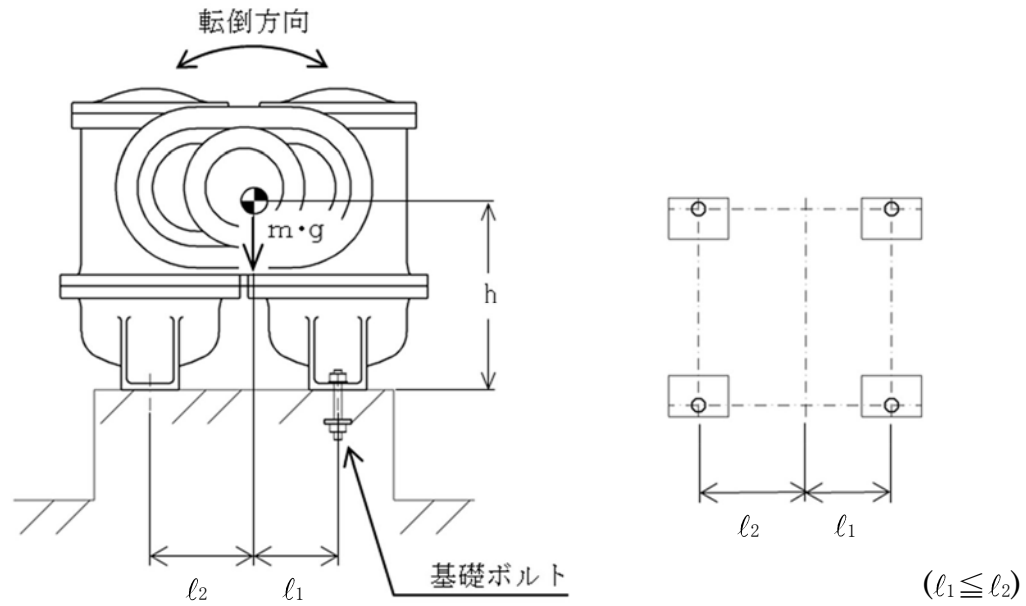
1.4 結 論

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	□	
		せん断		

すべて許容応力以下である。 注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau b, f_{to}]$ より算出



東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-810 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-7-2-1-3 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、「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。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-813 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-3-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの
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 計算精度と数値の丸め方	3
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	9
4.1 基本方針	9
4.2 設計用地震力	9
4.3 ポンプの動的機能維持評価	10
4.4 ポンプ逃し弁の動的機能維持評価	19
4.5 原動機の動的機能維持評価	19
5. 評価結果	20
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
5.2 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、「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ディーゼル発電機燃料移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、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以外の常設重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「指針」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据付ける。</p>	<p>スクリー式</p>	

2.2 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2-1に示すとおりである。

表2-1 表示する数値の丸め方

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

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

*2:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの許容応力を表3-3に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの使用材料の許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機燃料移送ポンプ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機燃料移送ポンプ	常設／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとし てⅣ _A Sの許 容限界を用い る。)

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

*2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3.1 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一 次 応 力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-3.2 許容応力 (ポンプ)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (主軸等)	
	一次一般応力	一次膜応力+一次曲げ応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 上記値と1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値
Ⅳ _A S	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—

表 3-5 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
ポンプ主軸	S45C	最高使用温度	55	336	550	—

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、指針にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

- (1) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは地震後においてもその機能が維持されるよう、動的機能維持の評価を行う。なお、本ポンプは「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、機能維持評価は、指針にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また、原動機については横形ころがり軸受機であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
- (2) 本ポンプは横置き of 機器であることから、指針に従い構造的に一つの剛体として取扱う。
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））
J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表 Part5 の表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数点以下第1位を切捨て、整数位までの値とする。

4.2 設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力を用いる。

4.3 ポンプの動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、容量等が指針に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく、回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって、基本的な構成要素は指針に記載されている横形ポンプと同等であることから、指針に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い、以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

② 軸系としての評価

地震時の主軸発生応力の評価を行う。

③ 摺動部(軸系)

主軸とケーシング間の摺動部(主ねじ部)の評価として地震時の隙間評価を行う。

④ 軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.3.2 評価基準値

(1) スクリュー式ポンプ

① 軸系としての評価 (主軸発生応力)

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態Ⅲ A Sに準拠し設定する。

② 摺動部 (軸系)

主軸の地震時の変形量が摺動部 (主ねじ部) については主ねじとスリーブ間の隙間より小さいこと。

③ 軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が、軸受の許容面圧以下であること。

4.3.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表4-2に示す。

表4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Ri}	ラジアル荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
A_{Ti}	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
C_H	水平方向震度	—
C_V	鉛直方向震度	—
d_j	軸の評価箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
I_j	軸の評価箇所の断面二次モーメント	mm^4
ℓ	軸長さ	mm
ℓ_1	支点間距離	mm
ℓ_2	支点Aから軸端までの距離	mm
M	軸に作用する最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{c_j}	軸質量	kg
M_{C_j}	W_C により発生する軸の最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{S_j}	w により発生する軸の最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_P	ポンプ回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_C	カップリング質量	kg
m_S	軸質量	kg
N	回転速度 (原動機の同期回転速度)	min^{-1}
P	原動機出力	kW
P_R	ラジアル荷重による軸受の最大面圧	MPa
P_{Ri}	ラジアル荷重による軸受の面圧	MPa
P_T	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_C	地震力を考慮した軸端部荷重	N
$W_{Ri(j)}$	軸受にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_T	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
W_2	軸受にかかる通常運転時スラスト荷重	N
x_1	支点Bから軸評価点までの距離	mm
Δ_{cjk}	W_C により発生する軸のたわみ量	mm
δ_{sjk}	w により発生する軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ_j	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
π	円周率	—
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

添字 i の意味は $i=A$: 支点A 、 $i=B$: 支点B
添字 j の意味は $j=1$: 支点間 、 $j=2$: 張出部
添字 k の意味は $k=s$: w による評価 、 $k=c$: W_c による評価

4.3.4 評価方法

(1) 軸

軸の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が、その許容応力値を下回ることを確認する。

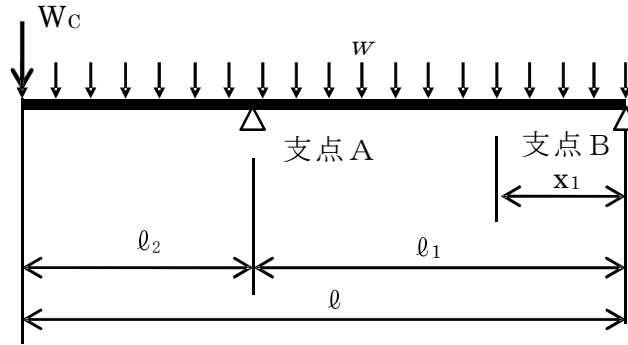


図 4-1 軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は次式で求める。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d_1^3} \right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

ここで、ねじりモーメント T は

$$T = M_P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント M_P は

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

(1 kW = 10⁶ N・mm/s)

軸に作用する最大曲げモーメント M

$$M = \max (M_{S1} + M_{C1} , M_{S2} + M_{C2}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

ここで、主軸質量に地震力を考慮した等分布荷重 w は

$$w = \frac{m_s \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}}{l} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

等分布荷重 w が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で生じる。

$$M_{S1} = \frac{w}{8 \ell_1^2} (\ell_1 + \ell_2)^2 (\ell_1 - \ell_2)^2 \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

支点 A からの張出部での最大モーメント M_{S2} は、支点 A $x_2 = 0$ で生じる

$$M_{S2} = \frac{w \ell_2^2}{2} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$x_1 = \frac{\ell_1}{2} \{ 1 - (\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2}) \}$ で生じる。

$$M_{C1} = \frac{W_c \ell_2}{\ell_1} \cdot \frac{\ell_1}{2} \cdot (1 - \frac{\ell_2^2}{\ell_1^2}) \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

張出部にカップリングの質量 m_c が作用した場合の支点 A からの張出部での最大モーメント M_{C2} は 支点 A ($x_2 = 0$) で

$$M_{C2} = W_c \cdot \ell_2 \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

ここで 張出し部に作用する軸端荷重 W_c は、

$$W_c = m_c \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

支点 A と支点 B 間の最大モーメントは、主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{S1} + M_{C1}$) となる。

支点 A からの張出部での最大モーメントも同様にして主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{S2} + M_{C2}$) となる。

(2) 軸受

軸受の評価は、地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による荷重が軸受の許容荷重（許容面圧）以下であることを確認する。

a. ラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_R = \max(P_{RA}, P_{RB}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

支点Aの軸受の面圧 P_{RA} は、

$$P_{RA} = \frac{W_{RA}}{A_{RA}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

支点Bの軸受の面圧 P_{RB} は、

$$P_{RB} = \frac{W_{RB}}{A_{RB}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WRは

$$\left. \begin{aligned} W_{RA} &= W_{RA1} + W_{RA2} \\ W_{RB} &= W_{RB1} + W_{RB2} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Aに働く反力 W_{RA1} は、

$$W_{RA1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2)^2 \quad \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Bに働く反力 W_{RB1} は

$$W_{RB1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1^2 - \ell_2^2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

張出部に軸端荷重 W_c が作用した場合の支点Aに働く反力 W_{RA2} は、

$$W_{RA2} = \frac{W_c}{\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 B に働く反力

W_{RB2} は、

$$W_{RB2} = \frac{W_c \cdot \ell_2}{\ell_1} \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

b. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_T = \frac{W_T}{A_{TA}} \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

ここで、軸受にかかる地震時のスラスト荷重 W_t は

$$W_T = (m_s + m_c) \cdot g \cdot C_H + W_2 \dots \dots \dots (4.3.4.20)$$

(3) 摺動部（主ねじ部）

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

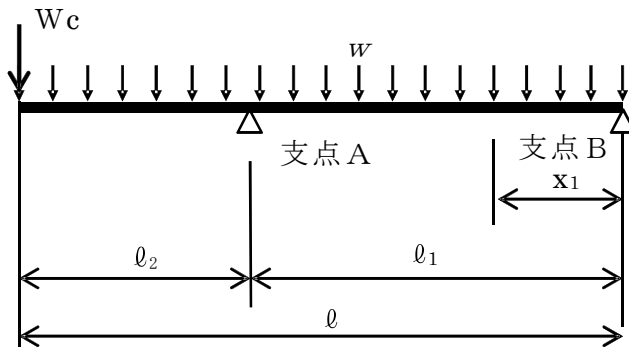


図 4-2 摺動部（主ねじ部）の評価モデル

摺動部（主ねじ部）支点 A と支点 B 間における w による軸のたわみ量 δ_{s1s} は次式で求める。

w による最大たわみは $x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で生ずる。

$$\delta_{s1s} = \frac{w \cdot x_1}{24EI\ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots \dots (4.3.4.21)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による

$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で軸のたわみ量 δ_{c1s}

は次式で求める

$$\delta_{c1s} = \frac{W_c \cdot \ell_2 \cdot x_1}{6 EI \ell_1} (\ell_1^2 - x_1^2) \quad \dots (4.3.4.22)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における w による W_c による最大たわみでの

軸のたわみ量 δ_{s1c} は次式で求める。

W_c による最大たわみ点 $x_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{3}}$ である。

$$\delta_{s1c} = \frac{w \cdot x_1}{24 EI \ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots (4.3.4.23)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による軸のたわみ量 δ_{c1c}

は次式で求める

$$\delta_{c1c} = \frac{W_c \ell_2 \ell_1^2}{9\sqrt{3} EI} \quad \dots (4.3.4.24)$$

$$\delta_1 = \max(\delta_{s1s} + \delta_{c1s}, \delta_{s1c} + \delta_{c1c}) \quad \dots (4.3.4.25)$$

4.4 ポンプ 逃し弁の動的機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用逃し弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

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

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.5 原動機の動的機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用原動機は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	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ディーゼル発電機燃料移送ポンプ*5	S	燃料移送ポンプ室*6 EL. +2.0m*1	—*2	—*2	C _H =0.41*3	C _V =0.36*3	C _H =0.81*4	C _V =0.71*4		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度と同等以上の設計震度

*4: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

*5: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ

*6: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 B, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 E, 2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 F

1.1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} (mm)		l _{2i} (mm)		n _i	n _{fi}	
			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 (i=1)	323	230	78	200	422	200	4	2	2
ポンプ取付ボルト (i=2)	184	160	95	95	105	105	4	2	2
原動機取付ボルト (i=3)	39	100	80	80	80	80	4	2	2

部材	A _{bi} (mm ²)	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _P (N・mm)	
				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 (i=1)	201.1 (M16)	205*2	504*2	205	246	軸方向	軸直角方向	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	201.1 (M16)	710*1	827*1	578	578	軸方向		—	—
原動機取付ボルト (i=3)	78.54 (M10)	710*1	827*1	578	578	軸直角方向			

注記 *1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min ⁻¹)	原動機出力 (kW)
	N = 1.500 × 10 ³	P = 1.2

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 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)	208.9	627.2	1.520×10 ³	2.787×10 ³
ポンプ取付ボルト (i=2)	102.2	540.9	866.1	1.588×10 ³
原動機取付ボルト (i=3)	26.74	108.0	183.6	336.6

1.1.4 結論

1.1.4.1 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		
基礎ボルト		せん断				
		引張り				
ポンプ取付ボルト		せん断				
		引張り				
原動機取付ボルト		せん断				
		引張り				

すべて許容応力以下である。

注記 * : (4.4.1.2) 式により算出

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機燃料移送ポンプ*4	スクリュウ式	2.0	燃料移送ポンプ室*5 EL. +2.0m ^{*1}	—*2	—*2	C _H =0.81 ^{*3}	C _V =0.71 ^{*3}		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

*4: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ

*5: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 B, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 E,

2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 F

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機燃料移送ポンプ電動機*4	横形ころがり 軸受電動機	1.2	燃料移送ポンプ室*5 EL. +2.0m ^{*1}	—*2	—*2	C _H =0.81 ^{*3}	C _V =0.71 ^{*3}		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.2.2 機器要目

m _s (kg)	m _c (kg)	ℓ (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)

A _{ra} (mm ²)	A _{rb} (mm ²)	A _{tb} (mm ²)	E (MPa)	I (mm ⁴)	N (min ⁻¹)	W ₂ (N)

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較 (単位: ×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.81	—
	鉛直方向	0.71	—
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁、原動機は、評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

ポンプは、本文 4.3.1 項に基づき、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 軸の応力評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸	$\tau_{max} = 8$	495

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸受の評価 (単位：MPa)

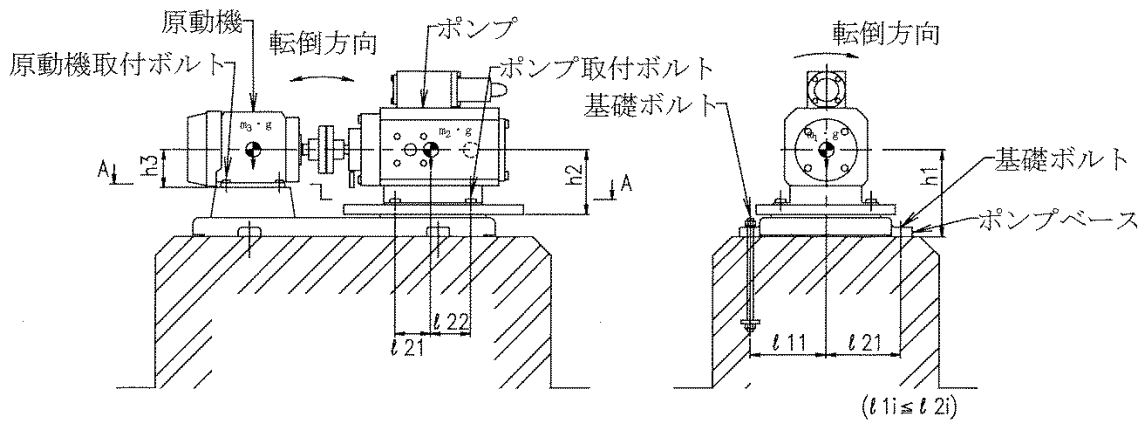
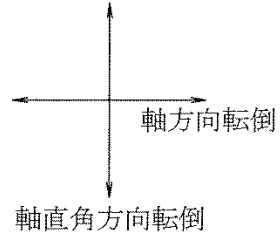
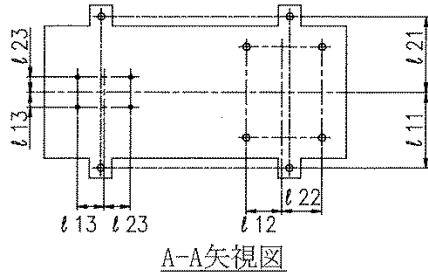
評価部位	荷重	発生面圧	許容面圧
軸受	ラジアル(原動機側)	$P_{RA} = 0.0790$	
	ラジアル(負荷側)	$P_{RB} = 0.1356$	
	スラスト	$P_T = 0.1588$	

すべて許容面圧以下である。

1.2.3.2.2.3 摺動部(主ねじ)の評価 (単位：mm)

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙以下である。



【弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合】

【基準地震動Ssの場合】

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-847 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-3-1 緊急時対策所加圧設備の強度評価書

高圧ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高圧ガス保安規則への適合性確認結果（緊急時対策所加圧設備）

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
一般継目なし 鋼製容器	緊急時対策所を正圧化し、緊急時対策所内に要員が留まれるための空気を貯蔵する容器として使用することを目的とする。使用環境として、空気を貯蔵し、屋内で使用する。	クロムモリブデン鋼	19.6*	40*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. 法令又は公的な規格に規定されている事項

法令及び基準	「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」				
機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
継目なし容器	高圧ガスを充填し、貯蔵、移動等をするための容器として使用することを目的とする。使用環境として、屋内外*1で高圧ガスを充填することを想定している。	充填する高圧ガスの種類、充填圧力、使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造すること。	温度 35°Cにおいてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値。*2	40*1	耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の5/3倍）等の容器検査に合格した者に、刻印または標章の掲示がなされる。

注記 *1：容器等を常に温度 40°C以下に保つ必要があり、直射日光等による温度上昇を防ぐため、屋根、障壁を設ける等の措置を講じることが、「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」に記載されている。

*2：「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に規定される最高充填圧力であり、当該ポンペにおいては 19.6 MPa である。

III. メーカー仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	充填圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
一般継目なし 鋼製容器	1 MPa を超えるような高圧ガスを充填し、保安・運搬等をするための容器として使用することを目的とする。使用環境として、屋内外*で高圧ガスを充填することを想定している。	クロムモリブデン鋼	19.6	40*	高圧ガス保安法に基づく容器保安規則による耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格している。

注記 *：「高圧ガス保安法」に基づく「一般高圧ガス保安規則」に従い使用する。

IV. 確認項目

a：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該ポンペは、重大事故等時に空気供給用として屋内で使用される。一方、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」は、高圧ガスを貯蔵する容器の技術上の規定を定めた一般産業品に対する規格であり、高圧ガスを貯蔵する容器は 40 °C以下で使用し、直射日光等による温度上昇を防ぐよう規定されている。重大事故等時における当該ポンペの使用目的及び使用環境は、本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

b：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIとIIIの材料及び試験条件の比較、IとIIIの使用条件の比較）

当該ポンペには、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った適切な材料であるクロムモリブデン鋼が使用されていることを容器検査成績書等により確認できる。

当該ポンペの最高使用温度は「一般高圧ガス保安規則」で定める 40 °C以下、最高使用圧力は「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った最高使用圧力を上回る耐圧試験に合格していることを容器検査成績書等により確認できることから、当該ポンペは要求される強度を有している。

V. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は、一般産業品として「高圧ガス保安法」（「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」含む）に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-853 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5-7 管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 設計用地震力	1
3. 標準支持間隔による配管の耐震計算結果	2

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、今回申請する緊急時対策所用発電機の配管(耐震Cクラス)について、標準支持間隔における耐震計算結果をまとめたものである。

2. 設計用地震力

本計算書において計算に使用する床応答曲線の種類及び減衰定数を次に示す。

機器名	建屋	床応答曲線 E L. (m)	減衰定数 (%)
緊急時対策所用発電機 燃料油貯蔵タンク 2A 燃料油貯蔵タンク 2B ～	屋外	<input type="text"/>	<input type="text"/>
緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B	緊急時対策所	<input type="text"/>	
緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B ～	緊急時対策所	<input type="text"/>	<input type="text"/>
緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B		<input type="text"/>	
緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B～ 緊急時対策所用発電機 内燃機関 2A 内燃機関 2B	緊急時対策所	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. 標準支持間隔による配管の耐震計算結果

標準支持間隔を算定する配管の仕様を第1表「配管仕様」に示す。

配管の直管部標準支持間隔の耐震計算結果を第2表「直管部標準支持間隔(S₀地震時)(減衰定数0.5%)」に示す。

第1表 配管仕様

機器等の区分	機器名	材料	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ 当たりの質量 (保温材の有無) (kg/m)	番号
クラス区分外	緊急時対策所用発電機 燃料油貯蔵タンク 2A 燃料油貯蔵タンク 2B ～ 緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B	STPT370	0	45	60.5	3.9		1
								2
			0.5	45	60.5	3.9		3
								48.6
	緊急時対策所用発電機 給油ポンプ 2A 給油ポンプ 2B ～ 緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B	STPT370	0	45	48.6	3.7		5
								0.5
			7					
	緊急時対策所用発電機 燃料油サービスタンク 2A 燃料油サービスタンク 2B ～ 緊急時対策所用発電機 内燃機関 2A 内燃機関 2B	STPT370	0	45	27.2	2.9		8

第2表 直管部標準支持間隔 (S_s地震時) (減衰定数 0.5%)

建屋	E.L. (m)	材 料	外径 (mm)	保温材の有無	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				番号
						支 持 間 隔 (m)	固 有 振動数 (Hz)	一 次 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	
屋外	23.3	STPT370	60.5							1
緊急時対策所	23.3		60.5							2
			60.5							3
			48.6							4
緊急時対策所	30.3	STPT370	48.6							5
	23.3		48.6							6
	30.3		48.6							7
緊急時対策所	30.3	STPT370	27.2							8

NT2 補② V-2-10-1-5-7 ROE

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-862 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5-4 緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの
耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 燃料油貯蔵タンクの耐震計算方法	13
3. 耐震計算結果	37

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンクは、重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要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耐震評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程を準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

燃料油貯蔵タンクの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 燃料油貯蔵タンクの質量については、胴の中心軸に集中したものとする。耐震計算モデルは横置き円筒形容器の1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 基礎ボルトが、脚の変形方向に直角な方向より見て脚1個につき2列のため、固定支持とする。
- (3) 水平方向地震による水平力は、支持脚下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。
ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、水平地震力が据付面の摩擦力を上回る場合には、基礎ボルトにせん断応力が発生するものとし、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133 (IV_AS) に基づく組合せ応力評価について、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5 f_{t^*} - 1.6 \tau_{bs}, 1.5 f_{t^*}) \equiv 1.5 f_{ts^*} \quad (\text{IV}_{AS})$$

- (4) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 横置円筒形容器の場合の耐震計算は、長手方向の地震荷重に対して、固定側の脚だけで行うものとする。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (7) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対和の評価とするが、SRSS 法による組合せによる評価も用いる。
- (8) ボルトの減肉は考慮しないものとする。

2.1.3 変形モードの組合せ

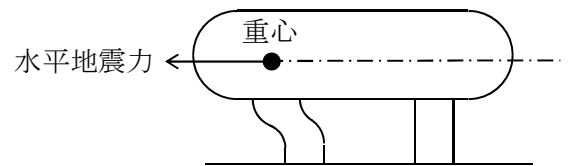
容器の耐震計算モデルは、1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、容器及び脚は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

(1) 変形モード

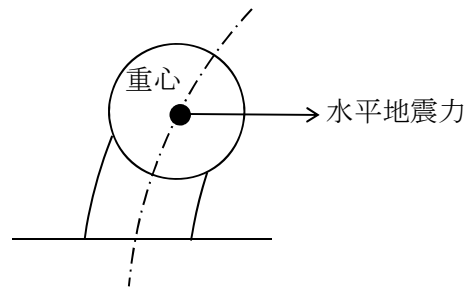
a. A型変形

支持脚の伸縮はなく、容器胴体底面が水平に移動する変形モード。



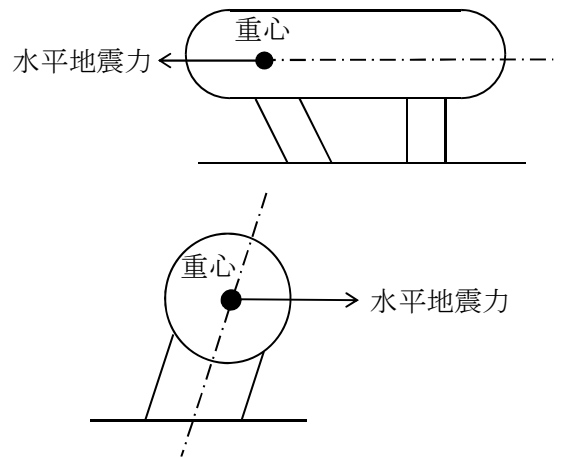
b. B型変形

支持脚と容器胴体が一体としての曲げ変形モード。



c. C型変形

支持脚又は容器胴体のせん断変形モード。



(2) 変形モードの組合せ

$$\text{横置円筒形容器} \begin{cases} \text{長手方向} = A + C \\ \text{横方向} = B + C \end{cases}$$

2.1.4 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、燃料油貯蔵タンクの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (Ss) クラス	動的	評価用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.033 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.5 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
D	死荷重	N
f_t	許容引張応力 設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値 ^(注)	MPa
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s	許容せん断応力 設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S	設計引張応力 (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5 に規定される値) ^(注)	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
S_u	設計引張強さ (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 に規定される値) ^(注)	MPa
S_y	設計降伏点 (設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定される値) ^(注)	MPa
S_0	一次一般膜応力の許容応力	MPa
S_1	一次応力の許容応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
S_{II}	一次+二次応力の許容応力	MPa
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_b	基礎ボルトの引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトのせん断応力	MPa

(注) 胴及び脚については、最高使用温度における値。基礎ボルトについては、雰囲気温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス 3 容器及び支持構造物に準拠する。

a 耐圧部（胴板）

耐圧部（胴板）の許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 胴板の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 分類	応力分類 状態	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力
C (Ss) クラス		$IV_A S$	$0.6 S_u$	左欄の 1.5 倍の値	地震動のみによる一次+二次応力の変動値を $2S_y$ 以下とすることにより疲れ解析は行わない。

第6表 胴板の評価する応力

応力分類 容器種類	一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力
横置 円筒形容器	σ_0	σ_1	σ_2

b 支持構造物

支持脚の許容応力を第7表に示す。

また，評価する応力を第8表に示す。

第7表 支持脚の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類 応力 分類	支持脚 組合せ応力
C (Ss) クラス	IV _A S		$1.5 f_t^*$

第8表 支持脚の評価する応力

応力分類 容器種類	組合せ応力
横置 円筒形容器	σ_s

c 基礎ボルト

基礎ボルトの許容応力を第9表に示す。

また、評価する応力を第10表に示す。

第9表 基礎ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	支持構造物の 種類	基礎ボルト, 取付ボルト		
		一次応力		
		引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	IV _A S	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合, 以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_{AS} : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5 f_t^*)$$

第10表 基礎ボルトの評価する応力

容器種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
横置 円筒形容器		σ_b	τ_b

2.1.6 記載する数値に関する注意事項

- (1) 耐震計算において計算結果がいくつかあるもの、例えば、基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 計算結果の出ないもの、例えば引張力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力は、計算結果表の記入欄には \square として記載する。

2.1.7 耐震計算書のフォーマット

次に耐震計算書のフォーマットを示す。

1. 設計条件

耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
C (Ss)		横置円筒形			

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		設計加速度 (m/s ²)	
		水平	鉛直
1.0			

3. 機器要目

m_o (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)

I_x (mm ⁴)	I_y (mm ⁴)	Z_{sx} (mm ³)	Z_{sy} (mm ³)	θ_o (rad)	A_s (mm ²)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	A_{s3} (mm ²)	A_{s4} (mm ²)

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)

評価部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板					
支持脚					
基礎ボルト					

NT2 補③ V-2-10-1-5-4 R0

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 F (N)	
水平地震力 F_H (N)	
評価結果	

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力	
			算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0 =$	$S_0 =$
		一次	$\sigma_1 =$	$S_I =$
		一次+二次	$\sigma_2 =$	$S_{II} =$
支持脚		組合せ	$\sigma_s =$	$1.5 f_t^* =$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\sigma_{scb}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sbb}}{1.5f_b} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	$\sigma_b =$	$1.5 f_t^* =$
		せん断	$\tau_b =$	$1.5 f_s^* =$
		組合せ	$\sigma_b =$	$f_{ts}^* =$

算出応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

2.2 燃料油貯蔵タンクの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

燃料油貯蔵タンクの耐震計算に使用する記号を第 11 表に示す。

第 11 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	脚の断面積	mm^2
A_{s1}	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s3}	脚の長手方向に対するせん断断面積	mm^2
A_{s4}	脚の横方向に対するせん断断面積	mm^2
a	脚底板の長手方向幅	mm
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
b	脚底板の横方向幅	mm
C_1	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の 2 分の 1 (胴の横方向)	mm
C_2	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の 2 分の 1 (胴の長手方向)	mm
C_c	参考文献 (1) より得られる値	—
C_ℓ	参考文献 (1) より得られる値	—
D_i	胴の内径	mm
D_o	胴の外径	mm
d_1	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d_2, d_3	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	mm
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
e_1	長手方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm
e_2	横方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm

記号	記 号 の 説 明	単位
F_{bc}	横方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N
$F_{b\ell}$	長手方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N
f_{bc}	横方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
$f_{b\ell}$	長手方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
f_c	脚の許容圧縮応力	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
H	水頭	mm
h_1	基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I_x	脚の長手方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm^4
I_y	脚の横方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm^4
K_1, K_2	参考文献(1)より得られる定数	—
K_c	脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/mm
K_ℓ	脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/mm
k_c	参考文献(1)より得られる定数	—
k_ℓ	参考文献(1)より得られる定数	—
ℓ_H	鏡板の端から鏡板の丸みの始まる箇所までの長さ	mm
ℓ	第 1 脚及び第 5 脚の中心から鏡板重心までの距離	mm
ℓ_L	鏡板の丸みの始まる箇所間の長さ	mm
ℓ_o	脚中心間距離	mm
M	脚部における胴の運転時質量によるモーメント	$N \cdot mm$
M_c	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	$N \cdot mm$
M_{c1}	横方向地震により脚底面に働くモーメント	$N \cdot mm$
M_ℓ	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	$N \cdot mm$
$M_{\ell1}$	長手方向地震により脚底面に働くモーメント	$N \cdot mm$
M_x	胴に生じる長手方向の局部曲げモーメント	$N \cdot mm$

記号	記 号 の 説 明	単 位
M_{ϕ}	胴に生じる周方向の局部曲げモーメント	N・mm
m_0	容器の有効運転質量	kg
m_s	脚 1 本当たりの質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_{ϕ}	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚 1 個当たりの基礎ボルト本数	—
n_1	脚 1 個当たりの長手方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
n_2	脚 1 個当たりの横方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
P	運転時質量による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P'	鉛直方向地震による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P_{θ}	長手方向地震により胴の脚つけ根部に働く鉛直荷重	N
P_s	長手方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
P_{s1}	横方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
R	脚に作用する荷重	N
r_m	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
r_o	脚つけ根部における胴の外半径	mm
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s = 10$)	—
T	固有周期	s
T_1	長手方向の固有周期	s
T_2	横方向の固有周期	s
t	胴の板厚	mm
t_e	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
t_w	脚取付部の当板板厚	mm
$X_1 \sim X_4$	基礎が圧縮力を受ける幅	mm
Z	脚取付部における胴の有効断面係数	mm ³

記号	記号の説明	単位
$Z_{s x}$	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm^3
$Z_{s y}$	脚の横方向軸に対する断面係数	mm^3
α	脚の開き角	rad
β, β_1, β	参考文献(1)によるアタッチメントパラメータ	—
γ	参考文献(1)によるシェルパラメータ	—
θ	脚取付部における胴の有効範囲角の2分の1	rad
θ_0	胴体脚端部より鉛直軸までの角度	rad
σ_0	胴の一次一般膜応力あるいは組合せ応力の最大値	MPa
ρ	液体の比重	—
σ_{0c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0l}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_{1l}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1lx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{1l\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
σ_{2c}	横方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa

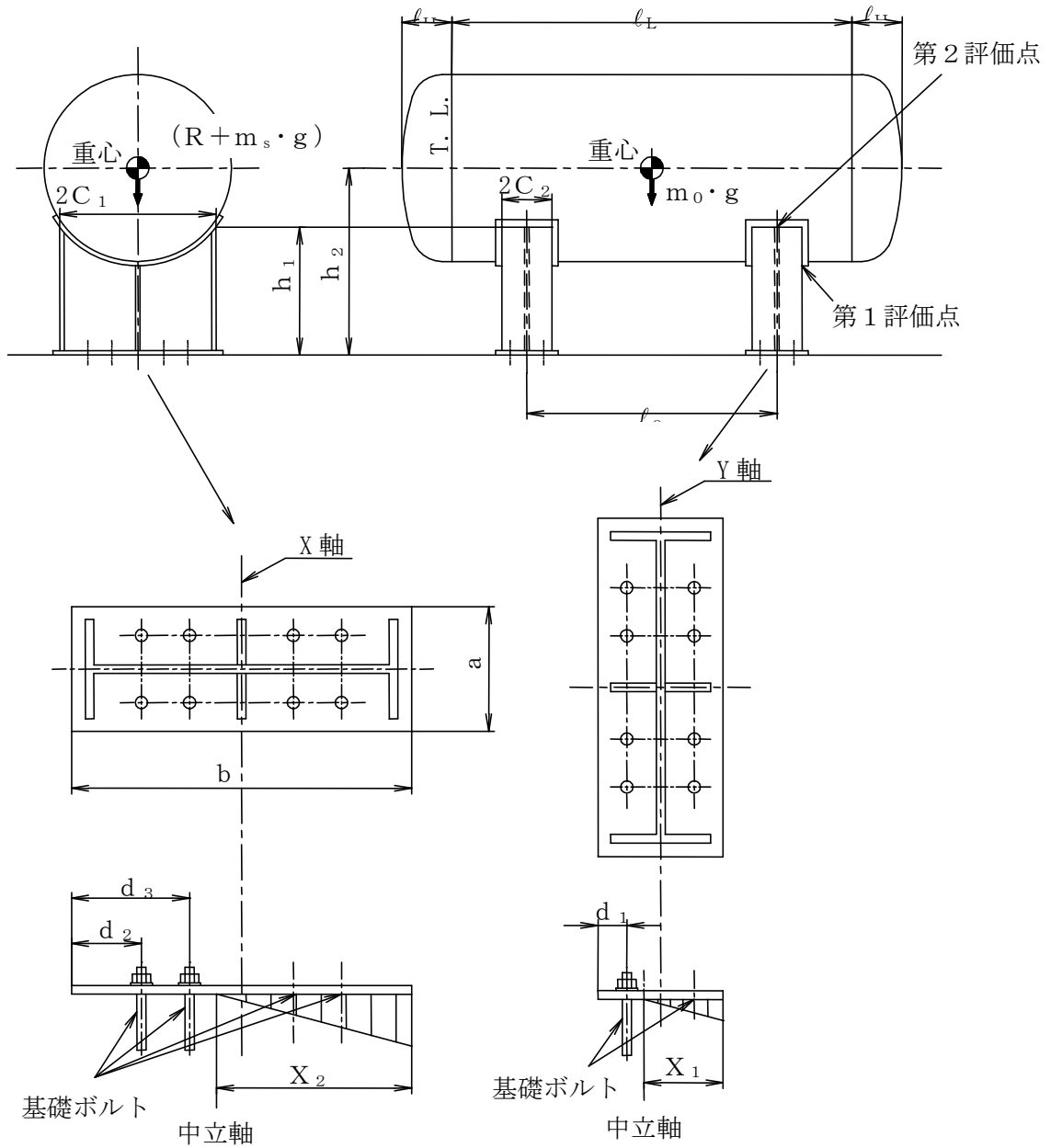
記号	記 号 の 説 明	単位
σ_{2cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2c\phi}$	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell}$	長手方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell x}$	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
$\sigma_{2\ell\phi}$	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトの引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{b\ell}$	長手方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_{bc}	横方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}	長手方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s2}	長手方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{s3}	横方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s4}	横方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{sbb}	脚の曲げ応力	MPa
σ_{sbc}	脚の圧縮応力	MPa
σ_{scc}	横方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{s\ell c}$	長手方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{x1}	静水頭または内圧により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x2}	自重により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x31}	自重及び鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x31}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x32}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x411}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x412}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
σ_{x421}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x422}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x43}	長手方向地震により生じる水平方向荷重による胴の応力	MPa
σ_{x51}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x52}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	静水頭または内圧により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}$	自重及び鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 32}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 411}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 412}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 421}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 422}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 51}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 52}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x6}	鉛直方向地震により生じる軸方向応力	MPa
τ_c	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_ℓ	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_{s2}	長手方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_{s3}	横方向地震により脚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

記号	記号の説明	単位
τ_{bl}	基礎ボルトに生じる長手方向せん断応力	MPa
τ_{bc}	基礎ボルトに生じる横方向せん断応力	MPa
ω	胴部自重による等分布荷重	N/mm

2.2.2 容器説明図

容器説明図を第 2-2-1 図に示す。



第 2-2-1 図 容器の形状及び基礎ボルトの応力計算に用いる記号説明図

2.2.3 固有周期の計算方法

a. 長手方向の固有周期

長手方向のばね定数は、

$$K_{\ell} = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12E_s \cdot I_y} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}}$$

固有周期は、

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell} \times 10^3}}$$

b. 横方向の固有周期

横方向のばね定数は、

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2 - h_1)}{6E_s \cdot I_x} + \frac{(h_2 - h_1)h_1(h_2 - h_1/2)}{E_s \cdot I_x} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}}$$

固有周期は、

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{K_c \times 10^3}}$$

固有周期Tは、 T_1 と T_2 のうち水平加速度が大きくなる方とする。

2.2.4 胴の応力計算

- (1) 脚に作用する荷重及び脚つけ根の部分における曲げモーメント

脚にかかる荷重は、モーメントのつり合いより求められる。

脚のつけ根の部分におけるモーメントは、胴をはりと考えて求める。

- (a) 脚に作用する荷重

$$R = \frac{1}{2}(m_0 - 2m_s)g$$

- (b) 脚つけ根の部分における曲げモーメント

$$M = \frac{1}{2} \left(\frac{2R}{\ell_L + \frac{4}{3}\ell_H} \right) \left(\frac{2}{3}\ell_H + \frac{\ell_L - \ell_a}{2} \right)^2$$

- (2) 静水頭による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho \cdot a_v \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

- (3) 運転時質量及び鉛直方向地震により生じる長手方向曲げモーメントによる応力

(1) 項で求めた曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のようにして求められる。

参考文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴の局部変形を生じさせようとする。

今、長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を胴下端から θ の点とすると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第2-2-2図に 2θ で示される円殻である。したがって、応力は次式で表される。

$$\sigma_{x 2} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{x 6} = \left(\frac{a_v}{g} \right) \frac{M}{Z}$$

ここで、

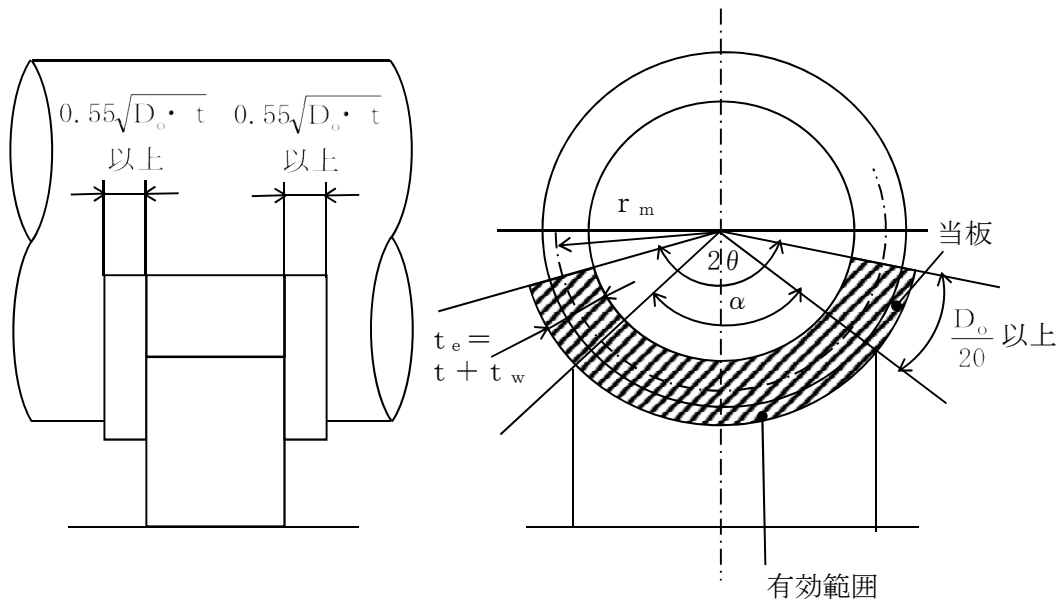
$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

$$Z = r_m^2 \cdot t_e \left(\frac{\theta + \sin \theta \cdot \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right)$$

t_e は、 t あるいは $(t + t_w)$ をとるものとし、 θ は以下の式で表される。
 当板板厚を含める場合($t_e = t + t_w$ ただし当板の範囲は周方向に 2θ 以上、軸方向に脚端部より $0.55\sqrt{D_o \cdot t}$ 以上とする)

計算に用いる記号説明図を第2-2-2図に示す。

$$\theta = \frac{\alpha}{2} + \frac{\frac{D_o}{20}}{\frac{D_i}{2} + (t + t_w)}$$



第2-2-2図 当板板厚を含める場合の脚つけ根部における胴の有効断面係数の計算に用いる記号説明図

- (4) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。
 胴の第1脚つけ根部に作用する反力は次式で表される。
 また、力の関係図を第2-2-3図に示す。

運転時質量による反力

$$P = R$$

この反力Pにより生じる胴の局部応力は参考文献 (1)によると次のようにして求めることができる。

$$\gamma = r_m / t_e$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

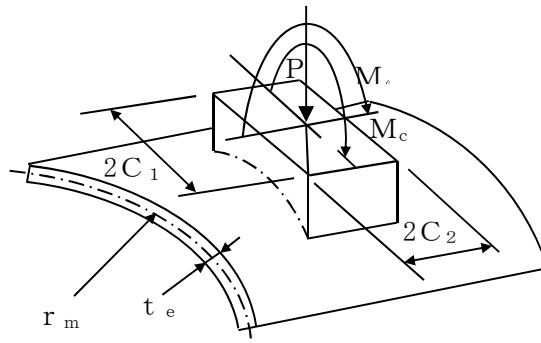
$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$ のとき

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$



第2-2-3図 脚が胴に及ぼす力の関係図

脚取付部の胴の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって参考文献 (1)の表により値を求める (以下*を付記する。) ことにより応力は次式で表わされる。

反力Pにより生じる応力

$$\sigma_{\phi 31} = \left(\frac{N_{\phi}}{P / r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31} = \left(\frac{N_x}{P / r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

- (5) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

可動脚は、長手方向に自由にスライドできるので、固定脚は下端固定の場合変形をする。脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重 (偶力) は次式により与えられる。

- a. 脚つけ根部に作用する力

$$M_{\ell} = \frac{1}{2} (m_0 - m_s) a_H \cdot h_1$$

$$P_{\ell} = (m_0 - m_s) a_H \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{\ell_o}$$

b. 一次応力

曲げモーメント M_ℓ と鉛直荷重 P_ℓ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

曲げモーメント M_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 1 1} = \left(\frac{N_\phi}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

$$\sigma_{x 4 1 1} = \left(\frac{N_x}{M_\ell / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \cdot t_e \cdot \beta} \right) C_\ell^*$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 2 1} = \left(\frac{N_\phi}{P_\ell / r_m} \right)^* \left(\frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 4 2 1} = \left(\frac{N_x}{P_\ell / r_m} \right)^* \left(\frac{P_\ell}{r_m \cdot t_e} \right)$$

また、水平方向荷重により胴には下記式で表される引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 4 3} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{\pi (D_i + t) t}$$

c. 二次応力

曲げモーメント M_ℓ と鉛直荷重 P_ℓ により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

$$\sigma_{\phi 4 1 2} = \left(\frac{M_\phi}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 4 1 2} = \left(\frac{M_x}{M_\ell / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_\ell}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表される。

$$\beta = k_\ell \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_ℓ により生じる応力は,

$$\sigma_{\phi 4 2 2} = \left(\frac{M_\phi}{P_\ell} \right)^* \left(\frac{6 P_\ell}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 4 2 2} = \left(\frac{M_x}{P_\ell} \right)^* \left(\frac{6 P_\ell}{t_e^2} \right)$$

d. せん断応力

長手方向地震が作用した場合, 第1脚つけ根部に生じるせん断応力は次式で表される。

$$\tau_\ell = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{4 C_2 \cdot t}$$

(6) 横方向地震による脚つけ根部の応力

横方向の地震が作用した場合, 第1脚のつけ根部に生じる曲げモーメント M_c は,

$$M_c = \frac{a_H}{g} R \cdot r_o$$

$$r_o = \frac{D_i}{2} + t_e$$

a. 一次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は, (4) 項及び(5) 項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4) 項と同じであるが, アタッチメントパラメータ β は次式にて表される。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって, 応力は,

$$\sigma_{\phi 5 1} = \left(\frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

$$\sigma_{x 5 1} = \left(\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

b. 二次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は(4) 項及び(5) 項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4) 項と同じであるが, アタッチメントパラメータ β は次式にて表される。

$$\beta = k_c \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 5 2} = \left(\frac{M_{\phi}}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 5 2} = \left(\frac{M_x}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

c. せん断応力

横方向に地震が作用した場合、第1脚つけ根部に生じるせん断力は次式で表される。

$$\tau_c = \frac{\frac{a_H}{g} R}{4C_1 \cdot t}$$

(7) 一次一般膜応力

(1)項～(3)項によって計算される胴の一次一般膜応力は以下により組み合わせられる。

a. 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 4 3}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{0\ell} = \text{Max}(\sigma_{0\ell\phi}, \sigma_{0\ell x})$$

ここで、

$$\sigma_{0\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0\ell x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 6}^2 + \sigma_{x 4 3}^2}$$

b. 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{0c} = \text{Max}(\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0c x})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{0c x} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{oc} = \text{Max}(\sigma_{oc\phi}, \sigma_{ocx})$$

ここで,

$$\sigma_{oc\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{ocx} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 6}$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は,

$$\sigma_0 = \text{Max}(\sigma_{0\phi}, \sigma_{0c})$$

で表される。

(8) 組合せ応力

(1)項～(6)項によって計算される第1脚つけ根部に生じる胴の応力は以下により組み合わせられる。

a. 一次応力

(絶対値和)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43} + \sigma_{x6}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 51}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x1} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1\ell\phi} + \sigma_{1\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{1\ell\phi} - \sigma_{1\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1\ell\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{(\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421})^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1\ell x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{(\sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\phi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\phi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{1c\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 31} + \sqrt{\sigma_{\phi 51}^2 + (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{\sigma_{x51}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

したがって、胴に生じる一次応力の最大値は、

$$\sigma_1 = \text{Max}(\sigma_{1\ell}, \sigma_{1c})$$

で表される。

b 地震動のみによる一次応力と二次応力の和

(a) 鉛直地震動のみによる応力成分

$$P' = \frac{a_v}{g} R$$

$$\sigma_{\phi 31}' = \left(\frac{N_\phi}{P' / r_m} \right)^* \left(\frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31}' = \left(\frac{N_x}{P' / r_m} \right)^* \left(\frac{P'}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{\phi 32}' = \left(\frac{M_\phi}{P'} \right)^* \left(\frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 32}' = \left(\frac{M_x}{P'} \right)^* \left(\frac{6P'}{t_e^2} \right)$$

(b) 長手方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 422}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sigma_{x 31}' + \sigma_{x 32}' + \sigma_{x 411} + \sigma_{x 421} + \sigma_{x 412}$$

$$+ \sigma_{x 422} + \sigma_{x 43} + \sigma_{x 6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2\ell} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2\ell\phi} + \sigma_{2\ell x}) \pm \sqrt{(\sigma_{2\ell\phi} - \sigma_{2\ell x})^2 + 4\tau_{\ell}^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2\ell\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 422})^2}$$

$$\sigma_{2\ell x} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x411} + \sigma_{x412} + \sigma_{x421} + \sigma_{x422} + \sigma_{x43})^2}$$

(c) 横方向地震が作用した場合

(絶対値和)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{2c\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52}$$

$$\sigma_{2cx} = \sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x52} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\phi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\phi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで,

$$\sigma_{2c\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 51} + \sigma_{\phi 52})^2}$$

$$\sigma_{2cx} = \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x51} + \sigma_{x52})^2}$$

したがって、胴に生じる一次+二次応力の最大値は、

$$\sigma_2 = \text{Max}(\sigma_{2\ell}, \sigma_{2c})$$

で表される。

2.2.5 脚の応力計算

(1) 長手方向地震が作用した場合

a. 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)g}{A_s}$$

b. 鉛直地震動による応力

$$\sigma_{s1}' = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right)a_v}{A_s}$$

c. 曲げ，圧縮応力

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s}$$

ここで，

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2}m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

d. せん断応力

$$\tau_{s2} = \frac{m_0 \cdot a_H}{A_{s3}}$$

e. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{s\ell c} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s2}^2}\right)^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

f. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{bt}}$$

ここで、 $\sigma_s = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \frac{P_\ell}{A_s}$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s2} - \frac{P_\ell}{A_s}$$

(2) 横方向地震が作用した場合

a. 曲げ応力

$$\sigma_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H \cdot h_2}{Z_{sx}}$$

b. せん断応力

$$\tau_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H}{A_{s4}}$$

c. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s3})^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s3}^2}\right)^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

したがって、脚に生じる組合せ応力の最大値は、

$$\sigma_s = \text{Max}(\sigma_{sfc}, \sigma_{scc})$$

で表される。

d. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_{bc}}$$

ここで、 $\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}'$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s3}$$

2.2.6 基礎ボルトの応力計算

(1) 基礎ボルトに生じる引張応力（長手方向地震が作用した場合）

脚底面に働くモーメントは、

$$M_{\ell 1} = \frac{1}{2} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

鉛直荷重は、

(絶対値和)

$$P_s = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_v) - P_{\ell}$$

(SRSS 法)

$$P_s = R + m_s \cdot g - \sqrt{\left\{ a_v \cdot \left(\frac{R}{g} + m_s \right) \right\}^2 + P_{\ell}^2}$$

モーメントと圧縮荷重の比を、

$$e_1 = M_{\ell 1} / P_s$$

とすると、 e_1 が負の場合及び、

$$e_1 > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次式のようにして求められる。

今、中立軸の位置 X_1 を

$$X_1^3 + 3 \left(e_1 - \frac{a}{2} \right) X_1^2 - \frac{6 s \cdot A_b \cdot n_1}{b} \left(e_1 + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_1) = 0$$

より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は、

$$F_{b \ell} = \frac{P_s \left(e_1 - \frac{a}{2} + \frac{X_1}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_1}{3}}$$

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b \ell} = \frac{F_{b \ell}}{n_1 \cdot A_b}$$

- (2) 基礎ボルトに生じる引張応力（横方向地震が作用した場合）
脚底面に働くモーメントは、

$$M_{c1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) a_H \cdot h_2$$

鉛直荷重は、

$$P_{s1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_V)$$

モーメントと圧縮荷重の比を

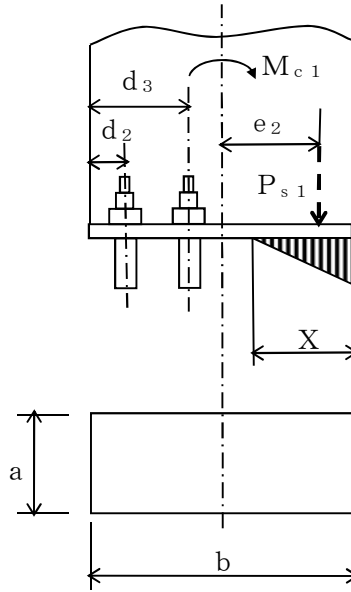
$$e_2 = M_{c1} / P_{s1}$$

とすると、 e_2 が負の場合及び

$$e_2 > \frac{b}{6} + \frac{d_2}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じる。

荷重の関係図を第 2-2-4 図に示す。



第 2-2-4 図 基礎ボルトが長手方向から見て 4 列の場合の横方向地震によって基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係図

$$\begin{aligned}
 f(X) &= X^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X^2 \\
 &+ \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) \right. \\
 &\left. - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0
 \end{aligned}$$

の式から、

$$\text{条件式} \begin{cases} f(d_3) > 0 \text{ かつ } f(b - d_3) < 0, \text{ 又は} \\ f(d_3) < 0 \text{ かつ } f(b - d_3) > 0 \end{cases}$$

のとき、中立軸 X_3 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$\begin{aligned}
 &X_3^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X_3^2 \\
 &+ \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X_3 - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) \right. \\
 &\left. - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0 \\
 F_{bc} &= \frac{P_{s1} \{ 2s(b - d_2 - X_3) \cdot n_2 \cdot A_b \}}{a \cdot X_3^2 - 2s(2b - d_2 - d_3 - 2X_3) n_2 \cdot A_b} \\
 \sigma_{bc} &= \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}
 \end{aligned}$$

なお、条件式を満たさない場合は、中立軸 X_4 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求まる。

$$X_4^3 + 3 \left(e_2 - \frac{b}{2} \right) X_4^2 - \frac{6 s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left(e_2 + \frac{b}{2} - d_2 \right) (b - d_2 - X_4) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left(e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_4}{3} \right)}{b - d_2 - \frac{X_4}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力の最大値は、

$$\sigma_b = \text{Max}(\sigma_{b\ell}, \sigma_{bc})$$

で表される。

(3) 基礎ボルトに生じるせん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力は、次式で表わされる。

長手方向地震が作用した場合

$$\tau_{b\ell} = \frac{a_H \cdot m_0}{n \cdot A_b}$$

横方向地震が作用した場合

$$\tau_{bc} = \frac{a_H \left(\frac{R}{g} + m_s \right)}{n \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値は、

$$\tau_b = \text{Max}(\tau_{b\ell}, \tau_{bc})$$

で表される。

2.2.7 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

(1) ベースプレートと据付面の摩擦力

ベースプレートと据付面の摩擦力 F を次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力 F_H と比較する。

$$F = \mu \cdot \{ m_0 \cdot (g - a_v) \}$$

(2) 水平方向地震による水平方向荷重

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

(3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

(a) $F \geq F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力は発生しない。

従って、計算結果表の記入欄は と記載する。

(b) $F < F_H$ の場合

基礎ボルト或いは取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認することとし、発生応力は水平方向荷重 F_H をボルト全数の断面積で除した値とする。

3. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 評価条件

耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (°C)	液体の比重 ρ
C (S_s)	緊急時対策所 EL. 23.3m	横置円筒形	大気圧	40	<input type="text"/>

2. 評価用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動 S_s	
		評価用加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1.0	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. 機器要目

m_o (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
<input type="text"/>									

I_x (mm^4)	I_y (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_o (rad)	A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
<input type="text"/>											

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
<input type="text"/>									

評価部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	235	400	100	—	—
支持脚	235	400	—	235	280
基礎ボルト	725	930	—	651	651

4. 結論

	基準地震動 S_s による力
摩擦力 F (N)	□
水平地震力 F_H (N)	□
評価結果	$F \geq F_H$ より、基礎(取付)ボルトにせん断力は作用しない。

(応力の単位 : MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動 S_s による応力	
			算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	□	
		一次		
		一次+二次		
支持脚	SM400B	組合せ		
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		
基礎ボルト	SUS630-B	引張		

それぞれの算出応力は許容値を満足する。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-863 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-4-2 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

第二弁操作室主配管

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 評価規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・適用規格の選定

第二弁操作室主配管

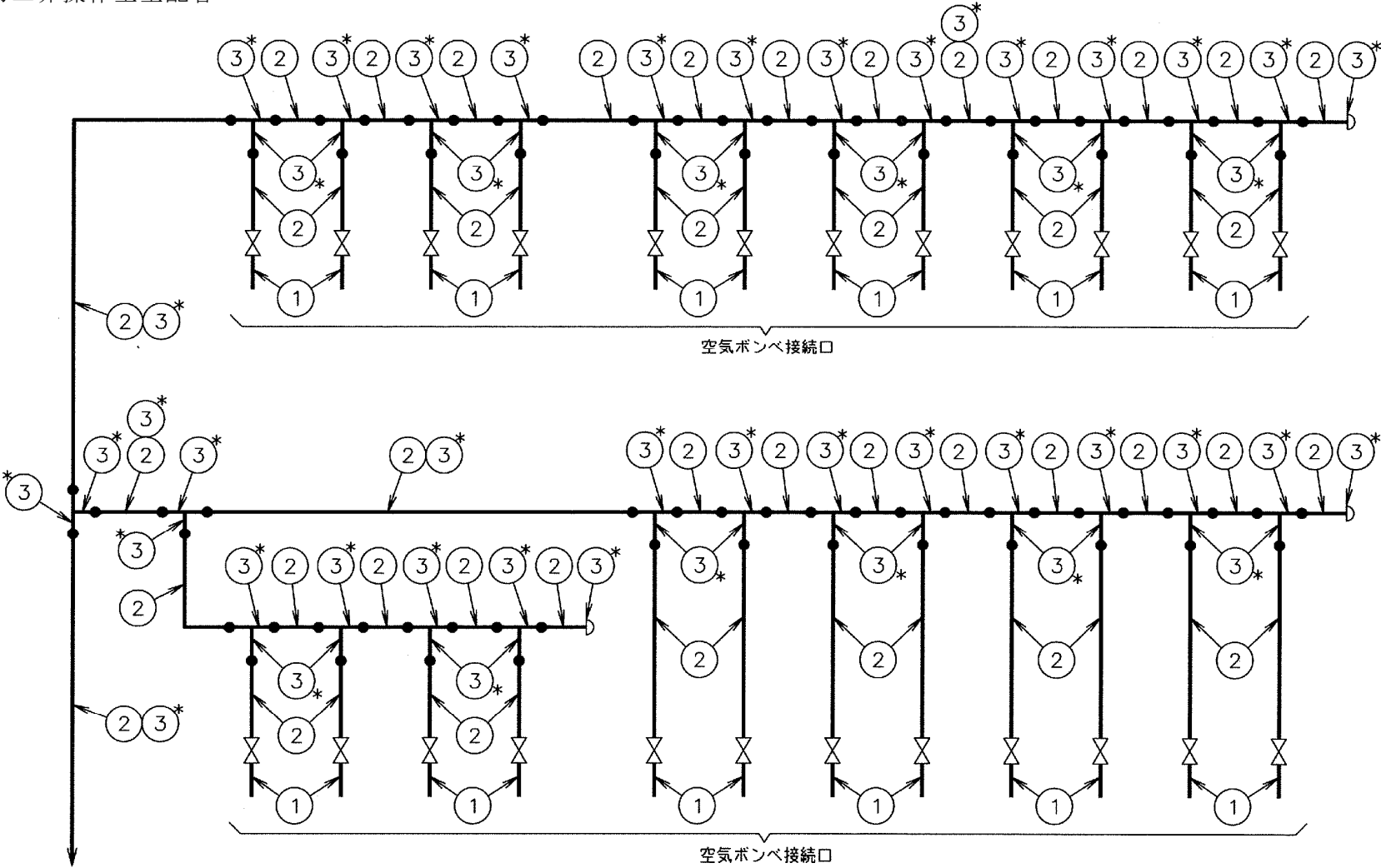
管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算		—	設計・建設規格
3	管の強度計算		—	設計・建設規格
4	管の強度計算		—	設計・建設規格
5	管の強度計算		—	設計・建設規格
6	管の強度計算		—	設計・建設規格

目次

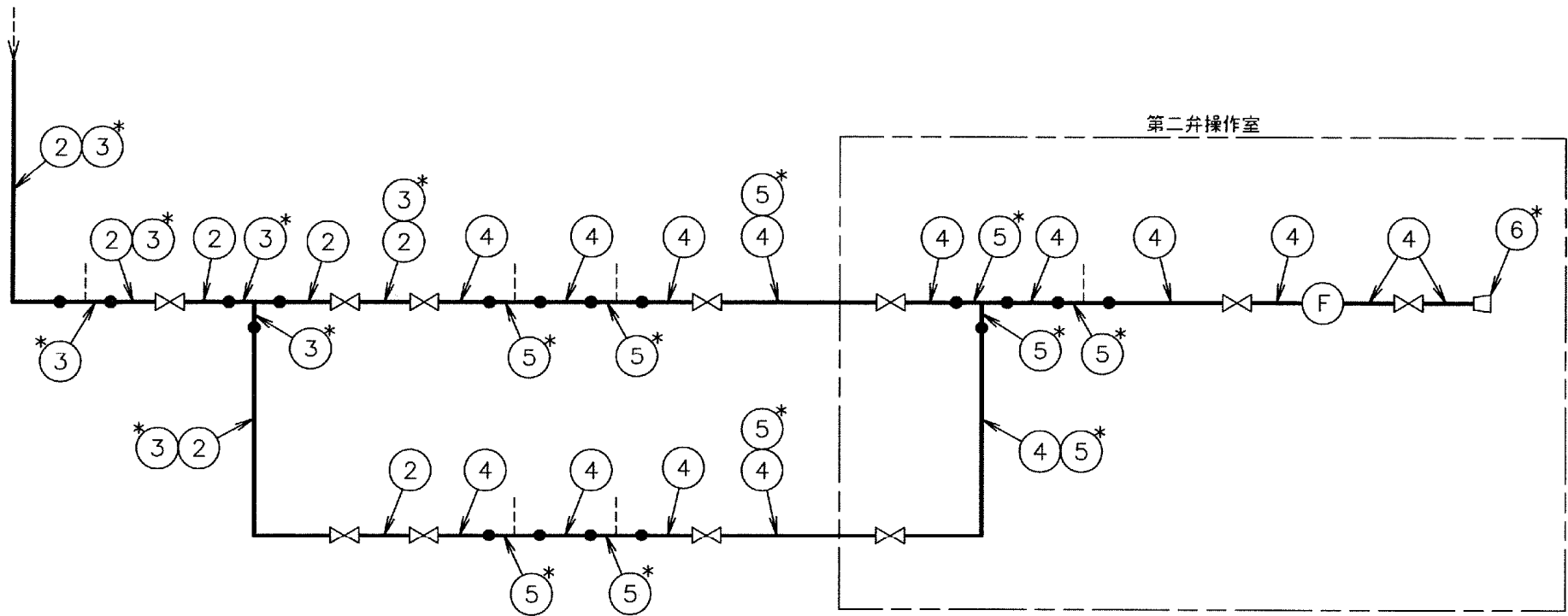
1. 概略系統図	1
1.1 第二弁操作室主配管	1
2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）	3
2.1 第二弁操作室主配管	3
3. ねじ継手の強度計算結果	4

1. 概略系統図

1.1 第二弁操作室主配管



注記* : 管継手
 第二弁操作室主配管概略系統図



注記*：管継手

第二井操作室主配管概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

2.1 第二弁操作室主配管

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	14.70	40	27.20	3.90	SUS304	S	2	129	1.00	0.50mm	3.40	1.49	A	1.49
2	14.70	40	27.20	3.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	0.50mm	3.40	1.49	A	1.49
3	14.70	40	39.00	5.65	SUS304	S	2	129	1.00	0.75mm	4.90	2.13	A	2.13
4	1.80	40	27.20	2.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	0.50mm	2.40	0.19	A	0.19
5	1.80	40	39.00	5.65	SUS304	S	2	129	1.00	1.35mm	4.30	0.27	A	0.27
6	1.80	40	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	12.5 %	3.41	0.42	A	0.42

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. ねじ継手の強度計算結果

管NO.1

3.1 ねじ部のせん断応力評価

(1) 設計条件及び緒元

最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	おねじ材料の 許容せん断応力 τ_B (MPa)	ねじの基準長さ L (mm)	ねじ角度 α (°)	ピッチ P (mm)	負荷能力がある とみなされる、 ねじ山の数 z
14.70 (注)	40 (注)		74				

(注) 重大事故等時における使用時の値

4

おねじの有効径 d_p (mm)	めねじの内径 D_c (mm)	おねじのねじ山の 許容軸方向荷重 W_B (N)	ねじ締付トルクによる引抜荷重 F_t (N)	内圧評価断面積 A (mm ²)
20.84	19.68	28790	18670	115.0

(2) おねじの耐圧力

最高使用 圧 力 (MPa)	おねじの耐圧力 F_B (MPa)
14.70 (注)	

(注) 重大事故等時における使用時の値

評 価	重大事故等時における使用時の圧力がせん断評価より求まるおねじの耐圧力以下であるので、ねじ部のせん断に対する強度は十分である。
-----	--

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-864 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-2-4 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの耐震性について
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 計算精度と数値の丸め方	3
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	9
4.1 基本方針	9
4.2 設計用地震力	9
4.3 ポンプの動的機能維持評価	10
4.4 ポンプ逃し弁の動的機能維持評価	19
4.5 原動機の動的機能維持評価	19
5. 評価結果	20
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
5.2 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、「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、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、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以外の常設重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

なお、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「指針」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据付ける。</p>	<p>スクリュー式</p>	

2.2 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2-1に示すとおりである。

表2-1 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補完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. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2 許容応力

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの許容応力を表3-3に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの使用材料の許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	非常用ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	非常用ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ	常設／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとし てⅣ _A Sの許 容限界を用い る。)

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

*²：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3.1 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一 次 応 力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-3.2 許容応力 (ポンプ)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (主軸等)	
	一次一般応力	一次膜応力+一次曲げ応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 上記値と1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値
Ⅳ _A S	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—

表 3-5 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
ポンプ主軸	S45C	最高使用温度	55	336	550	—

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、指針にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

- (1) 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは地震後においてもその機能が維持されるよう、動的機能維持の評価を行う。なお、本ポンプは「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、機能維持評価は、指針にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また、原動機については横形ころがり軸受機であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
- (2) 本ポンプは横置き of 機器であることから、指針に従い構造的に一つの剛体として取扱う。
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））
J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表 Part5 の表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数点以下第1位を切捨て、整数位までの値とする。

4.2 設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力を用いる。

4.3 ポンプの動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプは、容量等が指針に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく、回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって、基本的な構成要素は指針に記載されている横形ポンプと同等であることから、指針に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い、以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

②軸系としての評価

地震時の主軸発生応力の評価を行う。

③摺動部(軸系)

主軸とケーシング間の摺動部(主ねじ部)の評価として地震時の隙間評価を行う。

④軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.3.2 評価基準値

(1) スクリュー式ポンプ

① 軸系としての評価(主軸発生応力)

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態Ⅲ_ASに準拠し設定する。

② 摺動部(軸系)

主軸の地震時の変形量が

摺動部(主ねじ部)については主ねじとスリーブ間の隙間より小さいこと

③ 軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が、軸受の許容面圧以下であること。

4.3.3 記号の説明

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Ri}	ラジアル荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
A_{Ti}	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
C_H	水平方向震度	—
C_V	鉛直方向震度	—
d_j	軸の評価箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
I_j	軸の評価箇所の断面二次モーメント	mm^4
ℓ	軸長さ	mm
ℓ_1	支点間距離	mm
ℓ_2	支点Aから軸端までの距離	mm
M	軸に作用する最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{cj}	軸質量	kg
M_{Cj}	W_C により発生する軸の最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{Sj}	w により発生する軸の最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_P	ポンプ回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_c	カップリング質量	kg
m_s	軸質量	kg
N	回転速度 (原動機の同期回転速度)	min^{-1}
P	原動機出力	kW
P_R	ラジアル荷重による軸受の最大面圧	MPa
P_{Ri}	ラジアル荷重による軸受の面圧	MPa
P_T	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_C	地震力を考慮した軸端部荷重	N
$W_{Ri(j)}$	軸受にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_T	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
W_2	軸受にかかる通常運転時スラスト荷重	N
x_1	支点Bから軸評価点までの距離	mm
Δ_{cjk}	W_C により発生する軸のたわみ量	mm
δ_{sjk}	w により発生する軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ_j	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
π	円周率	—
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

添字 i の意味は $i=A$: 支点A 、 $i=B$: 支点B
添字 j の意味は $j=1$: 支点間 、 $j=2$: 張出部
添字 k の意味は $k=s$: w による評価 、 $k=c$: W_c による評価

4.3.4 評価方法

(1) 軸

軸の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が、その許容応力値を下回ることを確認する。

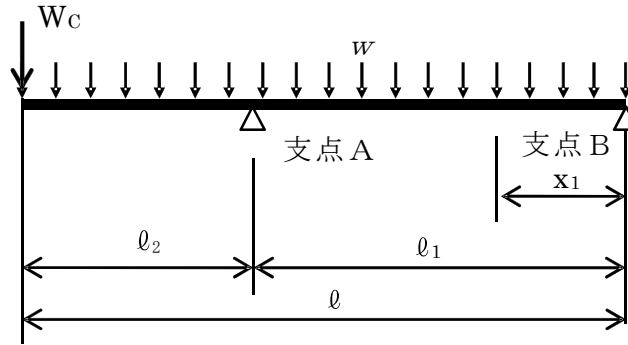


図 4-1 軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は次式で求める。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d_1^3} \right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

ここで、ねじりモーメント T は

$$T = M_P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント M_P は

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

(1 kW = 10⁶ N・mm/s)

軸に作用する最大曲げモーメント M

$$M = \max (M_{S1} + M_{C1} , M_{S2} + M_{C2}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

ここで、主軸質量に地震力を考慮した等分布荷重 w は

$$w = \frac{m_s \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}}{l} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

等分布荷重 w が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \} \text{ で生じる。}$$

$$M_{S1} = \frac{w}{8 \ell_1^2} (\ell_1 + \ell_2)^2 (\ell_1 - \ell_2)^2 \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

支点 A からの張出部での最大モーメント M_{S2} は、支点 A $x_2 = 0$ で生じる

$$M_{S2} = \frac{w \ell_2^2}{2} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$$x_1 = \frac{\ell_1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2} \right) \right\} \text{ で生じる。}$$

$$M_{C1} = \frac{W_c \ell_2}{\ell_1} \cdot \frac{\ell_1}{2} \cdot \left(1 - \frac{\ell_2^2}{\ell_1^2} \right) \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

張出部にカップリングの質量 m_c が作用した場合の支点 A からの張出部での最大モーメント M_{C2} は 支点 A ($x_2 = 0$) で

$$M_{C2} = W_c \cdot \ell_2 \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

ここで 張出し部に作用する軸端荷重 W_c は、

$$W_c = m_c \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

支点 A と支点 B 間の最大モーメントは、主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{S1} + M_{C1}$) となる。

支点 A からの張出部での最大モーメントも同様にして主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{S2} + M_{C2}$) となる。

(2) 軸受

軸受の評価は、地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による荷重が軸受の許容荷重（許容面圧）以下であることを確認する。

a. ラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_R = \max(P_{RA}, P_{RB}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

支点Aの軸受の面圧 P_{RA} は、

$$P_{RA} = \frac{W_{RA}}{A_{RA}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

支点Bの軸受の面圧 P_{RB} は、

$$P_{RB} = \frac{W_{RB}}{A_{RB}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WRは

$$\left. \begin{aligned} W_{RA} &= W_{RA1} + W_{RA2} \\ W_{RB} &= W_{RB1} + W_{RB2} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Aに働く反力 W_{RA1} は、

$$W_{RA1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2)^2 \quad \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Bに働く反力 W_{RB1} は

$$W_{RB1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1^2 - \ell_2^2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

張出部に軸端荷重 W_c が作用した場合の支点Aに働く反力 W_{RA2} は、

$$W_{RA2} = \frac{W_c}{\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 B に働く反力

W_{RB2} は、

$$W_{RB2} = \frac{W_c \cdot \ell_2}{\ell_1} \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

b. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_T = \frac{W_T}{A_{TA}} \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

ここで、軸受にかかる地震時のスラスト荷重 W_t は

$$W_T = (m_s + m_c) \cdot g \cdot C_H + W_2 \dots \dots \dots (4.3.4.20)$$

(3) 摺動部（主ねじ部）

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

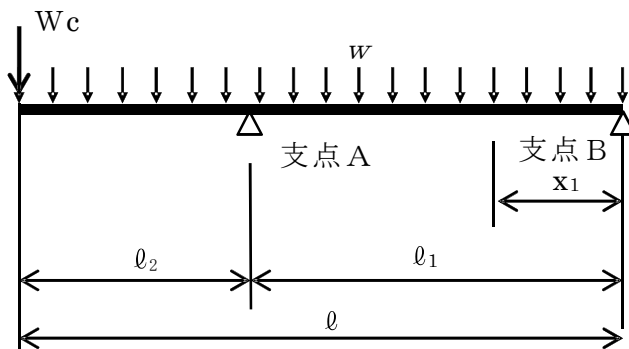


図 4-2 摺動部（主ねじ部）の評価モデル

摺動部（主ねじ部）支点 A と支点 B 間における w による軸のたわみ量 δ_{s1s} は次式で求める。

w による最大たわみは $x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で生ずる。

$$\delta_{s1s} = \frac{w \cdot x_1}{24EI\ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots \dots (4.3.4.21)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による

$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で軸のたわみ量 δ_{c1s}

は次式で求める

$$\delta_{c1s} = \frac{W_c \cdot \ell_2 \cdot x_1}{6 EI \ell_1} (\ell_1^2 - x_1^2) \quad \dots (4.3.4.22)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における w による W_c による最大たわみでの

軸のたわみ量 δ_{s1c} は次式で求める。

W_c による最大たわみ点 $x_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{3}}$ である。

$$\delta_{s1c} = \frac{w \cdot x_1}{24 EI \ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots (4.3.4.23)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による軸のたわみ量 δ_{c1c}

は次式で求める

$$\delta_{c1c} = \frac{W_c \ell_2 \ell_1^2}{9\sqrt{3} EI} \quad \dots (4.3.4.24)$$

$$\delta_1 = \max(\delta_{s1s} + \delta_{c1s}, \delta_{s1c} + \delta_{c1c}) \quad \dots (4.3.4.25)$$

4.4 ポンプ 逃し弁の動的機能維持評価

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用に逃し弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

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

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.5 原動機の動的機能維持評価

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用原動機は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ディーゼル発電機燃料 移送ポンプ*5	S	燃料移送ポンプ室*6 EL. +2.0m*1	—*2	—*2	C _H =0.41*3	C _V =0.36*3	C _H =0.81*4	C _V =0.71*4		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度と同等以上の設計震度

*4: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

*5: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ, 2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ

*6: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 B, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 E, 2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 F

1.1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)		ℓ _{2i} (mm)		n _i	n _{fi}	
			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 (i=1)	323	230	78	200	422	200	4	2	2
ポンプ取付ボルト (i=2)	184	160	95	95	105	105	4	2	2
原動機取付ボルト (i=3)	39	100	80	80	80	80	4	2	2

部 材	A _{bi} (mm ²)	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _P (N・mm)	
				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 (i=1)	201.1 (M16)	205*2	504*2	205	246	軸方向	軸直角方向	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	201.1 (M16)	710*1	827*1	578	578	軸方向		—	—
原動機取付ボルト (i=3)	78.54 (M10)	710*1	827*1	578	578	軸直角方向			

注記 *1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min ⁻¹)	原動機出力 (kW)
	N=1.500×10 ³	P=1.2

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 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)	208.9	627.2	1.520×10 ³	2.787×10 ³
ポンプ取付ボルト (i=2)	102.2	540.9	866.1	1.588×10 ³
原動機取付ボルト (i=3)	26.74	108.0	183.6	336.6

1.1.4 結論

1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b1} = 2$	$f_{ts1} = 153^*$	$\sigma_{b1} = 4$	$f_{ts1} = 184^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb1} = 118$	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 142$
ポンプ取付ボルト	SNB7	引張り	$\sigma_{b2} = 1$	$f_{ts2} = 433^*$	$\sigma_{b2} = 3$	$f_{ts2} = 433^*$
		せん断	$\tau_{b2} = 2$	$f_{sb2} = 333$	$\tau_{b2} = 2$	$f_{sb2} = 333$
原動機取付ボルト	SNB7	引張り	$\sigma_{b3} = 1$	$f_{ts3} = 433^*$	$\sigma_{b3} = 2$	$f_{ts3} = 433^*$
		せん断	$\tau_{b3} = 1$	$f_{sb3} = 333$	$\tau_{b3} = 2$	$f_{sb3} = 333$

すべて許容応力以下である。

注記 * : (4.4.1.2) 式により算出

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ディーゼル発電機 燃料移送ポンプ*4	スクリー式	2.0	燃料移送ポンプ室*5 EL. +2.0m*1	—*2	—*2	C _H =0.81*3	C _V =0.71*3		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 基準地震動 S s の震度と同等以上の設計震度

*4: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、 2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ

*5: 2C 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 B, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 E,

2D 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ: 燃料移送ポンプ室 F

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ディーゼル発電機 燃料移送ポンプ電動機*4	横形ころがり 軸受電動機	1.2	燃料移送ポンプ室*5 EL. +2.0m*1	—*2	—*2	C _H =0.81*3	C _V =0.71*3		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 基準地震動 S s の震度と同等以上の設計震度

23

1.2.2 機器要目

m _s (kg)	m _c (kg)	ℓ (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)

A _{ra} (mm ²)	A _{rb} (mm ²)	A _{tb} (mm ²)	E (MPa)	I (mm ⁴)	N (min ⁻¹)	W ₂ (N)

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較 (単位: ×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.81	—
	鉛直方向	0.71	—
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁、原動機は、評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

ポンプは、本文 4.3.1 項に基づき、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 軸の応力評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸	$\tau_{max} = 8$	495

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸受の評価 (単位：MPa)

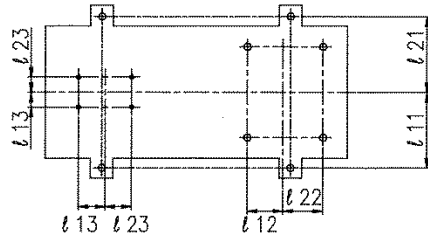
評価部位	荷重	発生面圧	許容面圧
軸受	ラジアル(原動機側)	$P_{RA} = 0.0790$	
	ラジアル(負荷側)	$P_{RB} = 0.1356$	
	スラスト	$P_T = 0.1588$	

すべて許容面圧以下である。

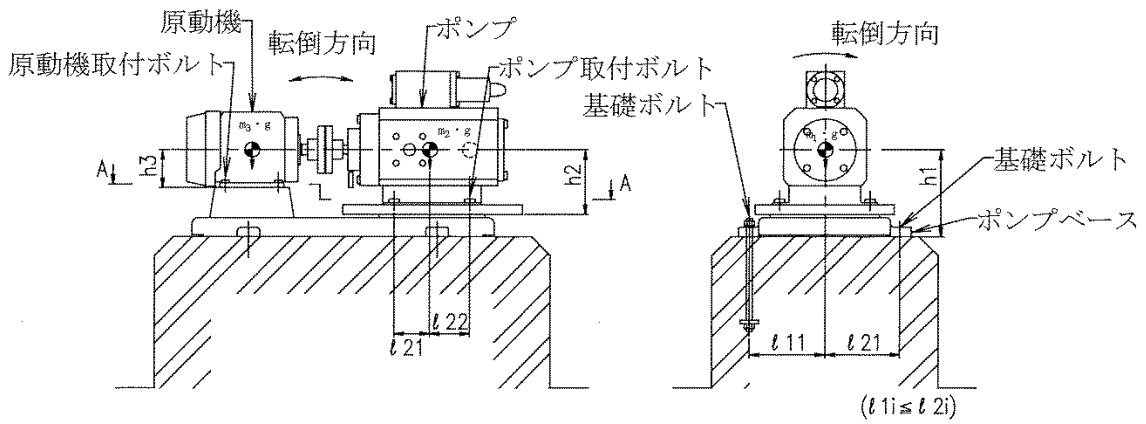
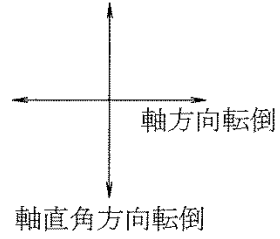
1.2.3.2.2.3 摺動部(主ねじ)の評価 (単位：mm)

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙以下である。



A-A矢視図



【弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合】

【基準地震動Ssの場合】

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-865 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-3-4 緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
3. 固有値解析	3
3.1 基本方針	3
3.2 記号説明	3
3.3 固有値解析	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
5. 評価結果	7
5.1 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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、緊急時対策所非常用フィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所非常用フィルタ装置は、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固有値解析及び構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所非常用フィルタ装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	支持構造	主体構造	
緊急時対策所 非常用 フィルタ装置	建屋の床に基礎 ボルトにて据え 付ける。	形鋼骨組及び 鋼板外板によ る溶接構造	

2.2 評価方針

緊急時対策所非常用フィルタ装置の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す緊急時対策所非常用フィルタ装置の部位を踏まえ、「3. 固有値解析」で算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 評価結果」に示す。

緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

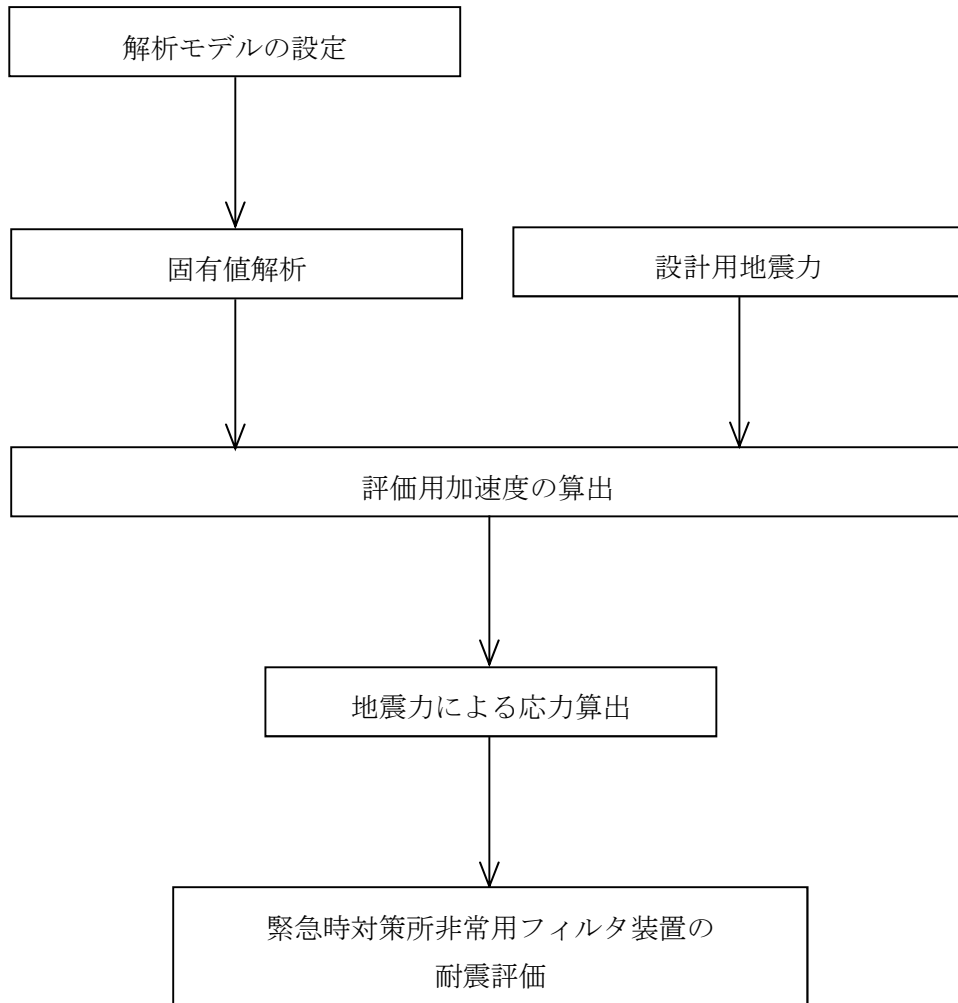


図 2-1 緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震評価フロー

3. 固有値解析

3.1 基本方針

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有値解析は、据付面に固定された1質点系モデルとする。固有値解析の計算モデルを図3-1に示す。

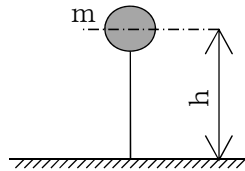


図 3-1 固有値解析の計算モデル

3.2 記号説明

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有値解析に用いる記号を表3-1に示す。

表 3-1 固有値解析に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_s	有効せん断断面積	mm^2
E	縦弾性係数	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
m	質量	kg
T	固有周期	s

3.3 固有値解析

3.3.1 固有周期計算方法

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有周期の計算式を示す。

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{A_s \cdot G} \right)} \dots\dots\dots (3.3.1.1)$$

3.3.2 固有周期

緊急時対策所非常用フィルタ装置の固有周期を表3-2に示す。

表 3-2 固有周期

(単位: s)

固有周期
0.019

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

構造強度評価は、「V-2-1-14-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所非常用フィルタ装置の荷重組合せ及び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

緊急時対策所非常用フィルタ装置の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所非常用フィルタ装置の使用材料の許容応力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	緊急時対策所 換気系	緊急時対策所 非常用フィルタ 装置*2	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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（支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等）		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限 界を用いる。)			

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）

部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i}	S _{u i}
基礎ボルト (i=1)		周囲環境温度		198	504
取付ボルト (i=2)		周囲環境温度		764	906

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所非常用フィルタ装置の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(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。

【緊急時対策所非常用フィルタ装置の耐震性についての計算結果】

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		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
緊急時対策所 非常用フィルタ装置	常設/緩和	緊急時対策所 EL. 37.0 *1	0.019	C _H =- *2	C _V =- *2	C _H =1.62 *3	C _V =1.41 *3		

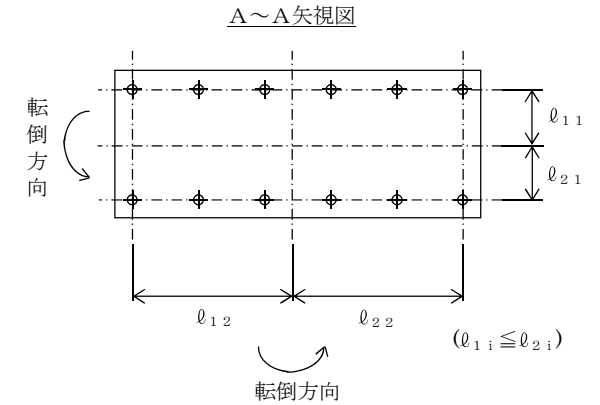
注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 弾性設計用地震動 S_d の震度以上の設計震度又は静的震度

*3: 基準地震動 S_s の震度以上の設計震度

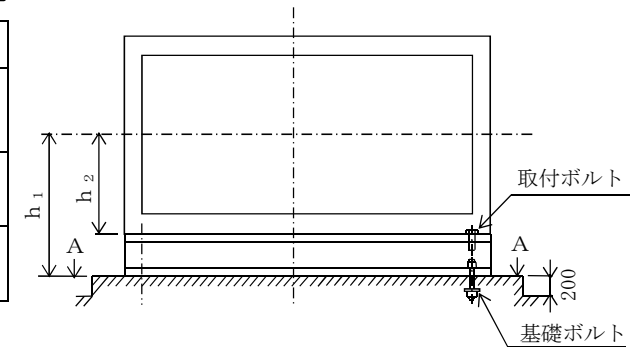
1. 2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{f i}	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						12	-	6
取付ボルト (i=2)						12	-	2



m (kg)	h (mm)	E (MPa)	A _s (mm ²)	G (MPa)	I (mm ⁴)

部 材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i * (MPa)		転倒方向		M _p (N・mm)	
			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 (i=1)	198*4	504*4	-	205	-	短辺	-	-
取付ボルト (i=2)	764*4	906*4	-	634	-	長辺	-	-



注記 *4: 周囲環境温度で算出

1. 3 計算数値

1. 3. 1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	1.467×10 ⁴	—	1.779×10 ⁵
取付ボルト (i=2)	—	1.234×10 ⁴	—	1.573×10 ⁵

1. 4 結論

1. 4. 1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-866 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-3-2 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	80
3.4 設計用地震力	81
4. 解析結果及び評価	82
4.1 固有周期及び設計震度	82
4.2 評価結果	117
4.2.1 管の応力評価結果	117
4.2.2 支持構造物評価結果	126
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	127

1. 概要

本計算書は、「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-2-1-14-6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管、支持構造物及び弁についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

(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。



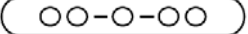

(3) 弁

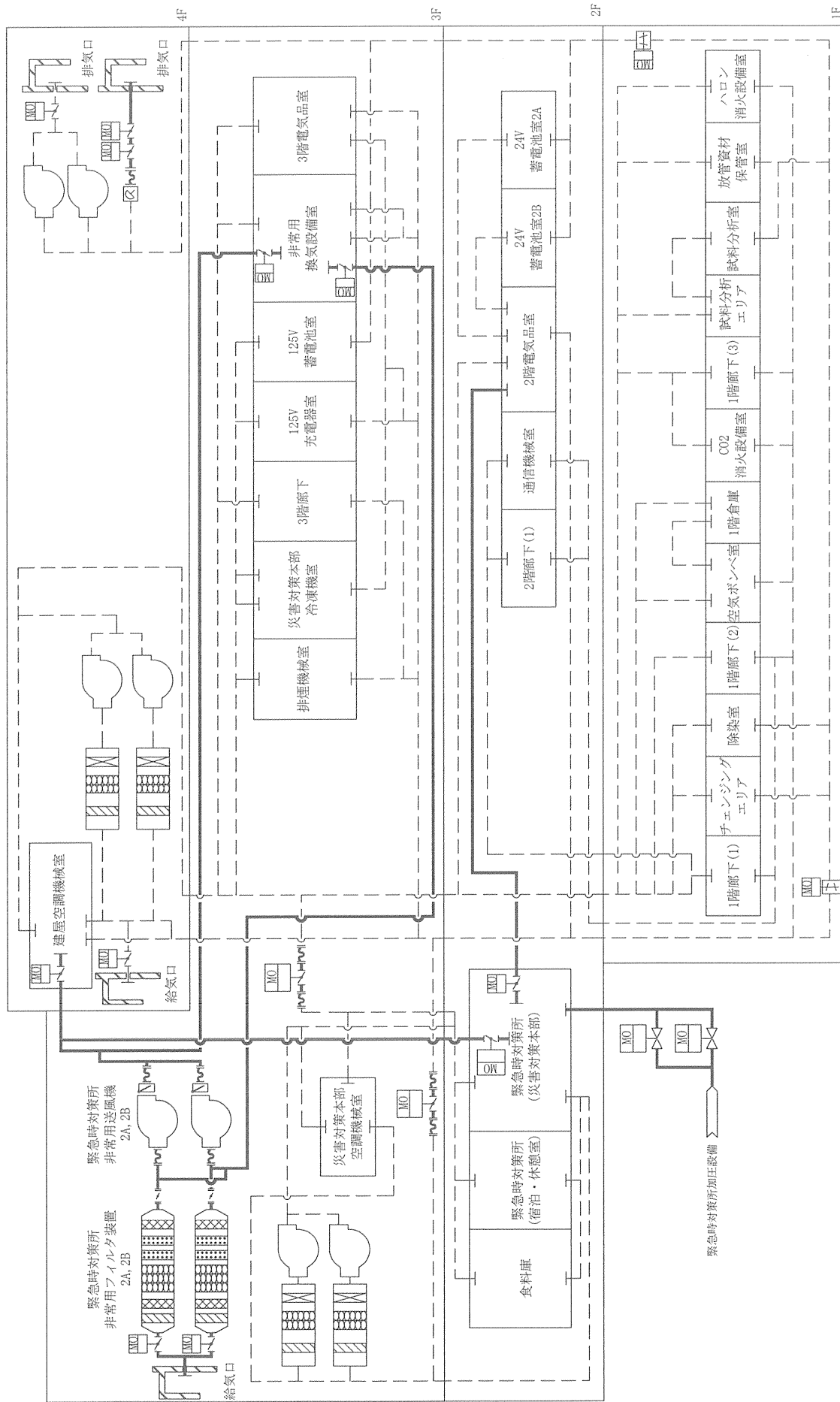
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

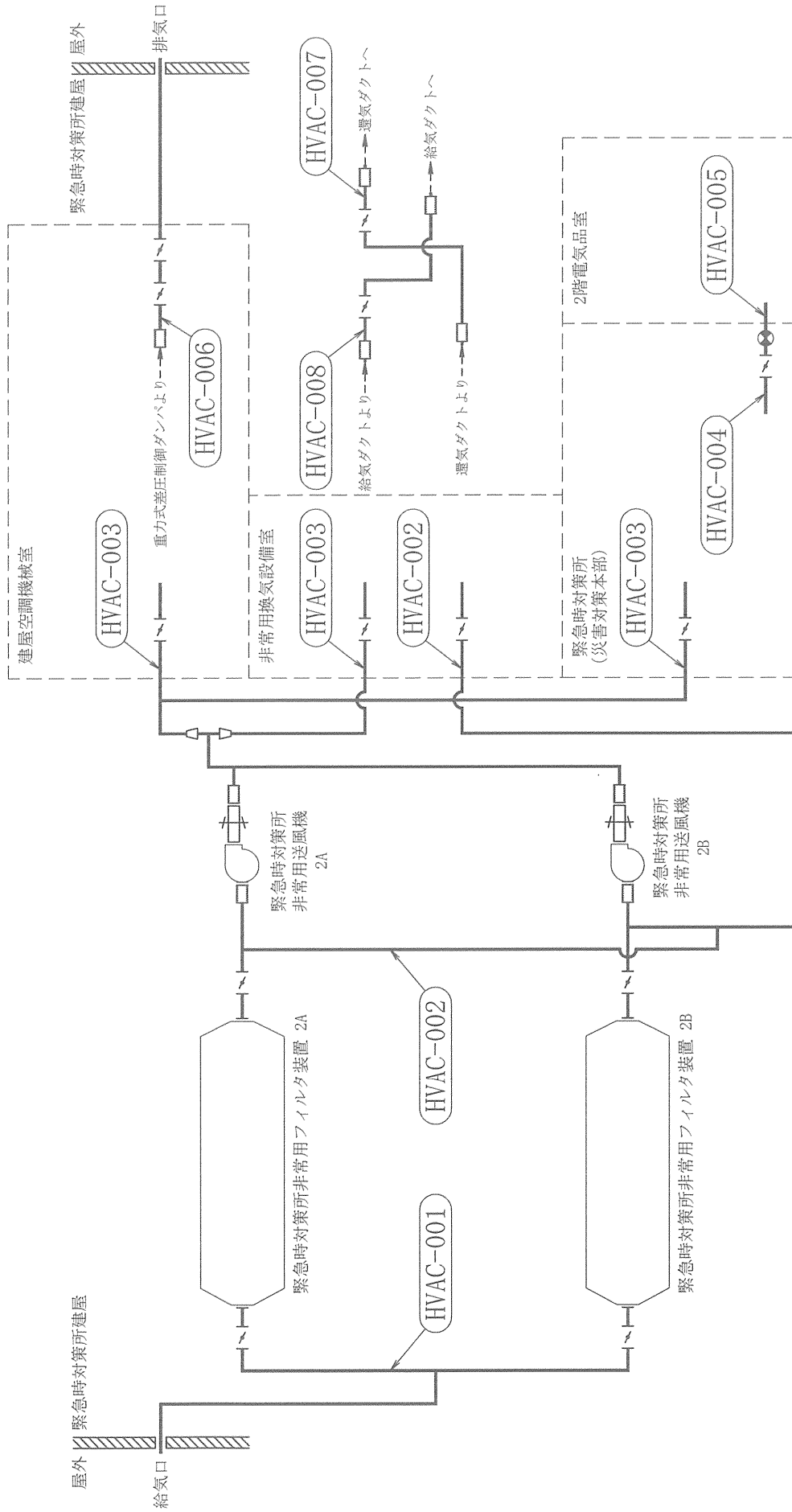
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

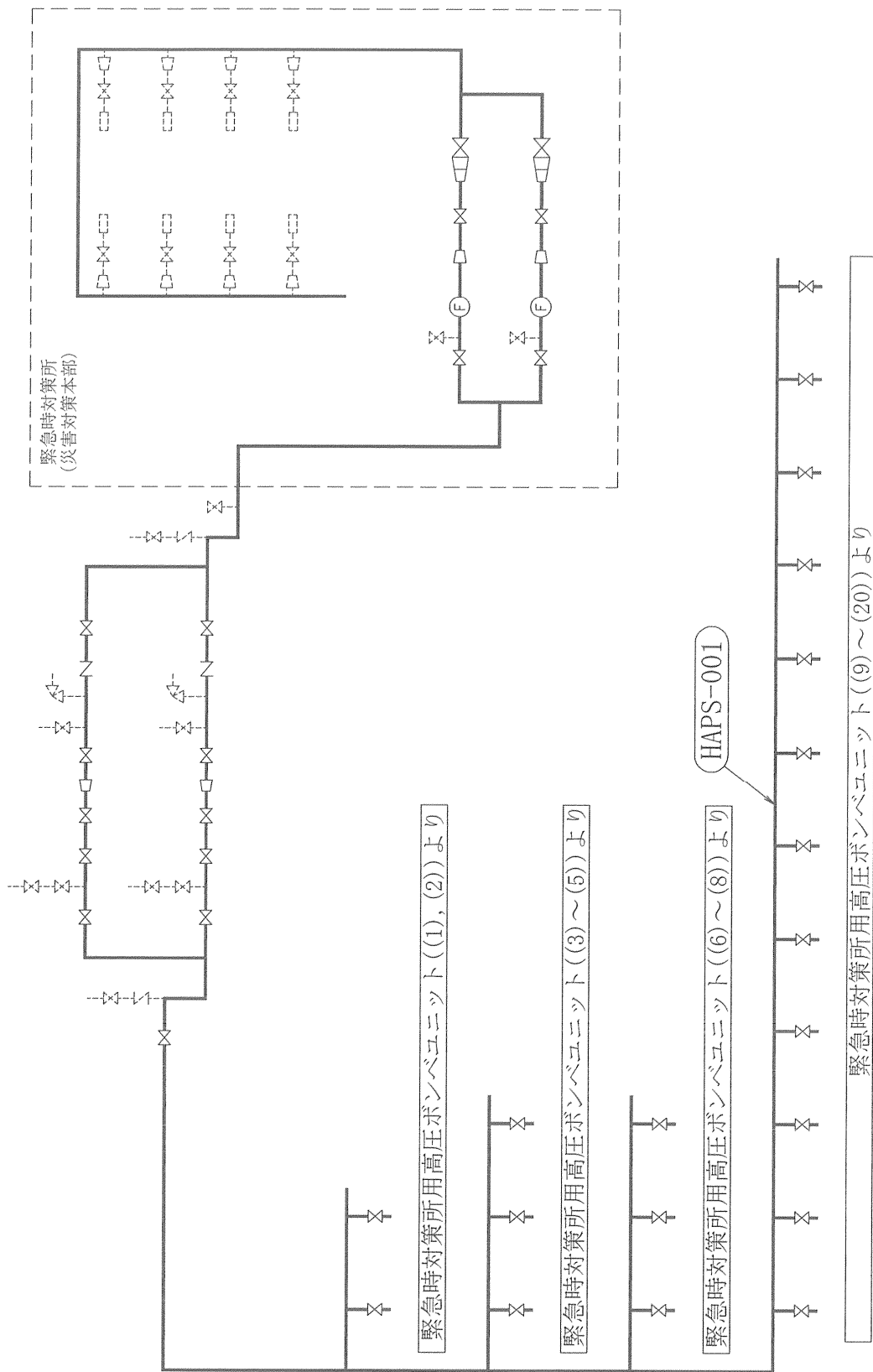
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（評価結果を記載する範囲）
	アンカ
[管クラス] SA2	重大事故等クラス 2 管



換気系概略系統図 (1/3)


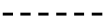


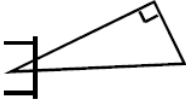
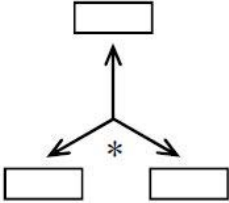


換気系概略系統図 (2/3)

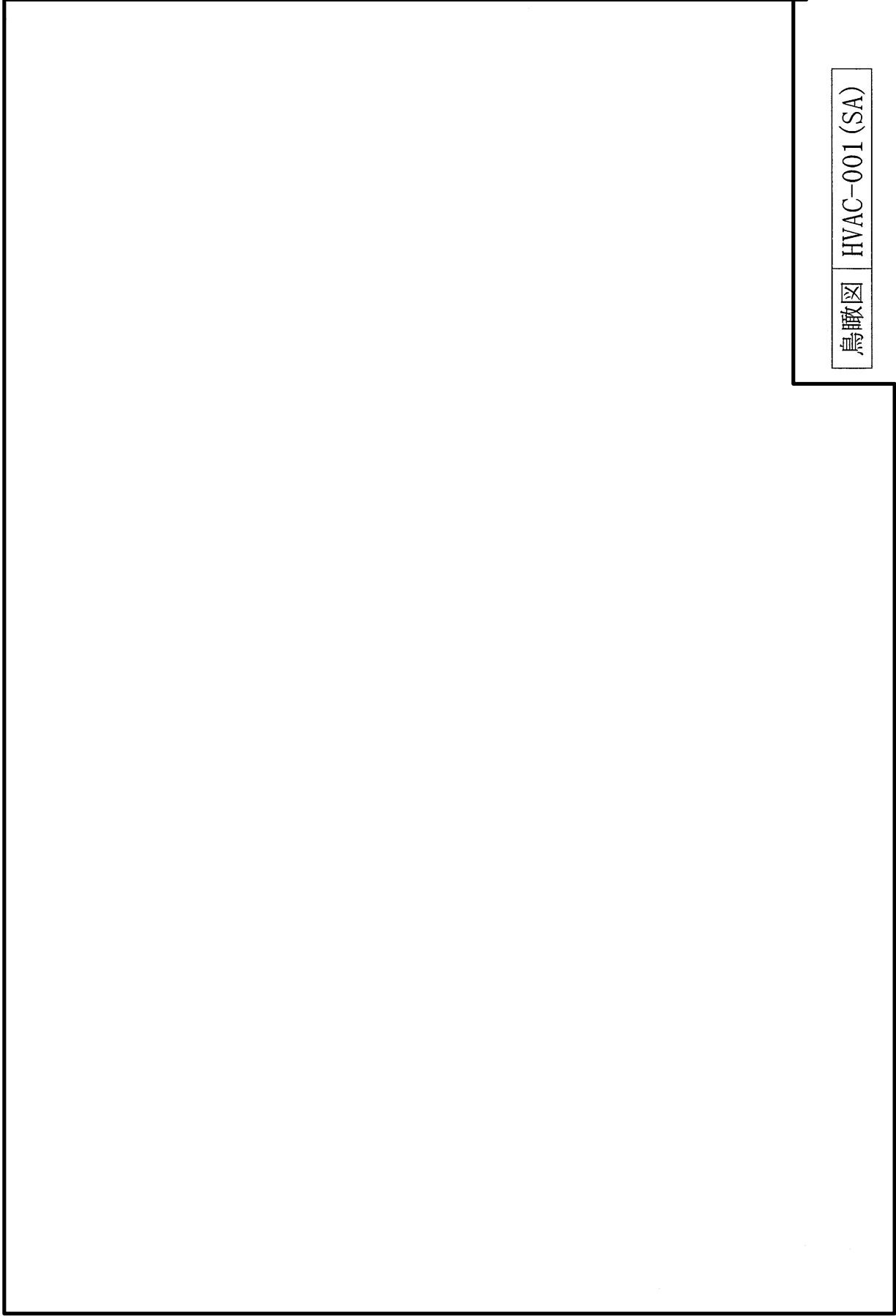


2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

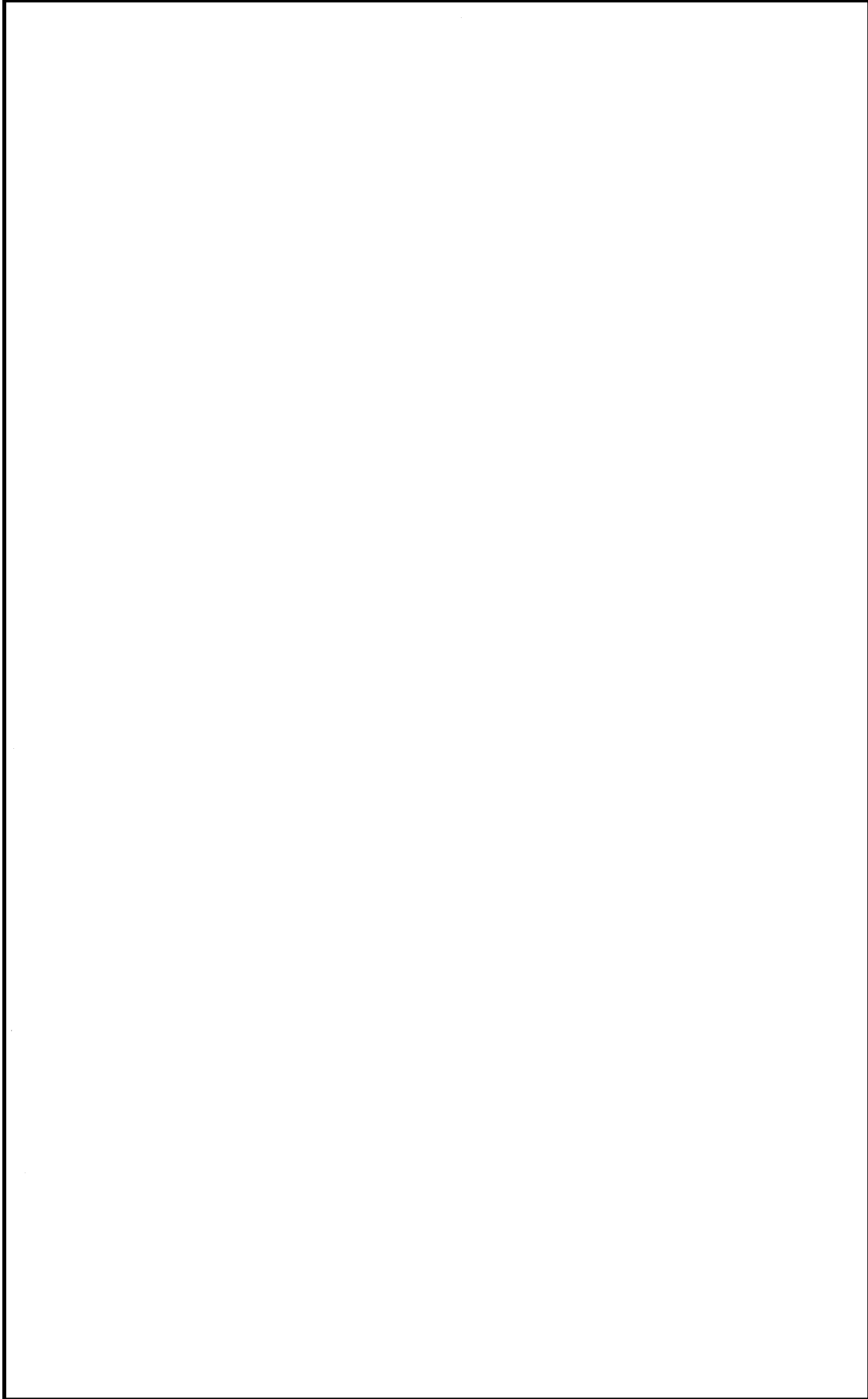
記号	内容
 (太線)	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」とする。)</p>
 (破線)	<p>工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)</p>
	<p>アンカ点等の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に 変位量を記載する。)</p> <p>注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図 HVAC-001 (SA)

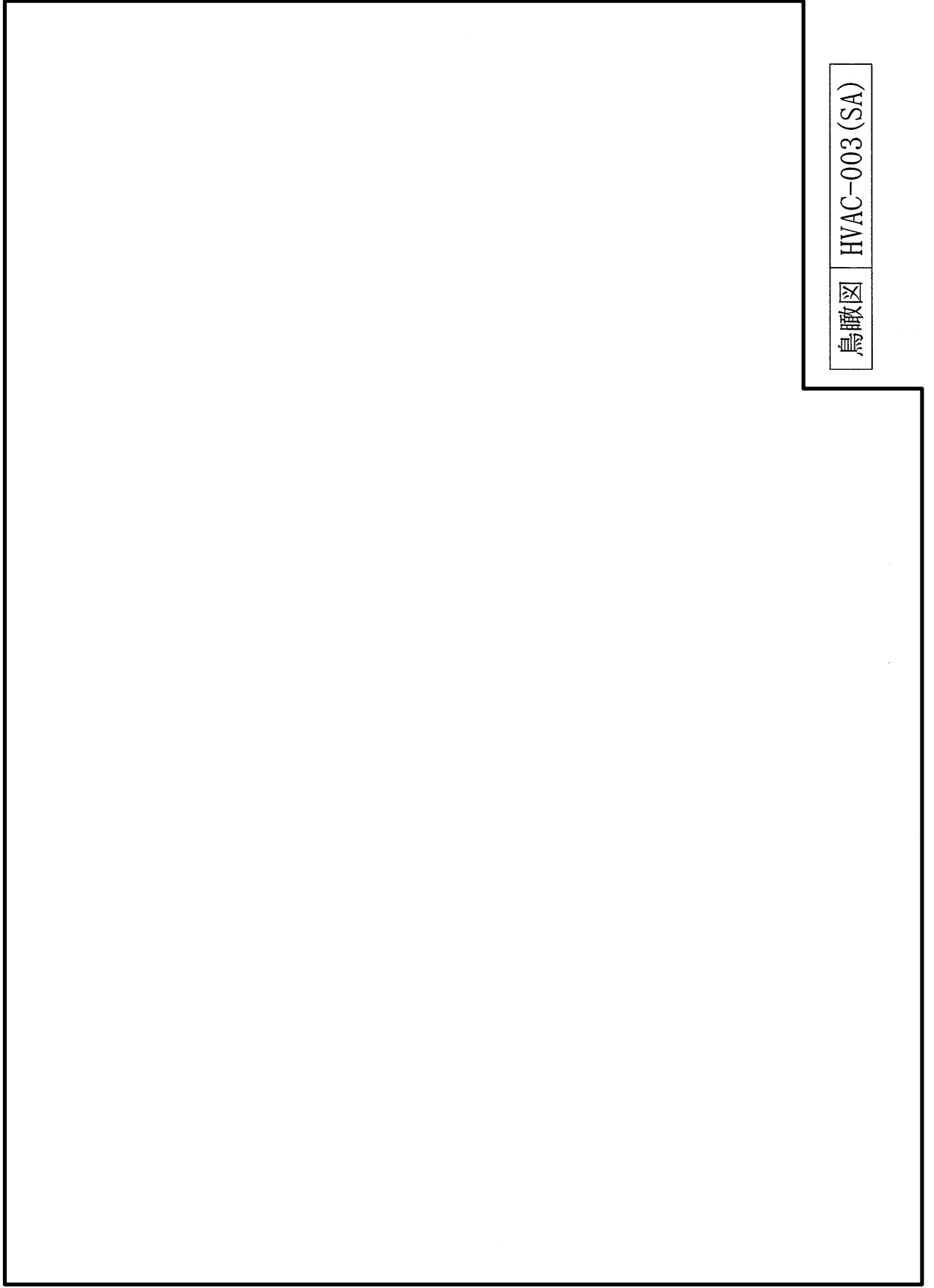
NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-002 (SA)

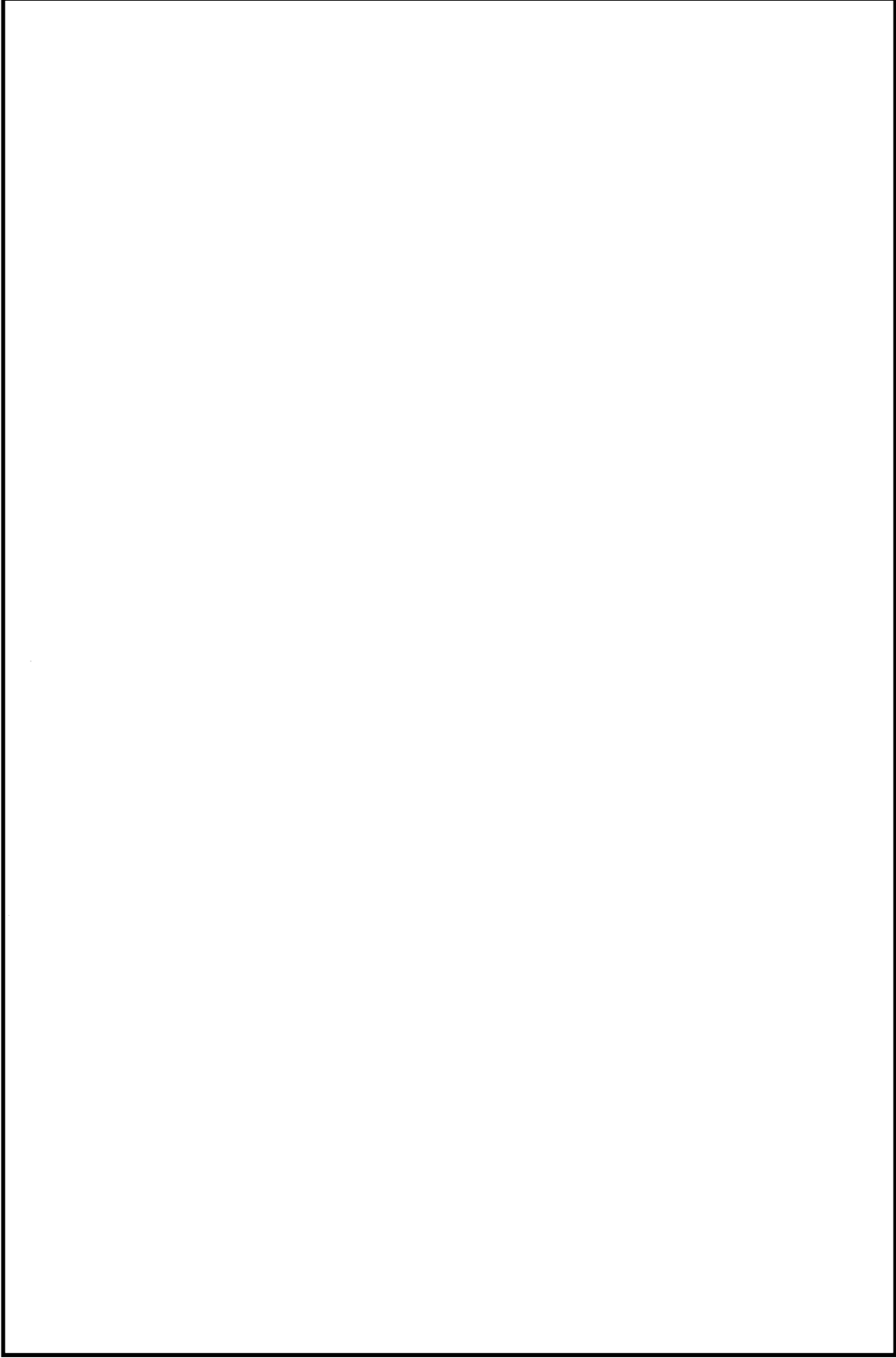
NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

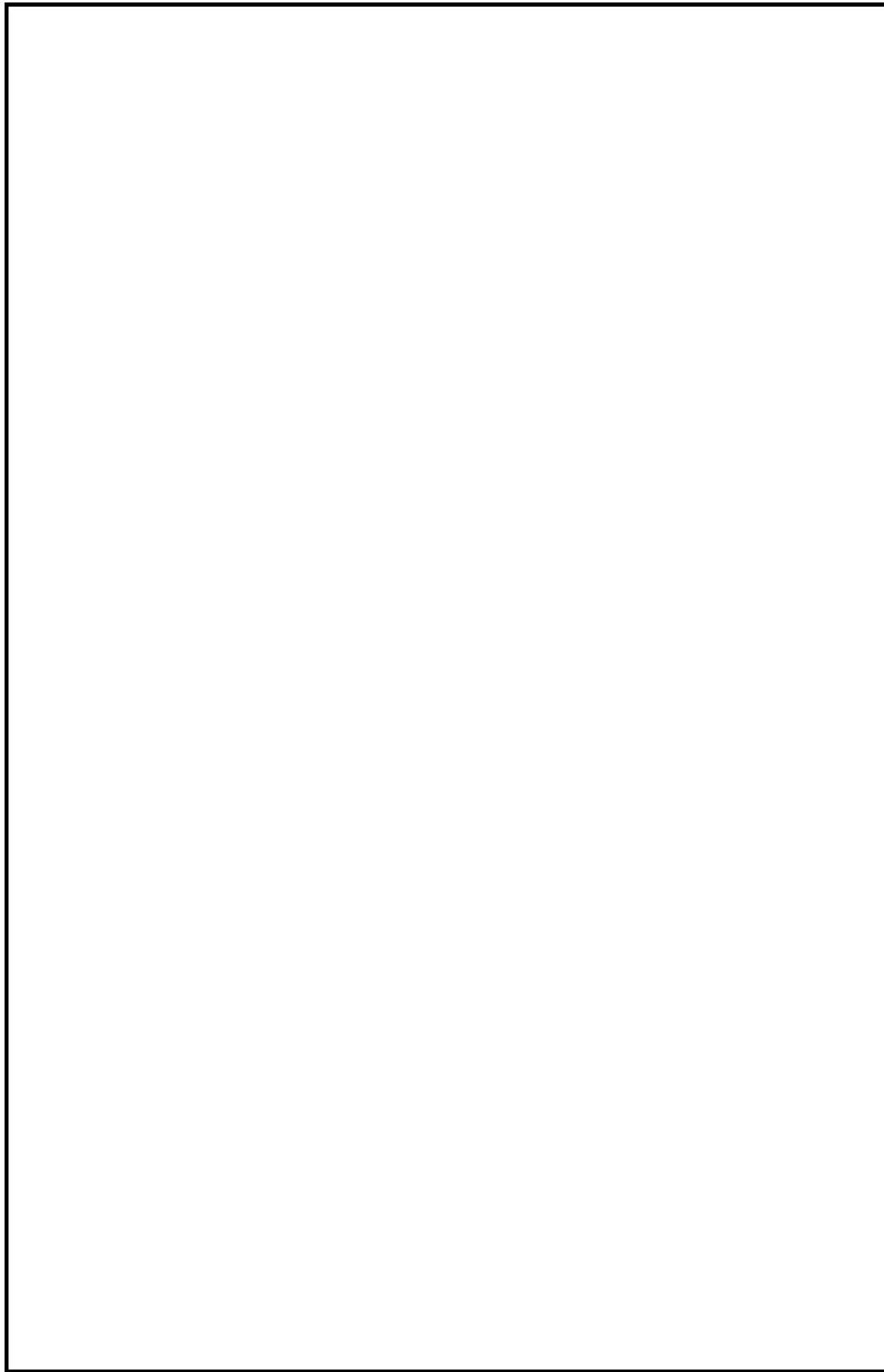
HVAC-003 (SA)

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



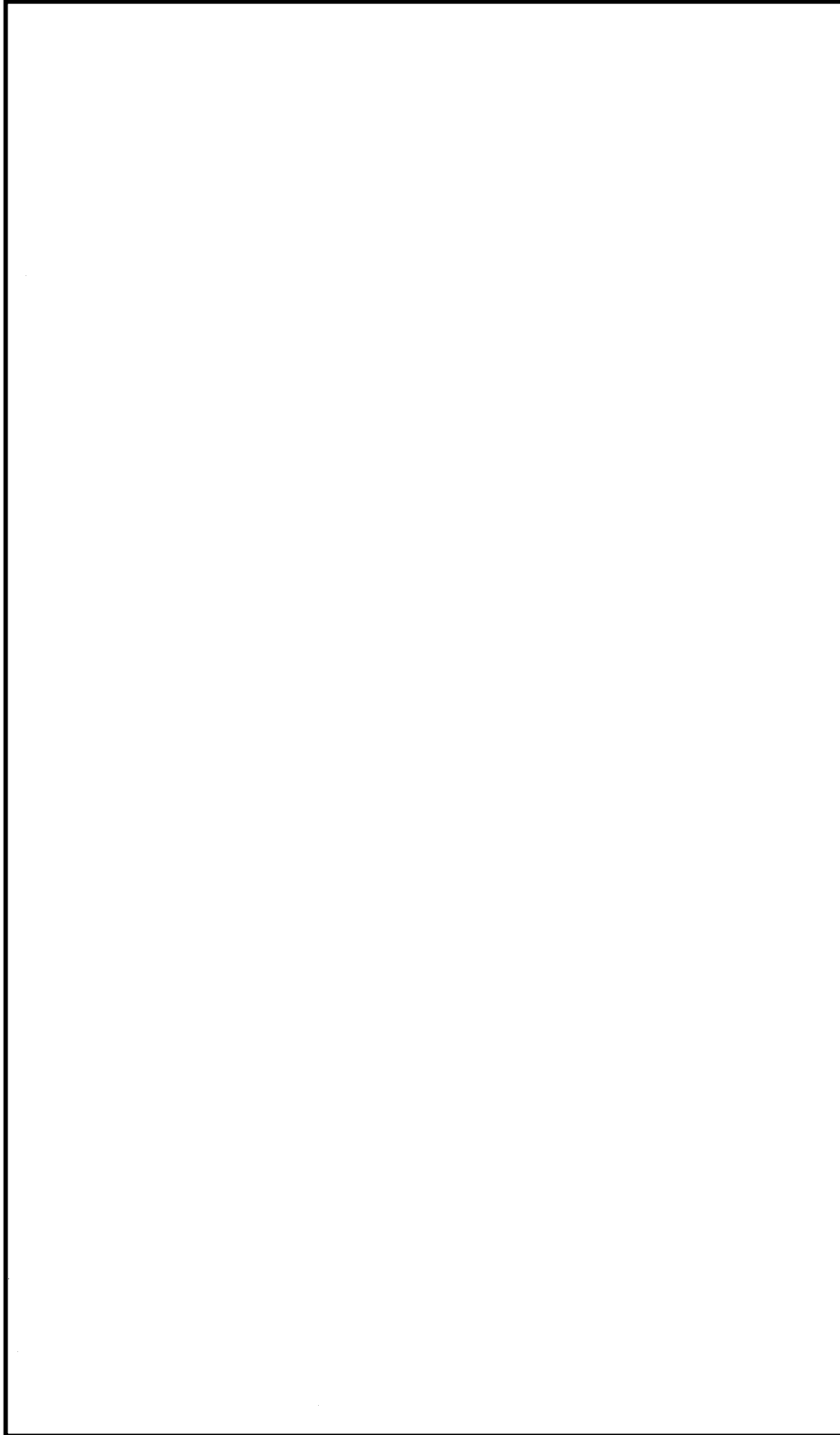
鳥瞰図 HVAC-004 (SA)

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図 HVAC-005 (SA)

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



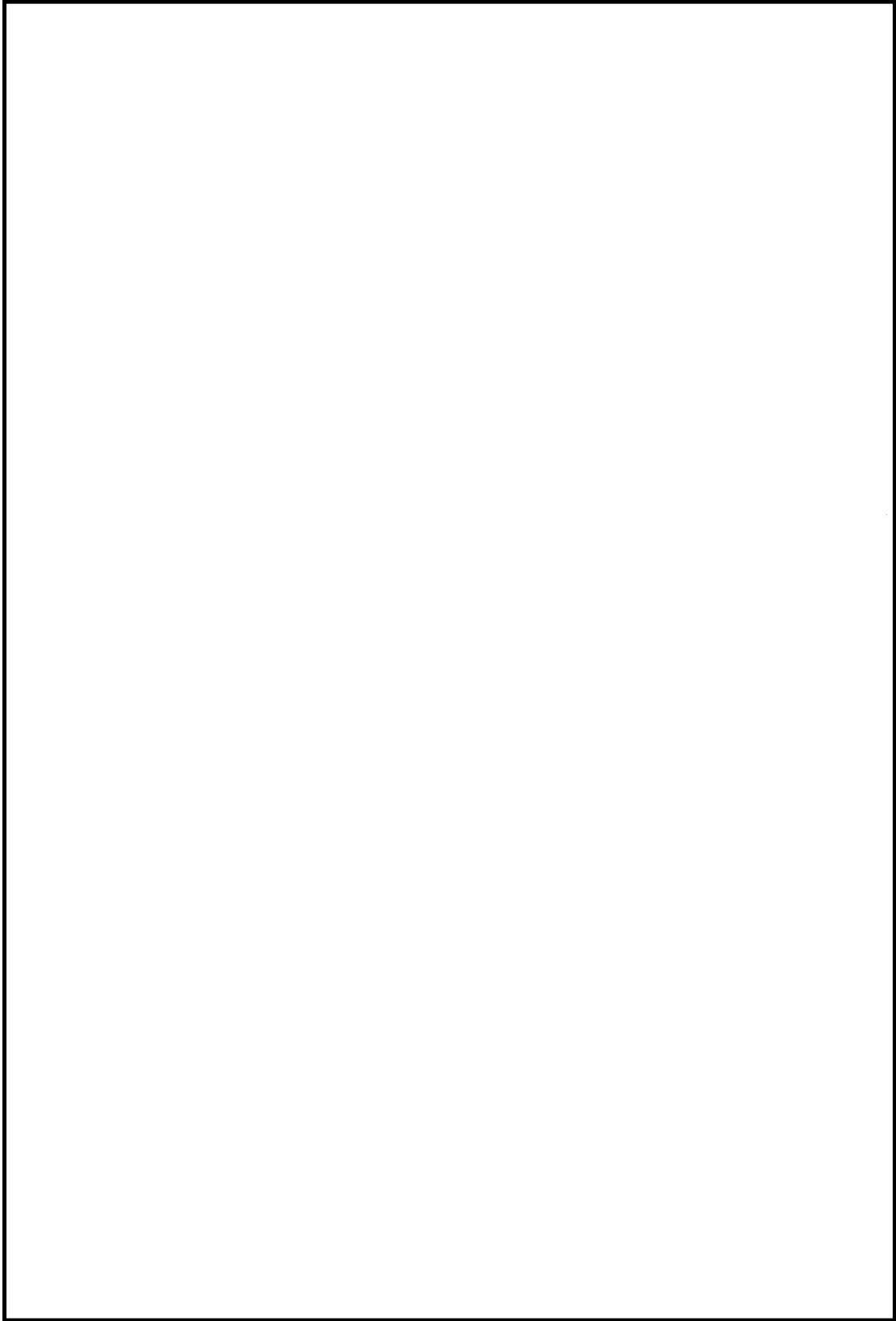
鳥瞰図 HVAC-006 (SA)

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

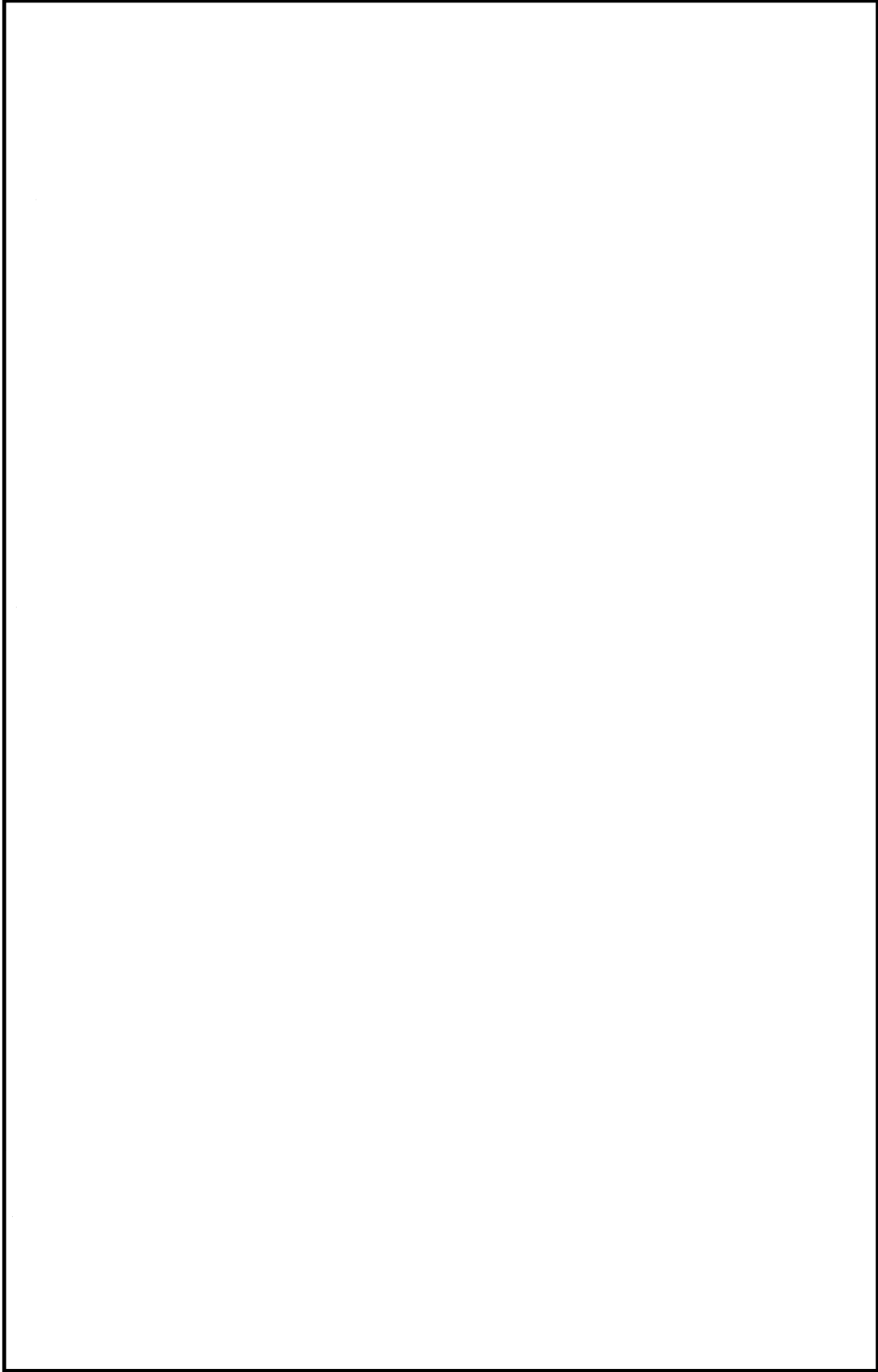


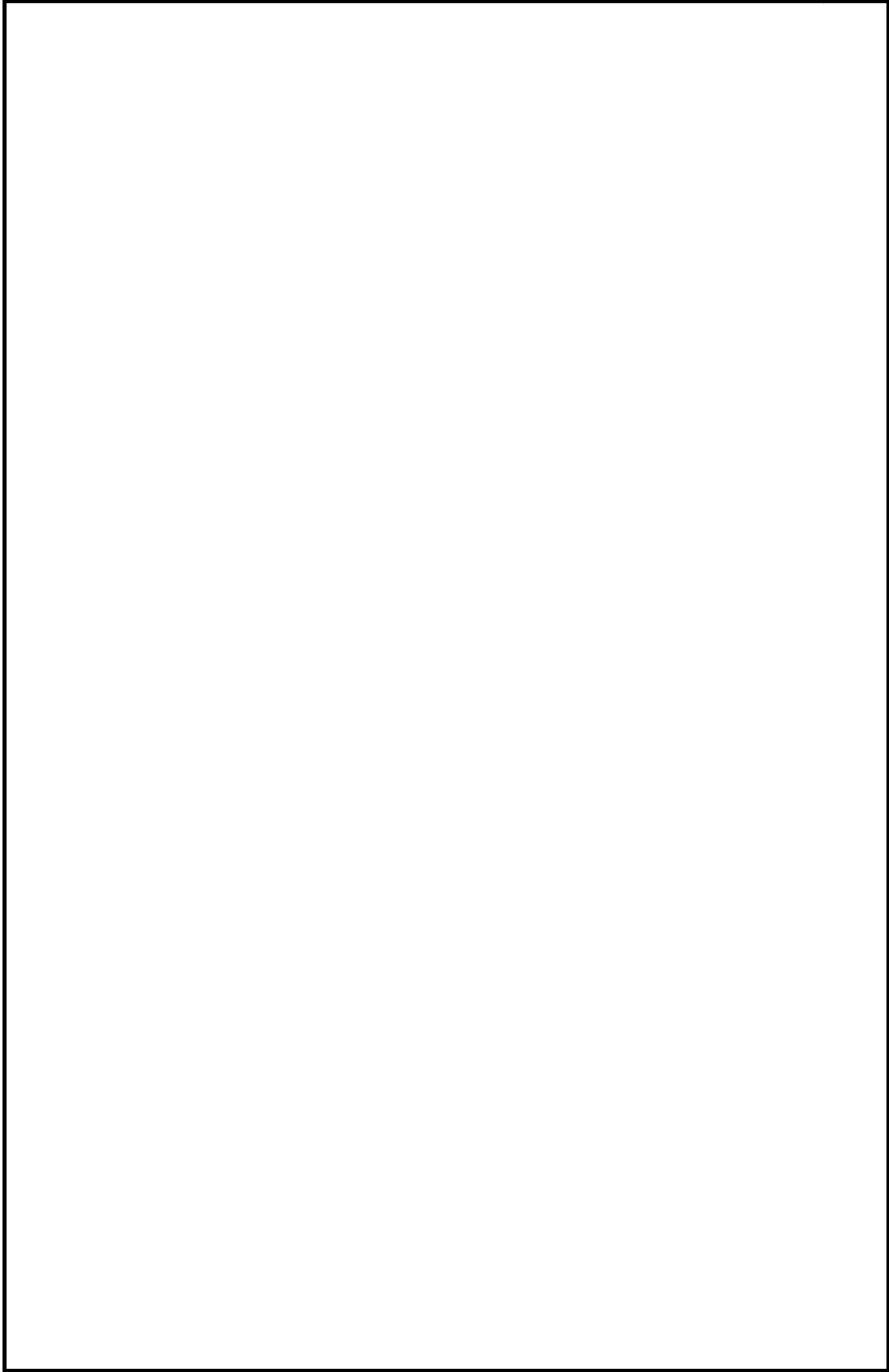
鳥瞰図 HVAC-007 (SA)

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

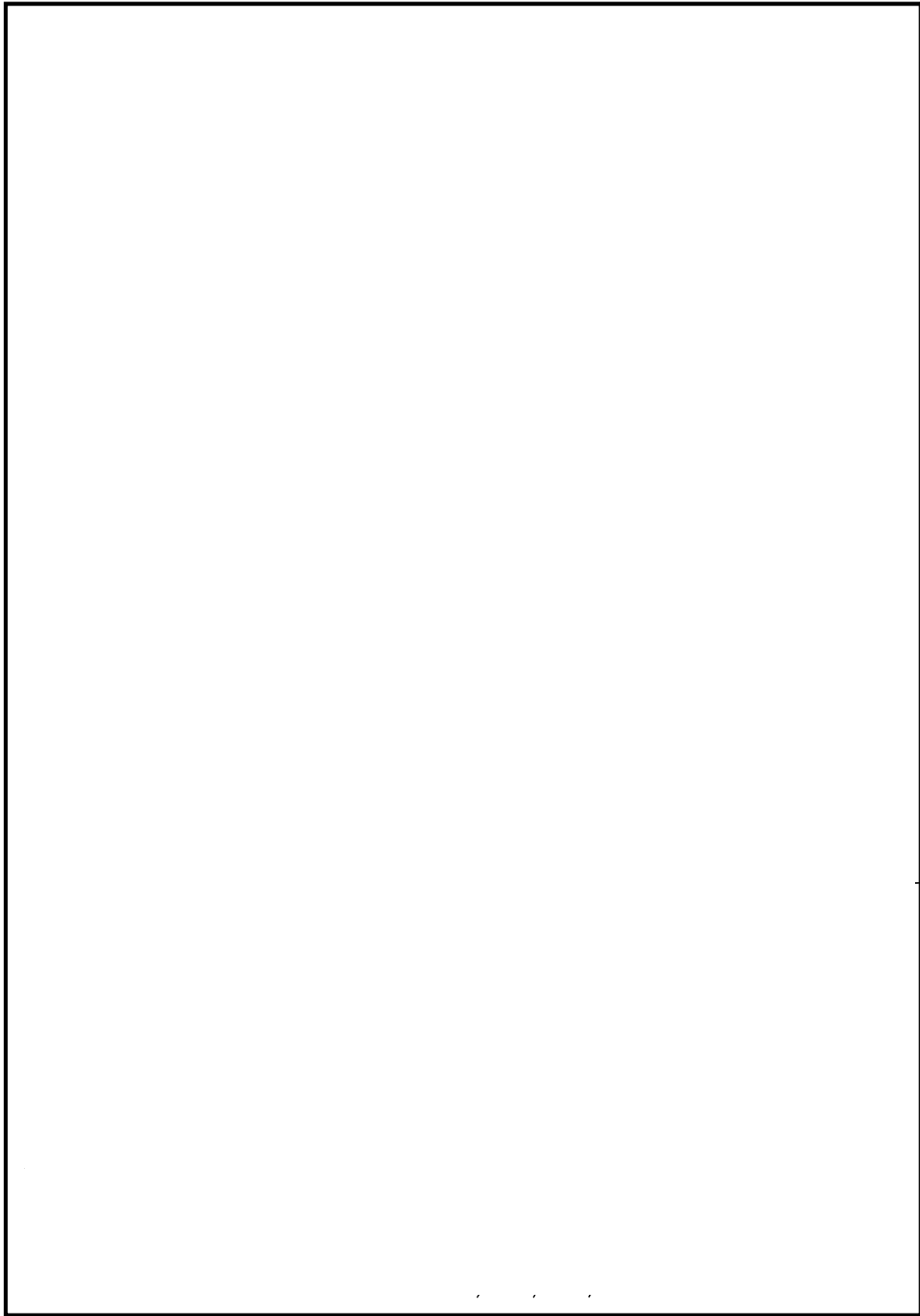


鳥瞰図 HVAC-008 (SA)

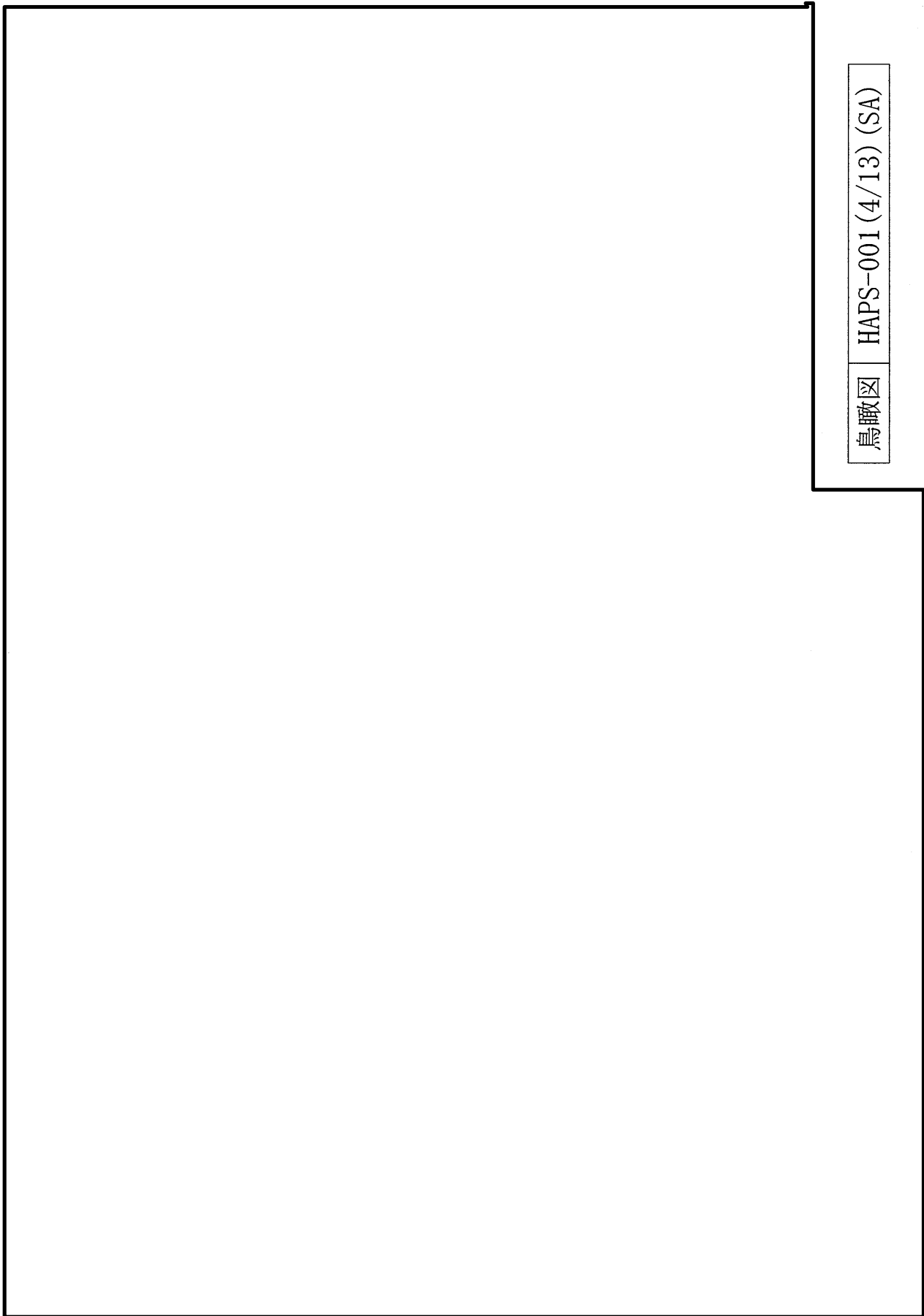




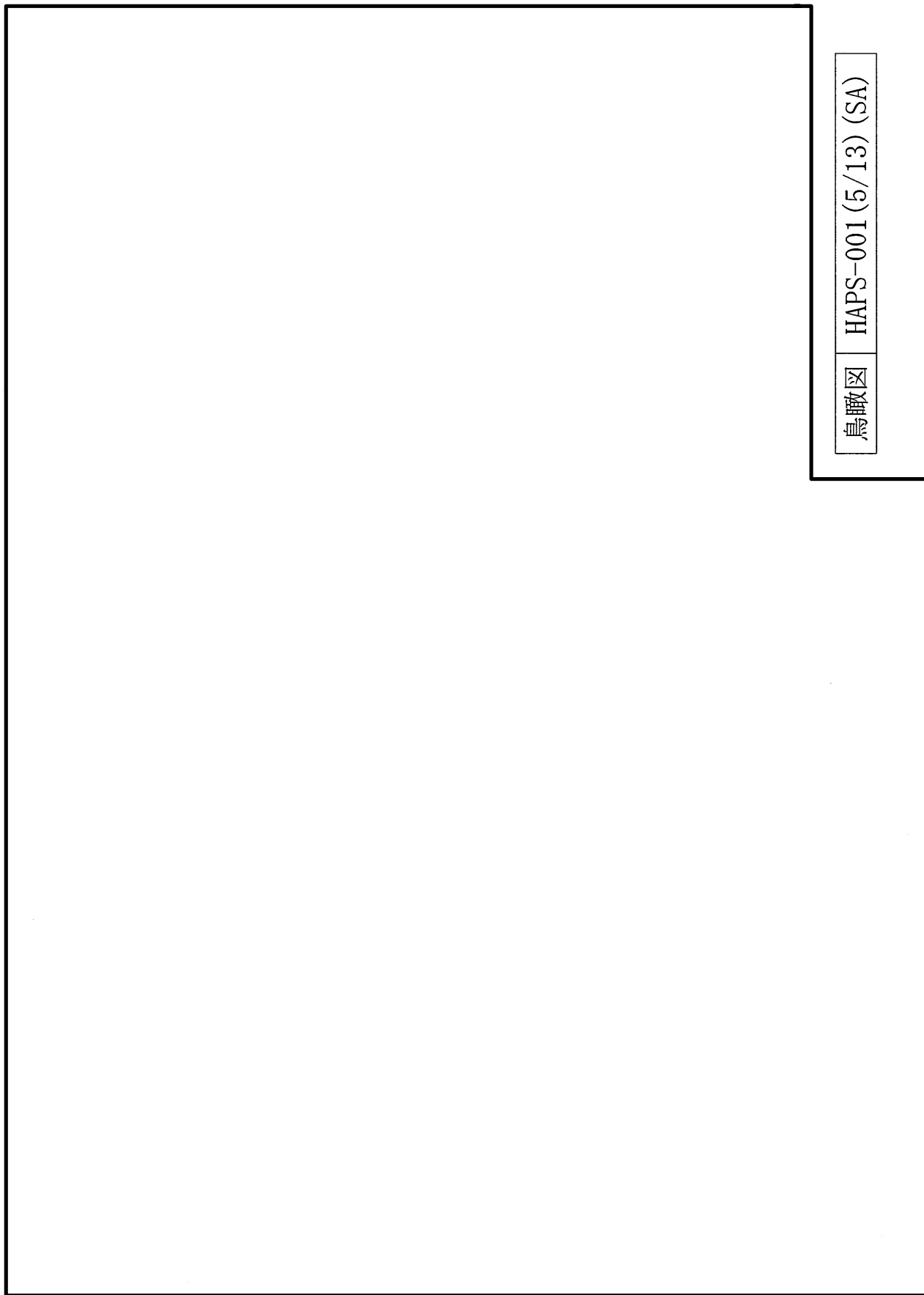
鳥瞰図 HAPS-001 (2/13) (SA)



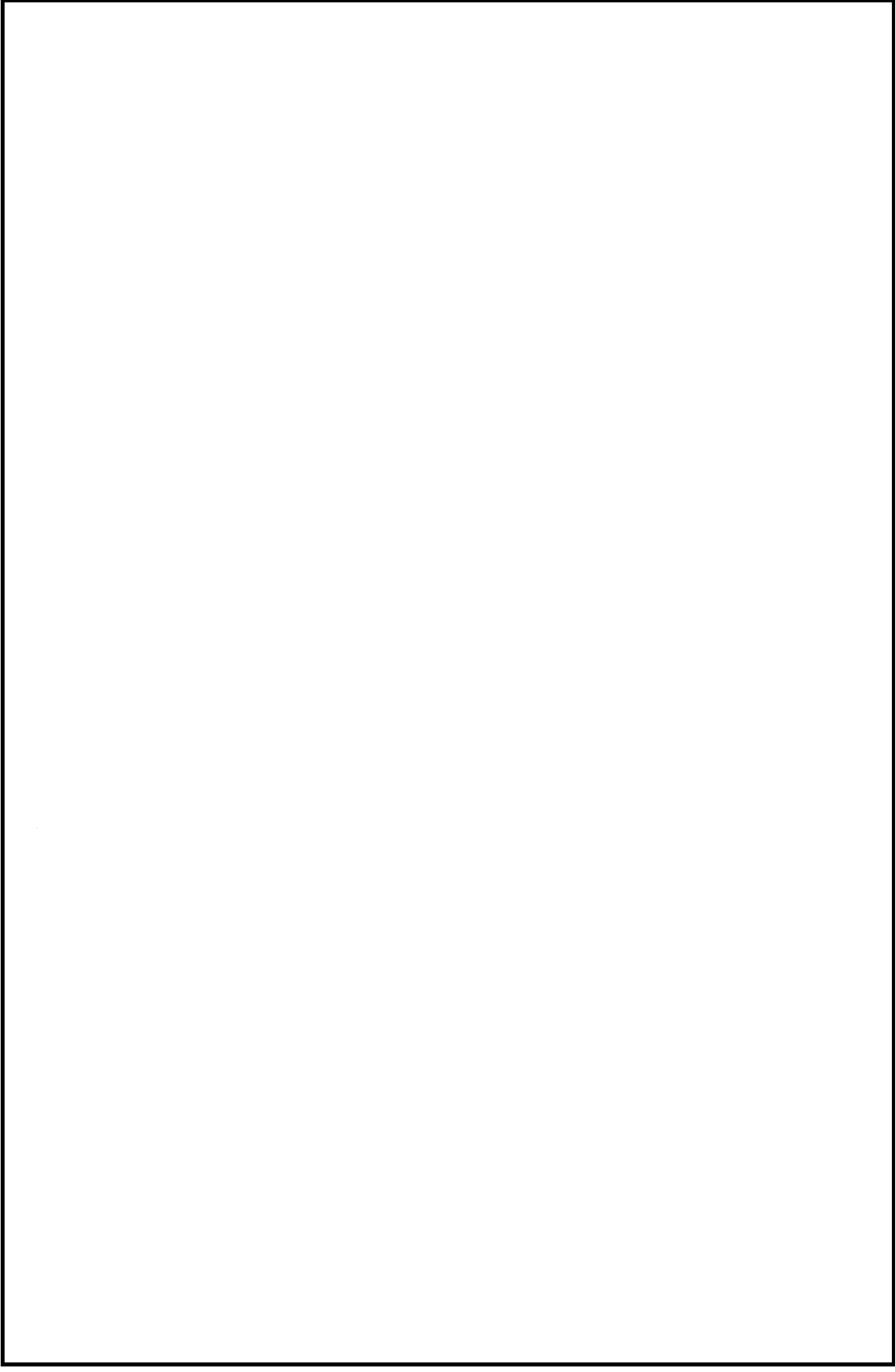
鳥瞰図 HAPS-001 (3/13) (SA)



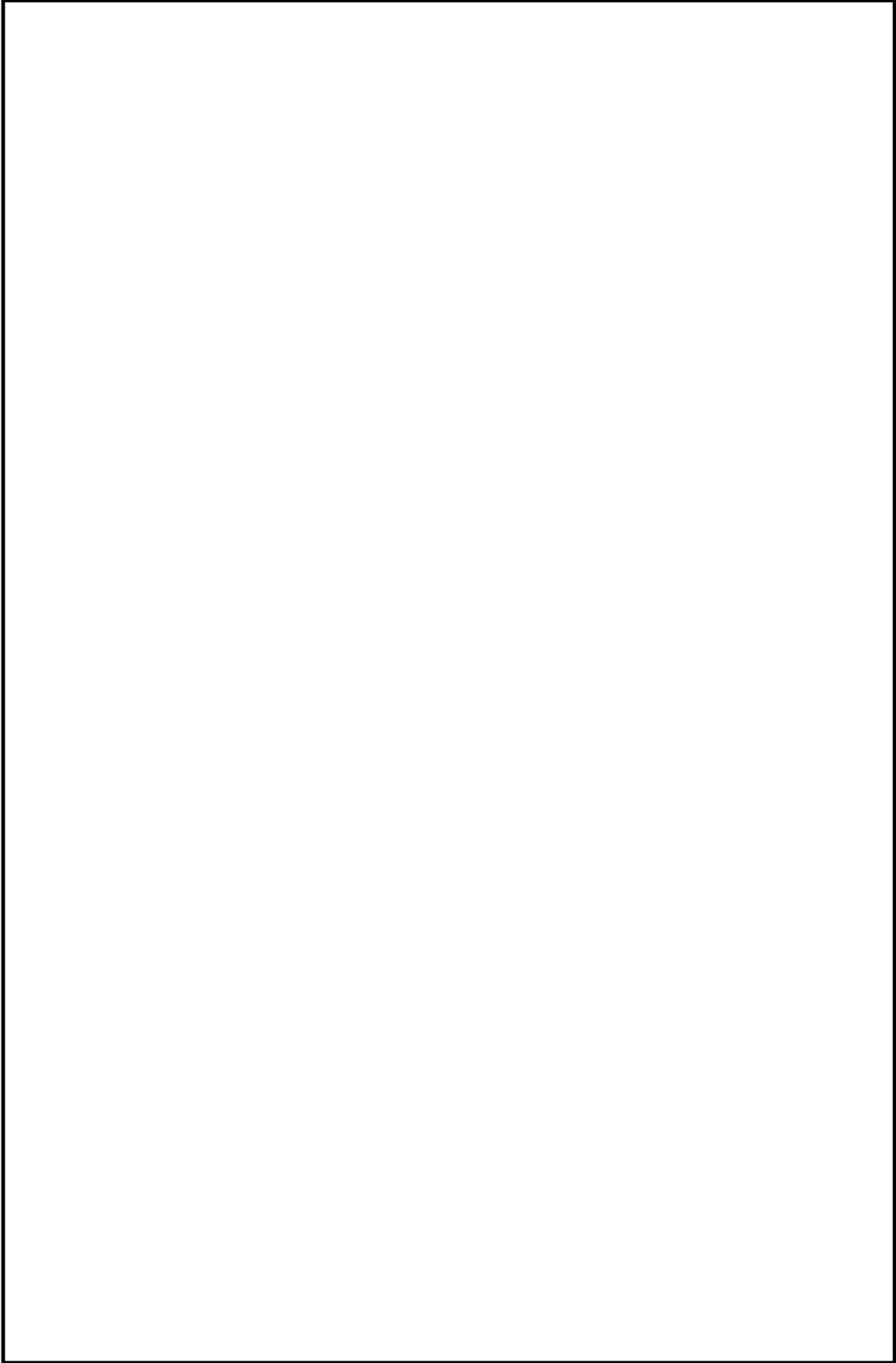
鳥瞰図 HAPS-001 (4/13) (SA)

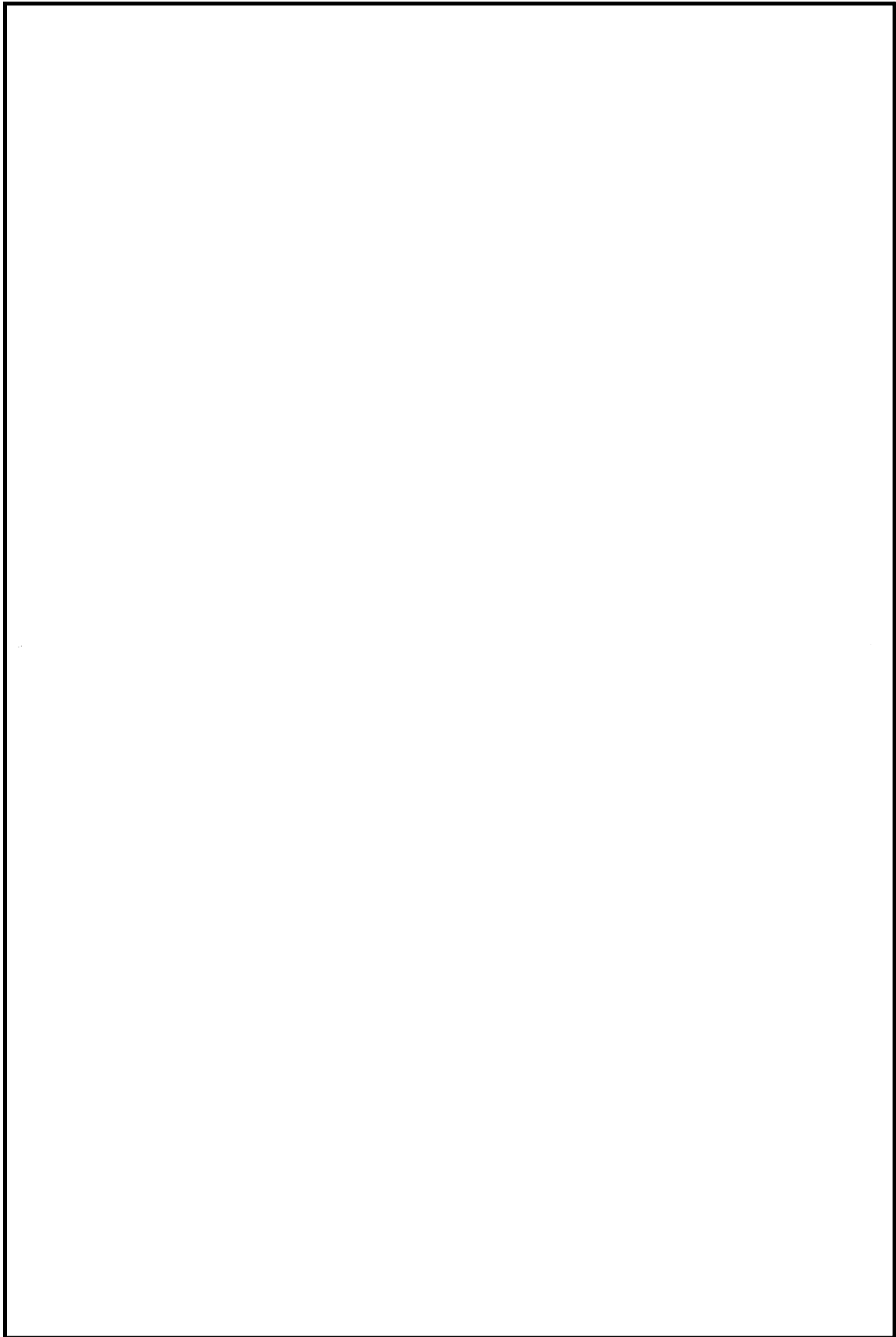


鳥瞰図 HAPS-001 (5/13) (SA)

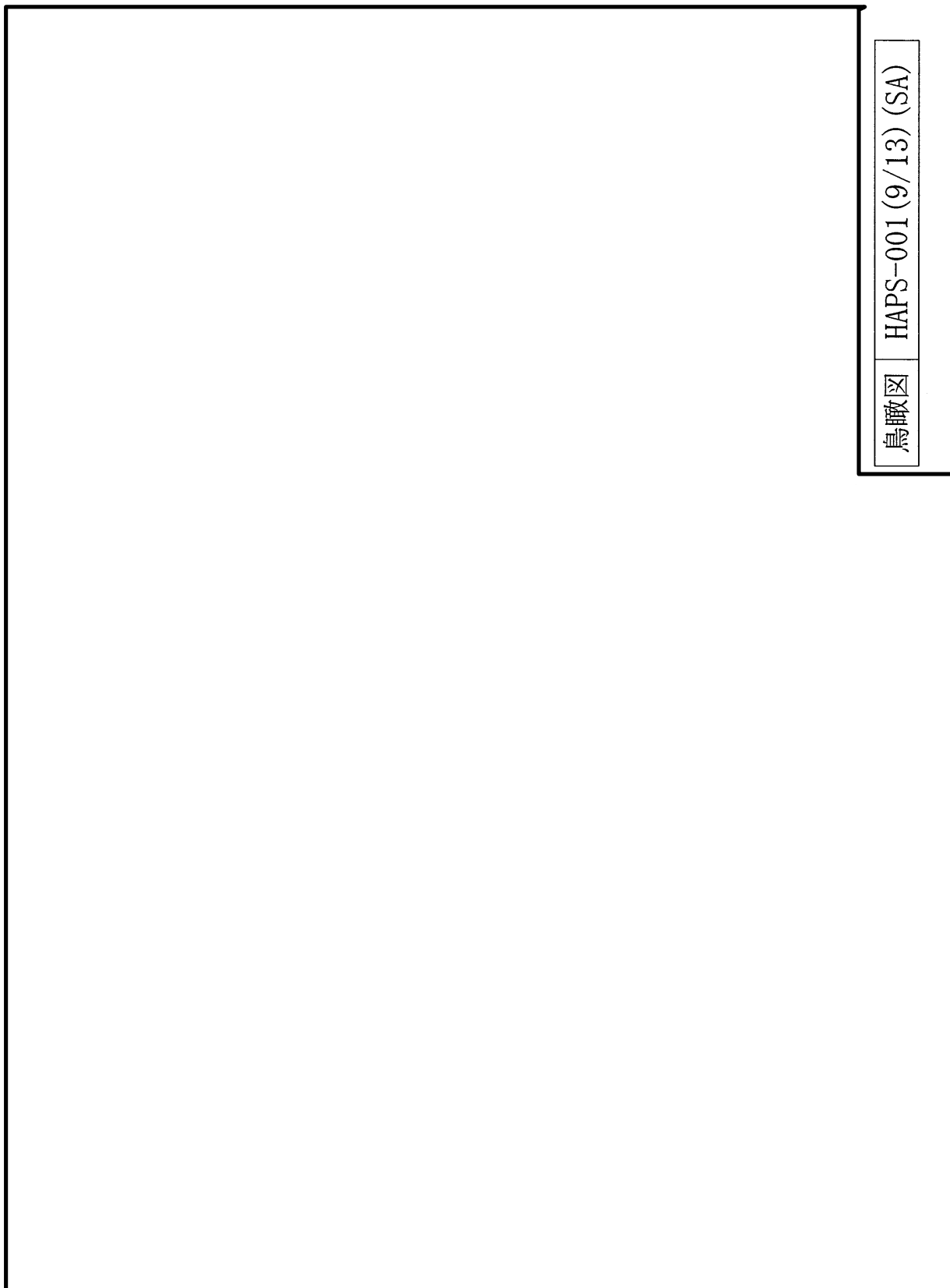


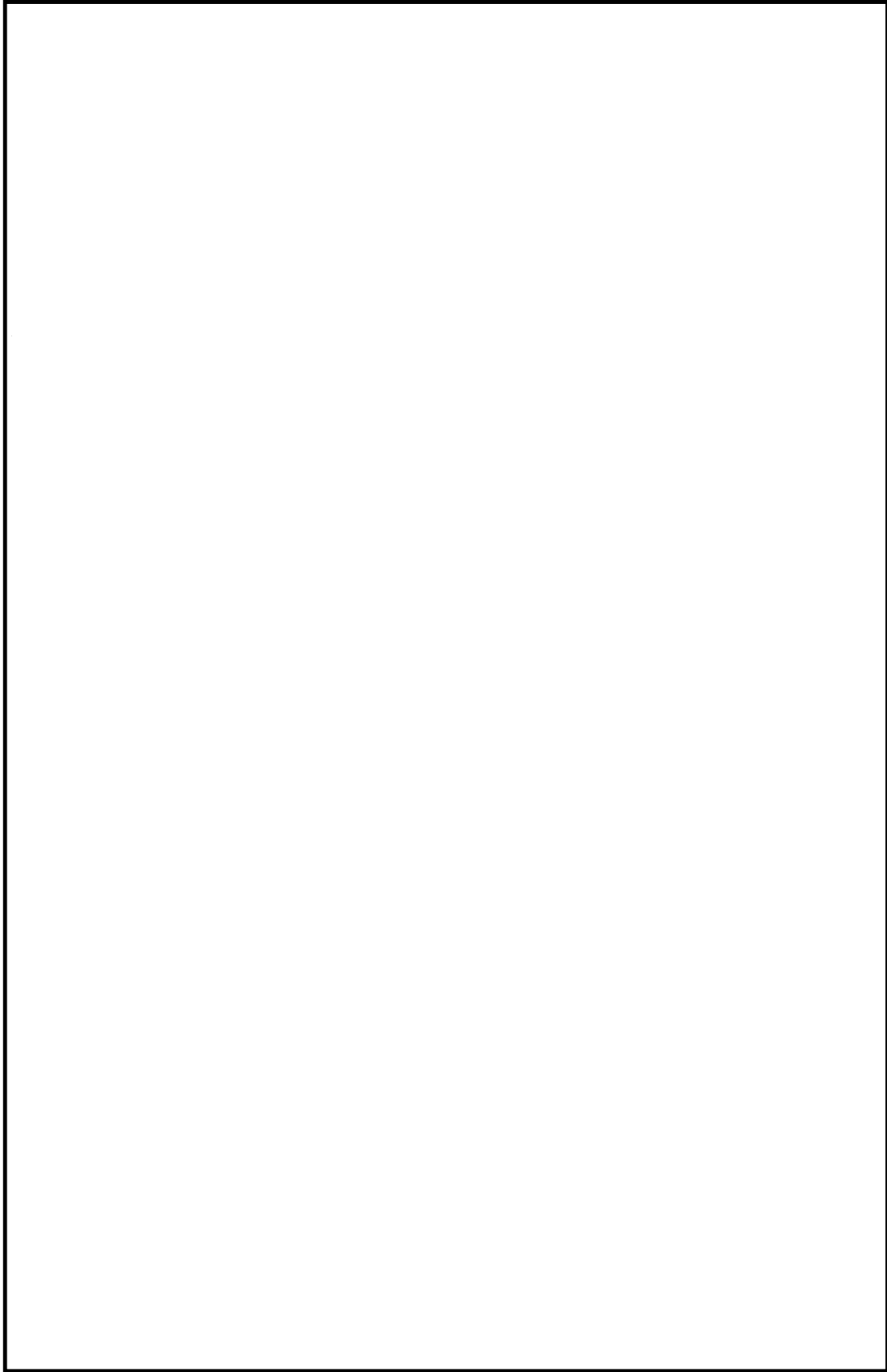
鳥瞰図 HAPS-001 (6/13) (SA)



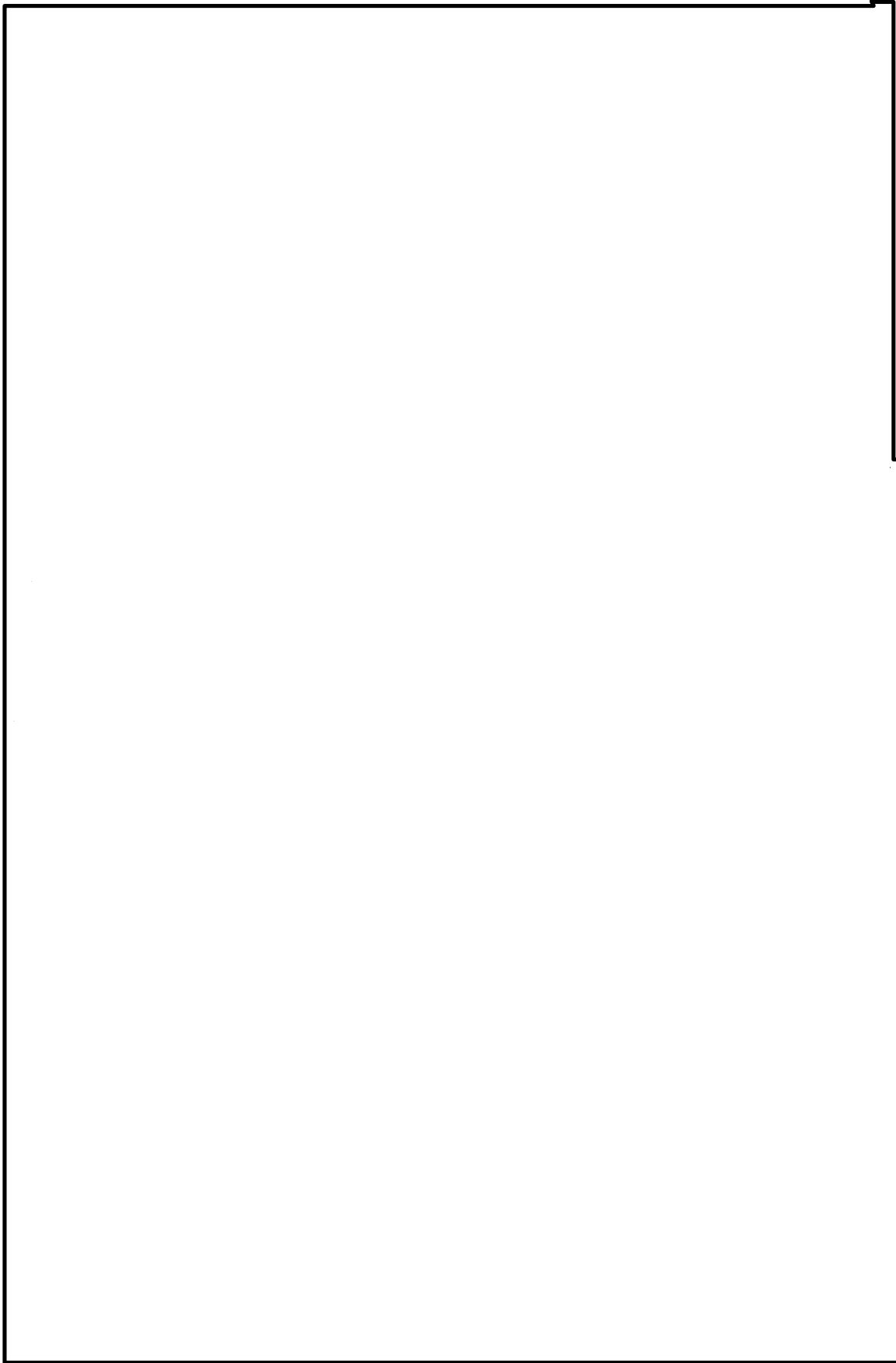


鳥瞰図 HAPS-001 (8/13) (SA)



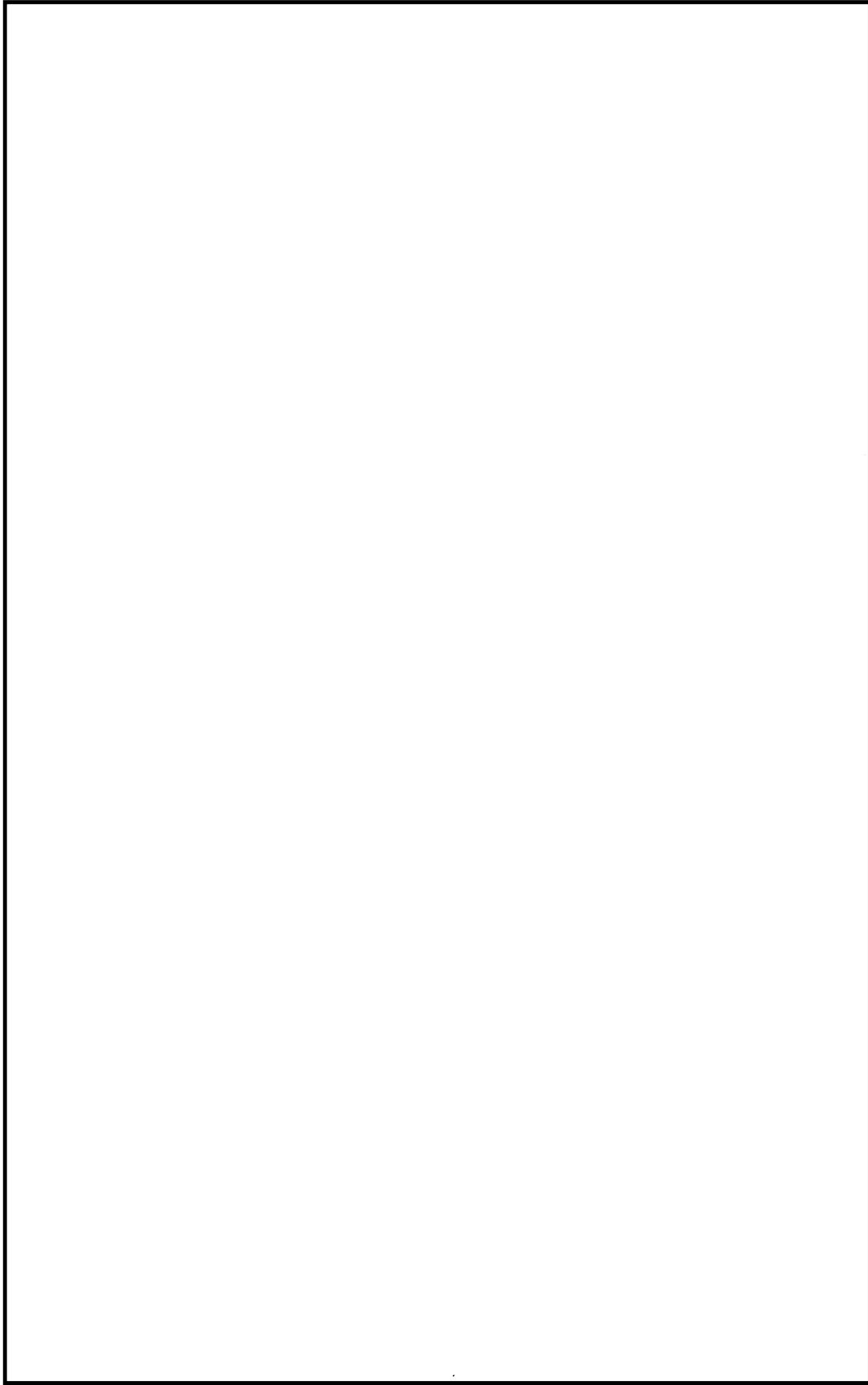


鳥瞰図 HAPS-001 (10/13) (SA)

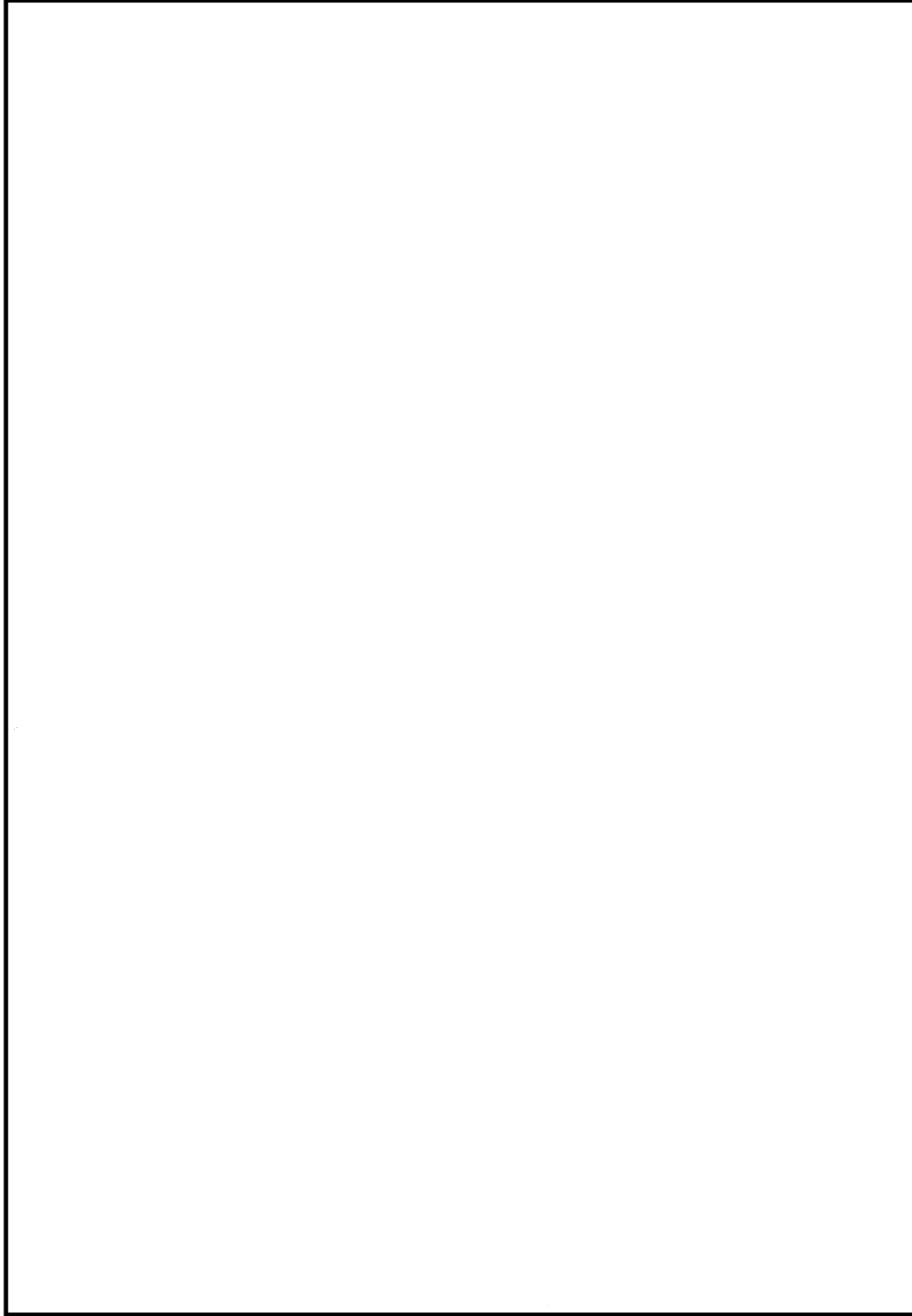


鳥瞰図

HAPS-001 (11/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (12/13) (SA)



鳥瞰図	HAPS-001 (13/13) (SA)
-----	-----------------------

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を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
緊急時対策所	換気設備	換気系	S A	常設/緩和	重大事故等クラス2管	C (S s 機能維持)	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記*1： S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2： 「常設/緩和」は重大事故緩和設備を示す。

*3： 運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4： 許容応力状態 $V_A S$ 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。

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 HVAC-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F~33F, 35F, 36N 37~42F, 44F, 45N	0.00 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-001

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	34, 43	<input type="checkbox"/>	46, 49
<input type="checkbox"/>	47, 50	<input type="checkbox"/>	48, 51

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-001

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	33F, 35F, 36N, 42F, 44F, 45N
<input type="checkbox"/>	1F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-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
2						
7						
10						
13						
15						
17						
20						
24						
28						
36N						
45N						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

設計条件


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

鳥 瞰 図 HVAC-002

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1N, 2F, 4F~9F 10N, 11F, 13F~18F	0.00 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000
2	6, 15, 19F~21F 23F~34, 35, 36	0.00 (MPa)	40	318.5	10.3	STS410	C (S s 機能維持)	202000

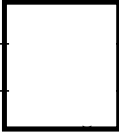
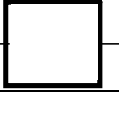
弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-002

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0


弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-002

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	3, 12		22
	37		38
	39		

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-002

質量	対応する評価点
	1N, 2F, 4F, 10N, 11F, 13F
	21F, 23F
	19F
	9F, 18F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-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
1N						
8						
10N						
17						
20						
26						
31						

設計条件

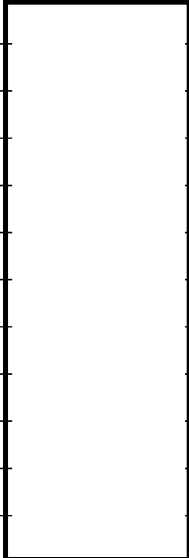
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HVAC-003

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F～13, 39, 40 48F, 49	5.6 (kPa)	40	355.6	11.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000
2	13 ～30F, 32F～38F 40 ～43F, 45F～47F	5.6 (kPa)	40	318.5	10.3	STS410	C (S s 機能維持)	202000
3	22, 50 ～65F 67F～69F	5.6 (kPa)	40	165.2	7.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-003

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0
	165.2	7.1	108.0
	165.2	14.2	140.0
	98.1	29.0	58.0
	66.8	13.4	266.0

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

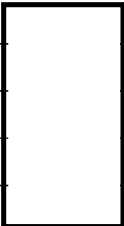
弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-003

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	31, 44		70, 73, 77
	71, 74		72, 75
	66		76
	78		

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-003

質量	対応する評価点
	1F, 48F
	30F, 32F, 43F, 45F
	65F, 67F
	38F, 47F
	69F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-003

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
4						
9						
15						
17						
19						
24						
29						
34						
37						
46						
51						
54						
59						
61						
64						
68						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

設計条件

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

鳥 瞰 図 HVAC-004

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F~4F, 6F, 7A	0.60(kPa)	40	139.8	6.6	STS410	C (S s 機能維持)	202000

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-004

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	139.8	6.6	100.0
	139.8	13.2	125.0
	90.1	25.0	38.0
	66.8	13.4	266.0


弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-004

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	8
	9		10

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-004

質量	対応する評価点
	1F
	4F, 6F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-004

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
2						
7A						

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 HVAC-005

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~10F	0.60(kPa)	40	139.8	6.6	STS410	C(S s 機能維持)	202000

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-005

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	10F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-005

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						
6						
9						

設計条件

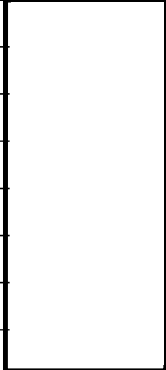
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HVAC-006

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F～4F, 6F～8F 10F～15F	0.60(kPa)	40	406.4	12.7	STS410	C(S s 機能維持)	202000

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-006

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	406.4	12.7	150.0
	406.4	25.4	280.0
	138.6	49.3	100.0
	90.7	25.4	258.0
	406.4	12.7	150.0
	406.4	25.4	280.0
	138.6	49.3	100.0
	90.7	25.4	258.0
	90.7	25.4	258.0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-006

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	5 , 9	<input type="checkbox"/>	16 , 20
<input type="checkbox"/>	17 , 21	<input type="checkbox"/>	19 , 23

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-006

質量	対応する評価点
□	1F
□	4F, 6F, 8F, 10F
□	15F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-006

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
2						
7						
14						
18						
22						

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 HVAC-007

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F~10F, 12F~16F	0.86 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	1F～10F , 12F～16F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-007

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	11		17
	18		19

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	1F, 16F
<input type="checkbox"/>	10F, 12F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-007

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
2						
6						
9						
15						

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 HVAC-008

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1F～5F, 7F～19F	0.86 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410	C (S s 機能維持)	202000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	1F～ 5F, 7F～19F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-008

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0


弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	6		20
	21		22

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点
	1F, 19F
	5F, 7F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HVAC-008

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
2						
8						
13						
18						

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 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1 ~139 , 141 ~151	22.00 (MPa)	66	34.0	6.4	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
	153 ~160 , 162 ~164							
	166 ~168 , 324 ~327							
	329 ~336 , 338 ~340							
	342 ~344 , 405 ~417							
	418 ~437 , 438 ~457							
	458F~461 , 463 ~467							
	468F~471 , 473 ~477							
	478F~481 , 483 ~487							
	488F~491 , 493 ~497							
	498F~501 , 503 ~507							
	508F~511 , 513 ~517							
	518F~521 , 523 ~527							
	528F~531 , 533 ~537							
538F~541 , 543 ~547								
548F~551 , 553 ~557								

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 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	558F～561, 563～567	22.00 (MPa)	66	34.0	6.4	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
	568F～571, 573～577							
	578F～581, 583～587							
	588F～591, 593～597							
	598F～601, 603～607							
	608F～611, 613～617							
	618F～621, 623～627							
	628F～631, 633～637							
638F～641, 643～647								
648F～651, 653～657								
2	168～171, 344～347	22.00 (MPa)	66	60.5	8.7	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000

設計条件

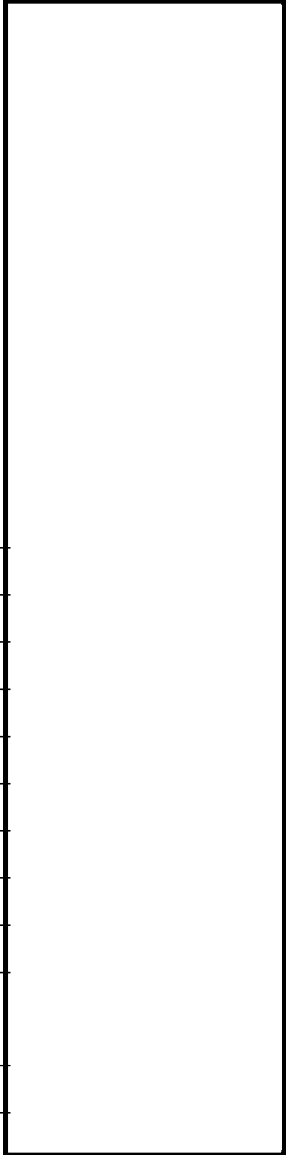
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
3	173 ~183 , 185 ~187	0.86 (MPa)	66	60.5	3.9	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
	189 ~227 , 229 ~235F							
	241F~244 , 349 ~359							
	361 ~363 , 365 ~369							
	370 ~373 , 375 ~381F 387F~390							
4	244 ~246 , 248 ~251	0.86 (MPa)	66	34.0	3.4	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
	390 ~392 , 394 ~397							
5	251 ~253 , 397 ~399	0.86 (MPa)	66	76.3	5.2	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
6	253 , 254 , 256 ~323	0.86 (MPa)	66	165.2	7.1	SUS304TP	C (S s 機能維持)	192000
	399 , 400 , 402 ~404							

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HAPS-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	34.0	12.8	210.0
	89.1	26.5	210.0
	69.0	14.5	173.0
	63.8	11.9	284.0
	89.1	26.5	210.0
	69.0	14.5	173.0
	63.8	11.9	284.0
	34.0	12.8	264.0
	60.5	17.4	240.0
	60.5	7.8	203.0
	60.5	7.8	210.0
	34.0	6.8	125.0
	165.2	14.2	403.0

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HAPS-001

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	140, 152, 328, 462, 472, 482 492, 502, 512, 522, 532, 542 552, 562, 572, 582, 592, 602 612, 622, 632, 642, 652		188, 364
	160, 162, 336, 338		228, 374
	161, 337, 818, 821		238, 384
	165, 341		247, 393
	172, 348		255, 401
	184, 360		820, 823

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HAPS-001

質量	対応する評価点
	235F, 241F, 381F, 387F
	458F, 468F, 478F, 488F, 498F, 508F, 518F, 528F, 538F, 548F 558F, 568F, 578F, 588F, 598F, 608F, 618F, 628F, 638F, 648F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HAPS-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
2						
7						
9						
14						
16						
21						
23						
28						
30						
35						
37						
42						
44						
49						
51						
56						
58						
60						
63						
65						
67						
69						
74						
76						
81						
83						
88						
90						
95						
97						
100						
102						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HAPS-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
104						
109						
111						
116						
118						
121						
123						
125						
130						
132						
135						
137						
142						
150						
154						
159						
163						
170						
174						
182						
190						
200						
203						
207						
209						
211						
214						
218						
220						
226						
234						
249						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HAPS-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
257						
260						
266						
269						
273						
278						
282						
287						
292						
297						
302						
304						
307						
312						
317						
322						
326						
330						
335						
339						
346						
350						
358						
366						
368						
372						
380						
395						
403						
406						
411						
413						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HAPS-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
419						
424						
426						
431						
433						
439						
444						
446						
451						
453						
460						
465						
470						
475						
480						
485						
490						
495						
500						
505						
510						
515						
520						
525						
530						
535						
540						
545						
550						
555						
560						
565						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HAPS-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
570						
575						
580						
585						
590						
595						
600						
605						
610						
615						
620						
625						
630						
635						
640						
645						
650						
655						
819						
822						

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

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 (°C)	許容応力 (MPa) *			
		S m	S y	S u	S h
STS410	40	—	245	410	—
SUS304TP	66	—	188	479	—

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計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数* (%)
HVAC-001	緊急時対策所		
HVAC-002	緊急時対策所		
HVAC-003	緊急時対策所		
HVAC-004	緊急時対策所		
HVAC-005	緊急時対策所		
HVAC-006	緊急時対策所		
HVAC-007	緊急時対策所		
HVAC-008	緊急時対策所		
HAPS-001	緊急時対策所		

注記 * : 減衰定数を使用しないものについては「—」と記載する。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-001

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

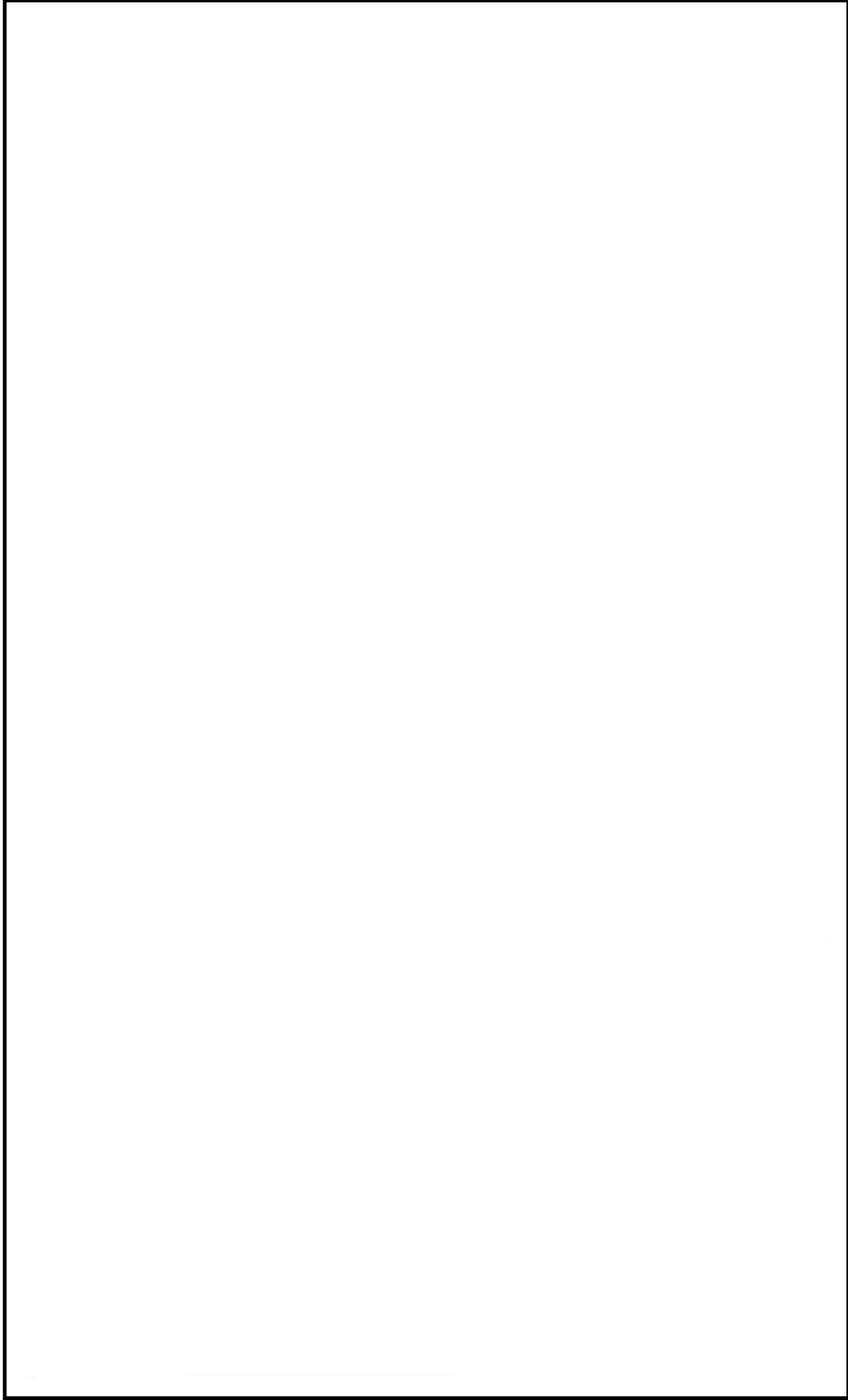
鳥 瞰 図 HVAC-001

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードにおける、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。

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-001

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-002

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-003

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		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*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HVAC-003

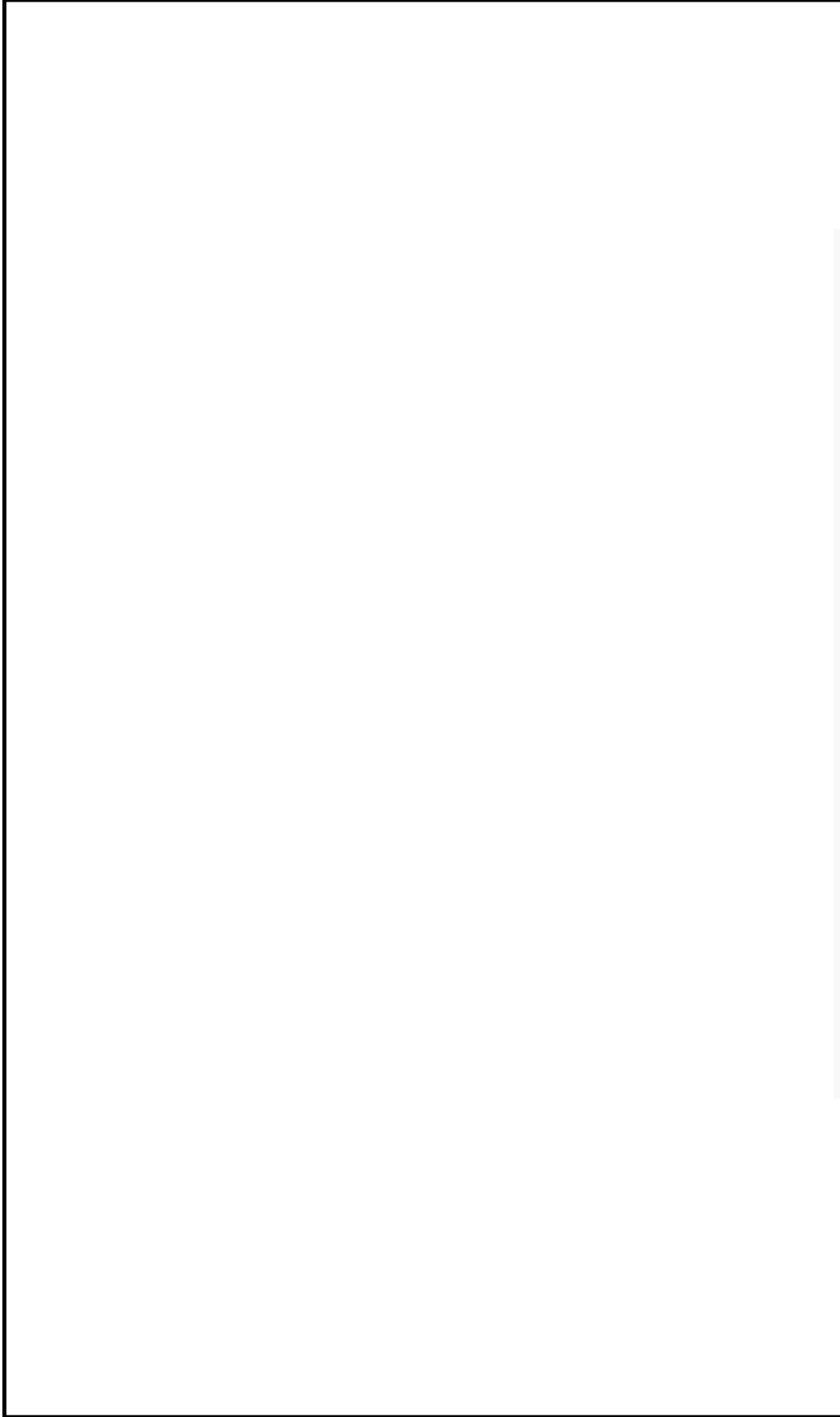
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

代表的振動モード図

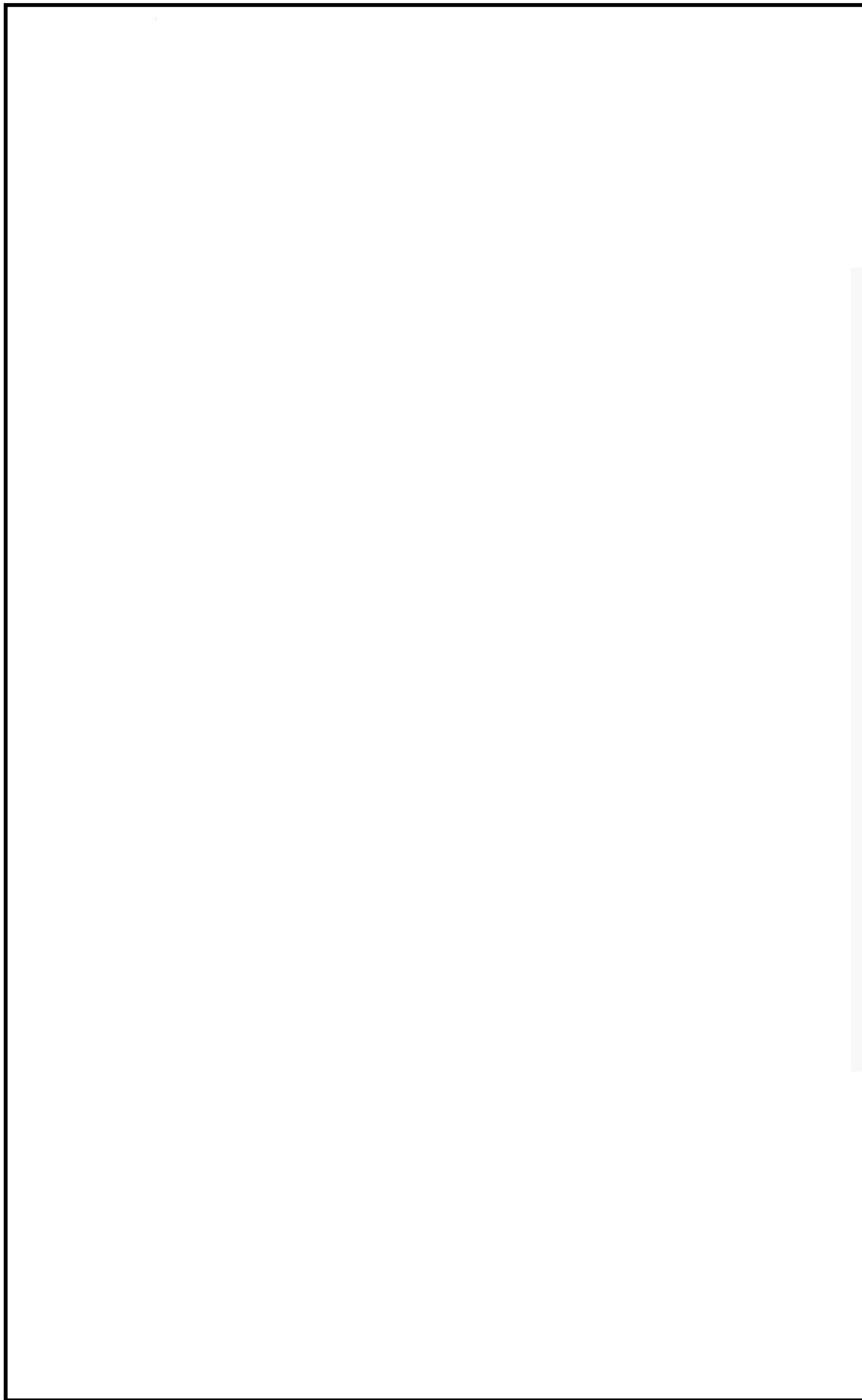
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



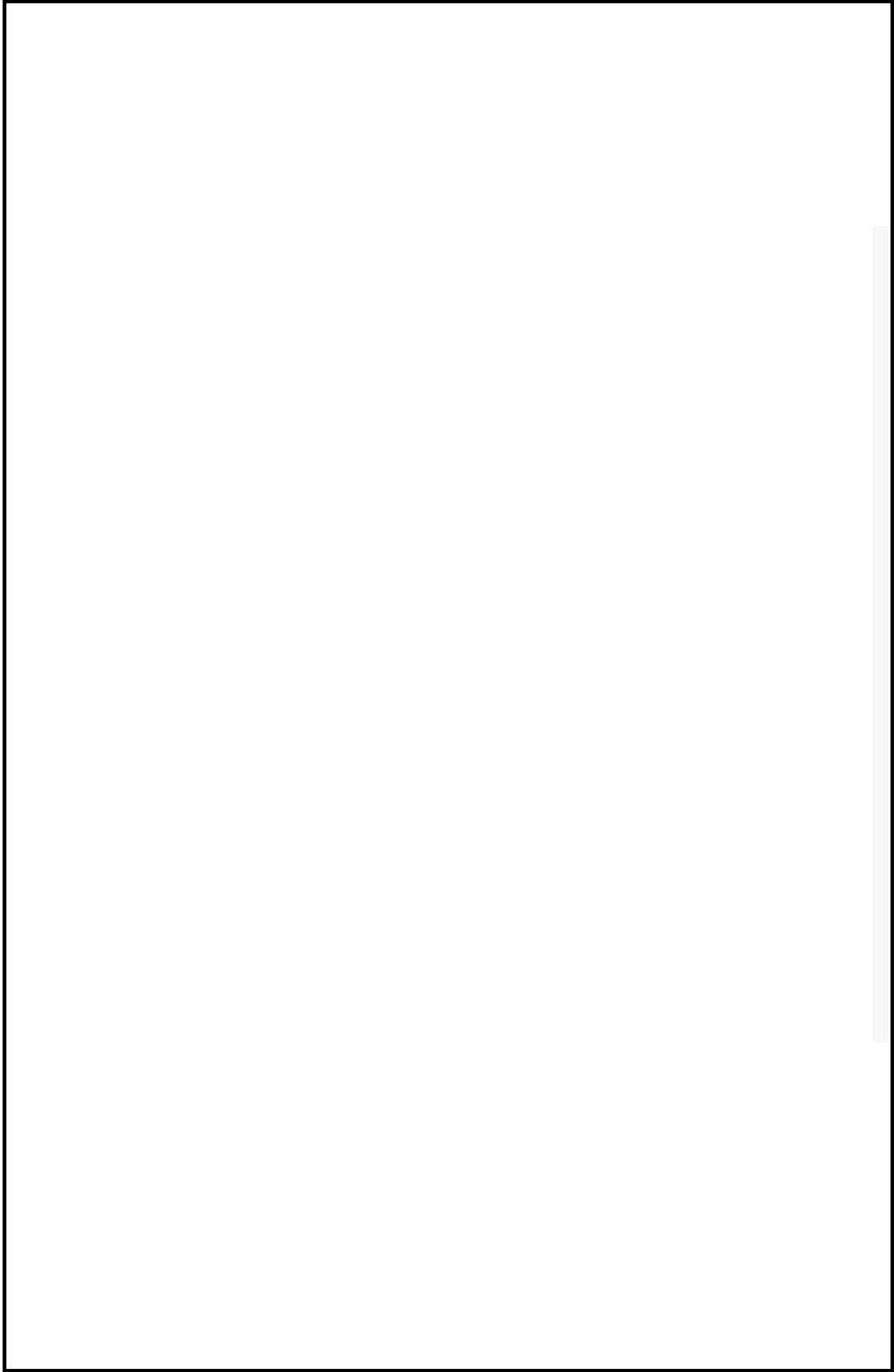
鳥瞰図	HVAC-003
-----	----------

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-003



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-004

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-005

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-006

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

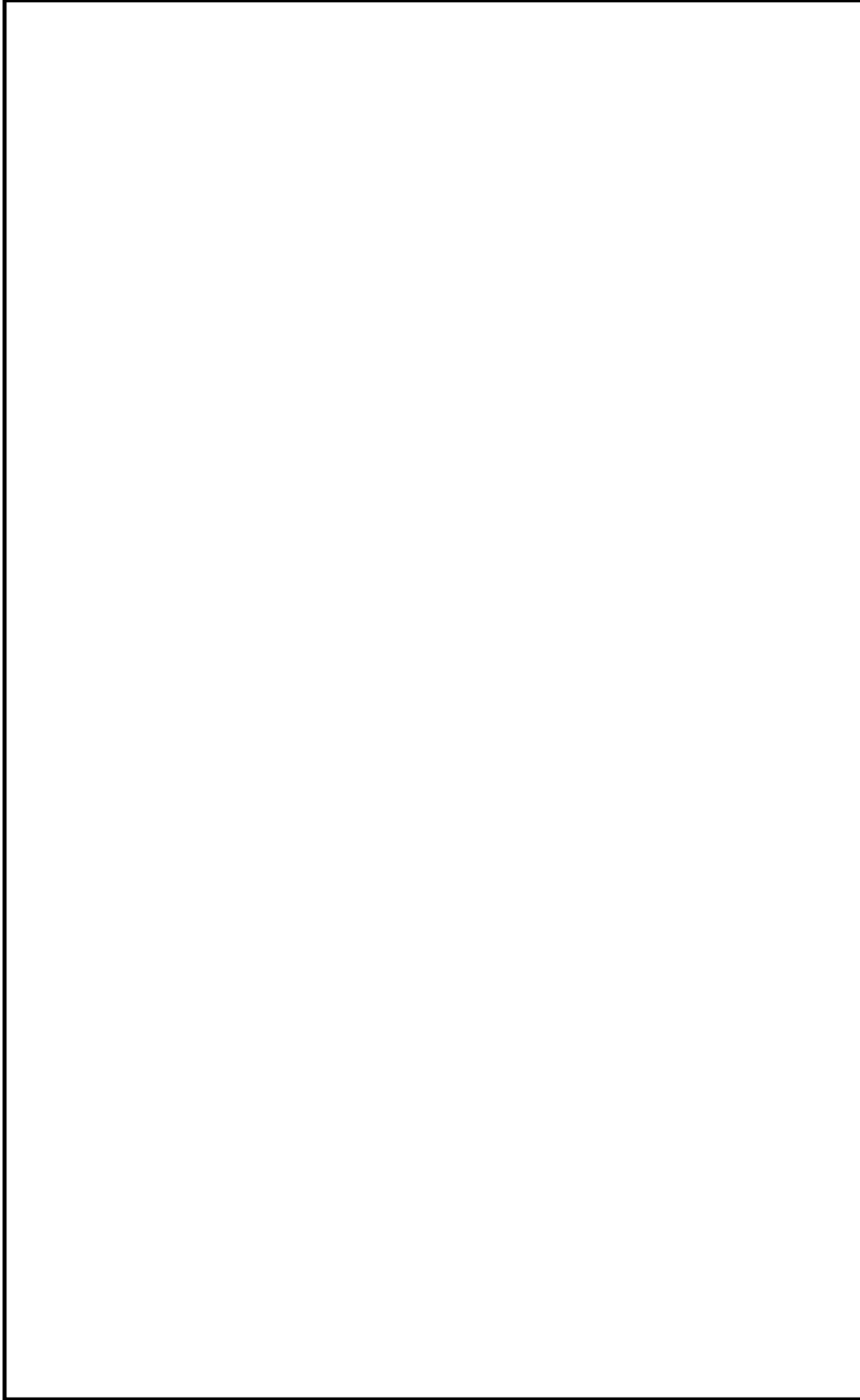
鳥 瞰 図 HVAC-006

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

代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードにおける、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。

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-006

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-007

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

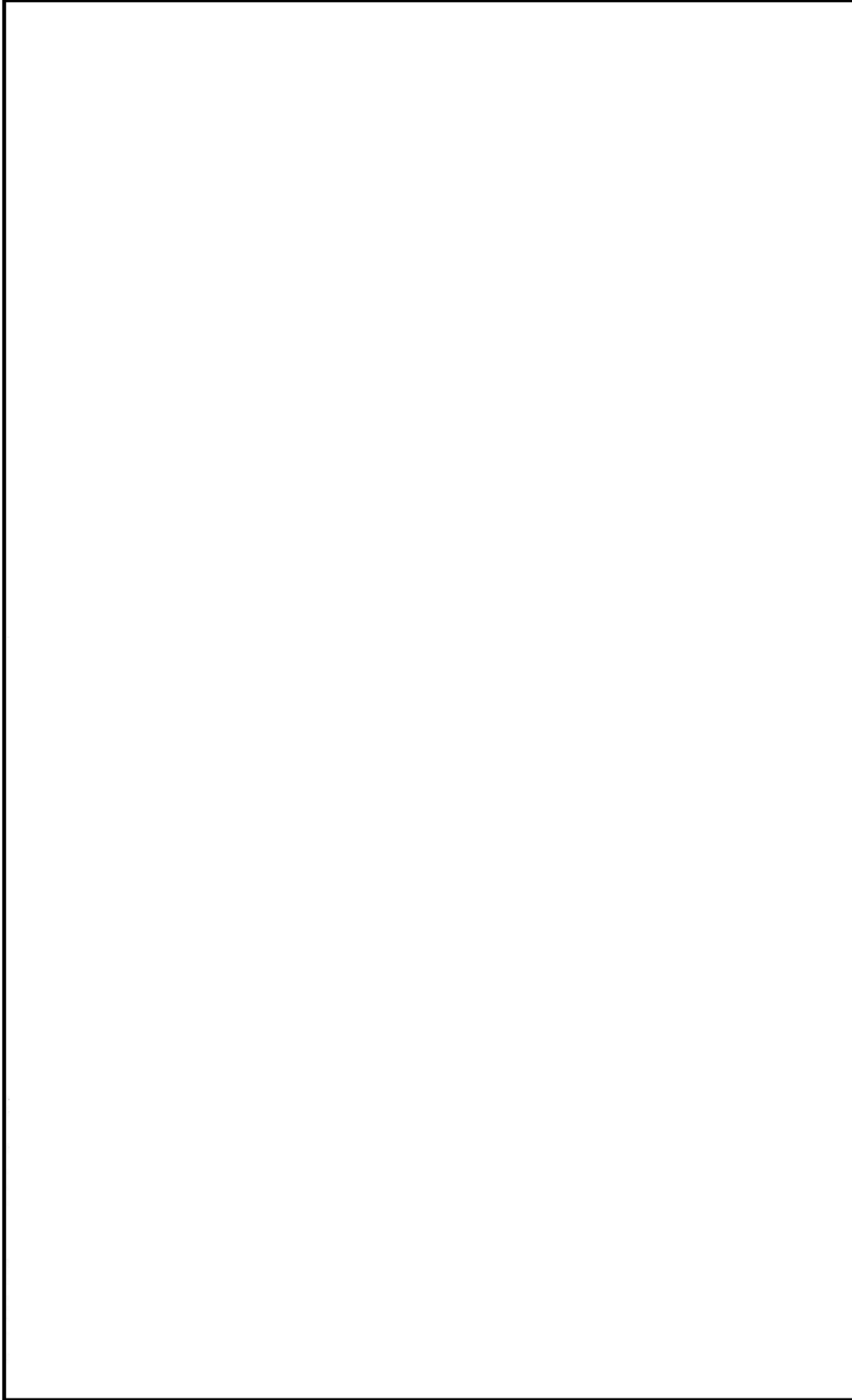
鳥 瞰 図 HVAC-007

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

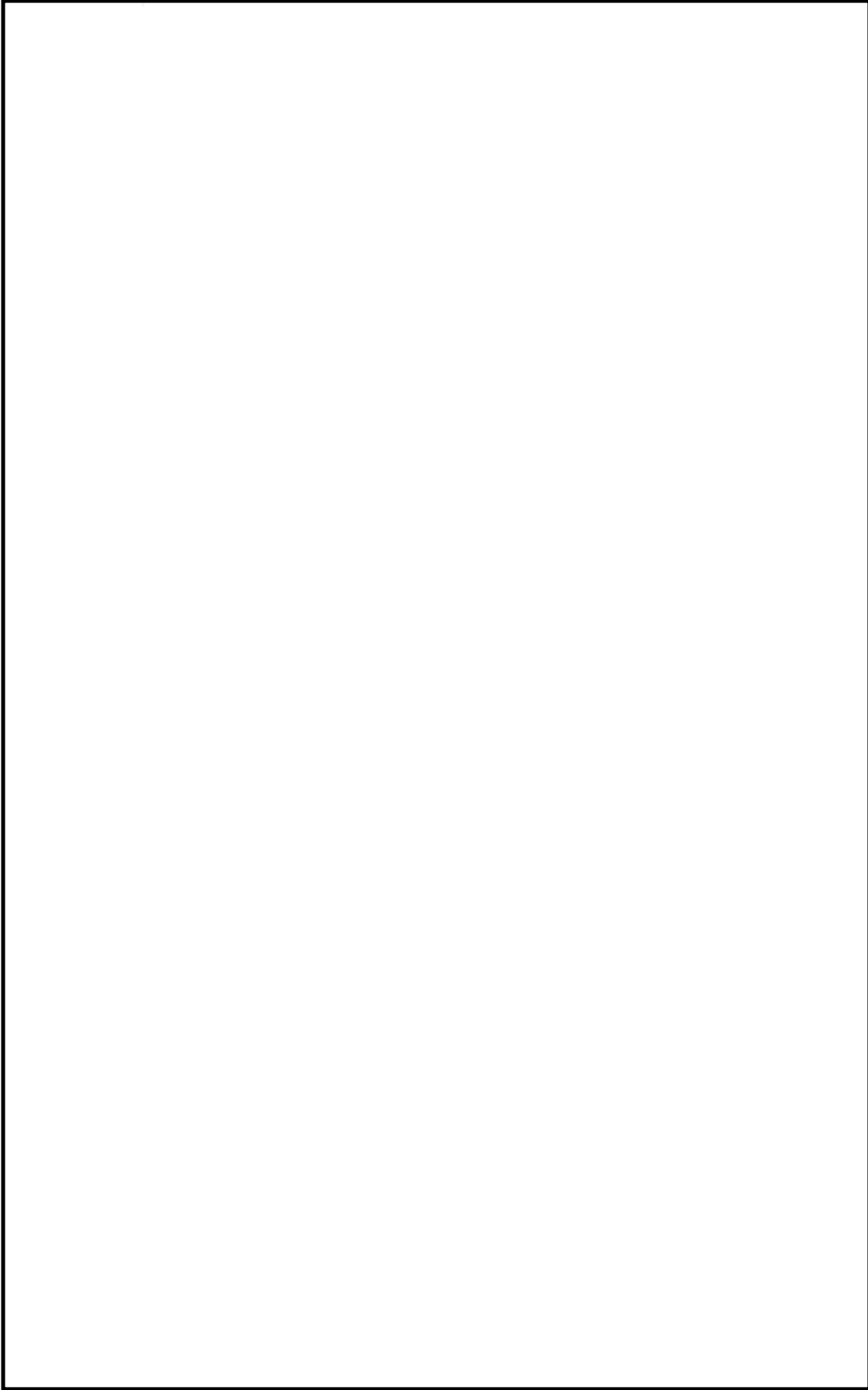
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図	HVAC-007
-----	----------

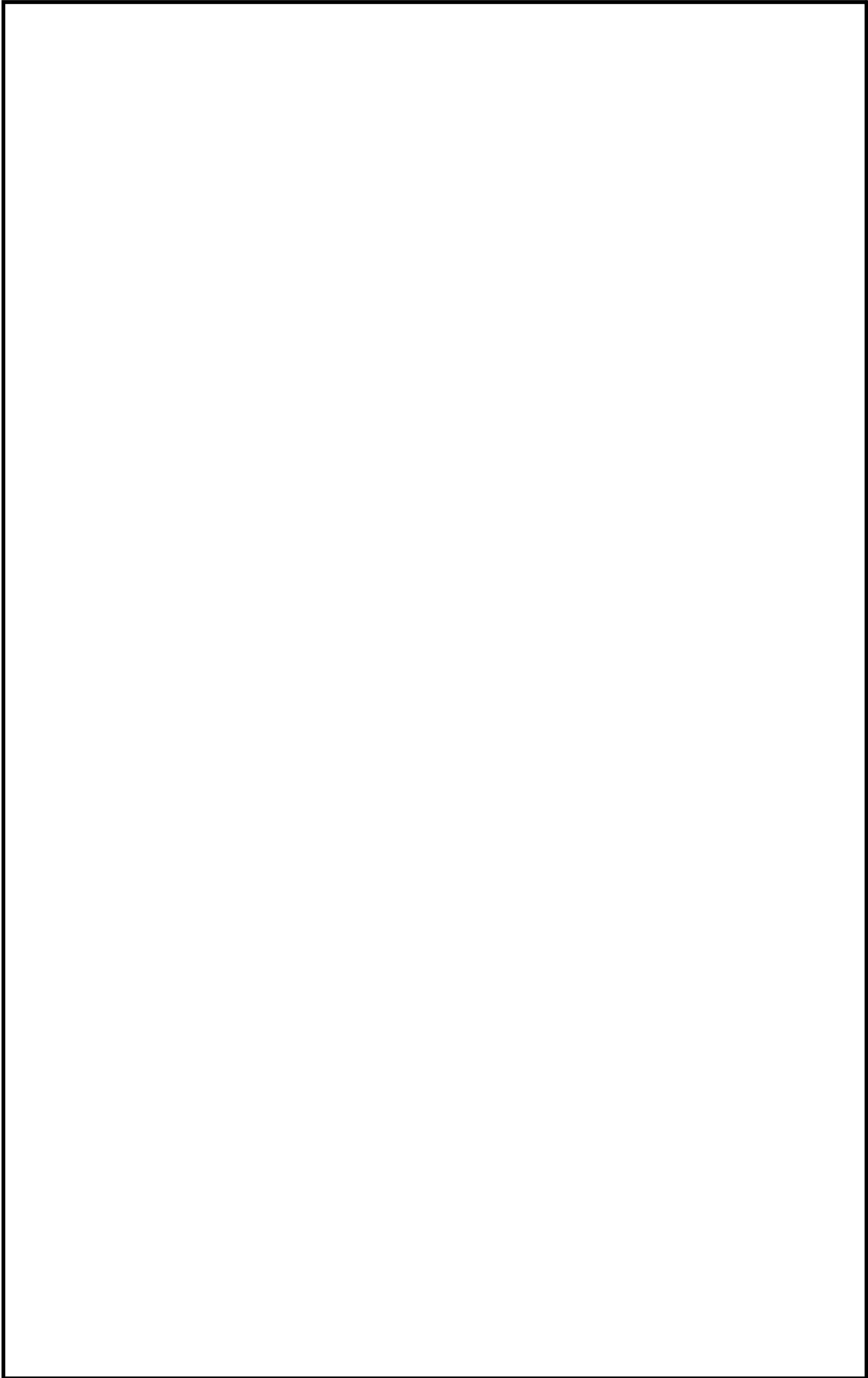
NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-007

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-007

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HVAC-008

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し、設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

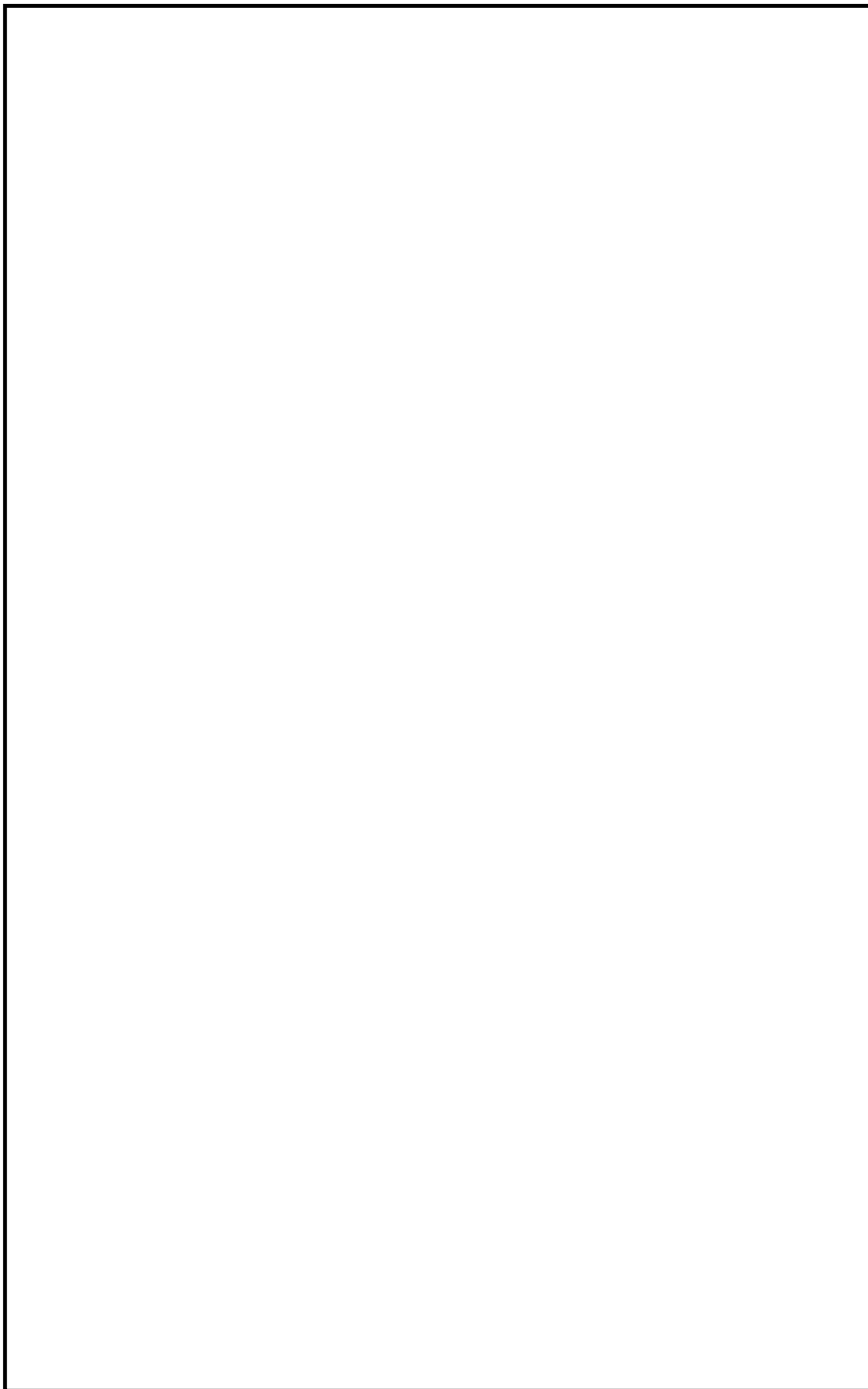
鳥 瞰 図 HVAC-008

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

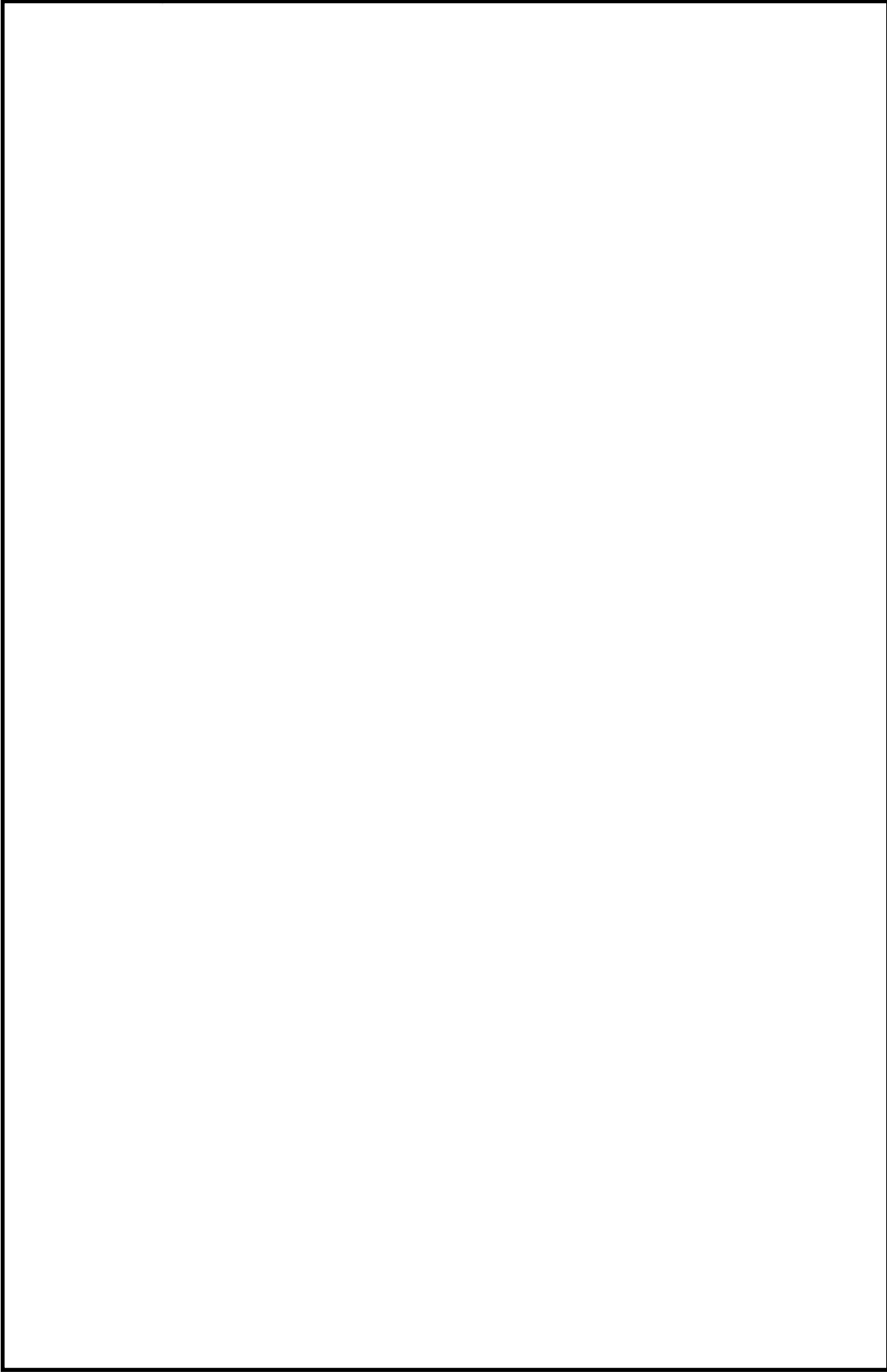
振動モード図は, 3 次モードまでを代表とし, 各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し, 次ページ以降に示す。

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図	HVAC-008
-----	----------

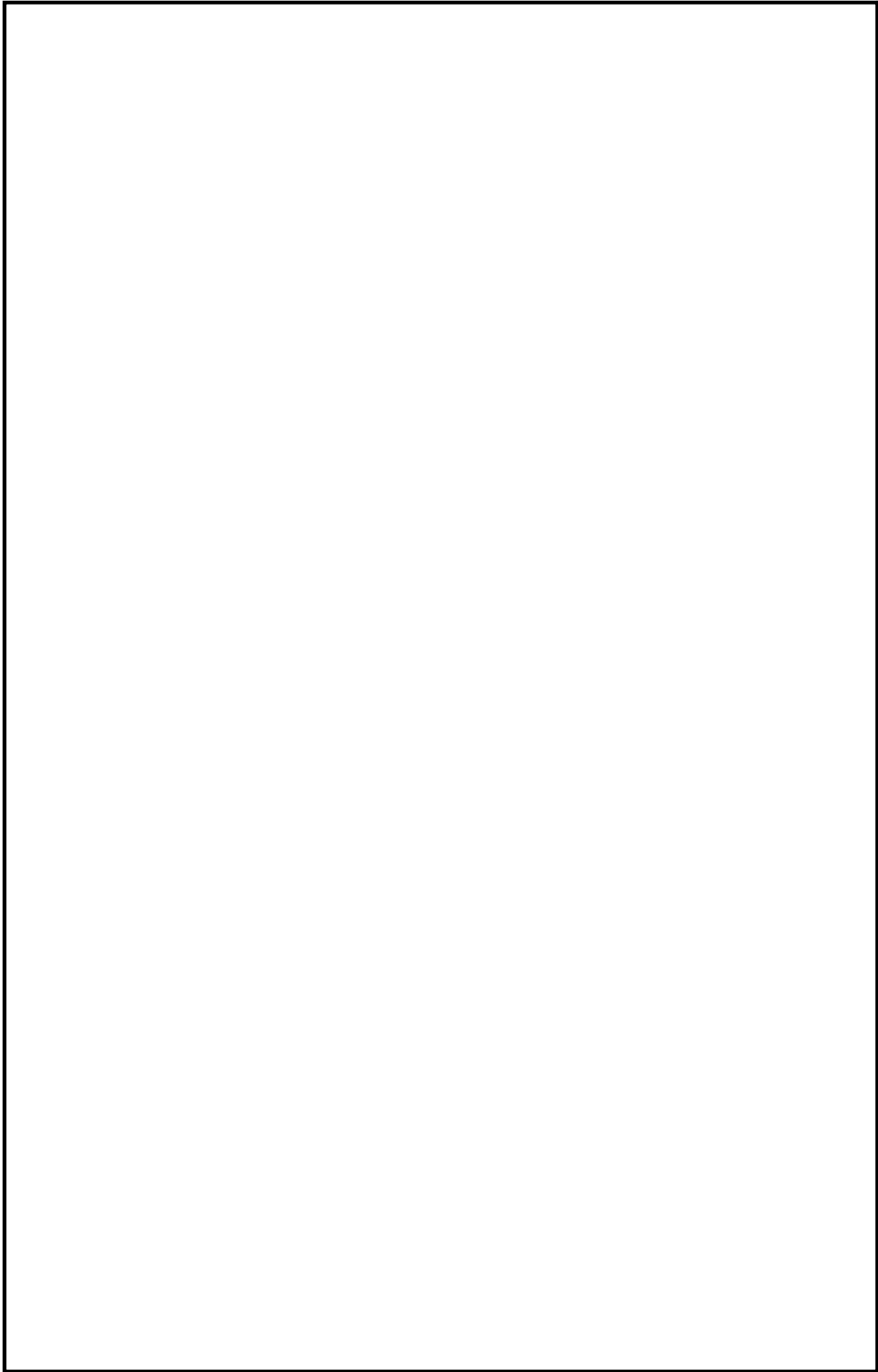
NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-008

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HVAC-008

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HAPS-001

耐震クラス		C (S s 機能維持)		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
48次				
49次*3				
動的震度*2				

注記*1： 各モードの固有周期に対し，設計用応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2： S s 地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3： 固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

各モードに対応する刺激係数

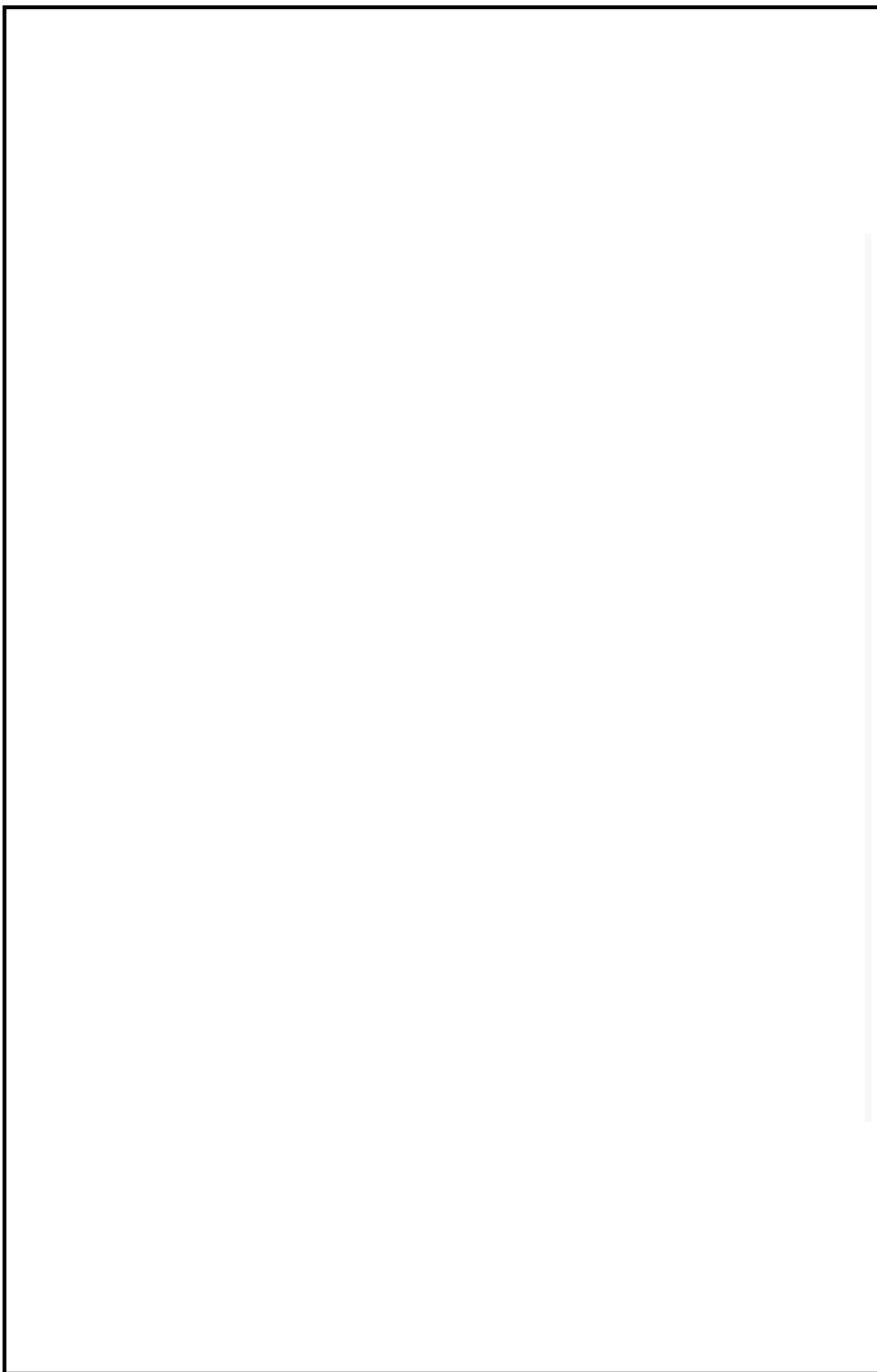
鳥 瞰 図 HAPS-001

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				
48次				

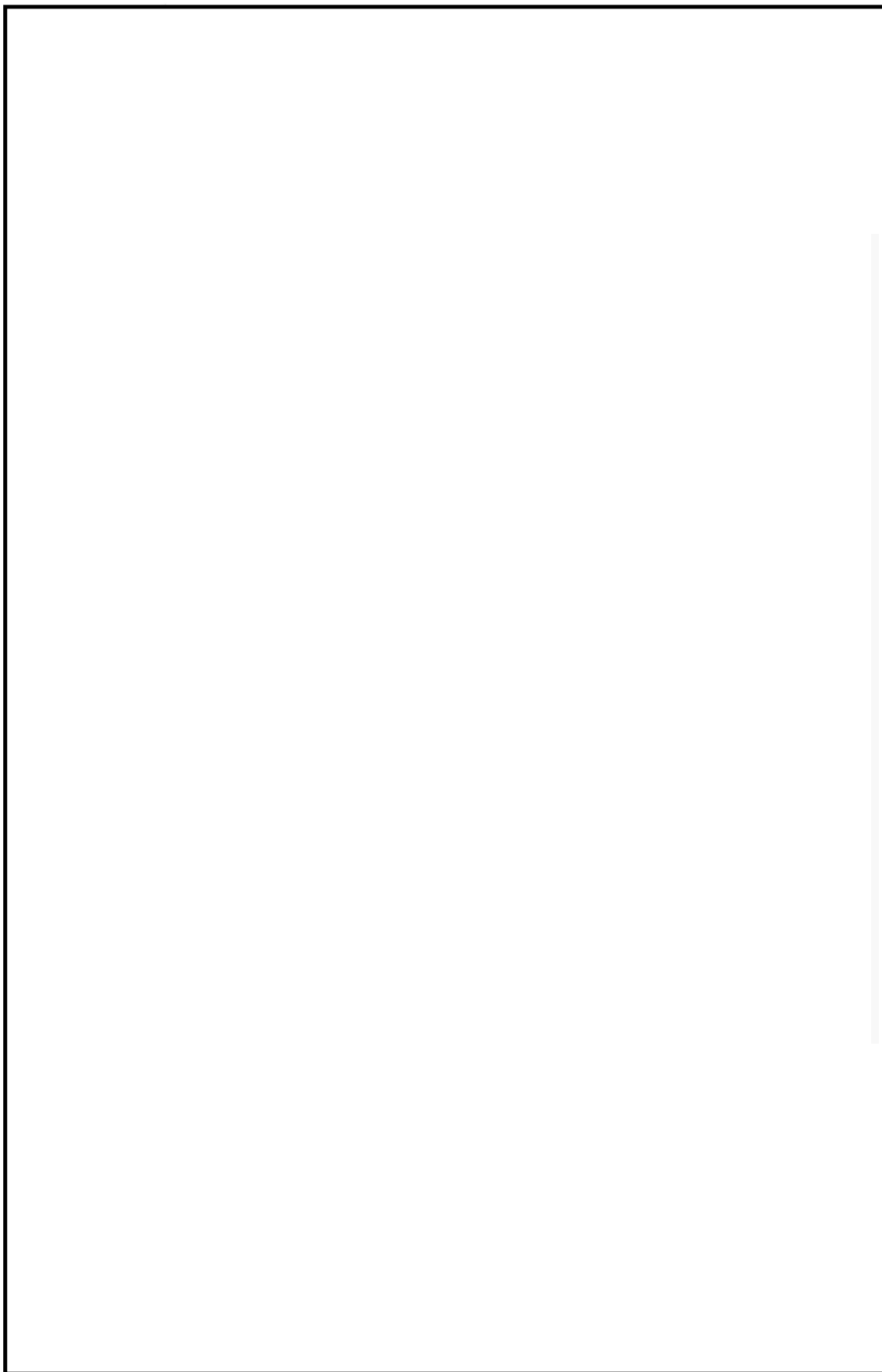
NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0

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。



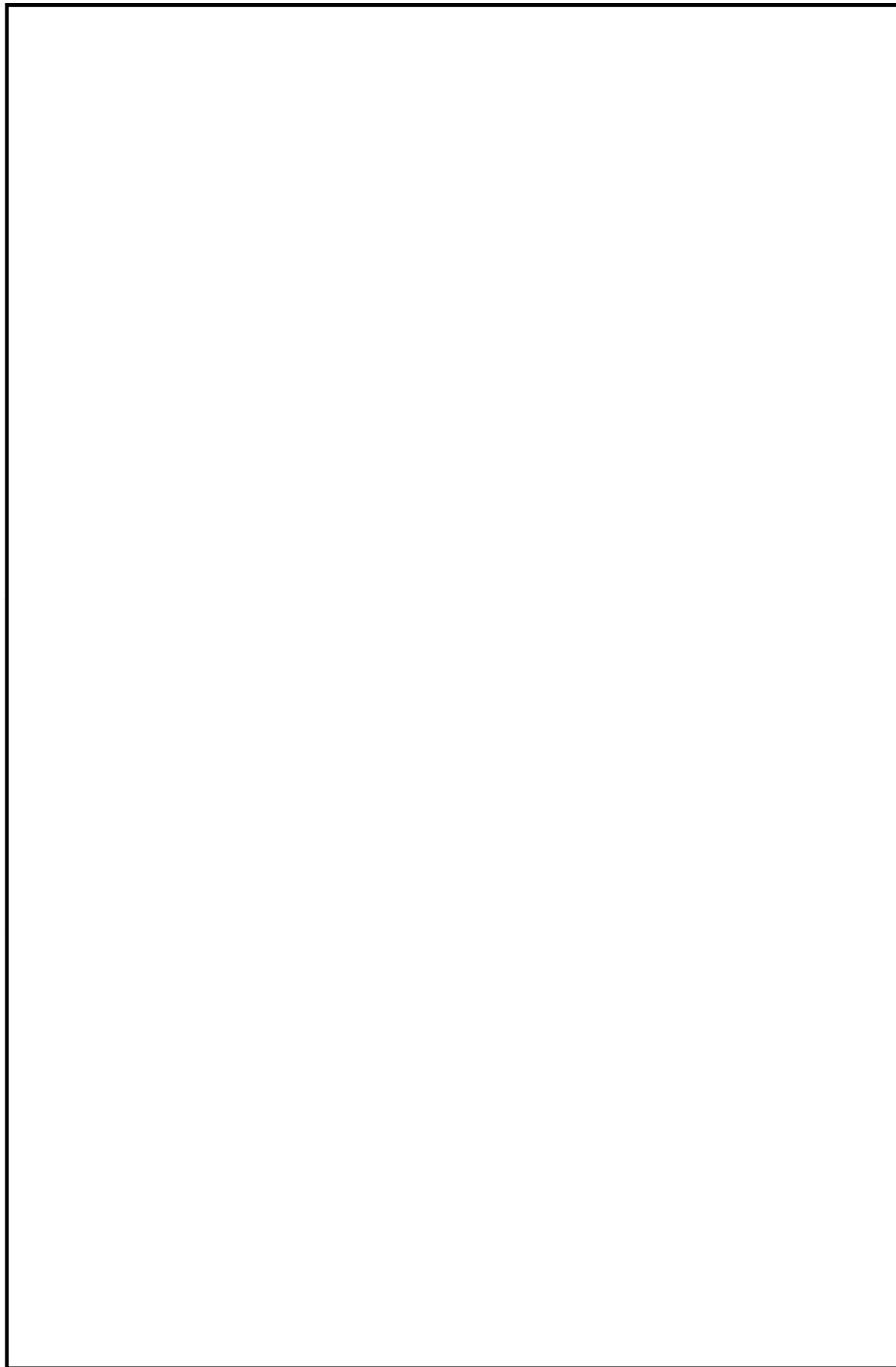
鳥瞰図 HAPS-001



鳥瞰図

HAPS-001

NT2 補③ V-2-8-3-3-2 R0



鳥瞰図

HAPS-001

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-001	V _A S	45	S _{prm} (S _s)	51	369	—	—	—
HVAC-001	V _A S	45	S _n (S _s)	—	—	114	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-002	V _A S	10	S _{prm} (S _s)	35	369	—	—	—
HVAC-002	V _A S	10	S _n (S _s)	—	—	50	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-003	V _A S	11	S _{prm} (S _s)	68	369	—	—	—
HVAC-003	V _A S	22	S _n (S _s)	—	—	150	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-004	V _A S	6	S _{prm} (S _s)	21	369	—	—	—
HVAC-004	V _A S	6	S _n (S _s)	—	—	34	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-005	V _A S	1	S _{prm} (S _s)	14	369	—	—	—
HVAC-005	V _A S	1	S _n (S _s)	—	—	18	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y 以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-006	V _A S	10	S _{prm} (S _s)	16	369	—	—	—
HVAC-006	V _A S	10	S _n (S _s)	—	—	24	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-007	V _A S	6	S _{prm} (S _s)	56	369	—	—	—
HVAC-007	V _A S	7	S _n (S _s)	—	—	103	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y 以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prn} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HVAC-008	V _A S	9	S _{prn} (S _s)	94	369	—	—	—
HVAC-008	V _A S	9	S _n (S _s)	—	—	159	490	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

鳥瞰図	許容応力 状態 (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*1 疲労累積係数 U S _s
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	
HAPS-001	V _A S	336	S _{prm} (S _s)	216	431	—	—	—
HAPS-001	V _A S	336	S _n (S _s)	—	—	341	376	—

注記*1： 一次+二次応力が2 S_y以下の場合は「—」と記載する。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
2FHV-014	アンカ	アンカ ラグ	SM400B	40	7.8	5.2	5.5	1.9	0.9	2.0	組合せ	24	470
4FHV-017	レストレイント	ラグ	SM400B	40	15.3	18.0	121.5	—	—	—	組合せ	80	490

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく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	型式	要求機能	応答加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		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
—	—	—	—	—	—	—	—	—

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-869 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-2-2 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

中央制御室待避室主配管

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 評価規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	14.70	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.80	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・適用規格の選定

中央制御室待避室主配管

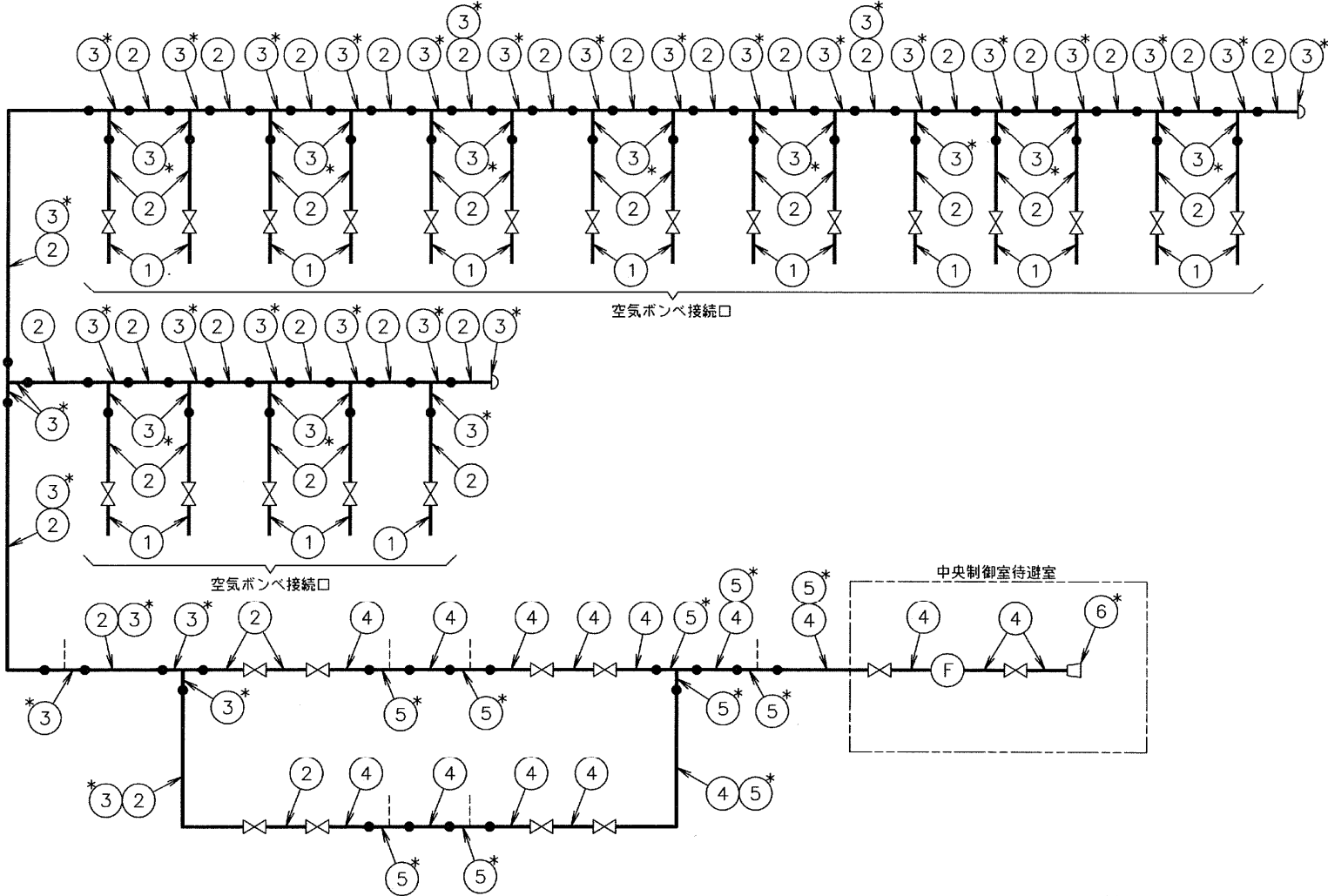
管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算		—	設計・建設規格
3	管の強度計算		—	設計・建設規格
4	管の強度計算		—	設計・建設規格
5	管の強度計算		—	設計・建設規格
6	管の強度計算		—	設計・建設規格

目次

1.	概略系統図	1
1.1	中央制御室待避室主配管	1
2.	管の強度計算書（重大事故等クラス2管）	2
2.1	中央制御室待避室主配管	2
3.	ねじ継手の強度計算結果	3

1. 概略系統図

1.1 中央制御室待避室主配管



注記*：管継手

中央制御室待避室主配管概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

2.1 中央制御室待避室主配管

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	14.70	40	27.20	3.90	SUS304	S	2	129	1.00	0.50mm	3.40	1.49	A	1.49
2	14.70	40	27.20	3.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	0.50mm	3.40	1.49	A	1.49
3	14.70	40	39.00	5.65	SUS304	S	2	129	1.00	0.75mm	4.90	2.13	A	2.13
4	1.80	40	27.20	2.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	0.50mm	2.40	0.19	A	0.19
5	1.80	40	39.00	5.65	SUS304	S	2	129	1.00	1.35mm	4.30	0.27	A	0.27
6	1.80	40	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	129	1.00	12.5 %	3.41	0.42	A	0.42

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. ねじ継手の強度計算結果

管NO.1

3.1 ねじ部のせん断応力評価

(1) 設計条件及び緒元

最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	おねじ材料の 許容せん断応力 τ_B (MPa)	ねじの基準長さ L (mm)	ねじ角度 α (°)	ピッチ P (mm)	負荷能力がある とみなされる, ねじ山の数 z

(注) 重大事故等時における使用時の値

3

おねじの有効径 d_p (mm)	めねじの内径 D_c (mm)	おねじのねじ山の 許容軸方向荷重 W_B (N)	ねじ締付トルクによる引抜荷重 F_t (N)	内圧評価断面積 A (mm ²)

(2) おねじの耐圧力

最高使用 圧 力 (MPa)	おねじの耐圧力 F_B (MPa)

(注) 重大事故等時における使用時の値

評 価	重大事故等時における使用時の圧力がせん断評価より求まるおねじの耐圧力以下であるので、ねじ部のせん断に対する強度は十分である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-870 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5-1 緊急時対策所用発電機内燃機関の
耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 内燃機関の耐震計算方法	6
3. 機能維持評価	
3.1 機能維持評価方法	10
4. 耐震計算結果	11

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機内燃機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機内燃機関は、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動的機能維持評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

内燃機関の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 内燃機関の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 内燃機関は、台板上に据付けられる構造である。内燃機関と台板は、取付ボルトにて固定され、台板は基礎コンクリートに基礎ボルトにて固定される。
- (3) 評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ(ボルト矩形配置)の評価式ベースとした評価式にて評価を実施する。
- (4) 発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (6) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (7) 内燃機関はその設置目的上、地震後の機能維持が要求されるものであり、運転時荷重であるディーゼル機関往復運動による加速度とディーゼル機関回転によるモーメントは考慮しない。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、内燃機関の設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (S_s) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態 A 及び B (供用状態 C がある場合にはこれを含む。), 又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態 D の許容応力を基準として, それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_b	ボルトに発生する引張応力	MPa
τ_{sb}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

(注) 基礎ボルトについては, 雰囲気温度における値。取付ボルトについては, 共通台板に設置されるため機器の最高使用温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力を第 5 表に示す。

また、評価する応力を第 6 表に示す。

第 5 表 基礎ボルト，取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	基礎ボルト，取付ボルト		
			応力分類		
			一次応力		
			引 張	せん断	組合せ ^(注)
C (Ss) クラス	$IV_A S$		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合，以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_{sb}, 1.5 f_t^*)$$

第 6 表 基礎ボルト，取付ボルトの評価する応力

種類	応力分類	一次応力	
		引 張	せん断
内 燃 機 関		σ_b	τ_{sb}

2.2 内燃機関の耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

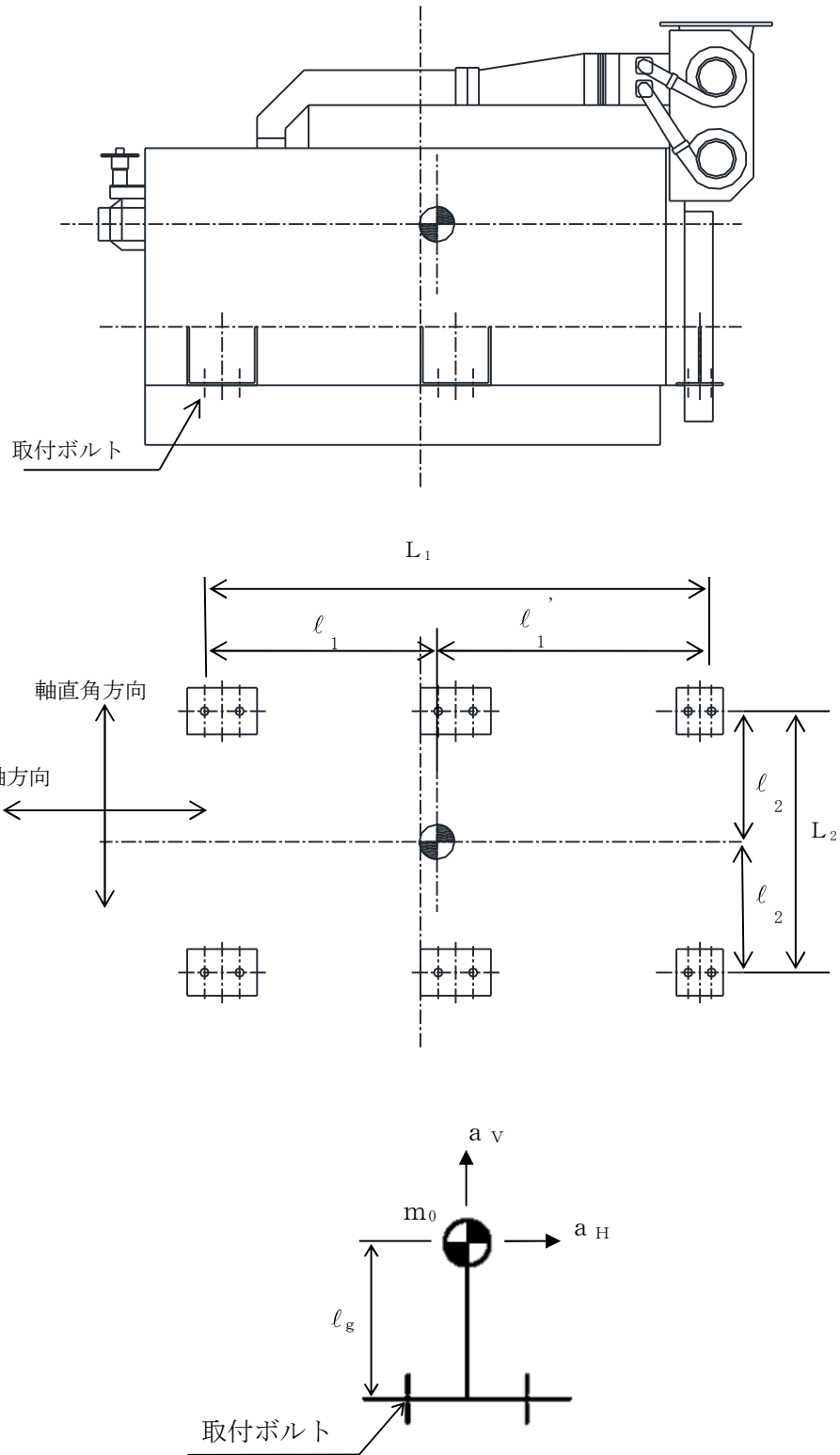
内燃機関の耐震計算に使用する記号を第 7 表に示す。

第 7 表 記号の説明

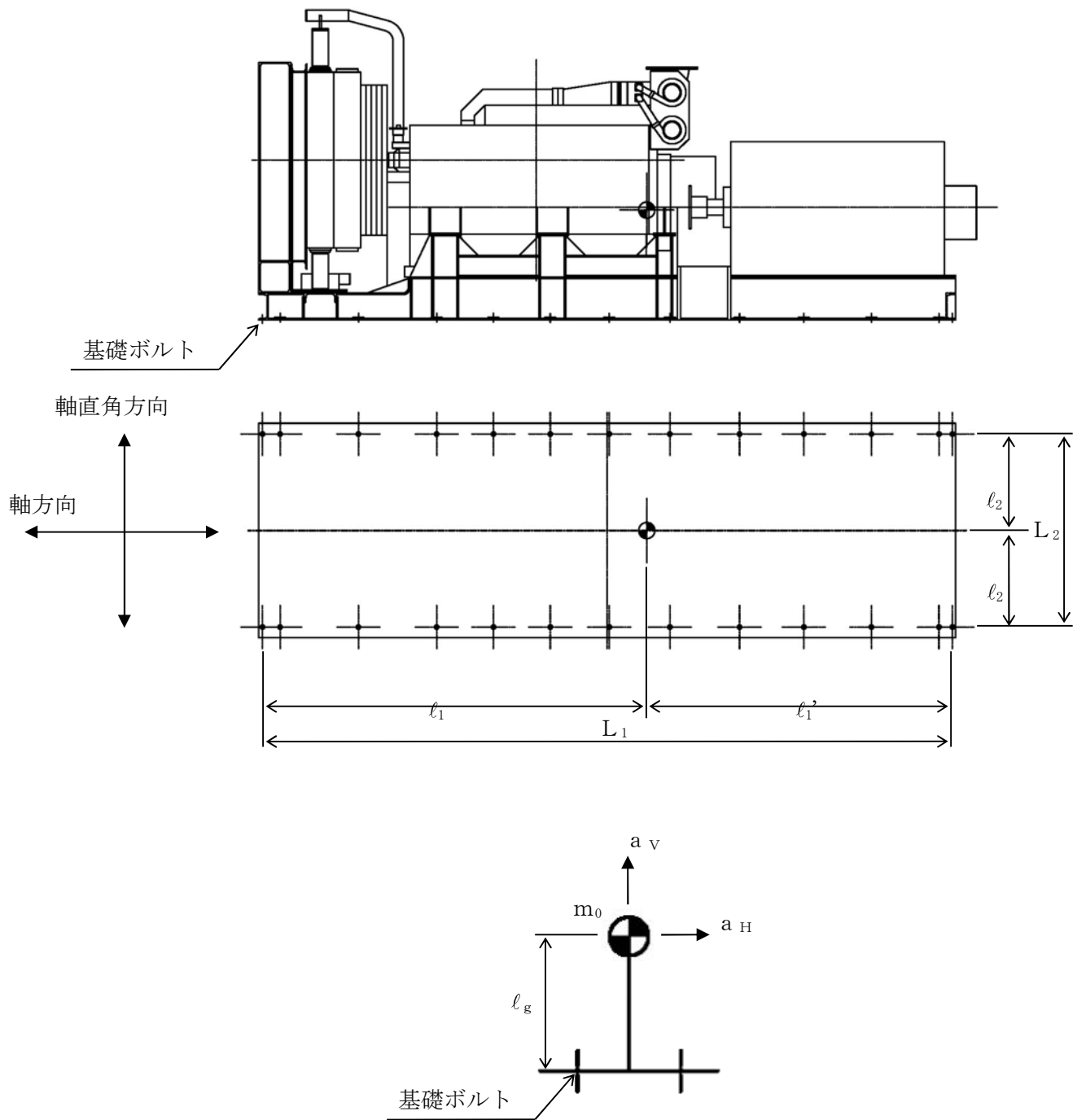
記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
F_{sb}	ボルトのせん断荷重	N
F_b	ボルト最大引張荷重	N
F_{b1}, F_{b2}	ボルト引張荷重	N
g	重力加速度 ($g = 9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l_1, l_1'	重心からボルト位置までの距離(軸方向)	mm
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離(軸方向)	mm
l_2	重心からボルト位置までの距離(軸直角方向)	mm
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離(軸直角方向)	mm
m_0	質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—

※取付ボルト評価時には、質量は内燃機関の質量、重心は内燃機関のみの重心位置とし、取付ボルト位置までの距離を評価に用いる。また、基礎ボルト評価時には、質量は台板上に積載される設備の全質量、重心は全設備の重心位置とし、基礎ボルト位置までの距離を評価に用いることにする。

2.2.2 評価モデル図



第1図 内燃機関 外形図及び評価モデル



第2図 内燃機関（台板含む）外形図及び評価モデル

2.2.3. 算出過程

評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

(a) 軸方向

$$F_{b1} = \frac{1}{L_1} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_1 \}$$

$$F_{b2} = \frac{1}{L_1} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_1 \}$$

$$F_b = \max (F_{b1}, F_{b2})$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_V = C_V \times g$$

(b) 軸直角方向

$$F_b = \frac{1}{L_2} \{ m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_V) \cdot \ell_2 \}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_{fb} \cdot A_b}$$

(2) せん断応力評価

$$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

3. 機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内、内燃機関の地震後機能維持評価について、以下に示す。

3.1 機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機設備（以降「発電機設備」という）と同型の常設代替高圧電源装置（以降「電源車」という）の加振試験を実施した※。機能維持評価方法としては、発電機設備の設置エリアの最大加速度が電源車の加振試験で得られた内燃機関の機能確認済加速度以下であることにより確認する。機能確認済加速度については第8表に示す。

※2017年委託「東海第二発電所 SA 車両設備の加振試験に係る委託(Phase2)」受託報告書参照。

第8表 機能確認済加速度

項目	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	1.6
鉛直	2.3

4. 耐震計算結果

発電機設備の内燃機関の耐震計算結果を以降に示す。応力の発生値は評価基準値以下であり、耐震性を有することを確認した。また、設置エリアの加速度は機能維持確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所 緊急時対策所用発電機設備（内燃機関）の耐震計算書

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	取付ボルト, 基礎ボルト 配置状態	取付ボルト, 基礎ボルト 評価温度 (°C)
C (Ss)	EL. 23.3	矩形配置	

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)	水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81	11.77	9.81

3. 機器要目

評価部位	m _o (kg)	l _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (本)	n _{f b} (本)		L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	l ₁ (mm)	l ₁ ' (mm)	l ₂ (mm)
					軸方向	軸直角方向					
取付ボルト											
基礎ボルト											

4. 結果

4.1 取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
取付ボルト	引張				○
	せん断				○
	組合せ				○

4.2 基礎ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	引張				○
	せん断				○
	組合せ				○

4.3 内燃機関の機能維持評価結果

項目	評価用加速度 (×9.8m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水平	1.2	1.6	○
鉛直	1.0	2.3	○

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-883 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-3-3 緊急時対策所非常用送風機の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	2
3.1 構造強度評価方法	2
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	2
4. 機能維持評価	5
4.1 動的機能維持評価方法	5
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、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所非常用送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所非常用送風機は、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動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所非常用送風機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
横軸ポンプ	ファンはファンベースに固定され、ファンベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

構造強度評価は、「V-2-1-14-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所非常用送風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策所非常用送風機の許容応力を表 3-2 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所非常用送風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 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	緊急時対策所 換気系	緊急時対策所 非常用送風機*2	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等）		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t^*, (2.1 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_b)\}$
V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限 界を用いる。)			

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i}	S _{u i}
基礎ボルト (i=1)		周囲環境温度		198	504
原動機 取付ボルト (i=3)		周囲環境温度		241	394

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

緊急時対策所非常用送風機の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。緊急時対策所非常用送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」1 に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
ファン	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
電動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所非常用送風機の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所非常用送風機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		ファン振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
緊急時対策所 非常用送風機	常設/緩和	緊急時対策所 EL. 37.0 *1	— *2	C _H = — *3	C _V = — *3	C _H = 1.64 *4	C _V = 1.00 *4	C _D = 0.21	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 *1: 基準床レベルを示す。

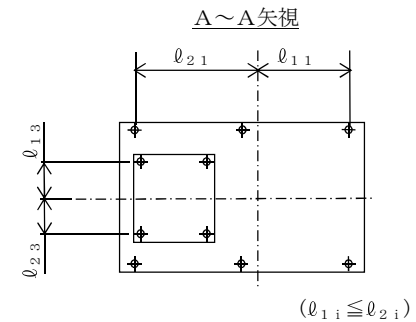
*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: 弾性設計用地震動 S_d の震度以上の設計震度又は静的震度

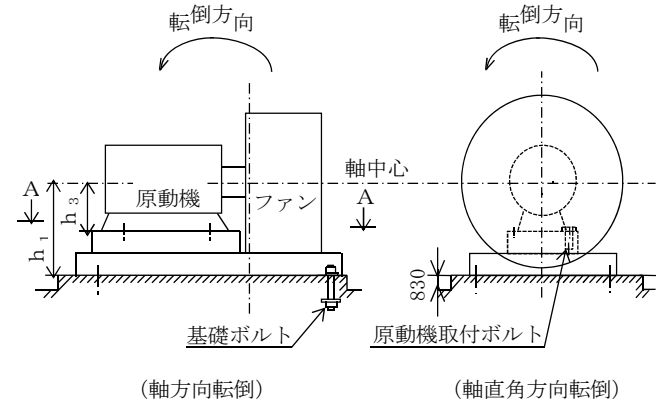
*4: 基準地震動 S_s の震度以上の設計震度

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}
基礎ボルト (i=1)						6	2
原動機取付ボルト (i=3)						4	2



部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i * (MPa)		転倒方向	M _D (N・mm)
			弾性設計用地 震動 S _d 又は 静的震度	基準 地震動 S _s		
基礎ボルト (i=1)	198 *5	504 *5	—	205	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	241 *5 (径 ≤ 16mm)	394 *5	—	241	軸直角	4.775 × 10 ⁴



注記 *5: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

1. 3 計算数値

1. 3. 1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	8.253×10 ³	—	1.488×10 ⁴
原動機取付ボルト (i=3)	—	9.619×10 ²	—	3.628×10 ³

1. 4 結論

1. 4. 1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

1. 4. 2 動的機能維持の評価

(単位：×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.36	2.6
	鉛直方向	1.0	1.0
原動機	水平方向	1.36	4.7
	鉛直方向	1.0	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-884 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-5-3 緊急時対策所用発電機給油ポンプの
耐震性についての計算書

目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 耐震計算方法	
2.1 基本事項	2
2.2 給油ポンプの耐震計算方法	9
3. 機能維持評価	
3.1 給油ポンプの機能維持評価方法	12
4. 耐震計算結果	15

1. 概 要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所用発電機給油ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機給油ポンプは、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動的機能維持評価を示す。

2. 耐震計算方法

2.1 基本事項

2.1.1 適用基準

本資料における計算方法は、以下に示す指針・規程に準拠する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程」(JEAC4601-2008)

2.1.2 耐震計算の条件

給油ポンプの耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

(1) 評価対象部位

評価対象部位は、以下の通り。

- a. 基礎ボルト
- b. 取付ボルト
- c. 軸
- d. 摺動部 (ギア部)
- e. 軸受
- f. メカニカルシール
- g. 軸継手

このうち、「f. メカニカルシール」は、構造上存在せず、「g. 軸継手」は、軸受がブレンメタルでありサイドスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より、本資料においては、給油ポンプの「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」「c. 軸」「d. 摺動部 (ギア部)」「e. 軸受」の評価方針を示す。

- (2) 評価用地震動は、Ss 地震動とする。
- (3) 給油ポンプの耐震計算モデルは 1 質点系モデルとし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (4) 給油ポンプは、台板上に据付けられる構造である。給油ポンプと台板は、取付ボルトにて固定され、台板は基礎コンクリートに基礎ボルトにて固定される。
- (5) 評価は、JEAG4601 に記載の横置きポンプ (ボルト矩形配置) の評価式ベースで評価する。
- (6) 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。) の付録材料図表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表 Part 5 表 8 及び 9 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (7) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用す

ることで実施しており、公称値を用いることで問題ない。

- (8) ボルトの減肉は考慮しないものとする。
- (9) 給油ポンプはその設置目的上、地震後の機能維持が要求されるものであり、運転時荷重である回転によるモーメント及び回転体振動による加速度は考慮しない。
- (10) 電動機の評価は、電動機に作用する最大加速度の 1.0 倍の値(1.0ZPA の値)が、JEAC4601-2008 記載の値（機能維持確認済加速度）以下であることを確認する。

2.1.3 評価用地震荷重

(1) 記号の説明

地震荷重に使用する記号の説明を第 1 表に示す。

第 1 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
a_H	評価用水平加速度	m/s^2
a_V	評価用鉛直加速度	m/s^2
K_h	評価用水平地震力	—
K_v	評価用鉛直地震力	—

(2) 動的地震力

動的水平及び動的鉛直地震力は、給油ポンプの設置床面における設計用床応答曲線により求めるものとする。

機能維持評価において、ポンプの応力評価は、評価用加速度として、最大加速度の 1.0 倍の値(1.0ZPA)と 1.2 倍の値(1.2ZPA)の 2 ケースを実施する。

(3) 評価用地震力

評価用地震力の求め方を第 2 表に示す。

第 2 表 評価用地震力の求め方

耐 震 重要度分類	評価用水平地震力 (K_h)		評価用鉛直地震力 (K_v)	
	C (Ss) クラス	動的	設計用床応答曲線 (S_s) による地震力 ^(注)	動的

(注) 固有周期が 0.05 s 以下の設備は、設置床面における最大応答加速度の値を 1.2 倍した値を用いる。

2.1.4 応力評価の考え方

(1) 記号の説明

応力評価に使用する記号の説明を第 3 表に示す。

第 3 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
D	死荷重	N
f_t^*	f_t の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
f_s^*	f_s の値を算出する際に「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8」に定める値とあるのを「設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値 ^(注)	MPa
M_D	地震と組み合わせすべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
P_D	地震と組み合わせべきプラントの供用状態A及びB（供用状態Cがある場合にはこれを含む。）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
S_y	設計降伏点（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 8に規定される値）	MPa
S_u	設計引張強さ（設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9に規定される値）	MPa
IV_{AS}	設計・建設規格の供用状態Dの許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な制限を加えた許容応力状態	—
σ_{b1}	ボルトに発生する最大引張応力	MPa
τ_{sb1}	ボルトに発生するせん断応力	MPa
σ_{b2}	軸に発生する引張応力	MPa
σ_c	軸に発生する圧縮応力	MPa
σ_t	軸に発生する曲げ応力	MPa
τ_{sb2}	軸に発生するせん断応力	MPa
σ_1	軸に発生する一次一般膜応力と曲げ応力	MPa
σ_2	軸に発生する一次一般膜応力	MPa

(注) 基礎ボルト及び取付ボルトについては、雰囲気温度における値。

(2) 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せと許容応力状態を第 4 表に示す。

第 4 表 荷重の組合せと許容応力状態

荷重の組合せ	$D + P_D + M_D + S_s$
許容応力状態	$IV_A S$

(3) 許容応力

許容応力は、クラス3支持構造物に準拠する。

a 支持構造物

基礎ボルト及び取付ボルトの許容応力を第 5 表に、軸の許容応力を第 6 表に示す。

また、基礎ボルト及び取付ボルトの評価する応力を第 7 表に、軸の評価する応力を第 8 表に示す。

第 5 表 基礎ボルト，取付ボルトの許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	支持構造物の 種類	基礎ボルト，取付ボルト		
		応力 分類	一次応力		
			引 張	せん断	組合せ (注)
C (Ss) クラス	$IV_A S$		$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	f_{ts}^*

(注) ボルトにせん断力が作用する場合，以下の評価式で組合せ評価を実施する。

$$IV_A S : f_{ts}^* = \text{Min} (1.4(1.5 f_t^*) - 1.6 \tau_{sb}, 1.5 f_t^*)$$

第 6 表 軸の許容応力

耐震 重要度 分類	許容 応力 状態	応力分類	引張応力 圧縮応力 せん断応力 一次一般膜応力	曲げ応力 一次一般膜応力と 曲げ応力
		C (Ss) クラス	$IV_A S$	$0.6 S_u$

第7表 基礎ボルト，取付ボルトの評価する応力

種類	応力分類	一次応力	
		引張	せん断
給油ポンプ		σ_{b1}	τ_{sb1}

第8表 軸の評価する応力

種類	応力分類	引張	圧縮	曲げ	せん断	一次一般膜応力と曲げ応力	一次一般膜応力
	軸		σ_{b2}	σ_c	σ_t	τ_{sb2}	σ_1

2.2 給油ポンプの耐震計算方法

2.2.1 記号の説明

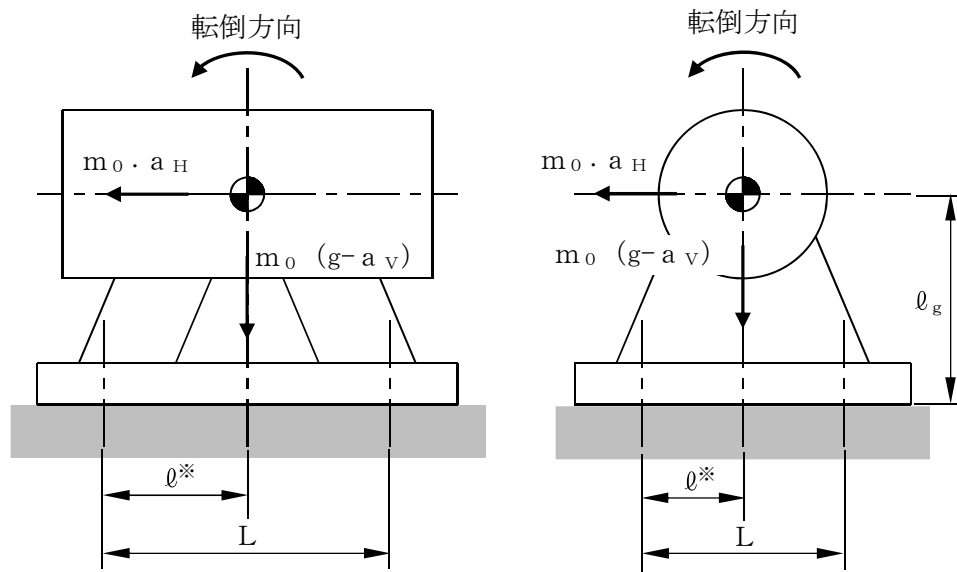
給油ポンプの耐震計算に使用する記号を第 9 表に示す。

第 9 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
C_H	設計用水平震度	G
C_V	設計用鉛直震度	G
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
l_g	ボルト設置位置から重心までの高さ	mm
l	重心とボルト間の水平方向距離	mm
L	支点としている基礎ボルト及び取付ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルト及び取付ボルトまでの距離	mm
m_o	質量	kg
n_b	ボルトの全本数	—
n_{fb}	引張が作用するボルトの本数	—
σ_{b1}	ボルトに発生する最大引張応力	MPa
τ_{sb1}	ボルトに発生するせん断応力	MPa

※取付ボルト評価時には、質量は給油ポンプの質量、重心は給油ポンプのみの重心位置とし、取付ボルト位置までの距離を評価に用いる。また、基礎ボルト評価時には、質量は台板上に積載される設備の全質量、重心は全設備の重心位置とし、基礎ボルト位置までの距離を評価に用いることにする。

2.2.2 評価モデル図



第1図 計算モデル（軸方向転倒）

第2図 計算モデル（軸直角方向転倒）

※ l は最大引張応力がかかる寸法を採用すること

2.2.3. 算出過程

評価は、JEAG4601に記載の横置きポンプ（ボルト矩形配置）の評価式をベースとした評価式にて評価を実施する。

2.2.3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算

(1) 引張応力評価

$$\sigma_{b1} = \frac{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g - m_0 \cdot (g - a_v) \cdot \ell}{n_{fb} \cdot A_b \cdot L}$$

ここで、

$$a_H = C_H \times g$$

$$a_v = C_v \times g$$

(2) せん断応力評価

$$\tau_{sb1} = \frac{m_0 \cdot a_H}{n_b \cdot A_b}$$

3. 機能維持評価

緊急時対策所用発電機設備の内, 給油ポンプの地震後機能維持評価について, 以下に示す。

3.1 給油ポンプの機能維持評価方法

3.1.1 記号の説明

給油ポンプの機能維持評価に使用する記号を第 10 表に示す。

第 10 表 記号の説明

記号	記 号 の 説 明	単 位
A	最小軸直径部の軸断面積	mm ²
A _s	軸受面積	mm ²
ω	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm
H _s	ハイドロスラスト荷重	N
l	軸及び摺動部（ギア部）の支持間長さ	mm
W ₀	軸及び摺動部（ギア部）の質量	kg
M	等分布荷重により働くモーメント	N・mm
Z	断面係数	mm ³
δ	たわみ量	mm
E	摺動部（ギア部）のヤング率	MPa
I	断面二次モーメント	mm ⁴
σ_{b2}	軸に発生する引張応力	MPa
σ_c	軸に発生する圧縮応力	MPa
σ_t	軸に発生する曲げ応力	MPa
τ_{sb2}	軸に発生するせん断応力	MPa
σ_1	軸に発生する一次一般膜応力と曲げ応力	MPa
σ_2	軸に発生する一次一般膜応力	MPa
P	軸に作用する面圧	MPa

3.1.2 給油ポンプの機能維持評価方法

(1) 軸

軸を両端支持の単純はりモデル化し、地震力を考慮した荷重による引張応力、圧縮応力、曲げ応力、せん断応力、組合せ応力を算出する。許容応力は、第6表に示す値とし発生する応力値が、許容応力値を下回ることを確認する。

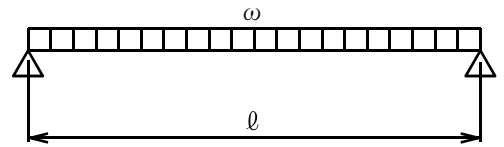
a. 引張応力

σ_{b2} の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_{b2} = \frac{\omega \cdot \ell + Hs}{A}$$

ここで、

$$\omega = \frac{W_0 \times \sqrt{a_H^2 + (9.80665 + a_V)^2}}{\ell}$$



第3図 評価モデル

b. 圧縮応力

σ_c の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_c = \frac{\omega \cdot \ell + Hs}{A}$$

c. 曲げ応力

M, σ_t の算出式は、以下の通り。

$$M = \frac{\omega \cdot \ell^2}{8}$$

$$\sigma_t = \frac{M}{Z}$$

d. せん断応力

τ_{sb2} の算出式は、以下の通り。

$$\tau_{sb2} = \frac{\omega \cdot \ell}{A}$$

e. 一次一般膜応力と曲げ応力

σ_1 の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_1 = \sigma_{11} - \sigma_{21}$$

ここで、

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{21} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

f. 一次一般膜応力

σ_2 の算出式は、以下の通り。

$$\sigma_2 = \sigma_{12} - \sigma_{22}$$

ここで、

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2}\sigma_t + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

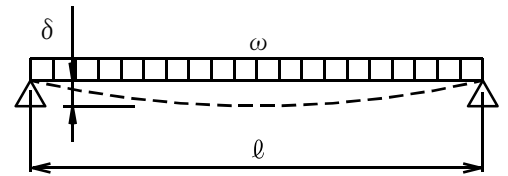
$$\sigma_{22} = \frac{1}{2}\sigma_t - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

(2) 摺動部（ギア部）

摺動部（ギア部）の評価は、摺動部を両端支持の単純はりモデル化し、地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出し、たわみ量がギアとケーシングのクリアランス内であることを確認する。

たわみ量の算出式は、以下の通り。

$$\delta = \frac{5 \omega \cdot \ell^4}{384 E \cdot I}$$



第4図 評価モデル

(3) 軸受

軸受の評価は、地震時に作用する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による面圧が、軸受メーカーカタログ記載の荷重値（許容面圧）内であることを確認する。

面圧の算出式は、以下の通り。

$$P = \frac{\omega \cdot \ell}{A_s}$$

3.1.3 電動機の機能維持評価方法

電動機の評価は、2.1.2 項(10)でも示している通り、電動機に作用する最大加速度の1.0倍の値（1.0ZPAの値）が、JEAC4601-2008記載の値（機能維持確認済加速度）以下であることを確認する。

4. 耐震計算結果

次に耐震計算結果を示す。

1. 設計条件

耐震重要度 分類	設置場所 (m)	ボルト配置状態	評価温度(°C)		
			基礎ボルト	ポンプ取付ボルト	原動機取付ボルト
C (Ss)	19.3	矩形配置	50	50	50

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81

3. 機器要目

評価部位	m ₀ (kg)	ℓ _g (mm)	A _b (mm ²)	n _b (-)	n _{f b} (-)	ℓ (mm)	L (mm)
基礎ボルト							
ポンプ取付ボルト							
原動機取付ボルト							

4. 結果

4.1 基礎ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
基礎ボルト	SUS630	引張				○
		せん断				○
		組合せ				○

4.2 ポンプ取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
ポンプ取付ボルト	SS400	引張				○
		せん断				○
		組合せ				○

4.3 原動機取付ボルトの応力評価結果 (許容応力状態IV_AS)

評価部材	材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	耐震裕度	結果
原動機取付ボルト	SS400	引張				○
		せん断				○
		組合せ				○

動的機能維持評価 (1. OZPA による応力評価結果)

1. 設計条件

耐震重要度分類	設置場所 (m)	配置状態	評価温度 (°C)	電動機の型式
C (Ss)	19.3	矩形配置	50	横形ころがり軸受電動機

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)		設計用加速度 (動的機能維持評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)	水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
11.77	9.81	11.77	9.81

3. 機器要目

A (mm ²)	A _S (mm ²)	H _S (N)	φ (mm)	W ₀ (kg)	Z (mm ³)	E (MPa)	I (mm ⁴)

4. 結果

4.1 給油ポンプ

(1) 軸

材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	引張		
	圧縮		
	曲げ		
	せん断		
	組合せ		
	一次一般膜応力		

発生応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

(2) 摺動部 (ギア部)

変位量 (mm)	クリアランス (mm)
0.0002	0.04

変位量はクリアランス内に収まっているので安全である。

(3) 軸受

面圧 (MPa)	許容面圧 (MPa)
1	2

面圧は許容面圧以下であるので安全である。

4.2 電動機

項目	評価用加速度 ^{※1} (×9.8m/s ²)	機能維持確認済加速度 (×9.8m/s ²)	結果
水平	1.2	4.7	○
鉛直	1.0	1.0	○

※1: 電動機の固有値については、剛とすることとし、評価用加速度は、最大加速度の1.0倍の値を用いる。
評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下であるので安全である。

動的機能維持評価 (1. 2ZPA による応力評価結果)

1. 設計条件

耐震重要度分類	設置場所 (m)	配置状態	評価温度 (°C)	電動機の型式
C (Ss)	19.3	矩形配置	50	横形ころがり軸受電動機

2. 評価用加速度

設計用加速度 (応力評価) (m/s ²)	
水平 (a _H)	鉛直 (a _V)
14.71	9.81

3. 機器要目

A (mm ²)	A _S (mm ²)	H _S (N)	φ (mm)	W ₀ (kg)	Z (mm ³)	E (MPa)	I (mm ⁴)

4. 結果

4.1 給油ポンプ

(1) 軸

材料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
	引張			
	圧縮			
	曲げ			
	せん断			
	組合せ			一次一般膜応力と曲げ応力
				一次一般膜応力

発生応力はすべて許容応力以下であるので安全である。

(2) 摺動部 (ギア部)

変位量 (mm)	クリアランス (mm)
0.0002	0.04

変位量はクリアランス内に収まっているので安全である。

(3) 軸受

面圧 (MPa)	許容面圧 (MPa)
1	2

面圧は許容面圧以下であるので安全である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-885 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-7-1-1-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 評価規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
ML-228-1	新設	無	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

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 設計条件	7
3.2 材料及び許容応力	8
4. 評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示すとおりとする。





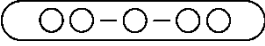
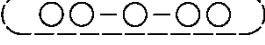

(1) 管

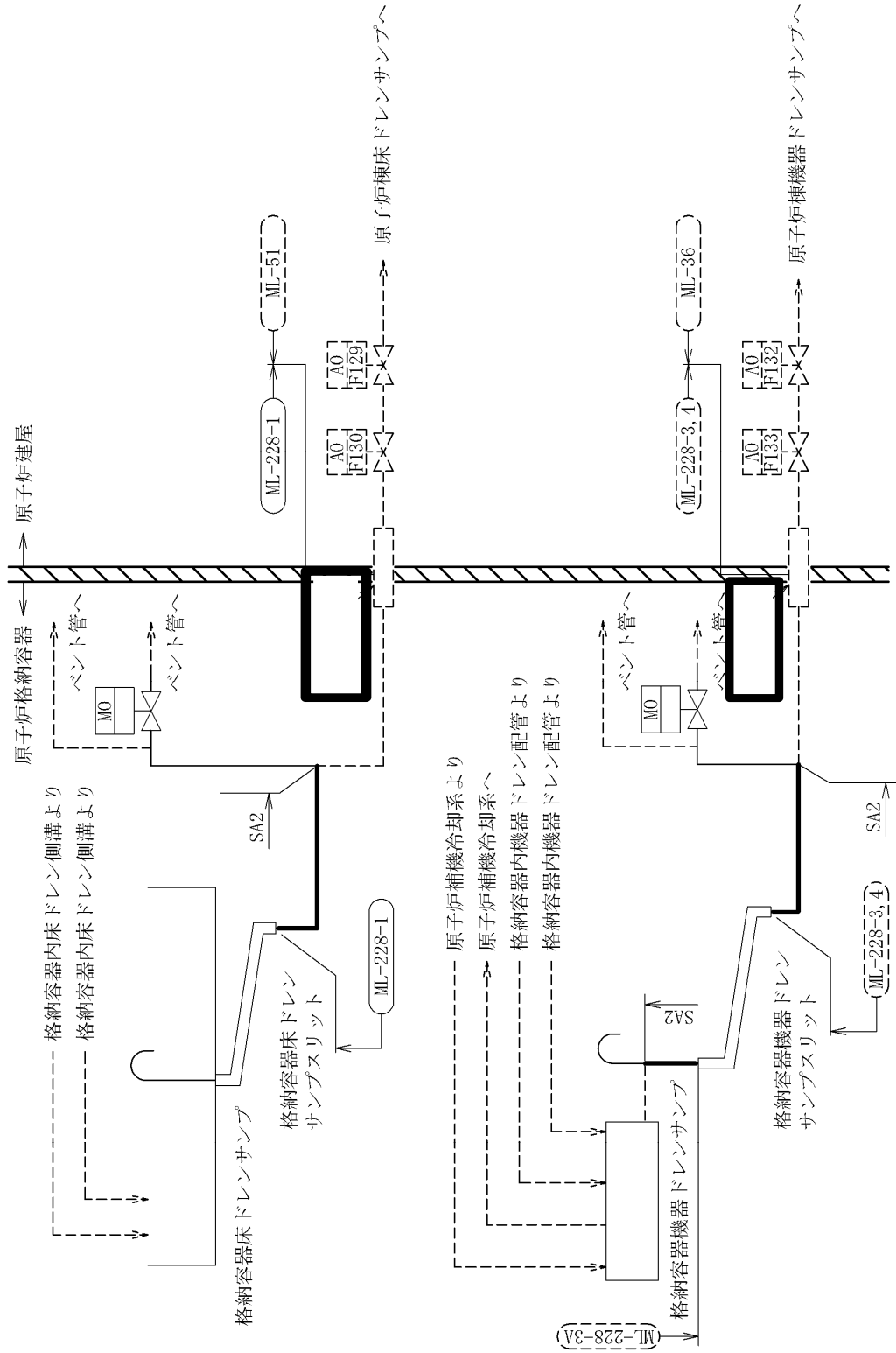
工事計画記載範囲の管について、最大応力を解析モデル単位で評価する。なお、評価結果については、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


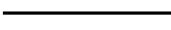
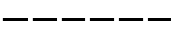

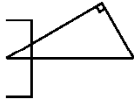
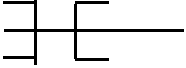

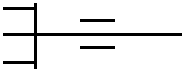
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2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



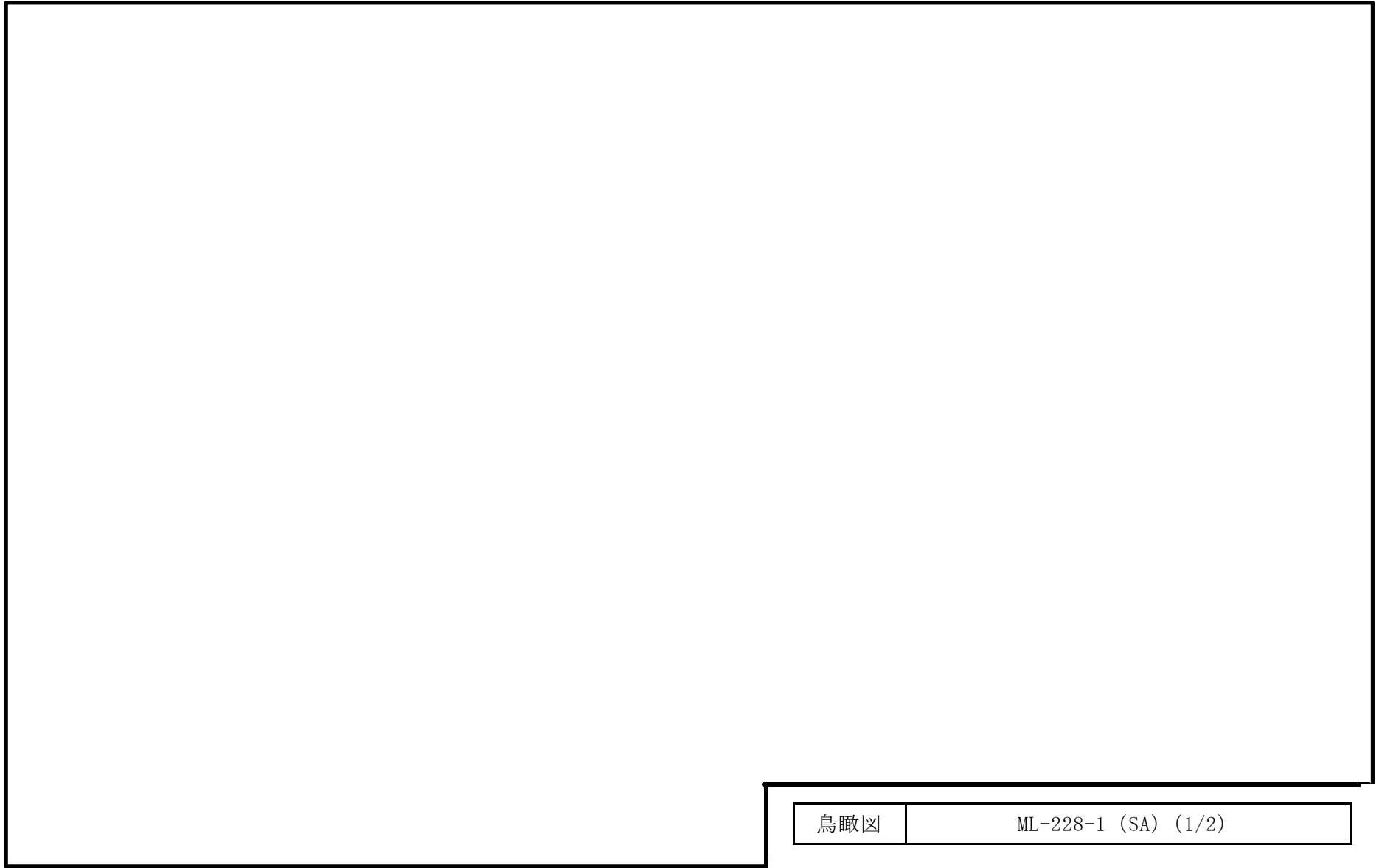
液体廃物処理系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

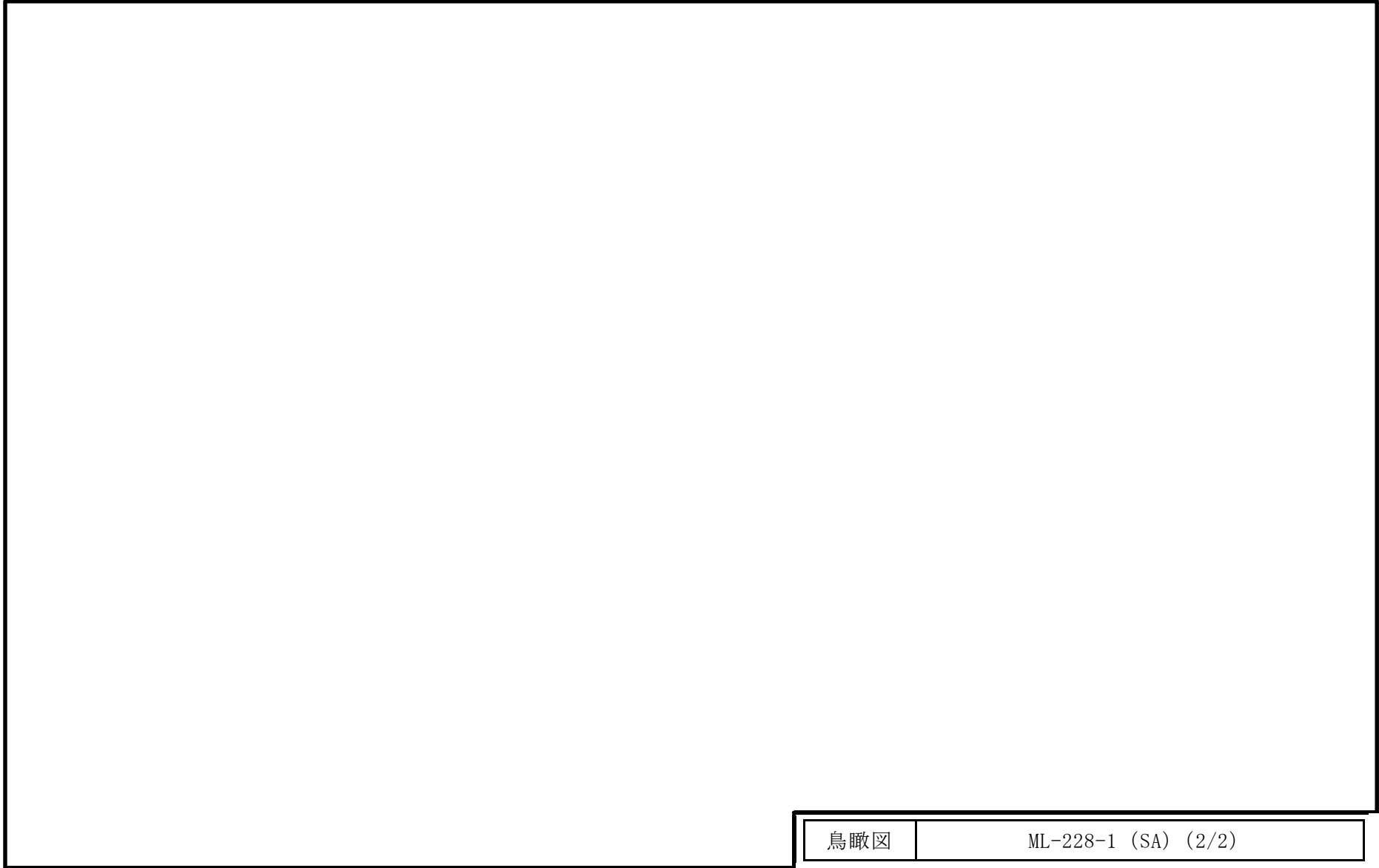
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」,設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を 「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計 算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために 表記する管
	質 点 ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向 成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注：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

5



鳥瞰図	ML-228-1 (SA) (1/2)
-----	---------------------

9



鳥瞰図	ML-228-1 (SA) (2/2)
-----	---------------------

3. 計算条件

3.1 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
1	1N~1003, 102~100	0.62	200	89.1	7.6	SUS316TP
2	1003~102	0.62	200	89.1	5.5	SUS304TP

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316TP	200	—	—	—	127
SUS304TP	200	—	—	—	111

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520 による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
			$S_{pr m}(1)$	$1.5 S_h$
ML-228-1	2	$S_{pr m}(1)$	17	190
ML-228-1	2	$S_{pr m}(2)$	17	228

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-888 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-4-3 常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの耐震性について
の計算書作成の基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 計算精度と数値の丸め方	3
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 機能維持評価	9
4.1 基本方針	9
4.2 設計用地震力	9
4.3 ポンプの動的機能維持評価	10
4.4 ポンプ逃し弁の動的機能維持評価	19
4.5 原動機の動的機能維持評価	19
5. 評価結果	20
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
5.2 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、「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、常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプは、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以外の常設重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価を示す。

なお、常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「指針」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据付ける。</p>	<p>スクリー式</p>	

2.2 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2-1に示すとおりである。

表2-1 表示する数値の丸め方

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

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

*2: 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2 許容応力

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの許容応力を表 3-3 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの使用材料の許容応力のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	常設代替高圧電源装置用燃 料移送ポンプ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	非常用発電 装置	常設代替高圧電源装置用燃 料移送ポンプ	常設／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとし てⅣ _A Sの許 容限界を用い る。)

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

*2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3.1 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一 次 応 力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-3.2 許容応力 (ポンプ)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (主軸等)	
	一次一般応力	一次膜応力+一次曲げ応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 上記値と1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値
Ⅳ _A S	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—

表 3-5 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト	SNB7	最高使用温度	55	710	827	—
ポンプ主軸	S45C	最高使用温度	55	336	550	—

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプは、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、指針にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

- (1) 常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプは地震後においてもその機能が維持されるよう、動的機能維持の評価を行う。なお、本ポンプは「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、機能維持評価は、指針にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また、原動機については横形ころがり軸受機であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
- (2) 本ポンプは横置き of 機器であることから、指針に従い構造的に一つの剛体として取扱う。
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））
J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）の付録材料図表 Part5 の表にて計算する際に、中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数点以下第1位を切捨て、整数位までの値とする。

4.2 設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力を用いる。

4.3 ポンプの動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプは、容量等が指針に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく、回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって、基本的な構成要素は指針に記載されている横形ポンプと同等であることから、指針に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い、以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

② 軸系としての評価

地震時の主軸発生応力評価を行う。

③ 摺動部(軸系)

主軸とケーシング間の摺動部(主ねじ部)の評価として地震時の隙間評価を行う。

④ 軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.3.2 評価基準値

(1) スクリュー式ポンプ

① 軸系としての評価(主軸発生応力)

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態Ⅲ_ASに準拠し設定する。

② 摺動部(軸系)

主軸の地震時の変形量が摺動部(主ねじ部)については主ねじとスリーブ間の隙間より小さいこと。

③ 軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が、軸受の許容面圧以下であること。

4.3.3 記号の説明

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表4-2に示す。

表4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Ri}	ラジアル荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
A_{Ti}	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
C_H	水平方向震度	—
C_V	鉛直方向震度	—
d_j	軸の評価箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
I_j	軸の評価箇所の断面二次モーメント	mm^4
l	軸長さ	mm
l_1	支点間距離	mm
l_2	支点Aから軸端までの距離	mm
l_3	支点Aからメカニカルシール面までの距離	mm
M	軸に作用する最大曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_{cj}	軸質量	kg
M_{Cj}	W_c により発生する軸の最大曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_{Sj}	w により発生する軸の最大曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_P	ポンプ回転により作用するモーメント	$N \cdot mm$
m_c	カップリング質量	kg
m_s	軸質量	kg
N	回転速度 (原動機の同期回転速度)	min^{-1}
P	原動機出力	kW
P_R	ラジアル荷重による軸受の最大面圧	MPa
P_{Ri}	ラジアル荷重による軸受の面圧	MPa
P_T	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	$N \cdot mm$
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_C	地震力を考慮した軸端部荷重	N
$W_{Ri(j)}$	軸受にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_T	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
W_2	軸受にかかる通常運転時スラスト荷重	N
x_1	支点Bから軸評価点までの距離	mm
x_2	軸端からメカニカルシール面までの距離	mm
Δ_{cjk}	W_c により発生する軸のたわみ量	mm
δ_{sjk}	w により発生する軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ_j	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
δ_2	シール面における軸のたわみ量	mm
π	円周率	—
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

添字 i の意味は $i=A$: 支点 A 、 $i=B$: 支点 B
 添字 j の意味は $j=1$: 支点間 、 $j=2$: 張出部
 添字 k の意味は $k=s$: w による評価 、 $k=c$: W_c による評価

4.3.4 評価方法

(1) 軸

軸の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が、その許容応力値を下回ることを確認する。

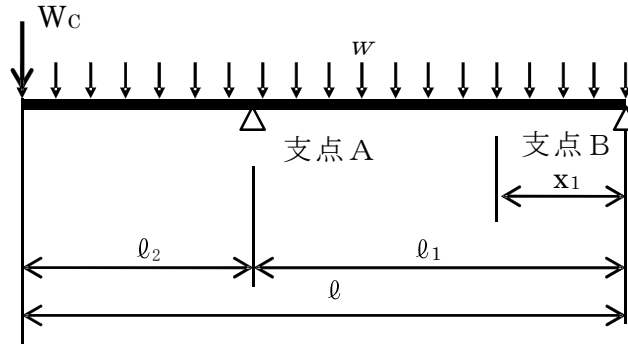


図 4-1 軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は次式で求める。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d_1^3} \right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

ここで、ねじりモーメント T は

$$T = M_P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント M_P は

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

(1 kW = 10⁶ N・mm/s)

軸に作用する最大曲げモーメント M

$$M = \max (M_{S1} + M_{C1} , M_{S2} + M_{C2}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

ここで、主軸質量に地震力を考慮した等分布荷重 w は

$$w = \frac{m_s \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}}{l} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

等分布荷重 w が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \} \text{ で生じる。}$$

$$M_{s1} = \frac{w}{8 \ell_1^2} (\ell_1 + \ell_2)^2 (\ell_1 - \ell_2)^2 \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

支点 A からの張出部での最大モーメント M_{s2} は、支点 A $x_2 = 0$ で生じる

$$M_{s2} = \frac{w \ell_2^2}{2} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 A-B 間の最大モーメントは、

$$x_1 = \frac{\ell_1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2} \right) \right\} \text{ で生じる。}$$

$$M_{c1} = \frac{W_c \ell_2}{\ell_1} \cdot \frac{\ell_1}{2} \cdot \left(1 - \frac{\ell_2^2}{\ell_1^2} \right) \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

張出部にカップリングの質量 m_c が作用した場合の支点 A からの張出部での最大モーメント M_{c2} は 支点 A ($x_2 = 0$) で

$$M_{c2} = W_c \cdot \ell_2 \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

ここで 張出し部に作用する軸端荷重 W_c は、

$$W_c = m_c \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

支点 A と支点 B 間の最大モーメントは、主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{s1} + M_{c1}$) となる。

支点 A からの張出部での最大モーメントも同様にして主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは ($M_{s2} + M_{c2}$) となる。

(2) 軸受

軸受の評価は、地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による荷重が軸受の許容荷重（許容面圧）以下であることを確認する。

a. ラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_R = \max(P_{RA}, P_{RB}) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

支点Aの軸受の面圧 P_{RA} は、

$$P_{RA} = \frac{W_{RA}}{A_{RA}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

支点Bの軸受の面圧 P_{RB} は、

$$P_{RB} = \frac{W_{RB}}{A_{RB}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WRは

$$\left. \begin{aligned} W_{RA} &= W_{RA1} + W_{RA2} \\ W_{RB} &= W_{RB1} + W_{RB2} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Aに働く反力 W_{RA1} は、

$$W_{RA1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2)^2 \quad \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

主軸の等分布荷重 w により支点Bに働く反力 W_{RB1} は

$$W_{RB1} = \frac{w}{2\ell_1} \cdot (\ell_1^2 - \ell_2^2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

張出部に軸端荷重 W_c が作用した場合の支点Aに働く反力 W_{RA2} は、

$$W_{RA2} = \frac{W_c}{\ell_1} \cdot (\ell_1 + \ell_2) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

張出部に軸端部荷重 W_c が作用した場合の支点 B に働く反力

W_{RB2} は、

$$W_{RB2} = \frac{W_c \cdot \ell_2}{\ell_1} \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

b. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_T = \frac{W_T}{A_{TA}} \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

ここで、軸受にかかる地震時のスラスト荷重 W_t は

$$W_T = (m_s + m_c) \cdot g \cdot C_H + W_2 \dots \dots \dots (4.3.4.20)$$

(3) 摺動部（主ねじ部）

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

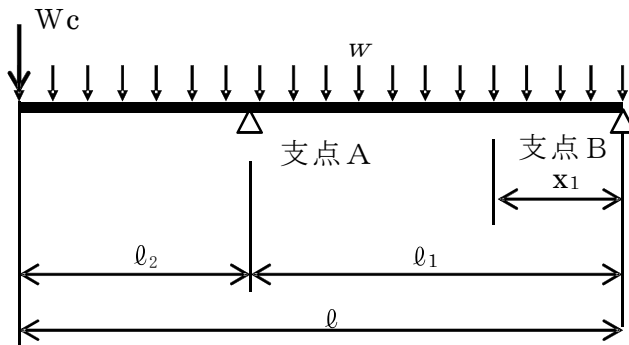


図 4-2 摺動部（主ねじ部）の評価モデル

摺動部（主ねじ部）支点 A と支点 B 間における w による軸のたわみ量 δ_{S1S} は次式で求める。

w による最大たわみは $x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で生ずる。

$$\delta_{S1S} = \frac{w \cdot x_1}{24EI\ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots \dots (4.3.4.21)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による

$x_1 = \ell_1 / 2 \{ 1 - (\ell_2^2 / \ell_1^2) \}$ で軸のたわみ量 δ_{c1s}

は次式で求める

$$\delta_{c1s} = \frac{W_c \cdot \ell_2 \cdot x_1}{6 EI \ell_1} (\ell_1^2 - x_1^2) \quad \dots (4.3.4.22)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における w による W_c による最大たわみでの

軸のたわみ量 δ_{s1c} は次式で求める。

W_c による最大たわみ点 $x_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{3}}$ である。

$$\delta_{s1c} = \frac{w \cdot x_1}{24 EI \ell_1} \{ \ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3 \ell_1 - 2\ell_2^2 \ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2 \} \dots (4.3.4.23)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間における W_c による軸のたわみ量 δ_{c1c}

は次式で求める

$$\delta_{c1c} = \frac{W_c \ell_2 \ell_1^2}{9\sqrt{3} EI} \quad \dots (4.3.4.24)$$

$$\delta_1 = \max(\delta_{s1s} + \delta_{c1s}, \delta_{s1c} + \delta_{c1c}) \quad \dots (4.3.4.25)$$

4.4 ポンプ 逃し弁の動的機能維持評価

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ用逃し弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

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

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.5 原動機の動的機能維持評価

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ用原動機は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ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動的機能を有することを確認した。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
常設代替高圧電源装置用 燃料移送ポンプ A, B	S	燃料移送ポンプ室 C, D EL. +2.0m*1	—*2	—*2	C _H =0.41*3	C _V =0.36*3	C _H =0.81*4	C _V =0.71*4		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。
 *2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。
 *3: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度と同等以上の設計震度
 *4: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} (mm)		l _{2i} (mm)		n _i	n _{fi}	
			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 (i=1)	364	250	72	200	428	200	4	2	2
ポンプ取付ボルト (i=2)	204	160	95	95	105	105	4	2	2
原動機取付ボルト (i=3)	55	112	95	70	95	70	4	2	2

部 材	A _{bi} (mm ²)	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _P (N·mm)	
				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 (i=1)	201.1 (M16)	205*2	504*2	205	246	軸方向	軸直角方向	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	201.1 (M16)	710*1	827*1	578	578	軸方向		—	—
原動機取付ボルト (i=3)	78.54 (M10)	710*1	827*1	578	578	軸直角方向	軸方向		—

注記 *1: 最高使用温度で算出
 *2: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min ⁻¹)	原動機出力 (kW)
	N=1.500×10 ³	P=2.2

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 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)	281.9	785.3	1.713×10 ³	3.141×10 ³
ポンプ取付ボルト (i=2)	113.3	599.7	960.3	1.760×10 ³
原動機取付ボルト (i=3)	36.3	160.2	258.9	474.6

1.1.4 結論

1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b1} = 2$	$f_{ts1} = 153^*$	$\sigma_{b1} = 4$	$f_{ts1} = 184^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 3$	$f_{sb1} = 118$	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 142$
ポンプ取付ボルト	SNB7	引張り	$\sigma_{b2} = 1$	$f_{ts2} = 433^*$	$\sigma_{b2} = 3$	$f_{ts2} = 433^*$
		せん断	$\tau_{b2} = 2$	$f_{sb2} = 333$	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb2} = 333$
原動機取付ボルト	SNB7	引張り	$\sigma_{b3} = 1$	$f_{ts3} = 433^*$	$\sigma_{b3} = 3$	$f_{ts3} = 433^*$
		せん断	$\tau_{b3} = 1$	$f_{sb3} = 333$	$\tau_{b3} = 2$	$f_{sb3} = 333$

すべて許容応力以下である。

注記 * : (4.4.1.2) 式により算出

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
常設代替高压電源装置用 燃料移送ポンプ A, B	スクリー式	3	燃料移送ポンプ室 C, D EL. +2.0m ^{*1}	— ^{*2}	— ^{*2}	C _H =0.81 ^{*3}	C _V =0.71 ^{*3}		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。
*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。
*3: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
常設代替高压電源装置用 燃料移送ポンプ A, B 用電動機	横形ころがり 軸受電動機	2.2	燃料移送ポンプ室 C, D EL. +2.0m ^{*1}	— ^{*2}	— ^{*2}	C _H =0.81 ^{*3}	C _V =0.71 ^{*3}		55	50

注記 *1: 基準床レベルを示す。
*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。
*3: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.2.2 機器要目

m _s (kg)	m _c (kg)	ℓ (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)

A _{ra} (mm ²)	A _{rb} (mm ²)	A _{tb} (mm ²)	E (MPa)	I (mm ⁴)	N (min ⁻¹)	W ₂ (N)

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較 (単位: ×9.8m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.81	—
	鉛直方向	0.71	—
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁、原動機は、評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。
ポンプは、本文 4.3.1 項に基づき、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 軸の応力評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸	$\tau_{max} = 6$	495

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸受の評価 (単位：MPa)

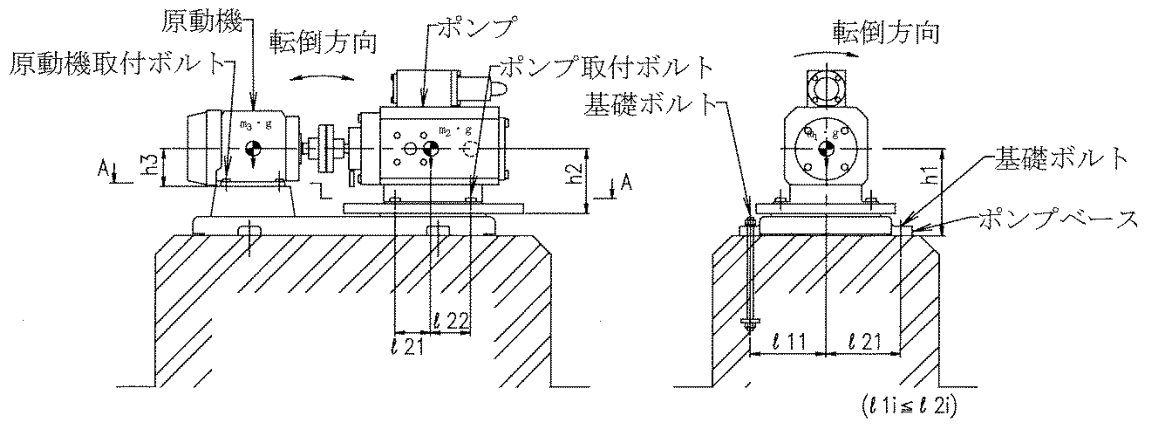
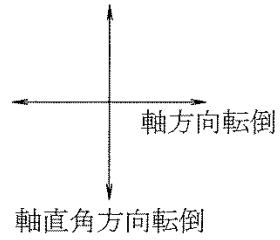
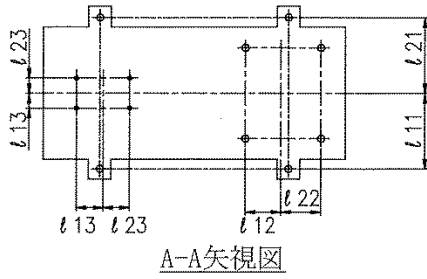
評価部位	荷重	発生面圧	許容面圧
軸受	ラジアル(原動機側)	$P_{RA} = 0.0678$	
	ラジアル(負荷側)	$P_{RB} = 0.0835$	
	スラスト	$P_T = 0.1769$	

すべて許容面圧以下である。

1.2.3.2.2.3 摺動部(主ねじ)の評価 (単位：mm)

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙以下である。



【弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合】

【基準地震動Ssの場合】

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-889 改0
提出年月日	平成30年6月29日

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	21
3.4 設計用地震力	22
4. 解析結果及び評価	23
4.1 固有周期及び設計震度	23
4.2 評価結果	29
4.2.1 管の応力評価結果	29
4.2.2 支持構造物評価結果	30

1. 概要

本計算書は、「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-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

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、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。





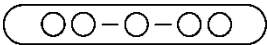
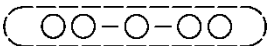

(2) 支持装置

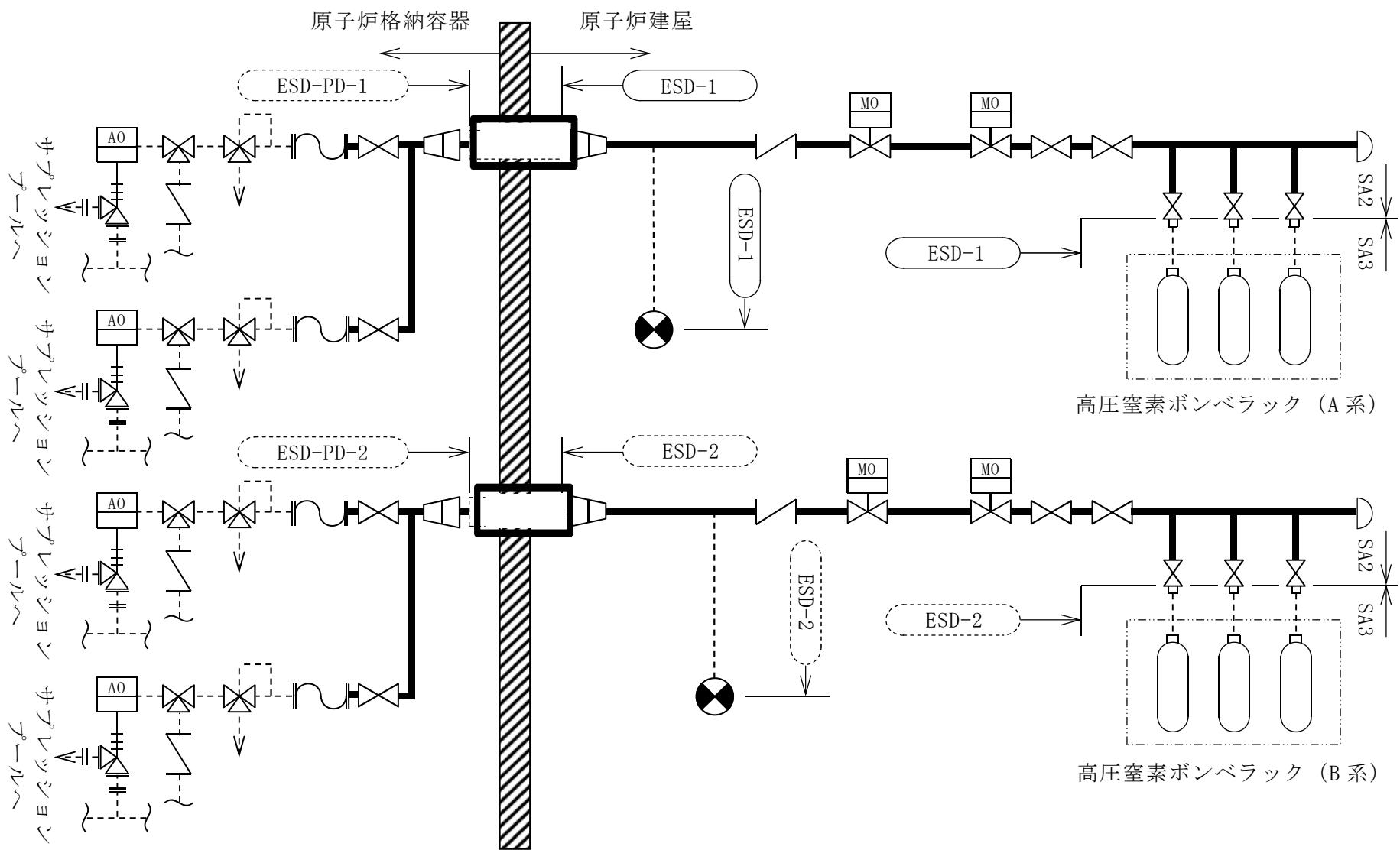
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例







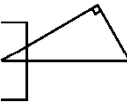
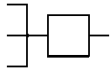

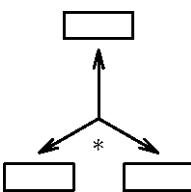
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス1管
DB2	クラス2管
DB3	クラス3管
DB4	クラス4管
SA2	重大事故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



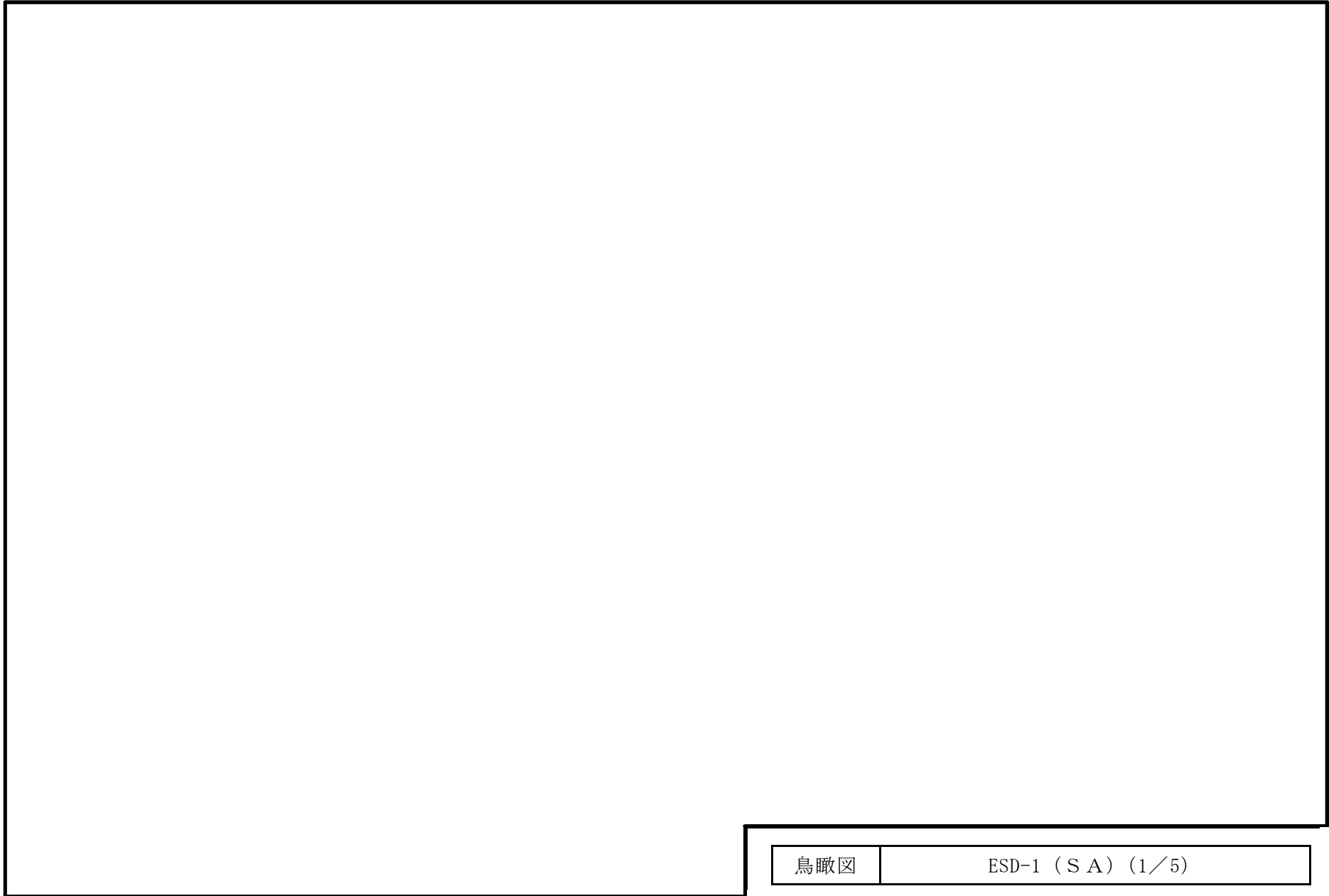
非常用逃がし安全弁駆動系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

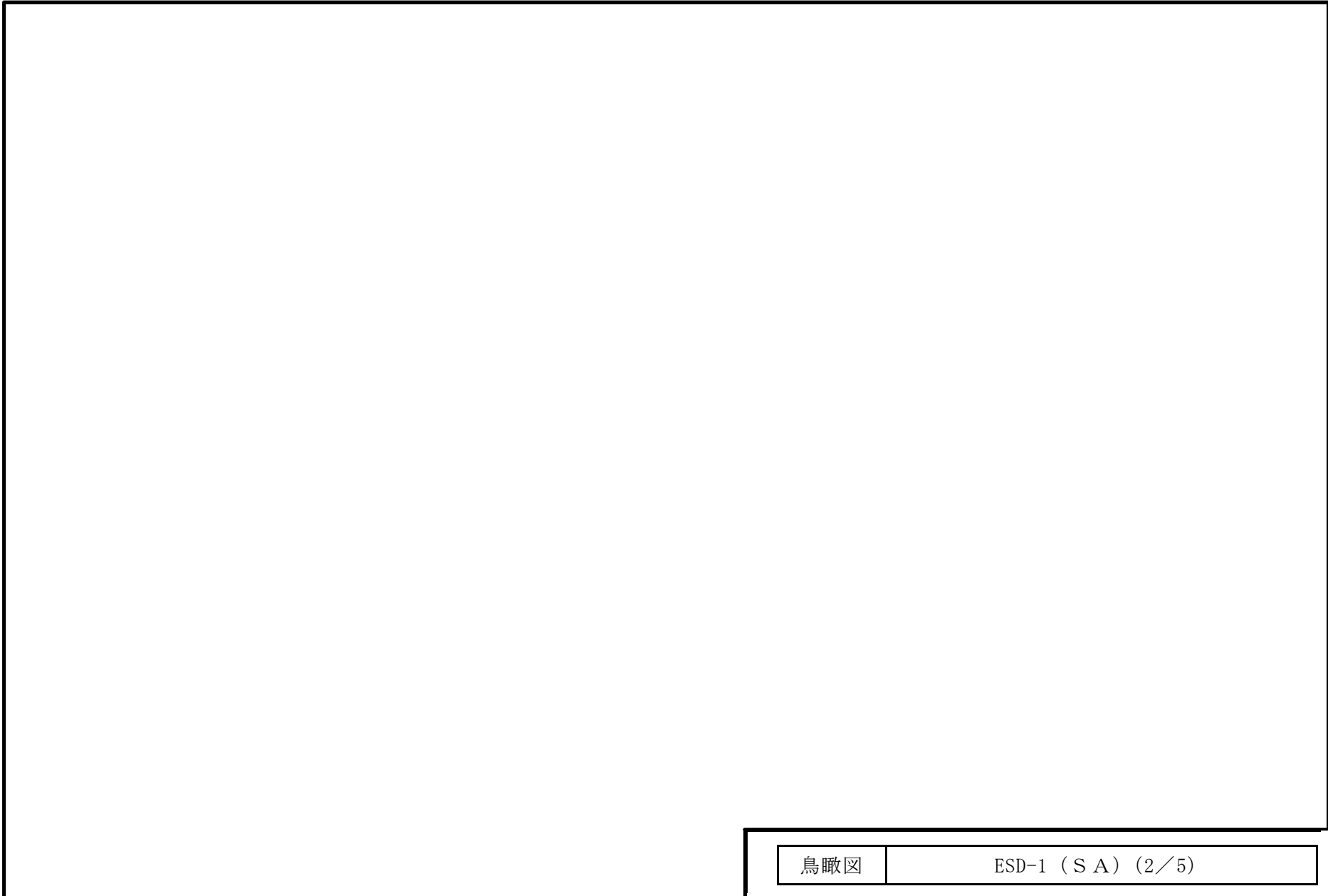
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」,設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	拘束点の地震による相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

注： 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



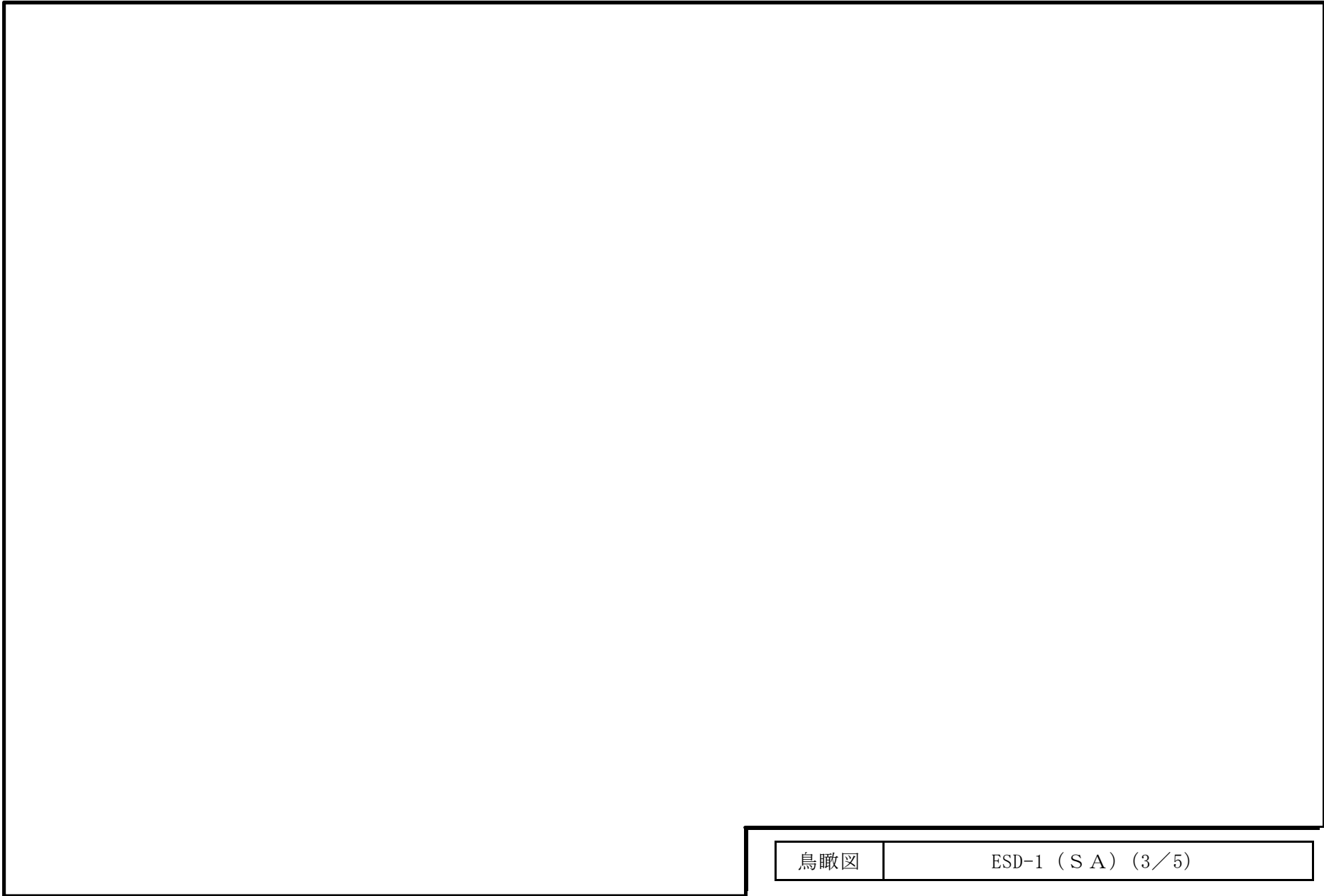
鳥瞰図

ESD-1 (S A) (1/5)



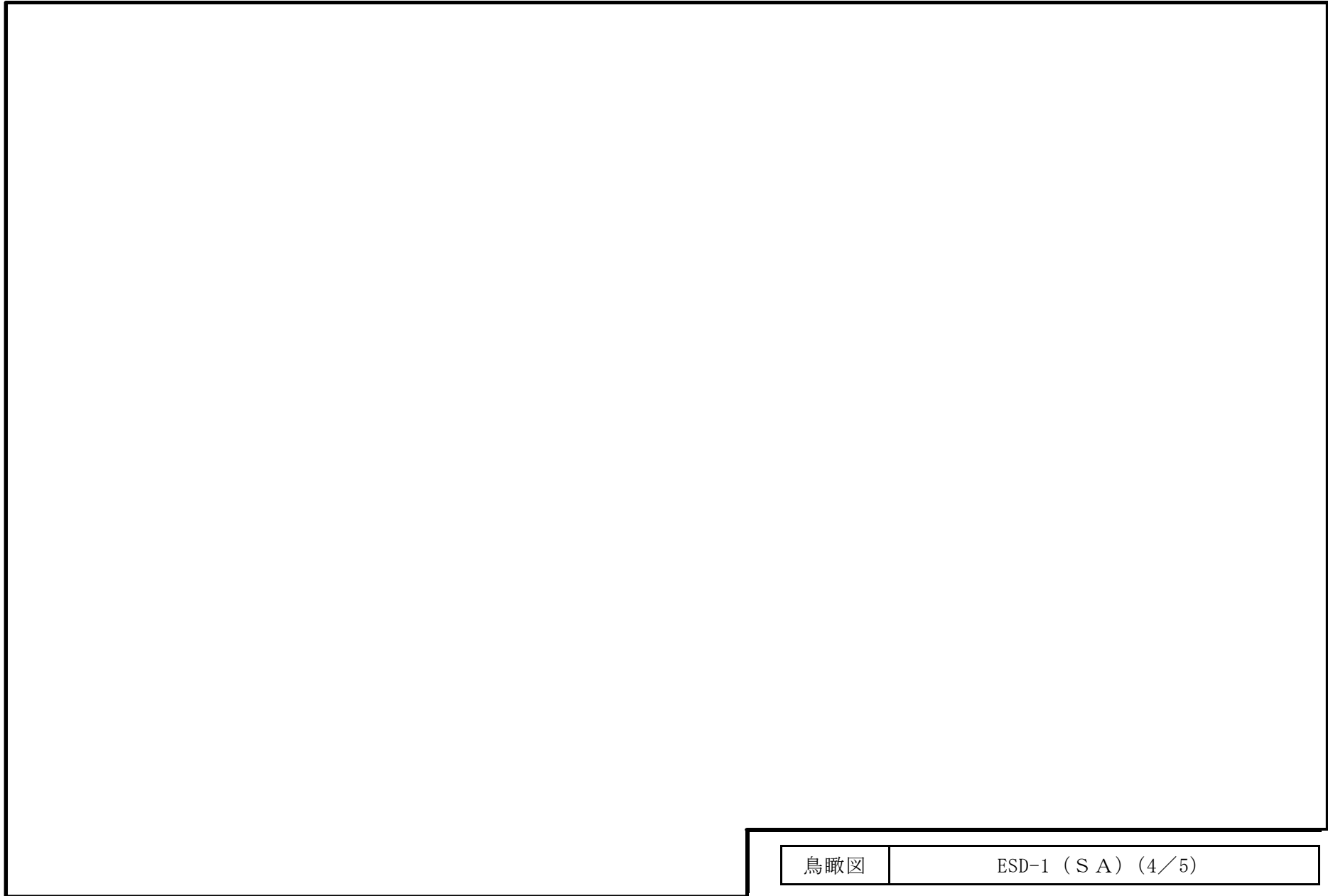
鳥瞰図

ESD-1 (S A) (2/5)



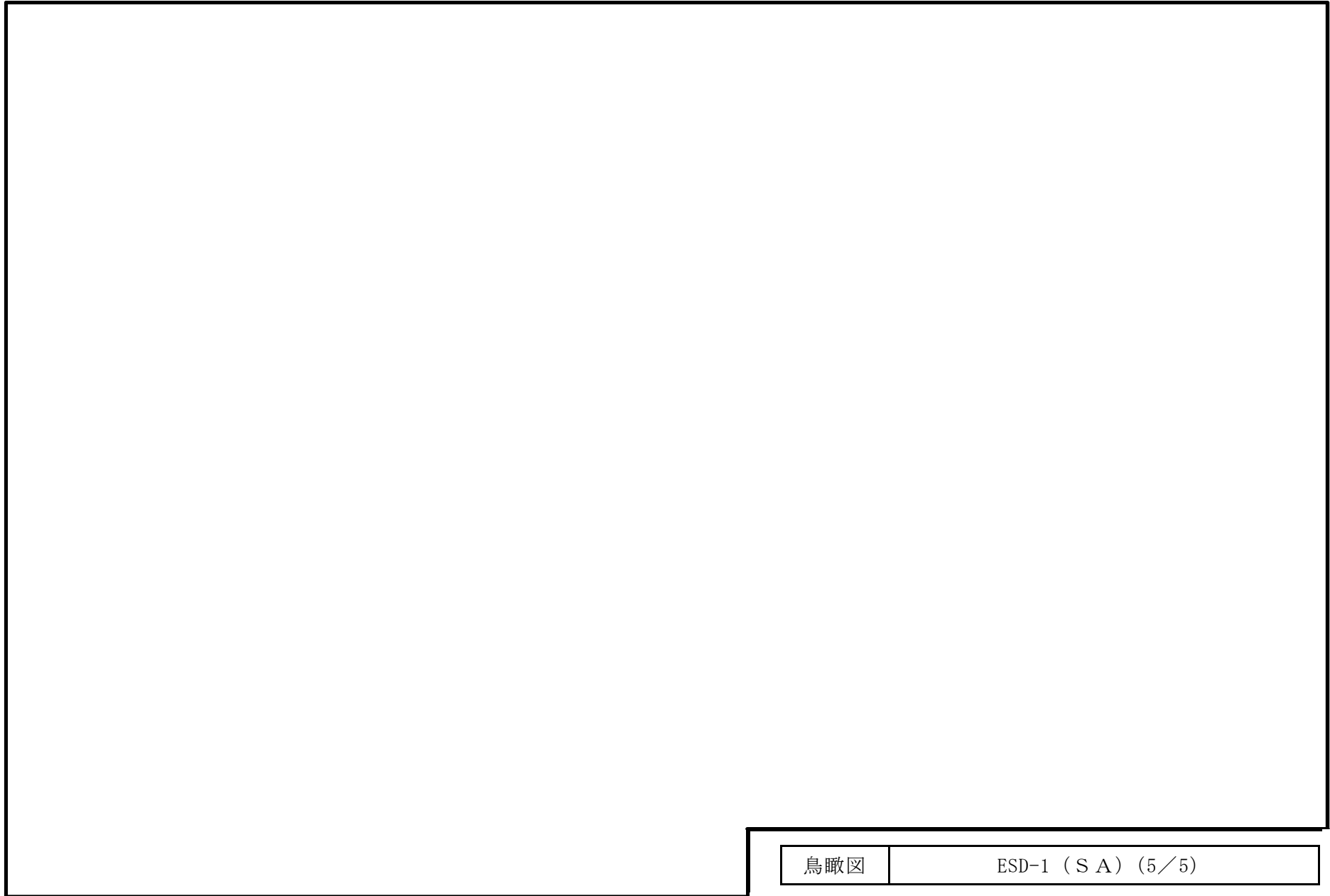
鳥瞰図

ESD-1 (S A) (3/5)



鳥瞰図

ESD-1 (S A) (4/5)



鳥瞰図	ESD-1 (S A) (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	耐震クラス	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	S A	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	

注記 *1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*3: 運転状態の添字Lは荷重, (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: 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ閉じ込め機能維持要求として、原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する荷重の組合せを示す。

*7: 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ 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 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	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	—	<input type="text"/>
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	—	<input type="text"/>

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 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	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

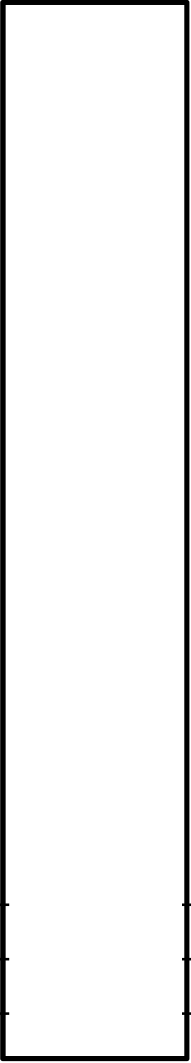
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

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 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	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	—	<input type="text"/>
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	—	<input type="text"/>
4	212	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	—	<input type="text"/>
5	213, 157	2.28	171	89.1	5.5	SUS304TP	—	<input type="text"/>
6	157, 158	2.28	171	89.1	5.5	SFVC2B	—	<input type="text"/>

配管の付加質量

鳥 瞰 図 ESD-1

質量	対応する評価点
	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, 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, 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, 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, 342, 842, 351, 905, 352, 635, 474, 471
	472, 145, 147, 148, 150, 636, 843, 151, 153, 844, 154, 156, 637, 211
414, 845, 361, 906, 362, 424, 846, 371, 907, 372, 434, 847, 381, 908	
382	
212	
213, 157	
157, 158	

NT2 補② V-2-6-6-3-1 RI

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ESD-1

質量	対応する評価点
	501
	362, 372, 382

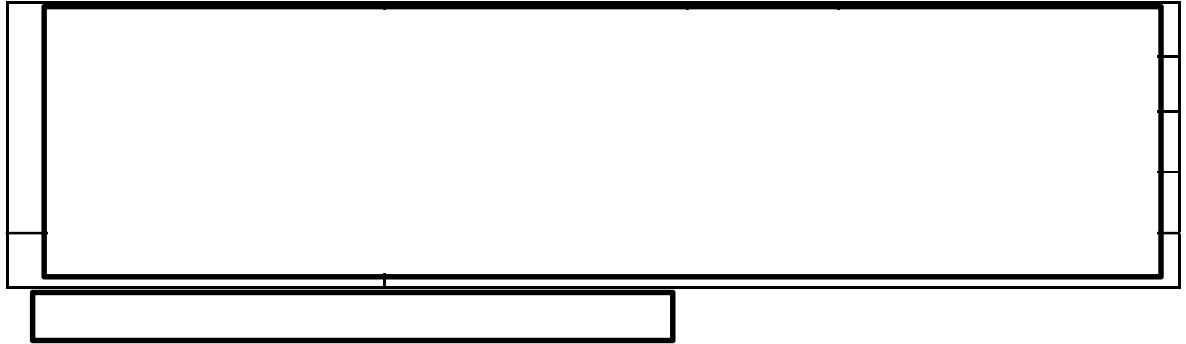
弁部の質量

鳥 瞰 図 ESD-1

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

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ESD-1



NT2 補② V-2-6-6-3-1 RI

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。

NT2 補② V-2-6-6-3-1 RI

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。

NT2 補② V-2-6-6-3-1 RI

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 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	188	479	126
SUS304TP	171	—	150	413	113
SFVC2B	171	—	217	438	120

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高		減衰定数(%)		
ESD-1	原子炉建屋					
	原子炉格納容器					

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

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		X方向	Z方向	Y方向
		動的震度		

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 $S_{pr m}(S_s)$	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	$V_A S$	903	$S_{pr m}(S_s)$	207	431	—	—	—
ESD-1	$V_A S$	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	
					支持点荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
SNO-ESD-2-001	オイルスナップ	SN-03	「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」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 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-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

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-893 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-3-4 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」並びに「V-3-2-11 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術標準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
											圧力	温度 (°C)				
35	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6(kPa)(差圧) 0.00(MPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
36	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6(kPa)(差圧) 0.00(MPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
37	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6(kPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
38	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6(kPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
39	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86(MPa)(差圧) 5.6(kPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
40	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.60(kPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
41	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86(MPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
42	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.60(kPa)(差圧) 0.00(MPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
43	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.60(kPa)(差圧) 0.86(MPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
44	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6(kPa)(差圧) 0.60(kPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2
45	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86(MPa)(差圧) 0.60(kPa)	40 40	—	設計・建設規格	—	SA-2

NT2 補③ V-3-8-1-3-4 R0

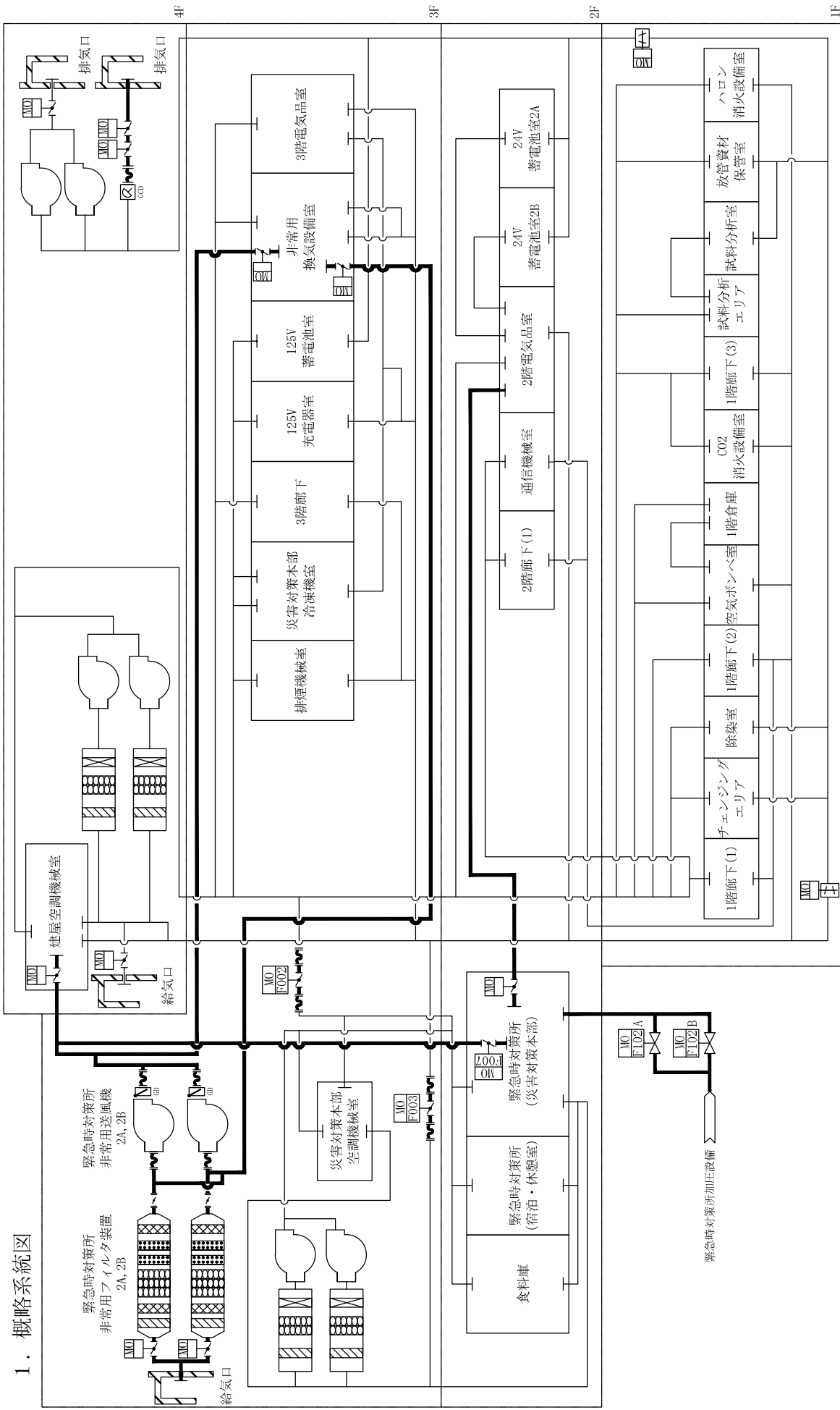
管No.	既設 or 新設	施設時の 技術標準 に適合と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件							
										圧力	温度 (°C)	圧力	温度 (°C)				
46	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	22.00 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
47	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	22.00 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
48	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
49	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
50	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
51	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.86 (MPa)	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
E1	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6 (kPa) (差圧)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
												0.00 (MPa)	40				
E2	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6 (kPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
E3	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.60 (kPa)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
E4	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	0.60 (kPa) (差圧)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
												0.00 (MPa)	40				
E5	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	5.6 (kPa) (差圧)	40	—	設計・建設規格	—	SA-2
												0.60 (kPa)	40				

適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
35	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
36	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
37	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
38	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
39	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
40	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
41	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
42	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
43	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
44	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
45	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
46	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
47	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
48	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
49	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
50	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
51	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E1	伸縮接手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E2	伸縮接手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E3	伸縮接手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E4	伸縮接手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E5	伸縮接手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目 次

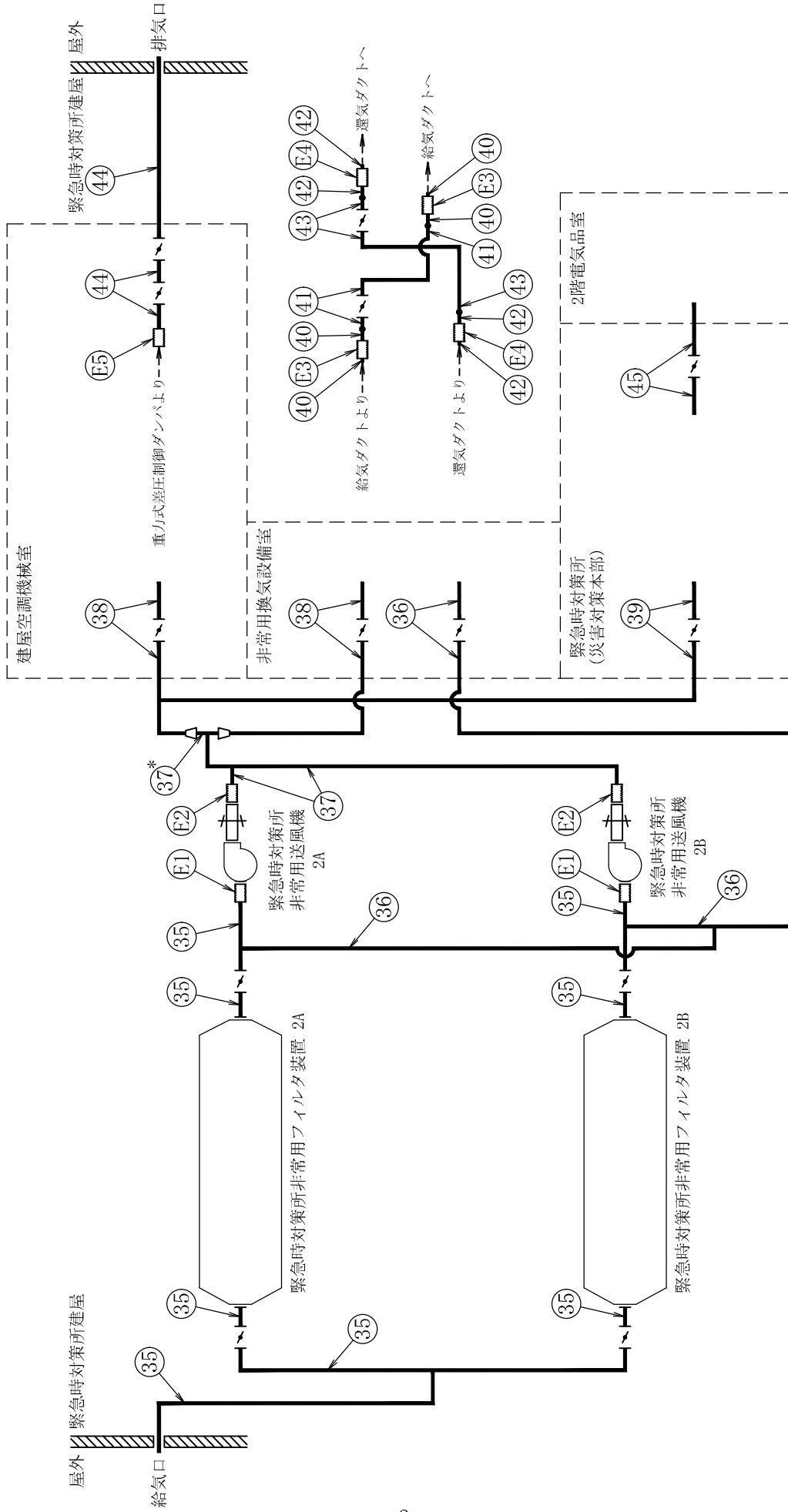
1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）	4
3. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）	10



1. 概略系統図

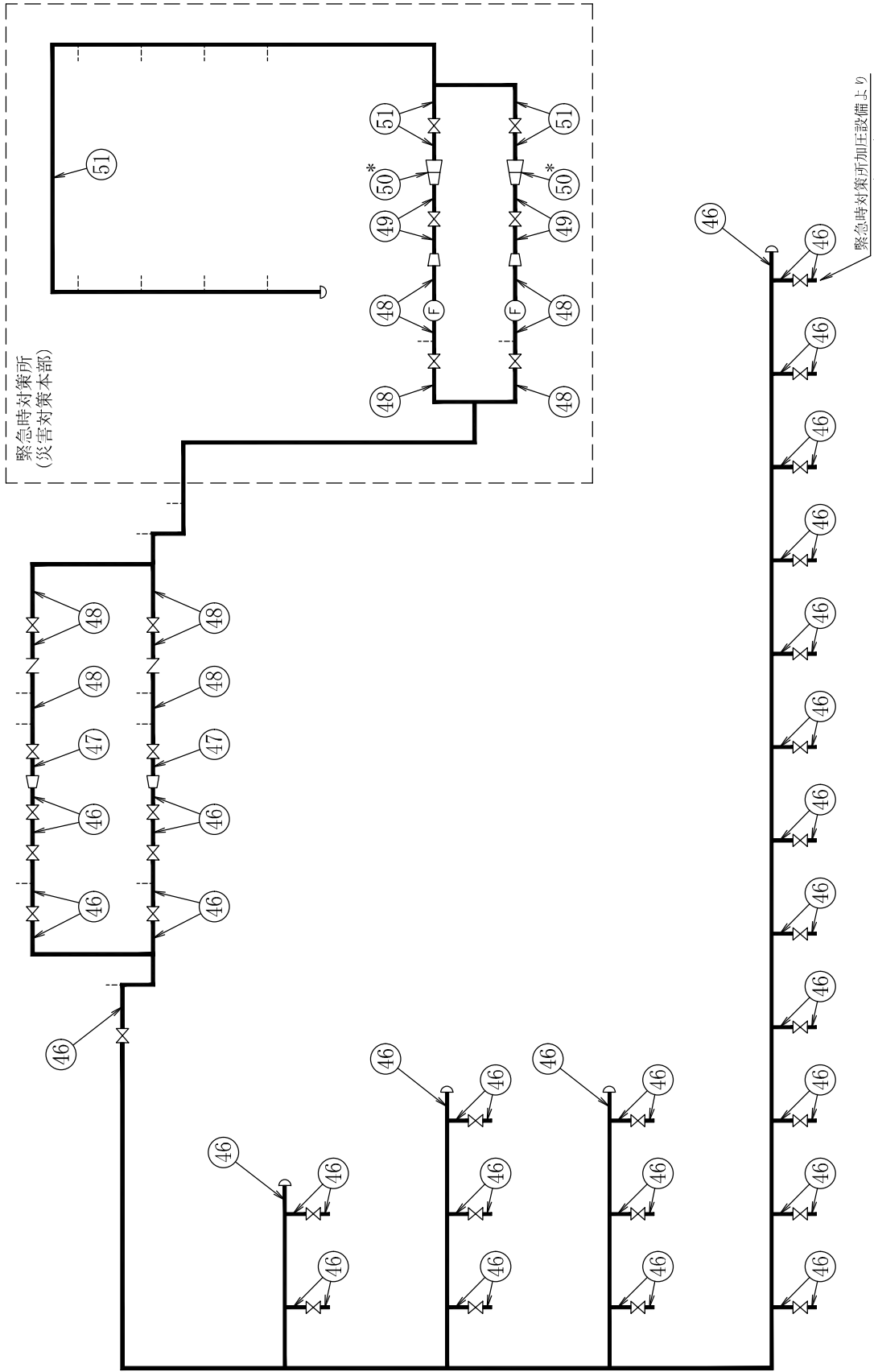
注記 ー：本計算書の対象範囲
換気系概略系統図(1/3)

概略系統図



注記 * : 管継手
換気系概略系統図 (2/3)

概略系統図



換気系概略系統図 (3/3)

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

No.	最高使用圧力 外面に受ける最高の圧力 P_e		最高使用温度 (°C)	外径 D_o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	λ (mm)	B	t_s (mm)	t, t_{top} (mm)		算式	t_r (mm)
	P	P_e													t	t_{top}		
35	P	0.00 (MPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	9000.00	1.27	9.71	t	0.00	C	3.80
	P_e	5.6 (kPa)													t_{top}	1.18		
36	P	0.00 (MPa)	40	318.50	10.30	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	3000.00	1.65	9.01	t	0.00	C	3.80
	P_e	5.6 (kPa)													t_{top}	0.82		

評価： $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P	最高 使用温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算式	t _r (mm)
37	5.6(kPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	9.71	0.01	C	3.80
38	5.6(kPa)	40	318.50	10.30	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	9.01	0.01	C	3.80

評価：t_s ≧ t_r，よって十分である。

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

No.	最高使用圧力 外面に受ける最高の圧力 P_e		最高使用温度 (°C)	外径 D_o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	λ (mm)	B	t_s (mm)	t, t_{top} (mm)		算式	t_r (mm)
	P	P_e													t	t_{top}		
39		5.6 (kPa)	40	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	5000.00	35.81	6.21	t	0.01	C	3.80
	P_e	0.86 (MPa)													t_{top}	2.98		

評価： $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P	最高 使用温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算式	t _r (mm)
40	0.60 (kPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	9.71	0.01	C	3.80
41	0.86 (MPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	9.71	1.48	C	3.80

評価：t_s ≥ t_r, よって十分である

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

No.	最高使用圧力 外面に受ける最高の圧力 P_e		最高使用温度 (°C)	外径 D_o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	λ (mm)	B	t_s (mm)	t, t_{top} (mm)		算式	t_r (mm)
	P	P_e													t	t_{top}		
42	P	0.00 (MPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	4000.00	0.41	9.71	t	0.00	C	3.80
	P_e	0.60 (kPa)													t_{top}	0.39		
43	P	0.86 (MPa)	40	355.60	11.10	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	4000.00	0.41	9.71	t	1.48	C	3.80
	P_e	0.60 (kPa)													t_{top}	0.39		
44	P	0.60 (kPa)	40	406.40	12.70	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	3000.00	1.81	11.11	t	0.01	C	3.80
	P_e	5.6 (kPa)													t_{top}	0.95		
45	P	0.60 (kPa)	40	139.80	6.60	STS410	S	2	103	1.00	12.50%	2000.00	35.92	5.77	t	0.01	C	3.80
	P_e	0.86 (MPa)													t_{top}	2.52		

評価： $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P	最高 使用温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	管種	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算式	t _r (mm)
46	22.00 (MPa)	66	34.00	6.40	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	5.60	2.78	A	2.78
47	22.00 (MPa)	66	60.50	8.70	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	7.61	4.94	A	4.94
48	0.86 (MPa)	66	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	126	1.00	0.50mm	3.40	0.21	A	0.21
49	0.86 (MPa)	66	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	126	1.00	0.50mm	2.90	0.12	A	0.12
50	0.86 (MPa)	66	76.30	5.20	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	4.55	0.26	A	0.26
51	0.86 (MPa)	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	6.21	0.57	A	0.57

評価：t_s ≧ t_r，よって十分である。

3. 伸縮継手の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3416 準用

No.	最高使用 圧力 P	最高使用 温度 (°C)	材料	縦弾性 係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部 応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	Nr $\times 10^3$	U
E1	5.6(kPa)*	40	SUS304	194000	1.20	25.00	20.00	60.00	12	1	A	358	162.4	7.0	0.0432
E2	5.6(kPa)	40	SUS304	194000	1.20	25.00	20.00	60.00	12	1	A	358	162.4	7.0	0.0432
E3	0.60(kPa)	40	SUS304	194000	1.20	55.00	20.00	60.00	12	1	A	771	11.1	7.0	0.6307
E4	0.60(kPa)*	40	SUS304	194000	1.20	55.00	20.00	60.00	12	1	A	771	11.1	7.0	0.6307
E5	5.6(kPa)*	40	SUS304	194000	1.20	25.00	20.00	60.00	12	1	A	358	162.4	7.0	0.0432

評価：U \leq 1, よって十分である。

注記*：内圧及び外圧(差圧)で絶対値として大きい値

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-894 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-9-2-2-5-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき計算した結果を表にまとめて示すものである。

なお、本計算書においては、「V-3-2-11 重大事故等クラス2管の強度計算方法」で定義された記号を使用する。

本計算書では、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC 1-2005（2007年追補版を含む。））（日本機械学会 2007年9月）を「設計・建設規格」と称す。

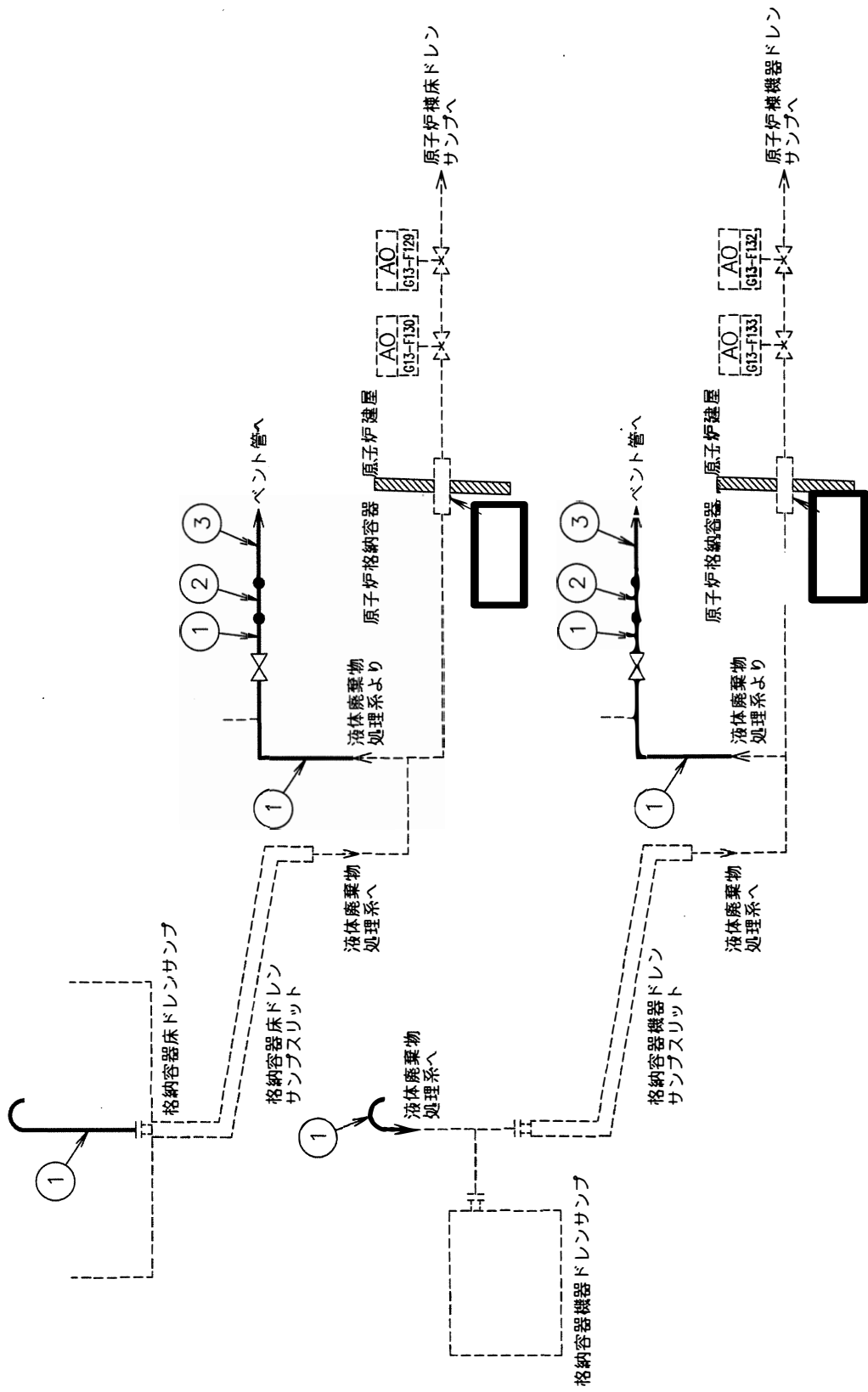
適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算		—	設計・建設規格
3	管の強度計算		—	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



ベデスタル排水系概略系統図

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	0.62	200	89.10	7.60	SUS316TP	S	2	127	1.00	12.5 %	6.65	0.22	A	0.22
2	0.62	200	89.10	7.60	SFVC2B	S	2	120	1.00	1.60mm	6.00	0.23	C	3.00
3	0.62	200	89.10	7.60	STS480	S	2	120	1.00	12.5 %	6.65	0.23	C	3.00

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-895 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-3-8-1-3-5 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、「V-3-1-6 重大事故クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-10 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術標準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
HVAC-001	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-002	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-003	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.0056	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-004	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.0006	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-005	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.0006	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-006	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.0006	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-007	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.86	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HVAC-008	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.86	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HAPS-001	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	22.00	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
										0.86	66					

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 設計条件	28
3.2 材料及び許容応力	66
4. 計算結果	67

1. 概要

本計算書は、「V-3-1-6 重大事故クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-10 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。



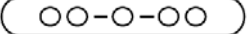

(1) 管

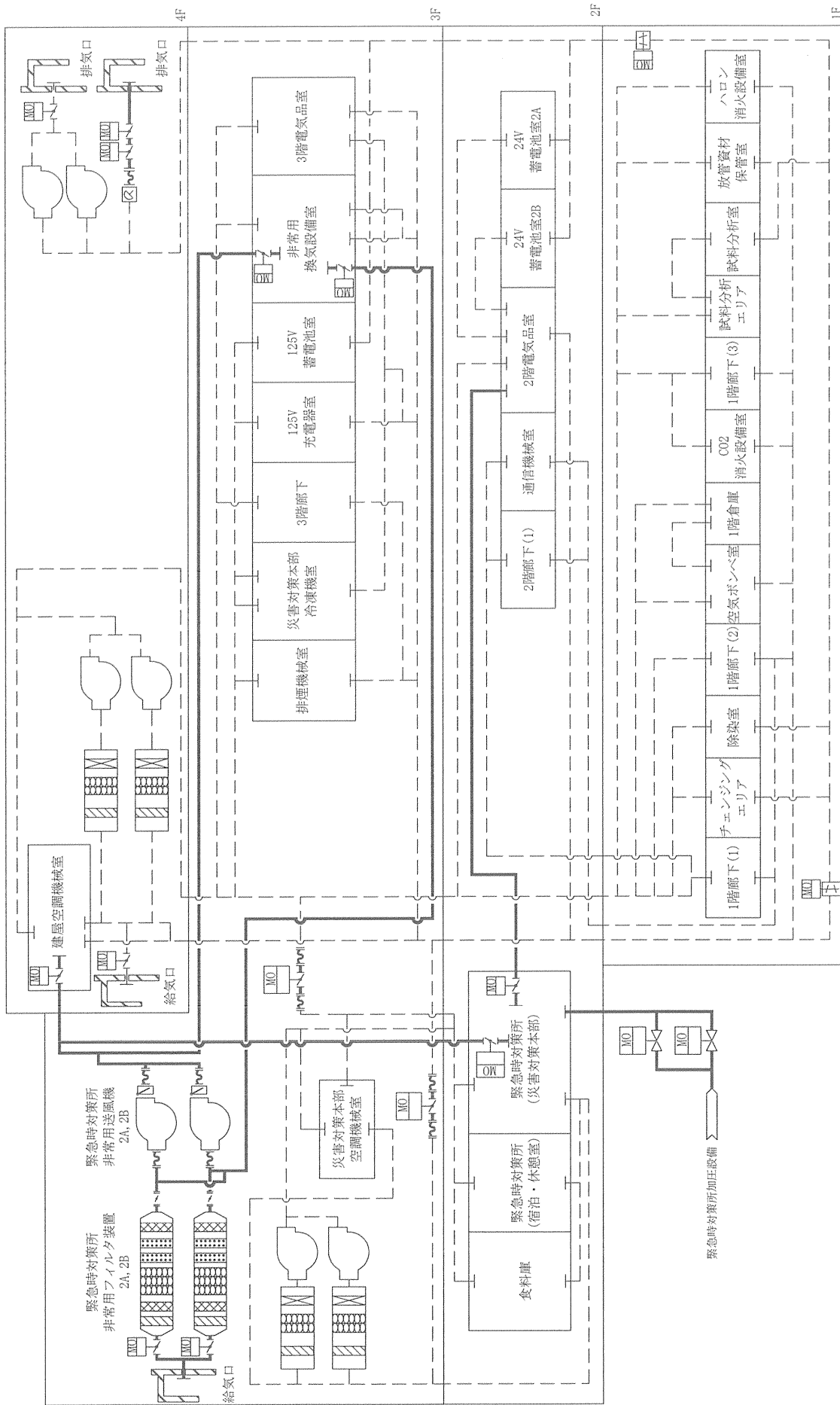
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

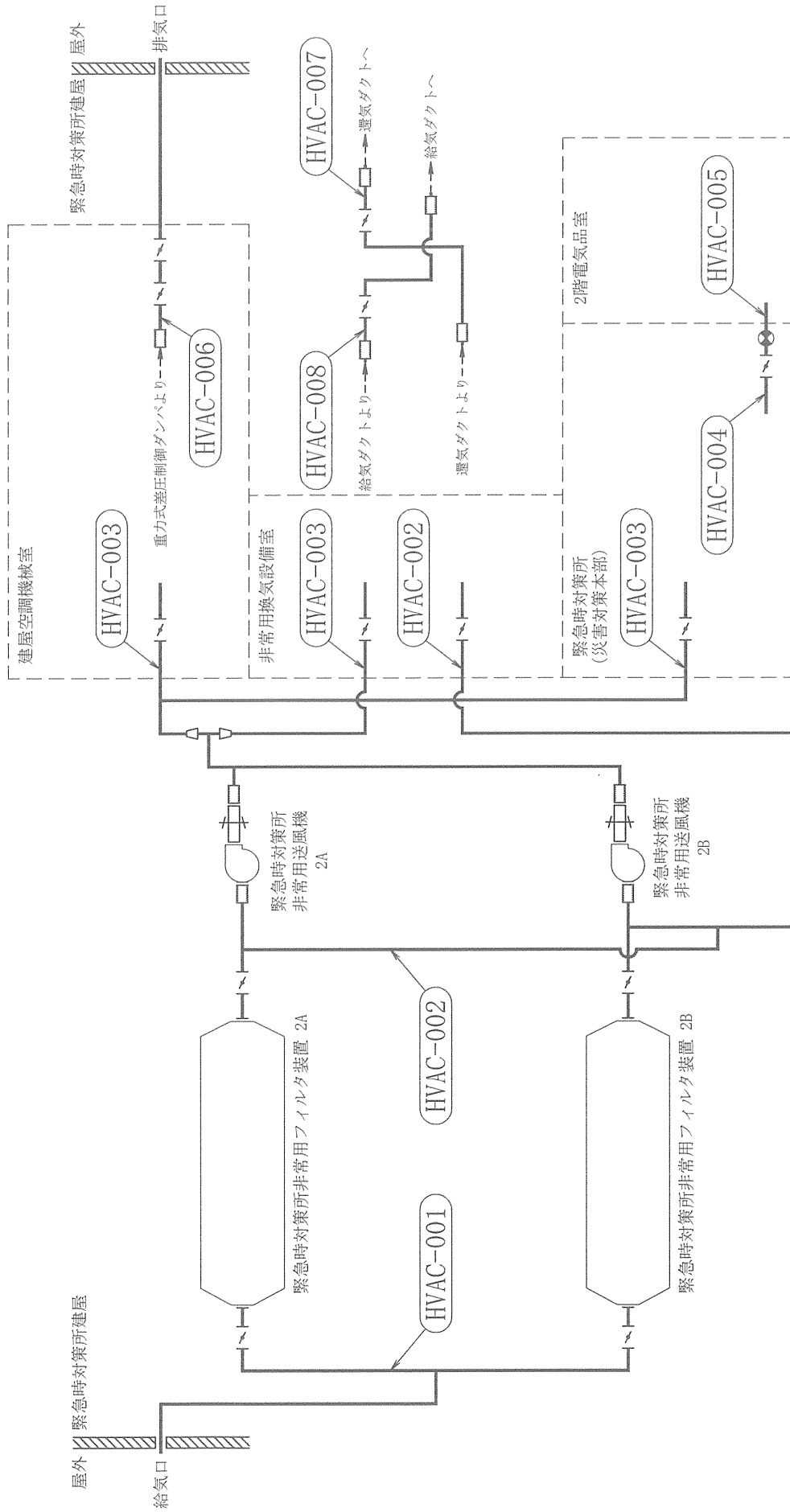
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

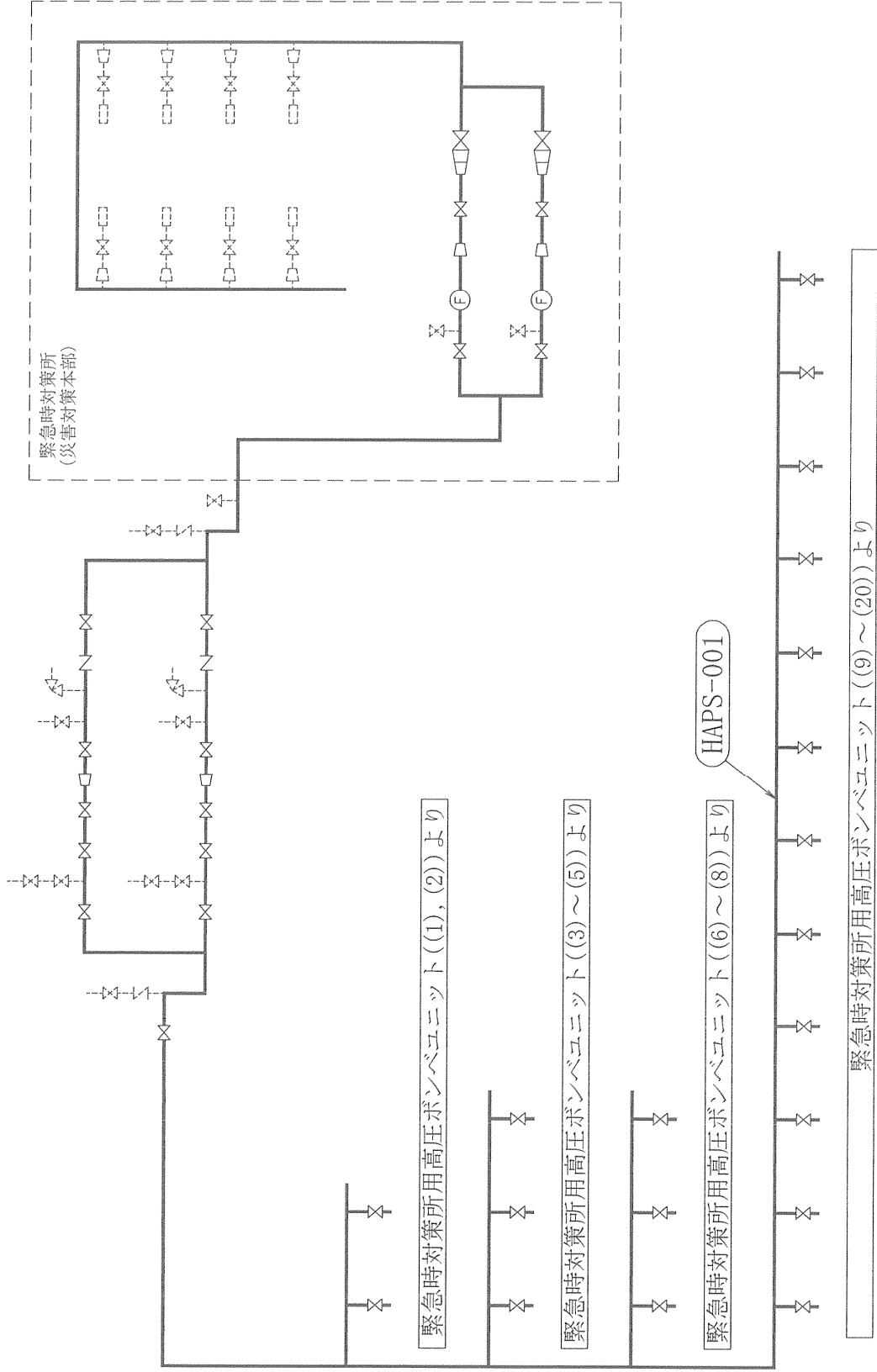
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（評価結果を記載する範囲）
	アンカ
[管クラス] SA2	重大事故等クラス 2 管



換気系概略系統図(1/3)


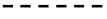


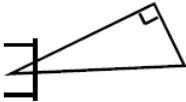


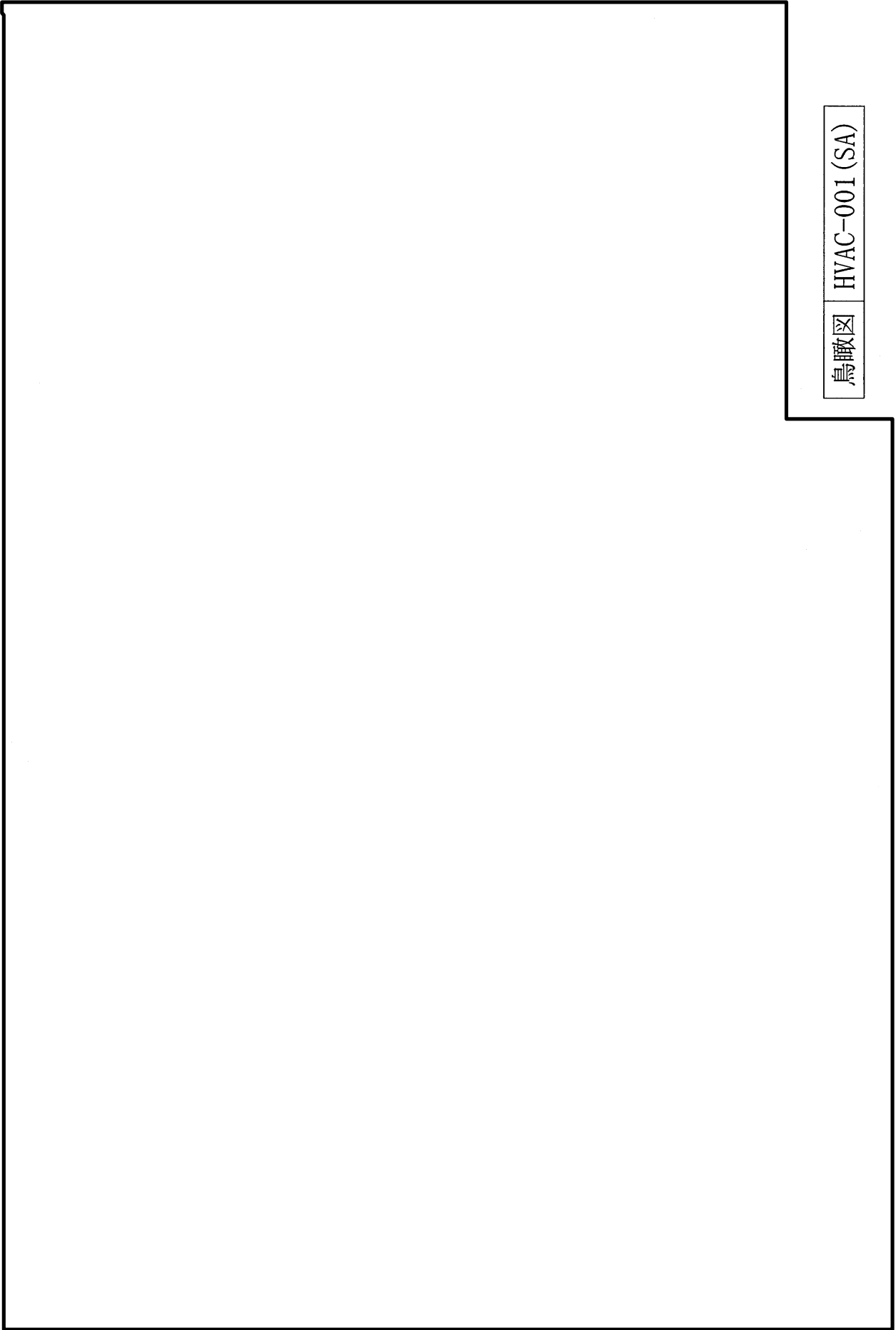
換気系概略系統図 (2/3)



2.2 鳥瞰図

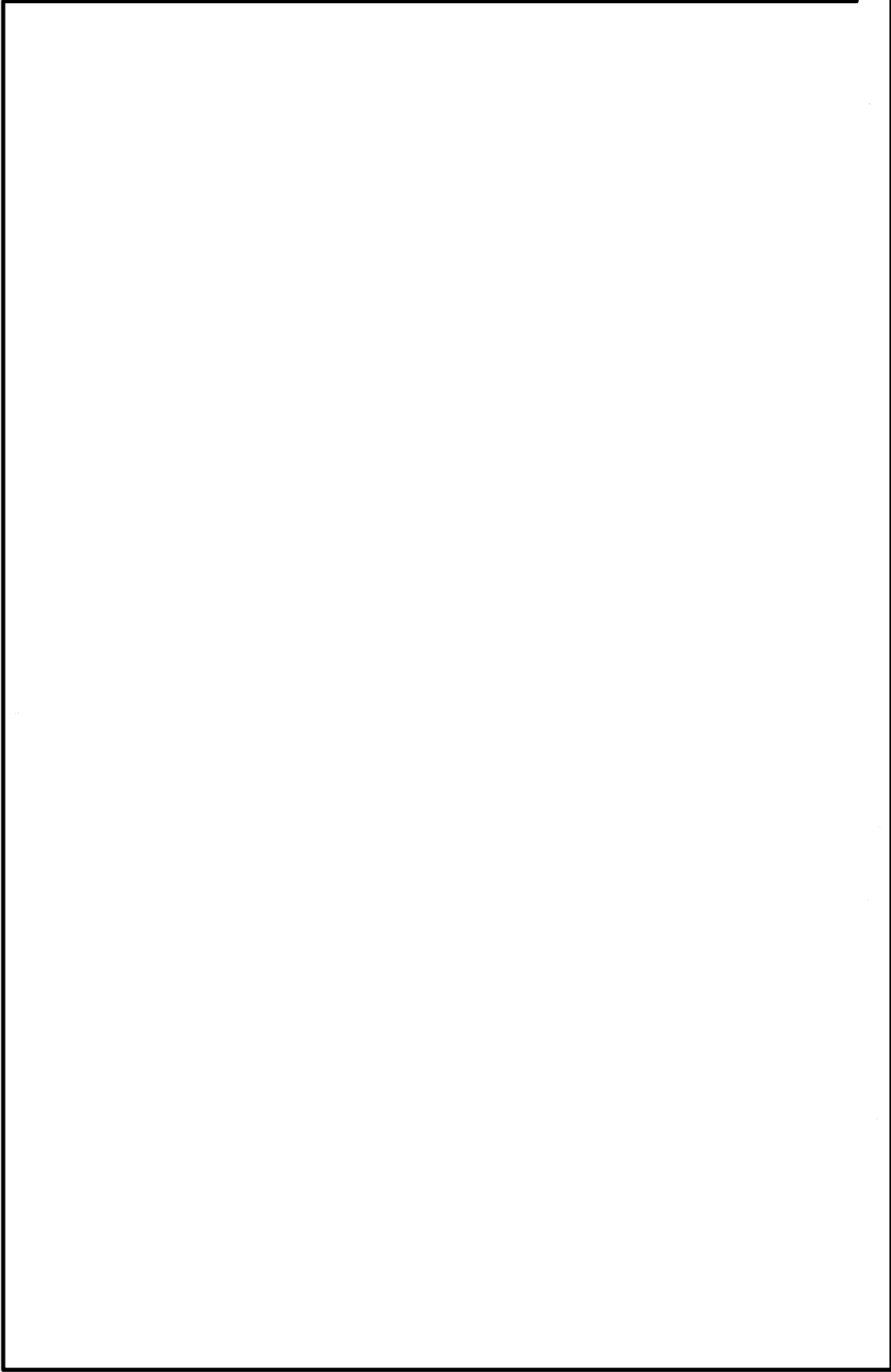
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	<p>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)」とする。)</p>
 (破線)	<p>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</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>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。)</p> <p>注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>

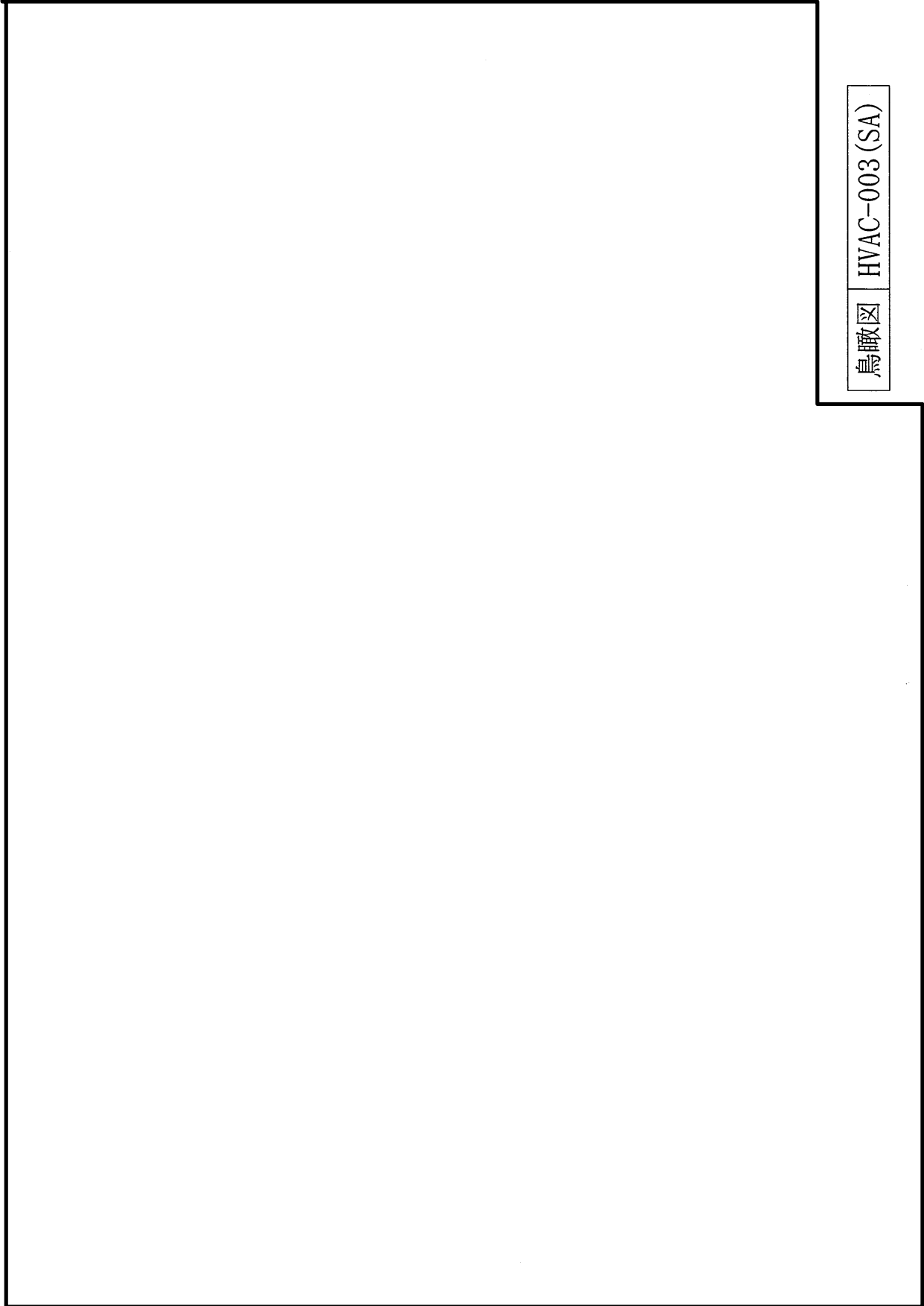


鳥瞰図 HVAC-001 (SA)

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0

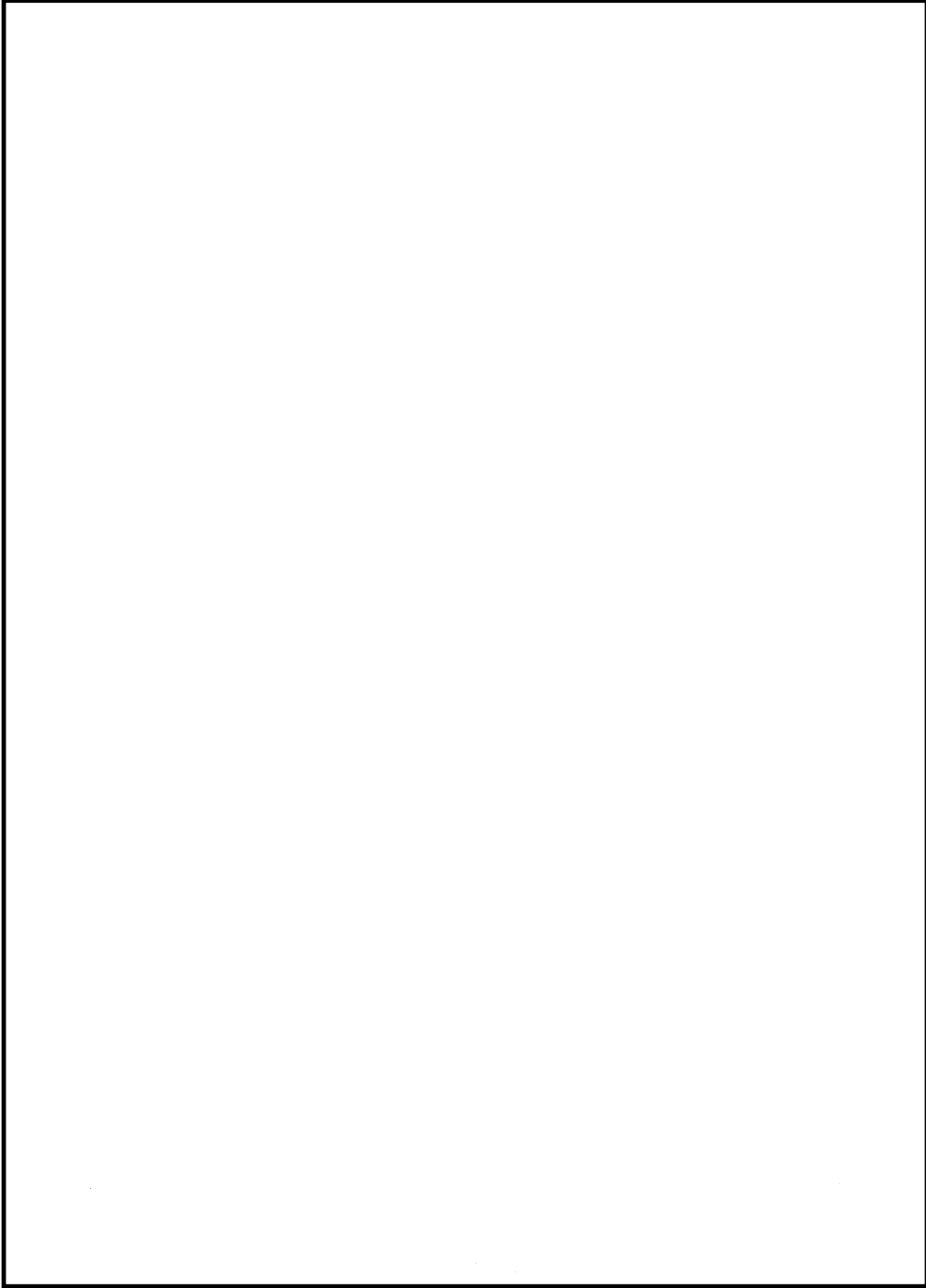


鳥瞰図 HVAC-002 (SA)



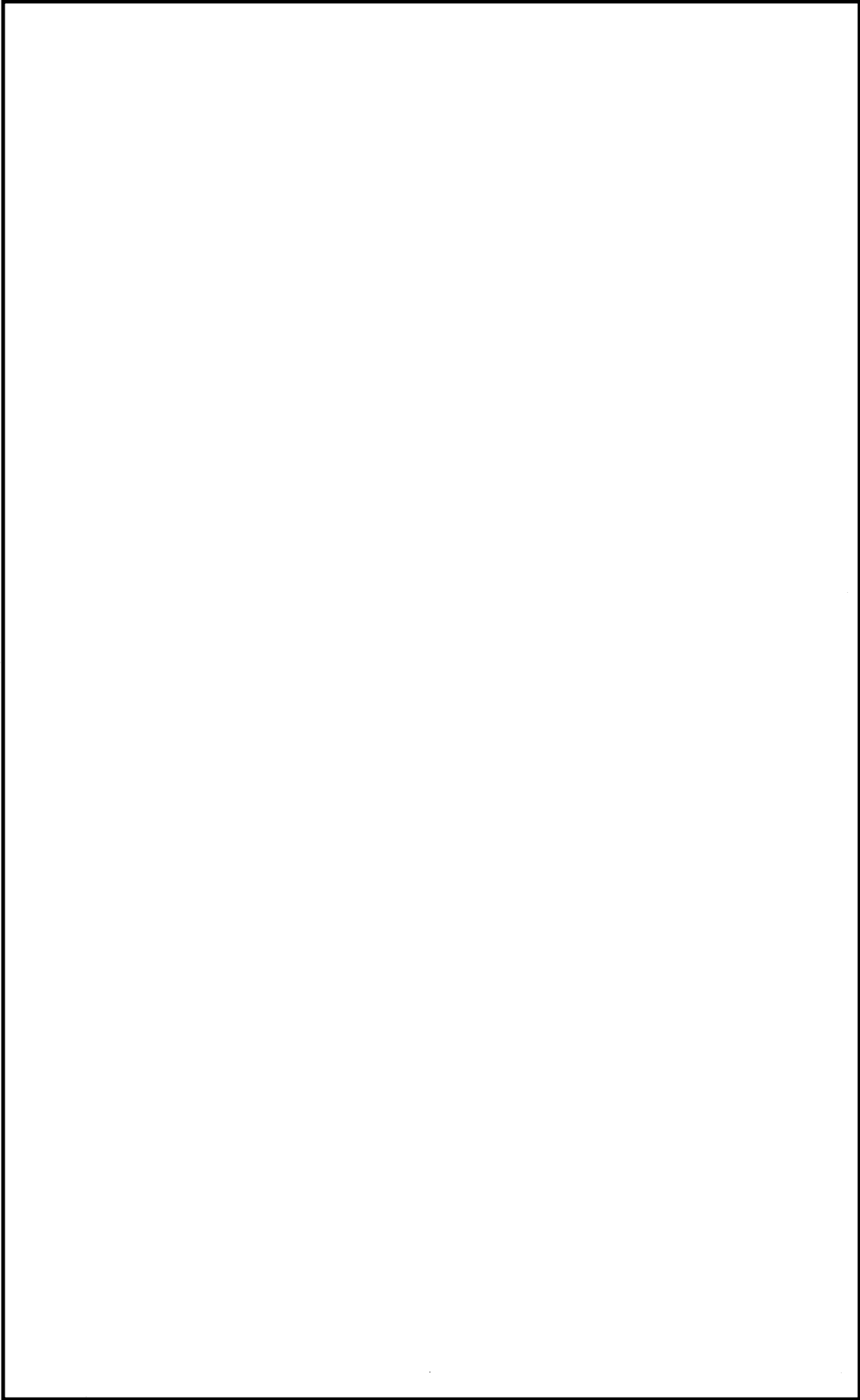
鳥瞰図 HVAC-003 (SA)

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0



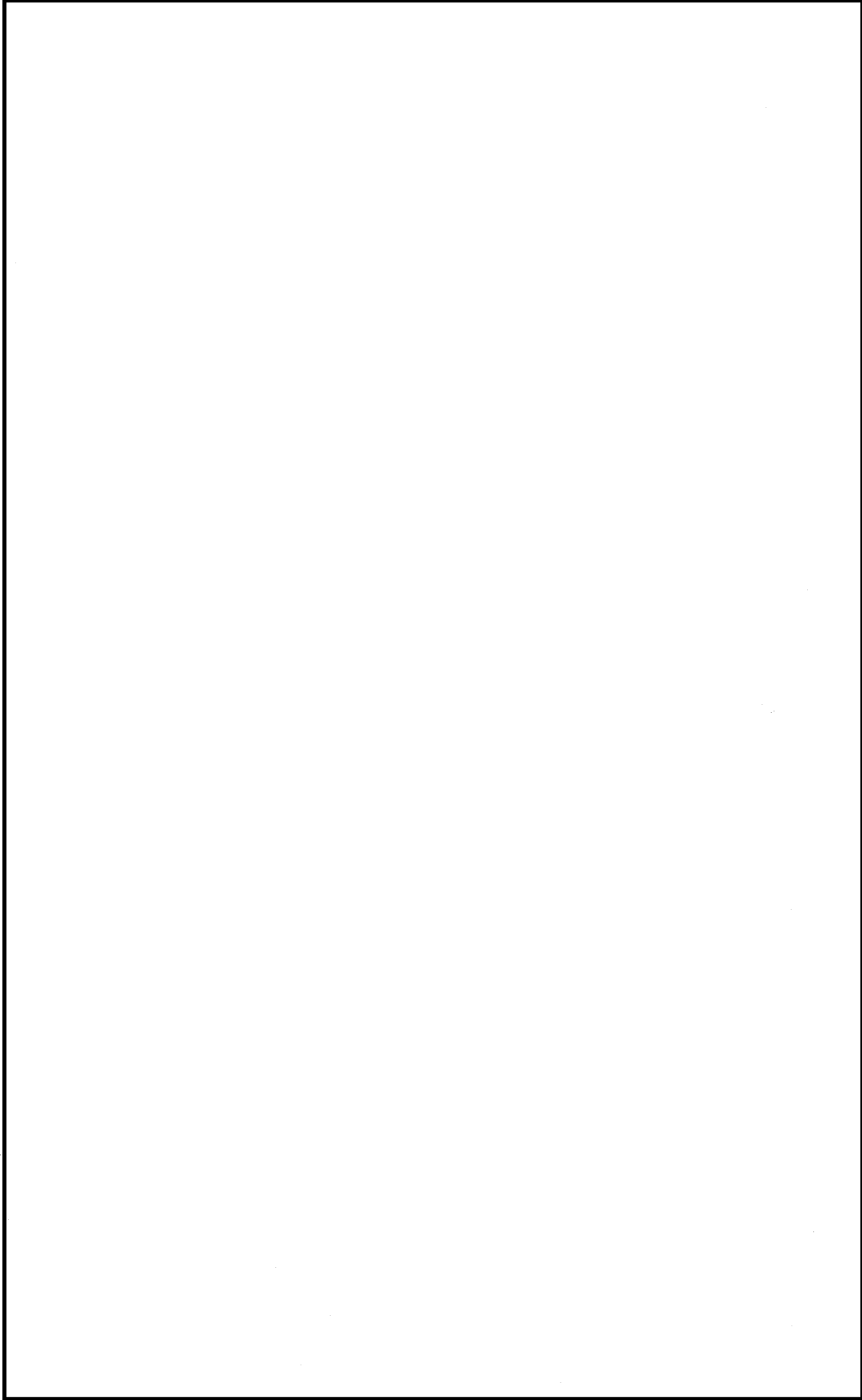
鳥瞰図 HVAC-004 (SA)

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0



鳥瞰図 HVAC-005 (SA)

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0



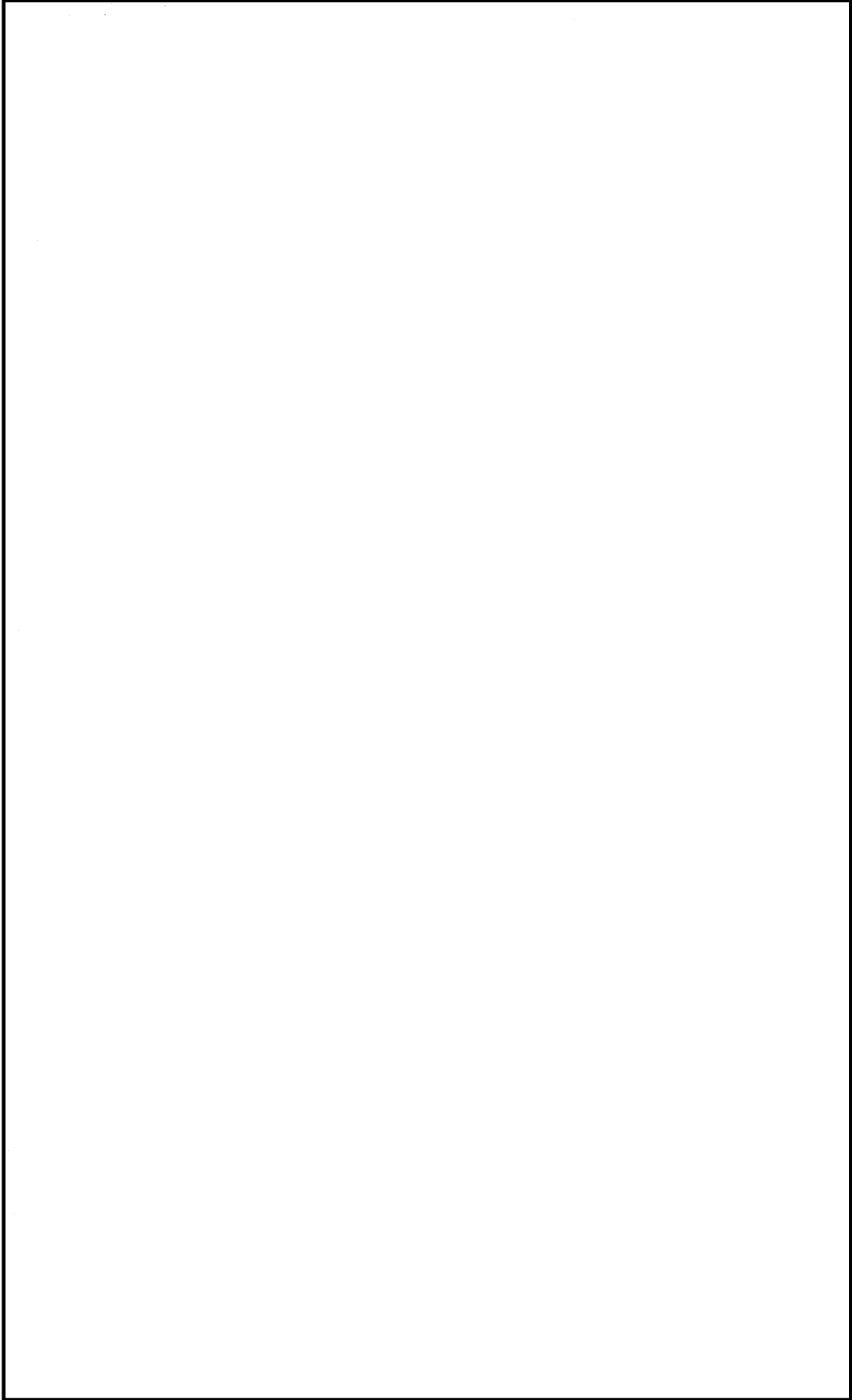
鳥瞰図 HVAC-006 (SA)



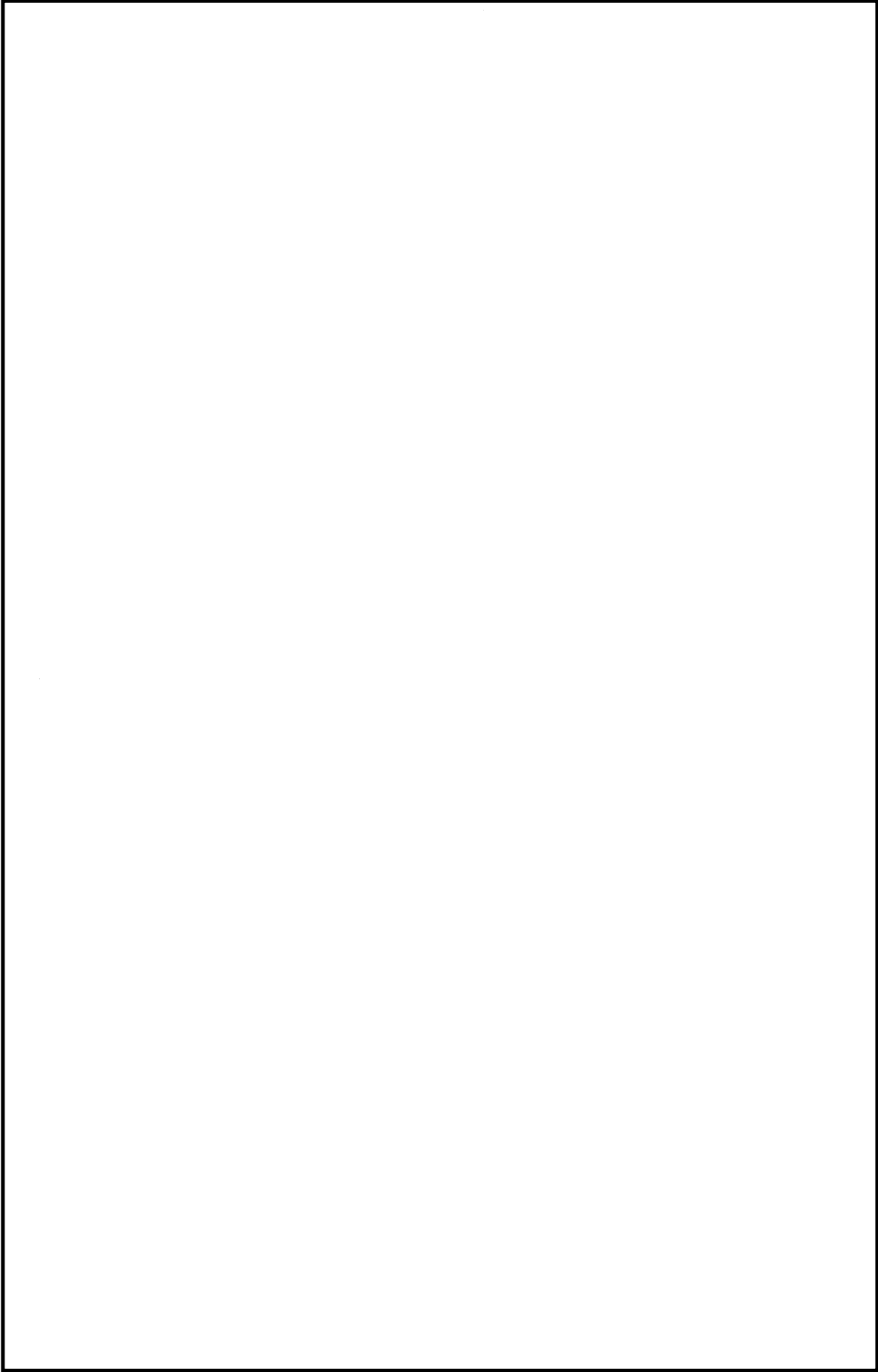
鳥瞰図 HVAC-007 (SA)



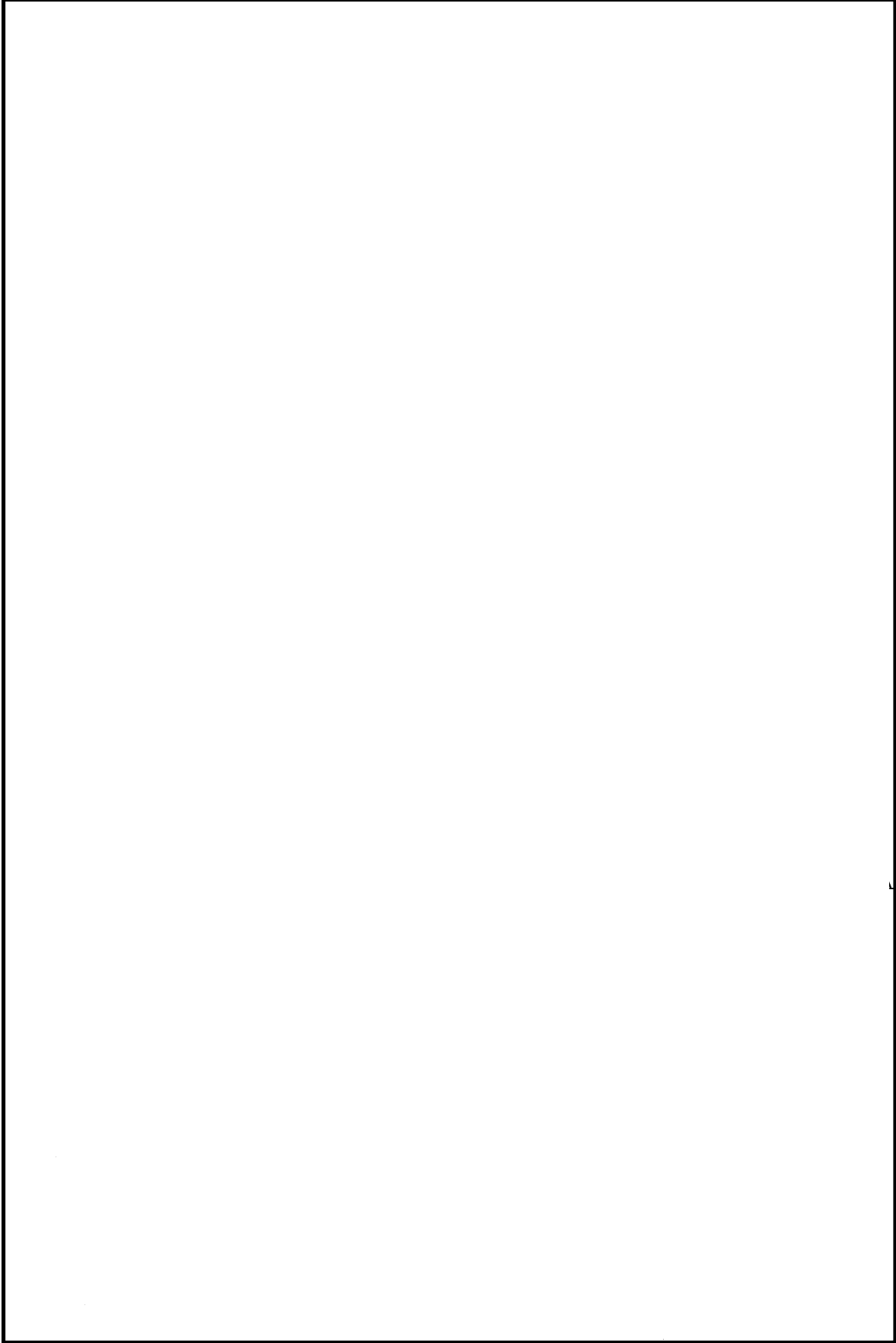
鳥瞰図 HVAC-008 (SA)



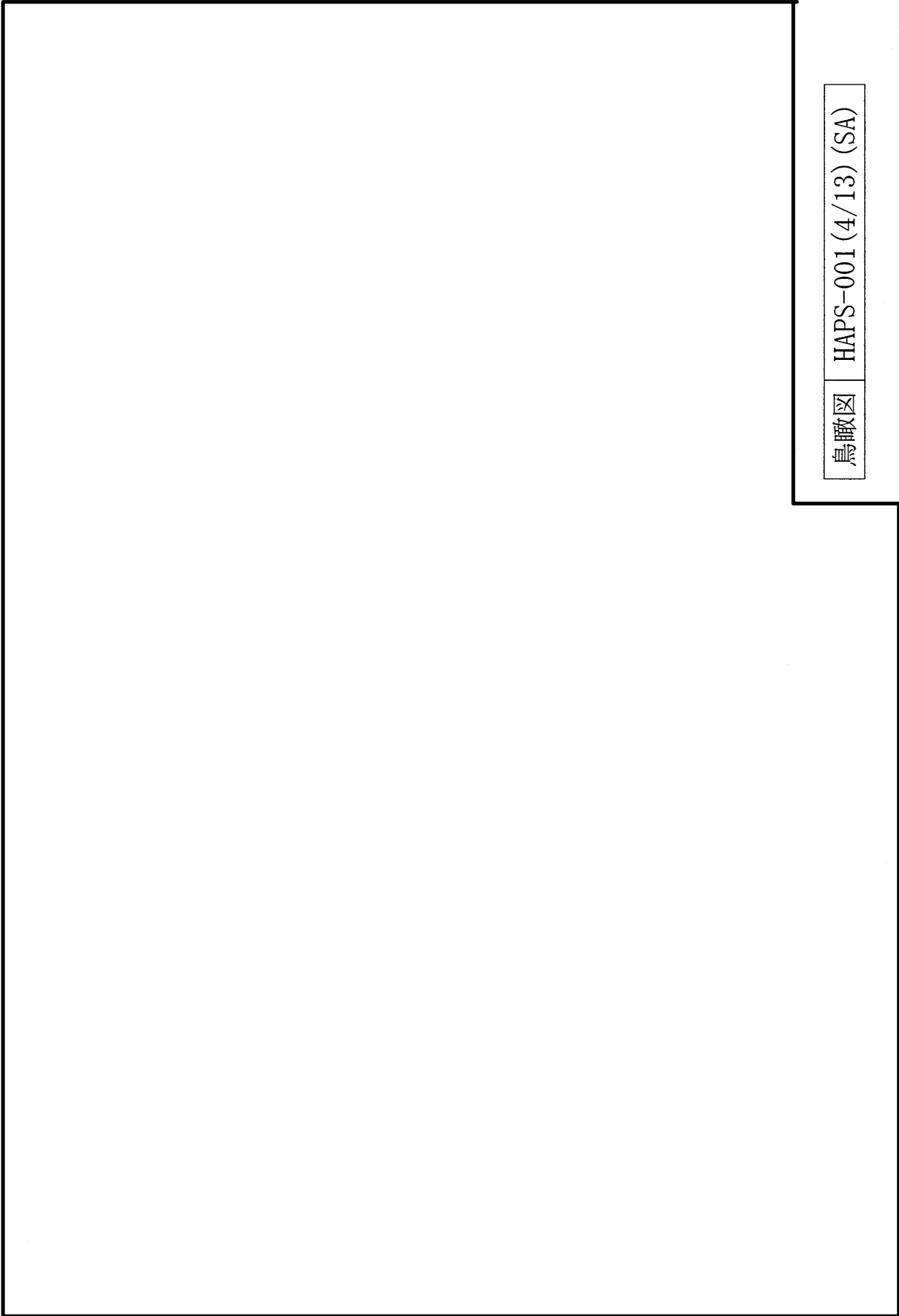
鳥瞰図 HAPS-001 (1/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (2/13) (SA)



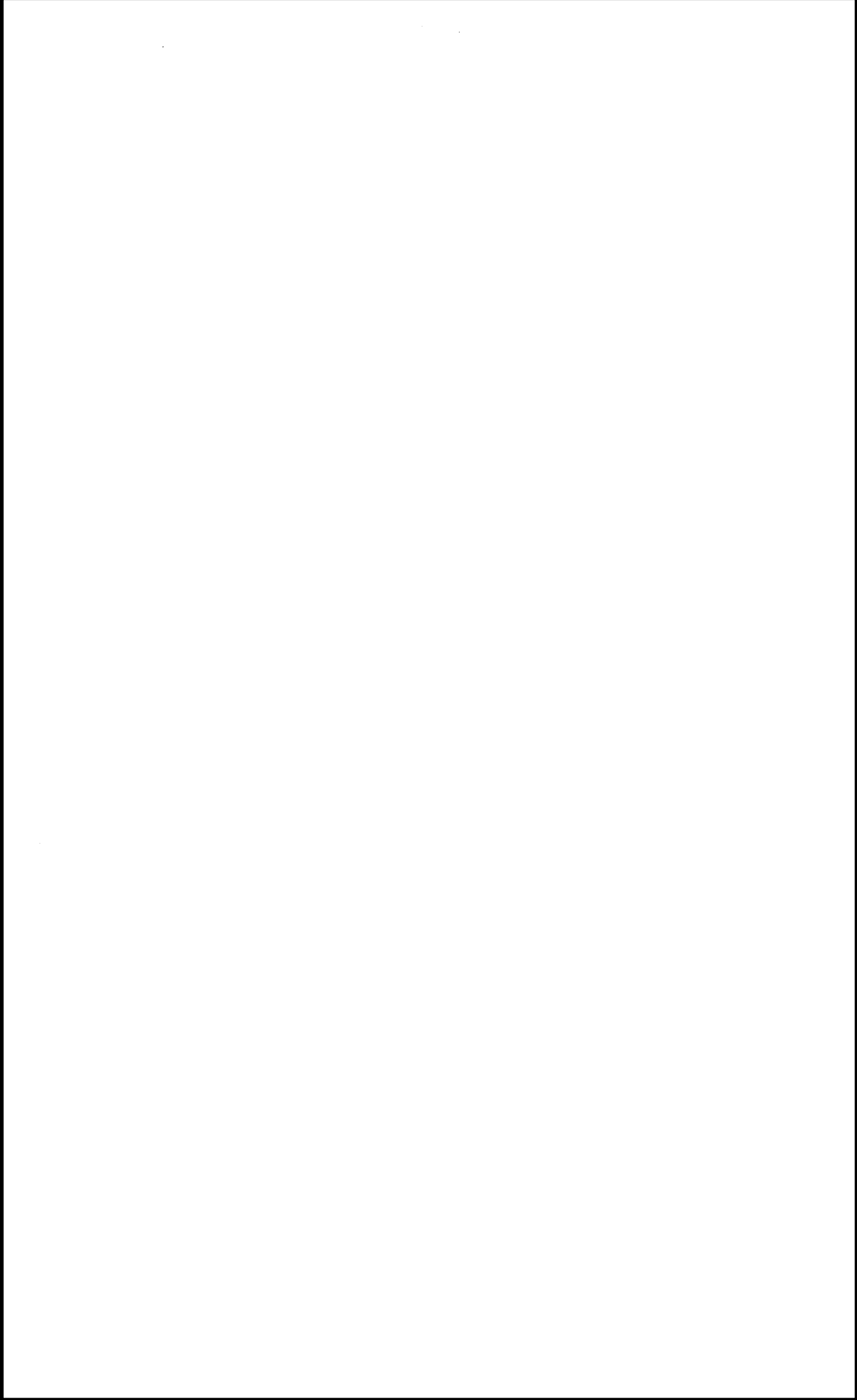
鳥瞰図 HAPS-001 (3/13) (SA)



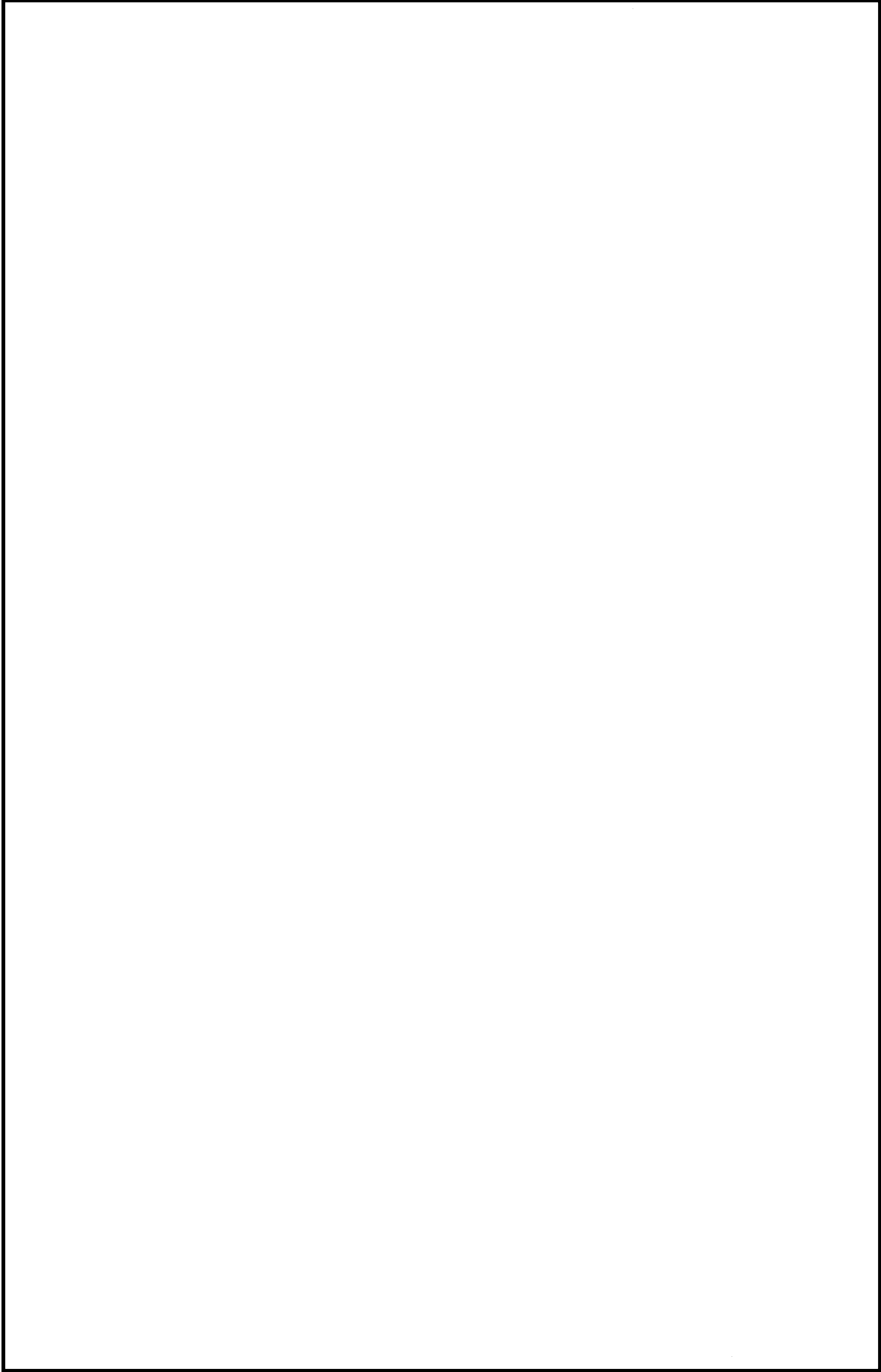
鳥瞰図 HAPS-001 (4/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (5/13) (SA)

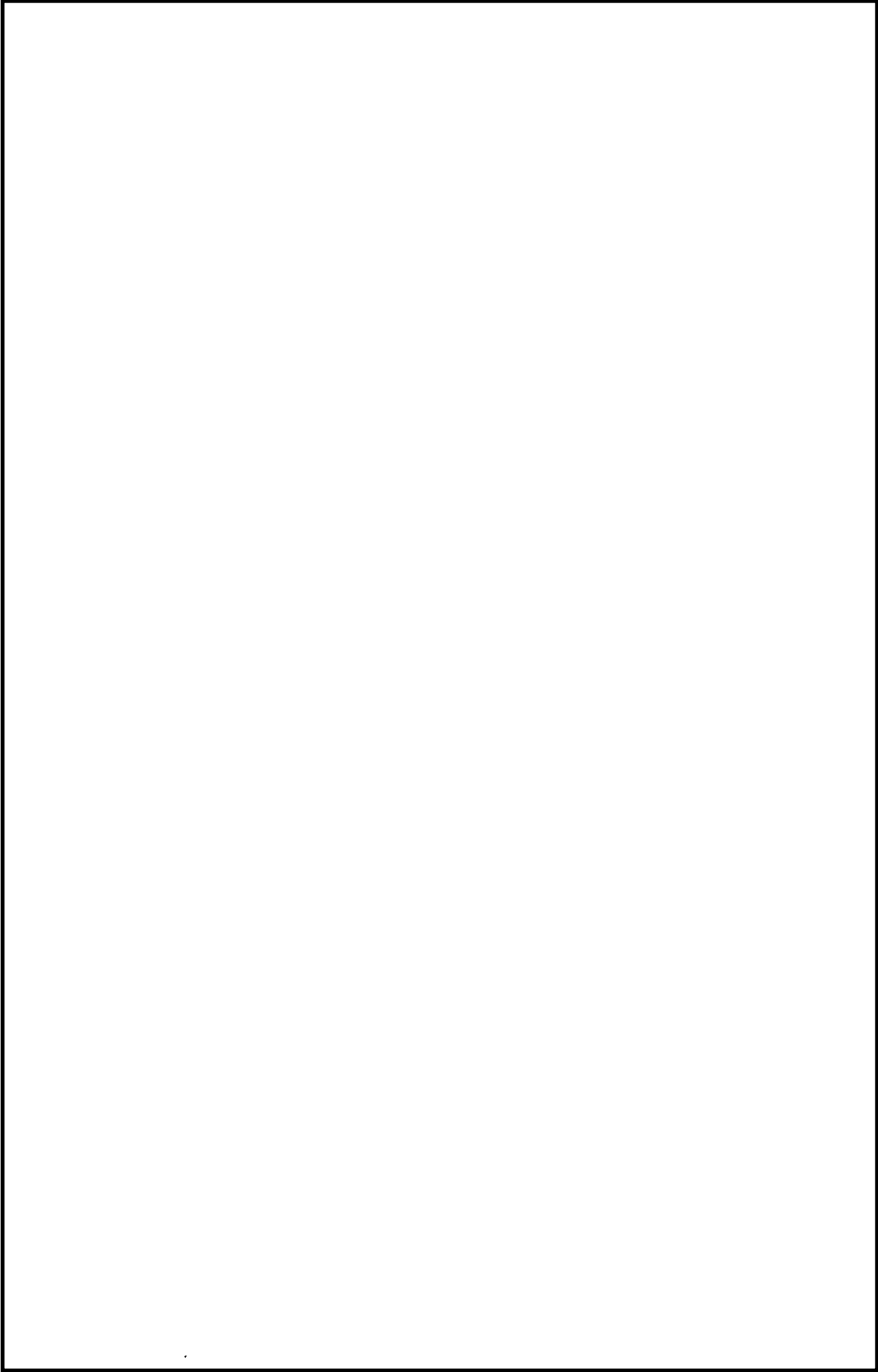


鳥瞰図 HAPS-001 (6/13) (SA)

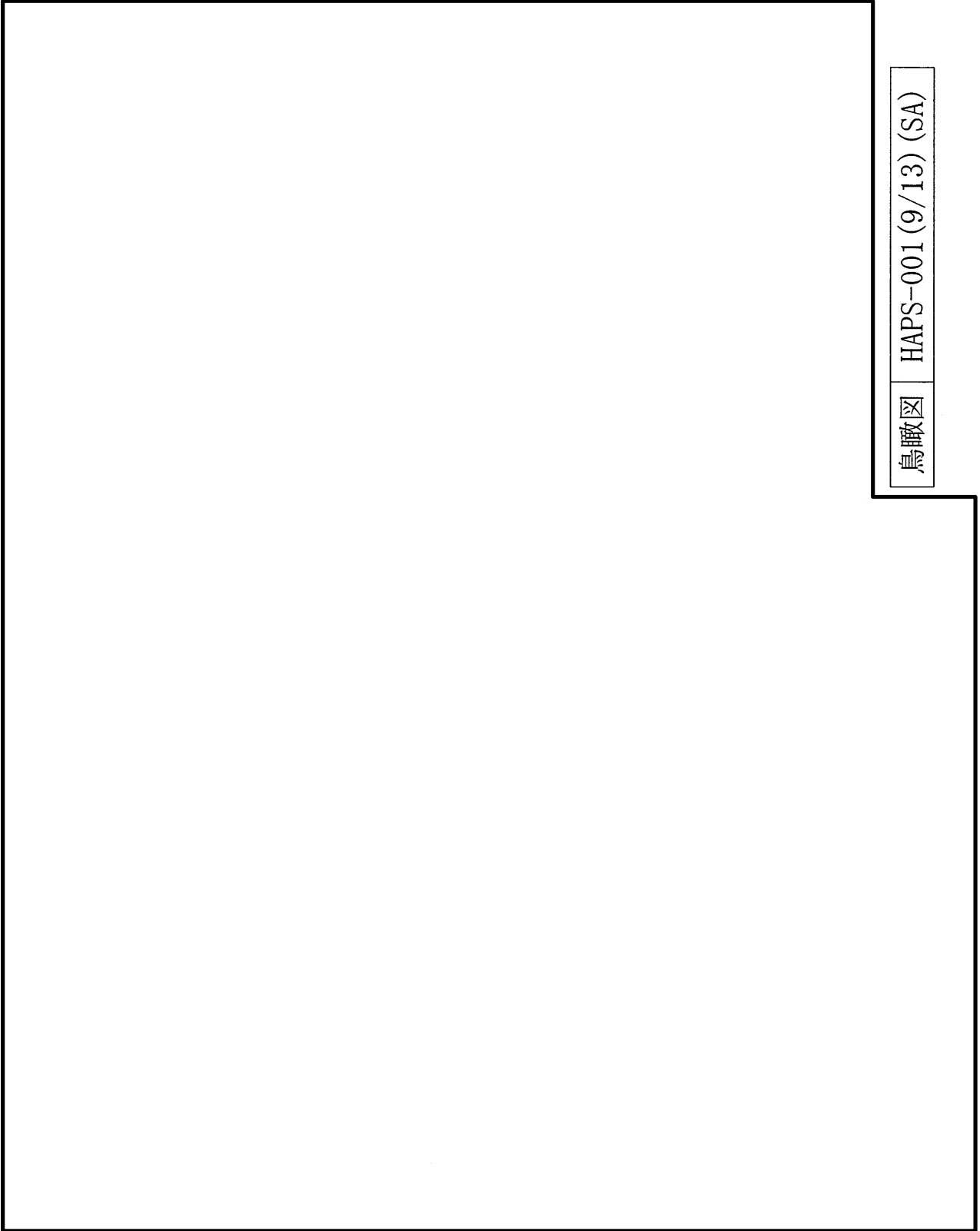


鳥瞰図

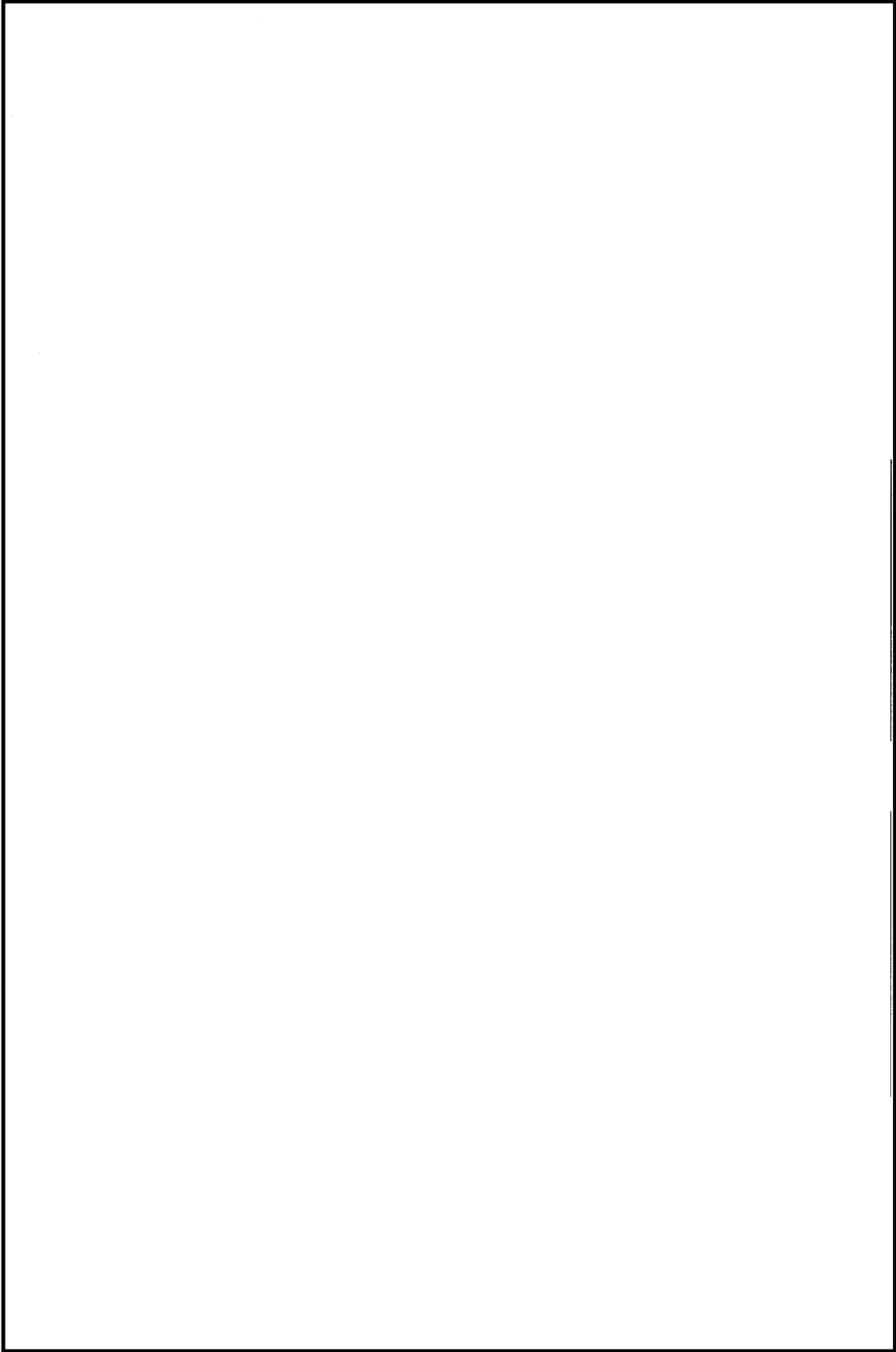
HAPS-001 (7/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (8/13) (SA)



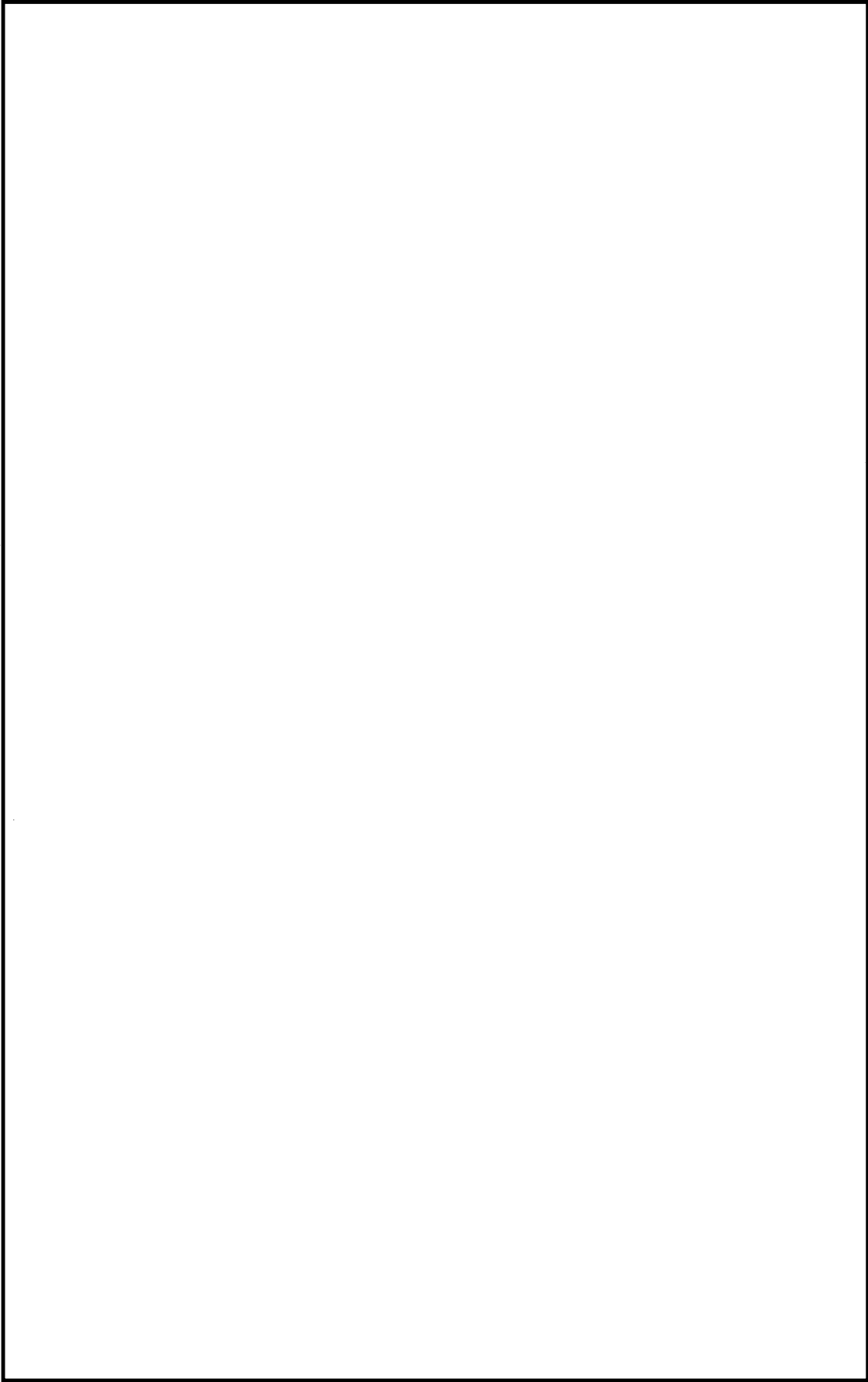
鳥瞰図 HAPS-001 (9/13) (SA)



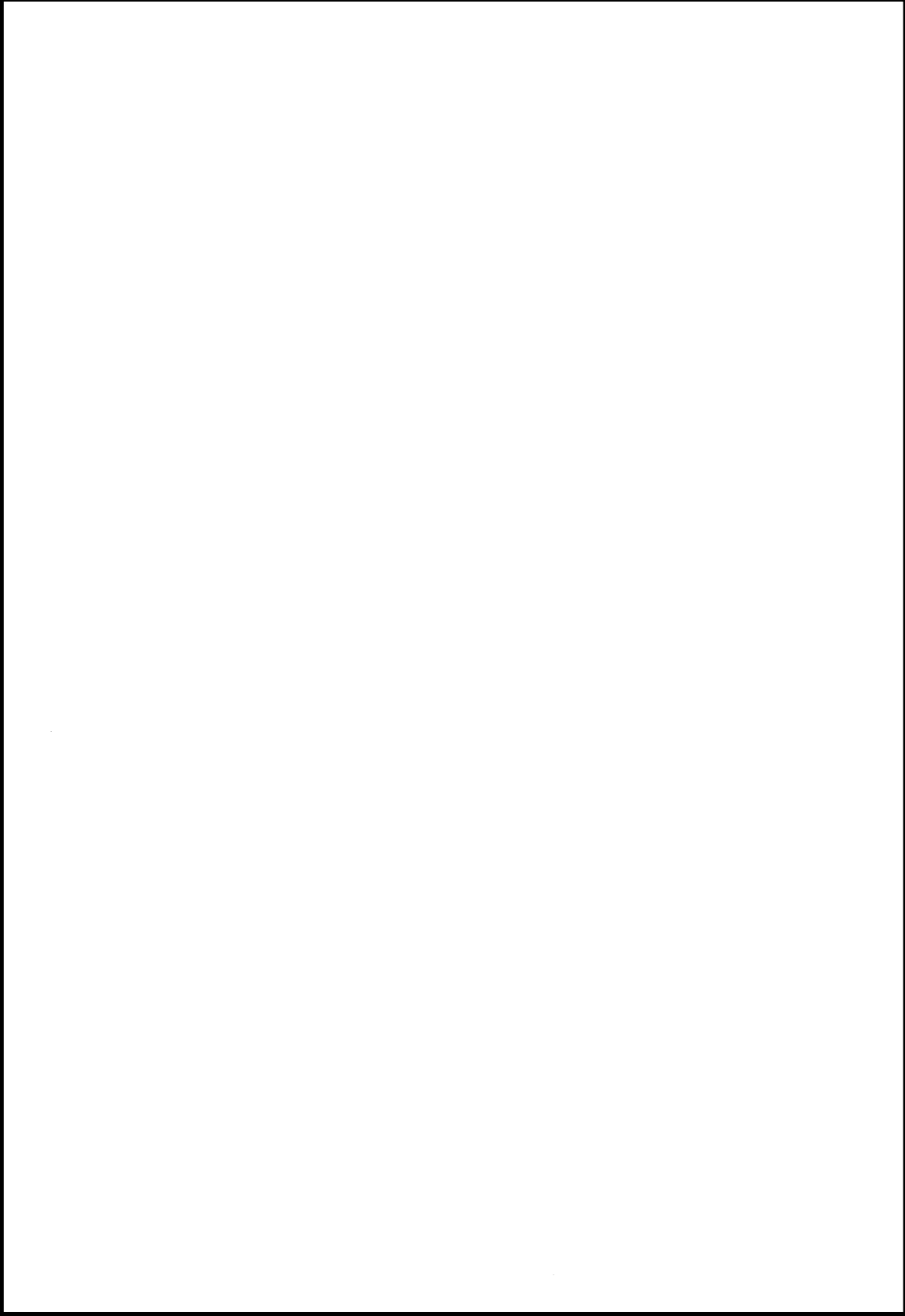
鳥瞰図 HAPS-001 (10/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (11/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (12/13) (SA)



鳥瞰図 HAPS-001 (13/13) (SA)

3. 計算条件

3.1 設計条件

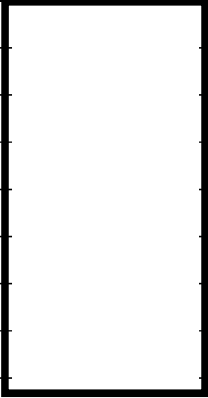
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HVAC-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~33F, 35F, 36N 37~42F, 44F, 45N	0.00 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0
	87.0	23.5	309.0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-001

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	34, 43		46, 49
	47, 50		48, 51

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-001

質量	対応する評価点
□	33F, 35F, 36N, 42F, 44F, 45N
□	1F

設計条件

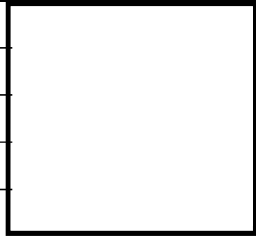
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HVAC-002

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1N, 2F, 4F~9F 10N, 11F, 13F~18F	0.00 (MPa)	40	355.6	11.1	STS410
2	6, 15, 19F~21F 23F~34, 35, 36	0.00 (MPa)	40	318.5	10.3	STS410

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-002

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0

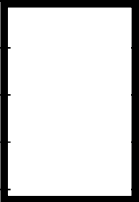
弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-002

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
□	3, 12	□	22
	37		38
	39		

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-002

質量	対応する評価点
	1N, 2F, 4F, 10N, 11F, 13F
	21F, 23F
	19F
	9F, 18F

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 HVAC-003

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~13, 39, 40 48F, 49	5.6 (kPa)	40	355.6	11.1	STS410
2	13 ~30F, 32F~38F 40 ~43F, 45F~47F	5.6 (kPa)	40	318.5	10.3	STS410
3	22, 50 ~65F 67F~69F	5.6 (kPa)	40	165.2	7.1	STS410

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-003

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0
	318.5	10.3	126.0
	318.5	20.6	222.5
	117.0	38.5	65.5
	80.7	20.4	298.0
	165.2	7.1	108.0
	165.2	14.2	140.0
	98.1	29.0	58.0
	66.8	13.4	266.0

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0

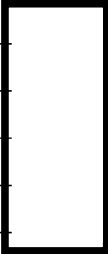
弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-003

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	31, 44		70, 73, 77
	71, 74		72, 75
	66		76
	78		

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-003

質量	対応する評価点
	1F, 48F
	30F, 32F, 43F, 45F
	65F, 67F
	38F, 47F
	69F

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 HVAC-004

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~4F, 6F, 7A	0.60 (kPa)	40	139.8	6.6	STS410

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-004

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	139.8	6.6	100.0
	139.8	13.2	125.0
	90.1	25.0	38.0
	66.8	13.4	266.0


弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-004

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	5		8
	9		10

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-004

質量	対応する評価点
	1F
	4F, 6F

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 HVAC-005

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~10F	0.60 (kPa)	40	139.8	6.6	STS410

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-005

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	10F

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 HVAC-006

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F～4F, 6F～8F 10F～15F	0.60 (kPa)	40	406.4	12.7	STS410

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-006

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	406.4	12.7	150.0
	406.4	25.4	280.0
	138.6	49.3	100.0
	90.7	25.4	258.0
	406.4	12.7	150.0
	406.4	25.4	280.0
	138.6	49.3	100.0
	90.7	25.4	258.0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-006

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	5 , 9		16 , 20
	17 , 21		19 , 23

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-006

質量	対応する評価点
□	1F
□	4F, 6F, 8F, 10F
□	15F

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 HVAC-007

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~10F, 12F~16F	0.86(MPa)	40	355.6	11.1	STS410


配管の付加質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	1F～10F , 12F～16F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-007

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0



弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	11		17
	18		19

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-007

質量	対応する評価点
	1F, 16F
	10F, 12F

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 HVAC-008

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F～5F, 7F～19F	0.86(MPa)	40	355.6	11.1	STS410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1F～ 5F, 7F～19F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HVAC-008

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	355.6	11.1	140.0
	355.6	22.2	245.0
	130.8	45.4	83.0
	87.0	23.5	309.0


弁部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	6		20
	21		22

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HVAC-008

質量	対応する評価点
	1F, 19F
	5F, 7F

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 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1 ~139 , 141 ~151	22.00 (MPa)	66	34.0	6.4	SUS304TP
	153 ~160 , 162 ~164					
	166 ~168 , 324 ~327					
	329 ~336 , 338 ~340					
	342 ~344 , 405 ~417					
	418 ~437 , 438 ~457					
	458F~461 , 463 ~467					
	468F~471 , 473 ~477					
	478F~481 , 483 ~487					
	488F~491 , 493 ~497					
	498F~501 , 503 ~507					
	508F~511 , 513 ~517					
	518F~521 , 523 ~527					
	528F~531 , 533 ~537					
538F~541 , 543 ~547						
548F~551 , 553 ~557						

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 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	558F~561, 563 ~567	22.00 (MPa)	66	34.0	6.4	SUS304TP
	568F~571, 573 ~577					
	578F~581, 583 ~587					
	588F~591, 593 ~597					
	598F~601, 603 ~607					
	608F~611, 613 ~617					
	618F~621, 623 ~627					
	628F~631, 633 ~637					
638F~641, 643 ~647						
648F~651, 653 ~657						
2	168 ~171, 344 ~347	22.00 (MPa)	66	60.5	8.7	SUS304TP

設計条件

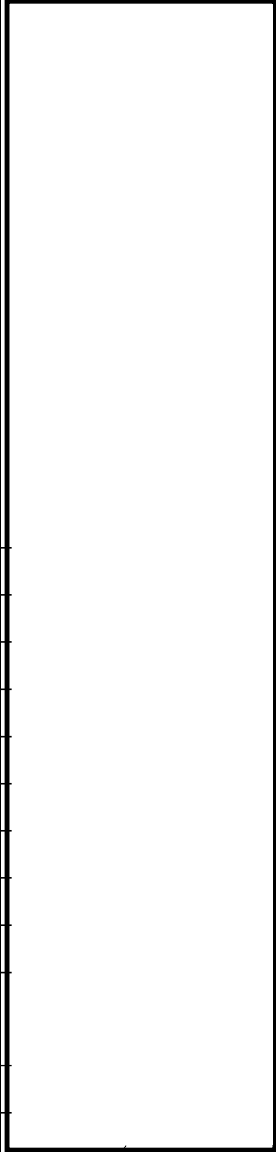
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HAPS-001

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
3	173 ~183 , 185 ~187	0.86 (MPa)	66	60.5	3.9	SUS304TP
	189 ~227 , 229 ~235F					
	241F~244 , 349 ~359					
	361 ~363 , 365 ~369					
	370 ~373 , 375 ~381F 387F~390					
4	244 ~246 , 248 ~251	0.86 (MPa)	66	34.0	3.4	SUS304TP
	390 ~392 , 394 ~397					
5	251 ~253 , 397 ~399	0.86 (MPa)	66	76.3	5.2	SUS304TP
6	253 , 254 , 256 ~323	0.86 (MPa)	66	165.2	7.1	SUS304TP
	399 , 400 , 402 ~404					

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HAPS-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
	34.0	12.8	210.0
	89.1	26.5	210.0
	69.0	14.5	173.0
	63.8	11.9	284.0
	89.1	26.5	210.0
	69.0	14.5	173.0
	63.8	11.9	284.0
	34.0	12.8	264.0
	60.5	17.4	240.0
	60.5	7.8	203.0
	60.5	7.8	210.0
	34.0	6.8	125.0
	165.2	14.2	403.0

NT2 補③ V-3-8-1-3-5 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 HAPS-001

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	140, 152, 328, 462, 472, 482 492, 502, 512, 522, 532, 542 552, 562, 572, 582, 592, 602 612, 622, 632, 642, 652		188, 364
	160, 162, 336, 338		228, 374
	161, 337, 818, 821		238, 384
	165, 341		247, 393
	172, 348		255, 401
	184, 360		820, 823

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HAPS-001

質量	対応する評価点
	235F, 241F, 381F, 387F
	458F, 468F, 478F, 488F, 498F, 508F, 518F, 528F, 538F, 548F 558F, 568F, 578F, 588F, 598F, 608F, 618F, 628F, 638F, 648F

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa) *			
		S m	S y	S u	S h
STS410	40	—	245	410	103
SUS304TP	66	—	188	479	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。

4. 計算結果

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-001	45	Sprm (1)	Sprm (1) 16	1.5Sh
HVAC-001	45	Sprm (2)	Sprm (2) 16	1.8Sh

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-002	28	Sprm (1)	Sprm (1) 20	1.5Sh 154
HVAC-002	28	Sprm (2)	Sprm (2) 20	1.8Sh 185

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-003	35	Sprm (1)	Sprm (1) 16	1.5Sh
HVAC-003	35	Sprm (2)	Sprm (2) 16	1.8Sh

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-004	4	Sprm (1)	Sprm (1) Sprm (2)	1.5Sh 1.8Sh
HVAC-004	4	Sprm (1) Sprm (2)	4 4	154 185

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-005	1	Sprm (1)	Sprm (1) Sprm (2)	1.5Sh 1.8Sh
HVAC-005	1	Sprm (1) Sprm (2)	5 5	154 185

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-006	10	Sprm (1)	Sprm (1) Sprm (2)	1.5Sh 1.8Sh
HVAC-006	10	Sprm (1) Sprm (2)	4 4	154 185

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-007	13	Sprm(1)	Sprm(1) 23	1.5Sh
HVAC-007	13	Sprm(2)	Sprm(2) 24	1.8Sh 154 185

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HVAC-008	12	Sprm (1)	Sprm (1)	1.5Sh
HVAC-008	12	Sprm (2)	Sprm (2)	1.8Sh

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すごとく最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管
設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
HAPS-001	344	Sprm (1)	Sprm (1) 75	1.5Sh 189
HAPS-001	344	Sprm (2)	Sprm (2) 80	1.8Sh 226

注記*1: Sprm(1), Sprm(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-896 改0
提出年月日	平成30年 6月 29日

V-5-56 計算機プログラム（解析コード）の概要・SPAN2000

目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3

1. はじめに

本資料は、添付資料において使用した計算機プログラム（解析コード）SPAN2000について説明するものである。

本解析コードを使用した添付資料を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン	
V-2-10-1-5-7	管の耐震性についての計算書		

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	SPAN2000
使用目的	等分布質量連続はりモデルによる耐震最大支持間隔算出
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	<input type="text"/>
使用したバージョン	<input type="text"/>
コードの概要	<p>配管等の耐震設計に用いる目的として三菱重工業株式会社が開発した解析コードである。</p> <p>配管直管部（一般部）について、発生応力、固有振動数等が許容値や制限値を超えない範囲における最大長さを標準支持間隔として求めることが可能であり、加圧水型原子力発電設備において、多くの使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>配管を等分布質量連続はりモデル化し、許容値や制限値を超えない範囲における最大の支持間隔を求めるために使用している。</p> <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 等分布質量連続はりモデルによる配管直管部（一般部）の耐震最大支持間隔算出及びそれに発生する一次応力の算出について、入力データ <input type="text"/> に対する応力算出結果において、解析解と理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。また、固有振動数に関しても、上記検証において、解析解と理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 地震動の組合せ処理に関しては、本コード内で処理しており、アウトプットファイルと手計算結果が一致していることを確認している。 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震最大支持間隔算出は、JEAG4601-1987 の定ピッチスパン法に従い等分布質量連続はりにモデル化している。

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 本コードは、配管系で使用される要素形状のうち直管部の支持間隔の算出、発生応力の算出に用いられる。今回の工認申請で行う支持間隔算出、発生応力算出の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内になることを確認している。 • 本工事計画において使用するバージョンは、既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。
--	---

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-892 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-11-2-15 耐火隔壁の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用基準	3
3. 評価部位	4
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 許容応力及び材料強度	5
4.3 あと施工アンカー耐力及び面外方向力	7
5. 評価結果	13

1. 概要

本計算書は、「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、耐火隔壁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火隔壁は、図 2-1 の位置関係図に示すように、**原子炉建屋原子炉棟に設置**されており、転倒時に波及的影響を及ぼすおそれがある。

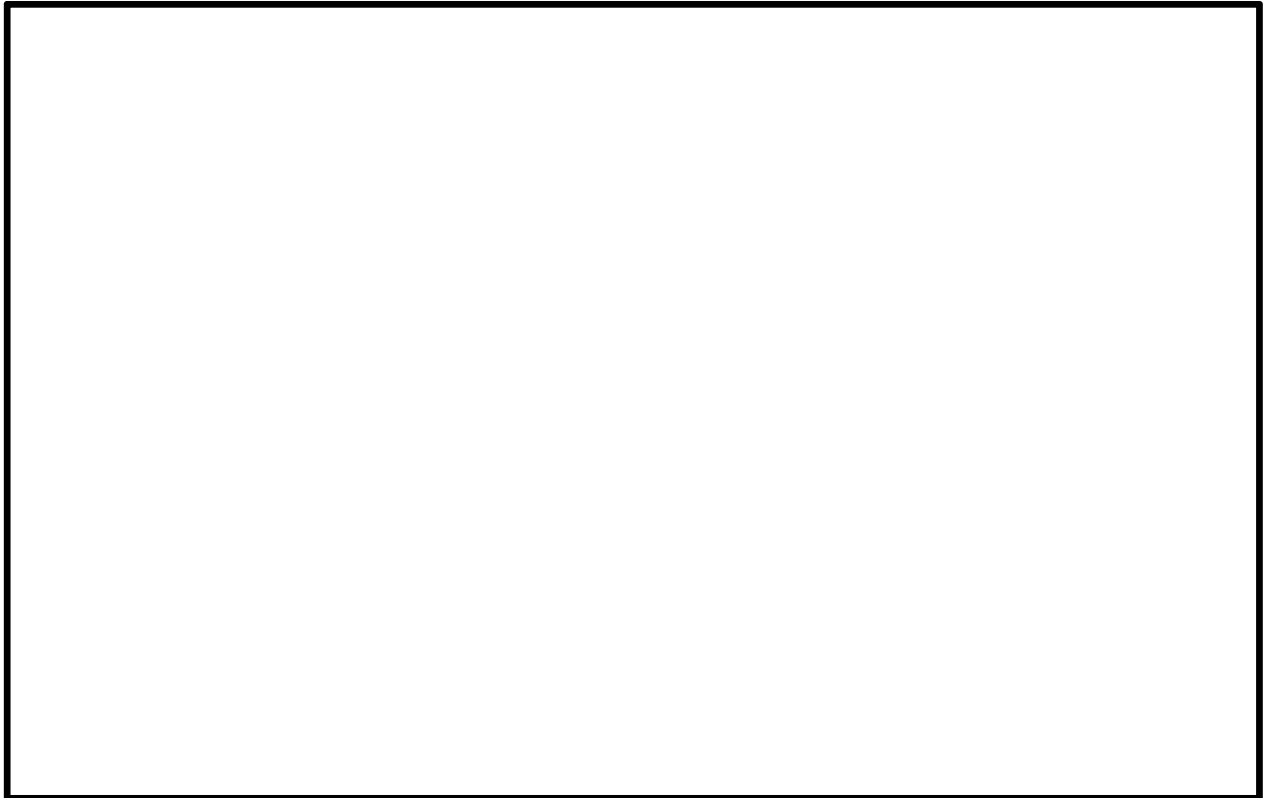


図 2-1 耐火隔壁の位置関係図

2.2 構造計画

耐火隔壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
耐火隔壁は、アンカーボルトにより建屋壁等の躯体に固定される。	鉄筋コンクリート	

2.3 評価方針

耐火隔壁は、上位クラスへの波及的影響を考慮すべき設備として地震荷重に対する機能維持評価を行う。

なお、耐火隔壁が面外方向の地震力を受けた際に、倒壊により周辺設備へ影響を与えないように耐火隔壁に生じる曲げ応力が終局体力以下であることを確認する。また、脆性破壊により倒壊しないように、壁に生じるせん断応力が短期許容応力以下であることを確認する。

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 法規

- ・ 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則
- ・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
- ・ 発電用火力設備に関する技術基準を定める省令
- ・ 発電用火力設備に関する技術基準の細則を定める告示
- ・ 原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める省令
- ・ 電気設備に関する技術基準を定める省令
- ・ 消防法及び同法の関係法令（危険物の規制に関する法令、規則等）
- ・ 計量法及び同法の関係法令（計量単位令等）
- ・ 高圧ガス保安法及び同法の関連法令（冷凍保安規則等）
- ・ 労働安全衛生法及び同法の関連法令（ボイラー及び圧力容器安全規則）
- ・ 建築基準法及び同施行令
- ・ 実用発電所原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

(2) 基準

- ・ 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書
（国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所）
- ・ 実用発電所原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（原子力規制委員会）

(3) 指針

- ・ 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針
（原子力規制委員会）

(4) 日本建築学会の各種規準等

- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説
- ・ 建築物荷重指針・同解説
- ・ 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N
原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事

3. 評価部位

耐火壁の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき実施する。

耐火壁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、耐火壁の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

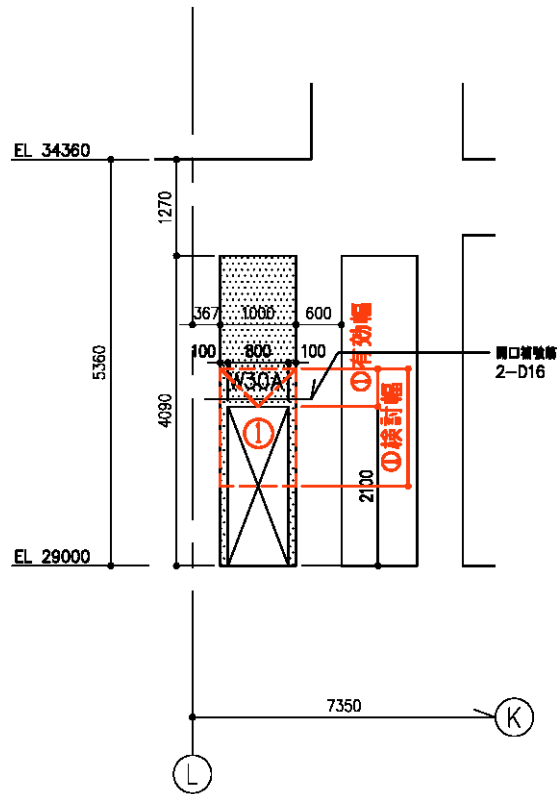


図 3-1 耐火壁の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、耐火隔壁に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

4.2 許容応力及び材料強度

- (1) 材料の許容応力

コンクリート及び鉄筋の材料の許容応力を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 コンクリートの許容応力 (単位：N/mm²)

	長期			短期		
	圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張り	せん断
F _c = 22.1	7.3	—	0.71	14.6	—	1.06

※建築基準法施行令第 91 条及び平成 12 年建設省告示 1450 号による。

表 4-2 鉄筋の許容応力 (単位：N/mm²)

種別	長期		短期	
	引張り 及び圧縮	せん断補強	引張り 及び圧縮	せん断補強
SD295A	195	195	295	295
SD345	215(195)	195	345	345

※RC 規準による。D29 以上の太さの鉄筋に対しては () 内の数値とする。

(2) 材料強度

コンクリート及び鉄筋の材料強度を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

表 4-3 コンクリートの材料強度 (単位：N/mm²)

種類	圧縮	引張り	せん断	付着	
				梁の上端	
普通コンクリート Fc=22.1	22.1	2.13	2.13	梁の上端	4.42
				上記に示す位置 以外の位置	6.63

※建築基準法施行令第 91 条及び平成 12 年建設省告示 1450 号による。

表 4-4 鉄筋の材料強度 (単位：N/mm²)

種類	JIS 規格材		JIS 規格材以外	
	引張り 及び圧縮	せん断補強	引張り 及び圧縮	せん断補強
SD295A	324	295	295	295
SD345	379	345	345	345

※建築基準法施行令第 96 条による。

4.3 あと施工アンカー耐力及び面外方向力

(1) あと施工アンカー耐力の算出

新設される躯体は、既存躯体にあと施工アンカーを設置し、新設躯体と既存躯体を一体化する。あと施工アンカーは接着系アンカー（有機系カプセル）とし、日本建築学会発行の「各種合成構造設計指針・同解説」よりアンカー耐力を算出する。表 4-5 に部材のアンカー耐力算出結果を示す。

凡例

Le	:	アンカー鉄筋の有効埋め込み長さ
sca	:	アンカー鉄筋の有効断面積
da	:	アンカー鉄筋軸部の直径
$s\sigma_y$:	アンカー鉄筋の規格降伏点強度（短期許容引張応力度）
Fc	:	コンクリートの設計基準強度
Ec	:	コンクリートのヤング係数
ϕ_1	:	低減係数 長期：2/3 短期：1.0
ϕ_2	:	低減係数 長期：1/3 短期：2/3
ϕ_3	:	低減係数 長期：1/3 短期：2/3
α_{yu}	:	割増係数 = 1.0
$s\sigma_{pa}$:	アンカー鉄筋の引張強度 = $s\sigma_y \times \alpha_{yu}$
Lce	:	アンカー鉄筋の強度算定用埋め込み長さ = $Le - 2 \cdot da$
c1	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 1
c2	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 2
c3	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 3
α_1	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 1
α_2	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 2
α_3	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 3
τ_{bavg}	:	アンカー鉄筋の基本平均付着強度 = $10 \cdot \sqrt{Fc/21}$
τ_a	:	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮したアンカー鉄筋の付着強度
pa1	:	アンカー鉄筋の降伏により定まる許容引張力 = $\phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot sca$
pa3	:	アンカー鉄筋の付着力により定まる許容引張力 = $\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot da \cdot Lce$
Pa	:	アンカー鉄筋の許容引張力 = $\min(pa1, pa3)$
$s\sigma_{qa}$:	アンカー鉄筋のせん断強度 = $0.7 \cdot s\sigma_y$
$c\sigma_{qa}$:	コンクリートの支圧強度 = $0.5 \cdot \sqrt{Fc \cdot Ec}$
$c\sigma_t$:	コンクリートの引張強度 = $0.31 \cdot \sqrt{Fc}$
c	:	せん断方向のへりあき
Aqc	:	せん断方向の側面における有効水平投影面積 = $0.5 \cdot \pi \cdot c^2$
qa1	:	アンカー鉄筋のせん断強度により定まる許容せん断力 = $\phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot sca$
qa2	:	コンクリートの支圧強度により定まる許容せん断力 = $\phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot sca$
qa3	:	コンクリートのコーン状破壊により定まる許容せん断力 = $\phi_3 \cdot c\sigma_t \cdot Aqc$
Qa	:	アンカー鉄筋の許容せん断力 = $\min(qa1, qa2, qa3)$
$\frac{s\sigma_{pa} \cdot da}{4 \cdot \tau_a}$:	短期許容せん断力を確保するための、 アンカー鉄筋埋め込み長さ Le を満足させるための判定式

表4-5 アンカー耐力算出結果

部材符号		W30A	
算定条件	事象	短期	
	使用鉄筋	1 - D 16	
	アンカー方式	有機系カプセル	
	Le	mm	200
	scA	mm ²	199
	da	mm	16
	sσy	N/mm ²	295
	Fc	N/mm ²	22.1
	Ec	N/mm ²	22100
	φ1		1.0
	φ2		2/3
	φ3		2/3
	引張	αyu	
sσpa		N/mm ²	295
Lce		mm	168
c1		mm	100.0
c2		mm	-
c3		mm	-
α1			0.81
α2			1.00
α3			1.00
τbavg		N/mm ²	10.25
τa		N/mm ²	8.30
pa1		kN/本	58.7
pa3		kN/本	46.7
Pa	kN/本	46.7	
せん断	sσqa	N/mm ²	206.5
	cσqa	N/mm ²	349
	cσt	N/mm ²	1.45
	c	mm	-
	Aqc	mm ²	-
	qa1	kN/本	41.0
	qa2	kN/本	46.3
	qa3	kN/本	-
	Qa	kN/本	41.0
	$\frac{s\sigma pa \cdot da}{4 \cdot \tau a}$	mm *1	143
	*1 ≤ Le		OK

- ※c1:へりあき (アンカー筋ピッチ/2 (アンカー筋ピッチは、図面 S-009 参照))
- c2:へりあき (図面 S-009 参照)
- c3:へりあき (三面へりあきの場合入力)

(2) 面外方向力に対する検討方針

面外方向力に対して、耐火隔壁が許容応力度以下であることを確認する。壁については、自重等に水平震度を考慮した面外方向の地震力に対する検討を行う。床及び階段については、自重等による長期の面外応力ならびに鉛直震度を考慮した面外方向の地震力に対する検討を行う。また、アンカー部に生じる引張力およびせん断力が、前項で算出したアンカー耐力以下であることも確認する。

地震時の検討は、曲げ応力に対しては終局、せん断応力及びアンカー部応力に対しては短期での検討とする。

なお、終局曲げ耐力は以下の式で算出する。

$$M_y = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d / 106$$

ここで、

M_y : 終局曲げ耐力 (kN・m)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

σ_y : 引張鉄筋の降伏強度 (N/mm²)

d : 有効せい (mm)

検討モデルは、各部位ごとに、既存躯体を支持端とした片持ち形式や一方向版等に適切なモデル化をして、安全側評価での検討を行う。扉開口部は、周辺躯体と同じ重量として荷重を算定し、その部位は有効幅から除外する。有効幅等の扉周り評価についての考え方を図 4-1 に示す

検討には、以下の荷重を考慮する。

◆固定荷重

自重 : 24 N/mm³ (鉄筋コンクリート重量)

周辺工作物 (耐火鋼製間仕切り) 重量 : 1.0 kN/m²

◆積載荷重

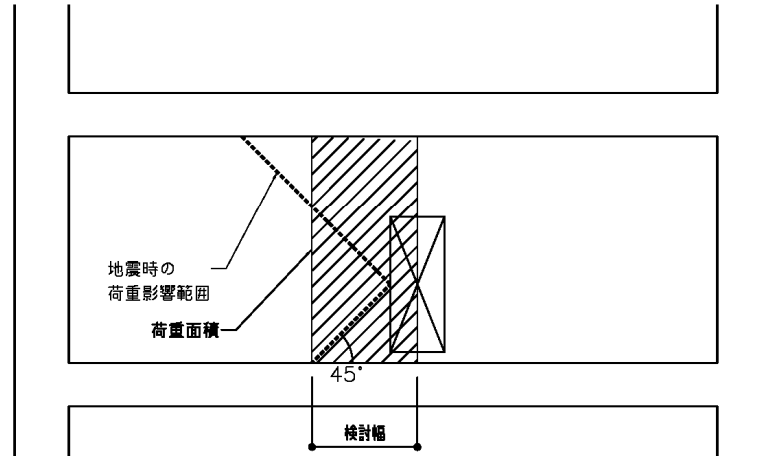
歩行床 : 1.8 kN/m² (長期) 0.6 kN/m² (地震時)

非歩行床 : 1.0 kN/m² (長期) 0.3 kN/m² (地震時)

◆地震荷重

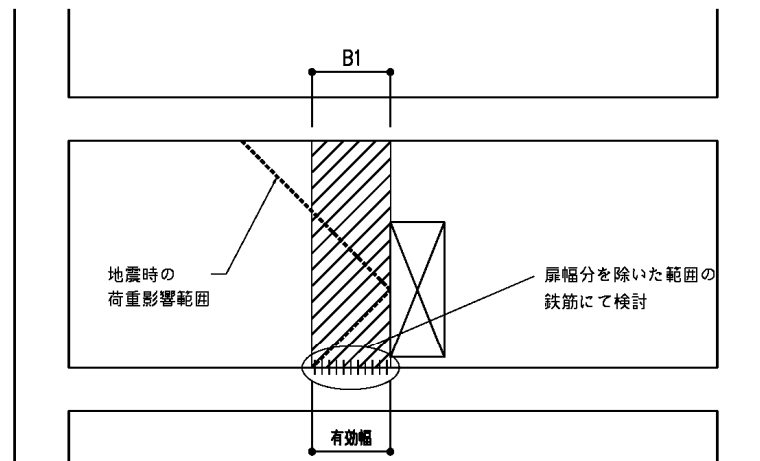
自重等×水平・鉛直震度 (表 4-6 に示す)

扉周りの評価概要図（上部床）



扉開口上下の中間位置から45度の線をおさまる範囲を扉による荷重影響範囲と考え、上端・下端で幅が短い方を検討幅とする。

検討幅



検討幅から扉幅分を除いた長さを、断面算定の有効幅とする。
(B1=有効幅)

有効幅

図 4-1 扉周りの評価概要図

表 4-6 設計震度

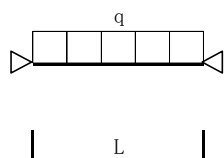
最大床応答加速度の震度換算 (R/B 基準地震動 S_s 8 波包絡)

高さ m E. L.	震度(採用値)	
	水平方向	鉛直方向
63.65	2.04	1.56
57.00	1.74	1.47
46.50	1.46	1.26
38.80	1.40	1.20
34.70	1.37	1.11
29.00	1.29	0.98
20.30	1.11	0.84
14.00	0.95	0.83
8.20	0.92	0.80
2.00	0.80	0.77
-4.00	0.72	0.75

(3) 面外方向力

両端の直交壁との接合部を支持端とした一方向版として検討する。支持端はシングルアンカーによるピン支持と仮定し、アンカー筋はせん断力のみ負担する。以下に検討結果（判定）を示す。

■ モデル図



■ 断面検討

部材符号		W30A	EL29.00~EL34.36		
検討諸元	L	mm	1000	設計スパン	
	B	mm	1550	検討幅 = $800/2 + 100 + 2100/2$	
	b	mm	500	有効幅 = B - 開口部	
	D	mm	300	新設壁厚	
	dt	mm	80	引張鉄筋重心位置	
	d	mm	220	有効せい = $D - dt$	
	j	mm	192	応力中心間距離 = $d \times 7/8$	
	Fc	N/mm ²	22.1	コンクリート強度	
	鉄筋種別		SD 295		
	σ_y	N/mm ²	324.0	鉄筋の降伏点強度	
	fs	N/mm ²	1.06	コンクリートの許容せん断応力度	
	設計配筋		2 - D16	2-D16@200 = $500/200$	
	k		1.37	水平震度	
	q	kN/m	15.3	壁自重地震力 = $1.37 \times 24 \times 0.3 \times 1.55$	
断面検討	M	kN・m	2.0	作用曲げモーメント = $q \times L^2 / 8$	
	Q	kN	7.7	作用せん断力 = $q \times L / 2$	
	at	mm ²	398	設計鉄筋量	
	My	kN・m	25.5	(0.08)	終局曲げ耐力 = $0.9 \times d \times at \times \sigma_y$
	τ	N/mm ²	0.09	(0.09)	設計せん断応力度 = $Q / (b \times j)$
	判定		OK		
アンカー部検討	n	本	1	厚さ方向 アンカー筋本数	
	m	列	2	幅方向 アンカー筋列数	
	アンカー筋		D16		
	P	kN/本	-	アンカー1本当りの引張力 = $M / (j \times m)$	
	Q	kN/本	3.9	アンカー1本当りのせん断力 = $Q / (n \times m)$	
	Pa	kN/本	-	-	アンカー引張耐力
	Qa	kN/本	41.0	(0.10)	アンカーせん断耐力
	$P/Pa^2 + Q/Qa^2$		-	-	組合せ検定比
判定		OK			

5. 評価結果

新設される耐火隔壁（躯体）については、面外方向の地震力を受けた際に、倒壊により周辺設備へ影響を与えないように耐火隔壁に生じる曲げ応力が終局体力以下であることを確認した。また、脆性破壊により倒壊しないように、壁に生じるせん断応力が短期許容応力以下であることを確認した。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-887 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-5 ハロンガス供給選択弁の耐震計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格	4
3. 地震応答解析	6
3.1 基本方針	6
3.2 解析方法	6
3.3 設計用地震力	7
3.4 解析モデル及び諸元	8
3.5 固有値解析結果	11
4. 応力評価	13
4.1 基本方針	13
4.2 評価対象部位	13
4.3 荷重及び荷重の組合せ	13
4.4 評価方法	15
5. 機能維持評価	17
5.1 基本方針	17
5.2 評価対象部位	17
5.3 許容限界	17
5.4 評価方法	17
6. 評価条件	18
6.1 応力評価条件	18
6.2 機能維持評価条件	19
7. 耐震評価結果	20

1. 概要

本資料は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、基準地震動 S_s による地震力に対し、ハロンガス供給選択弁ユニットが地震時及び地震後においても、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロンガス供給選択弁ユニットの構造計画を「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

ハロンガス供給選択弁ユニットは、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火災及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

2.2 構造概要

ハロンガス供給選択弁ユニットの構造計画を表 2-1 に、外観図を図 2-1 図に、選択弁の外観図を図 2-2 に示す。

表 2-1 ハロンガス供給選択弁ユニットの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロンガス供給選択弁ユニット	選択弁及び集合管	選択弁は集合管に取り付けて固定する。集合管はラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。	図 2-1 図 2-2

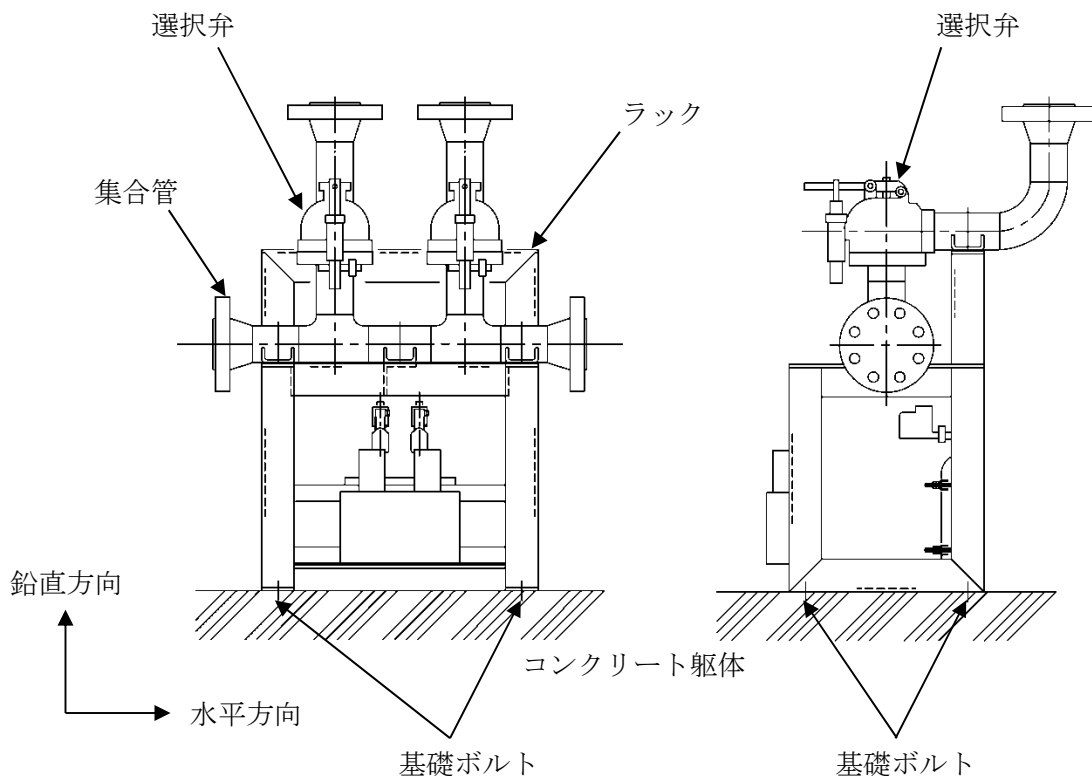


図 2-1 ハロンガス供給選択弁ユニット 外観図

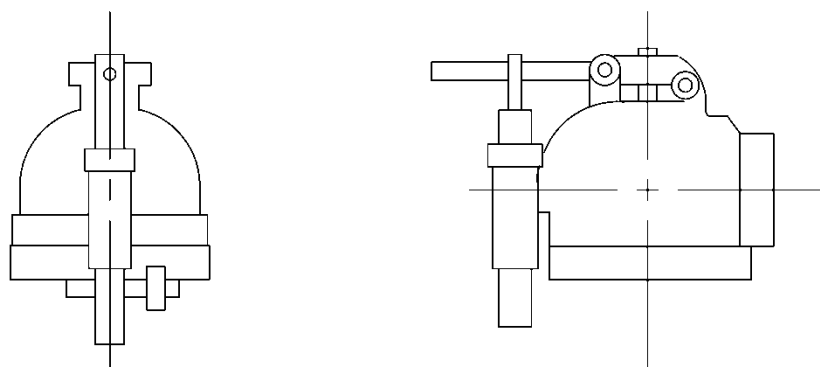


図 2-2 選択弁 外観図

2.3 評価方針

ハロンガス供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」においてハロンガス供給選択弁ユニットの評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの構成品である選択弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの選択弁の動的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において選択弁の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの耐震評価（応力評価）フローを図 2-3 に、選択弁の耐震評価（機能維持評価）フローを図 2-4 に示す。

2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

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

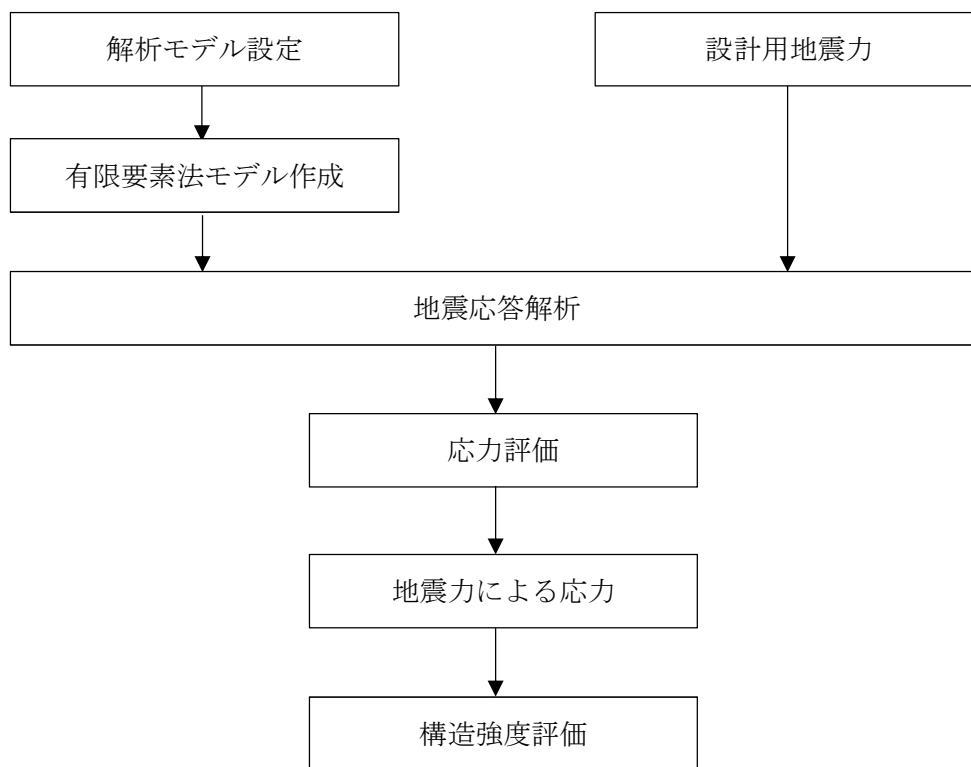


図 2-3 ハロンガス供給選択弁ユニットの耐震評価（応力評価）フロー

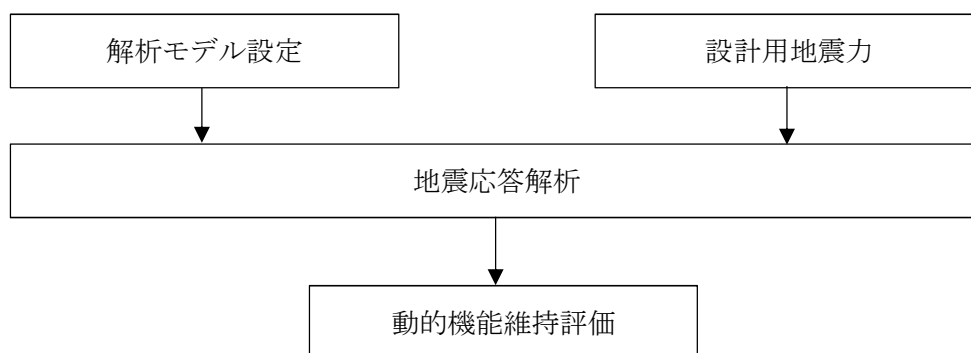


図 2-4 選択弁の耐震評価（機能維持評価）フロー

3. 地震応答解析

3.1 基本方針

ハロンガス供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」においてハロンガス供給選択弁ユニットの固有振動数を評価する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.5 固有値解析結果」において選択弁の固有振動数を評価する。

3.2 解析方法

ハロンガス供給選択弁ユニットの解析方法を「3.2.1 ハロンガス供給選択弁ユニット」に、ハロンガス供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁の解析方法を「3.2.2 選択弁」に示す。

3.2.1 ハロンガス供給選択弁ユニット

- (1) ハロンガス供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁、集合管及びラックをはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- (2) 解析コードは MSC NASTRAN を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (4) 許容応力について J SME S NC 1 - 2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.2.2 選択弁

選択弁は、支持構造物も含めた選択弁の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

3.3 設計用地震力

ハロンガス供給選択弁ユニットの耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

ハロンガス供給選択弁ユニットの設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、設置建屋の各場所における最大床加速度(S_s)のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

表3-1 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準 地震動 S_s	緊急時対策所建屋 EL. 23.3	緊急時対策所建屋 EL. 23.3	水平	1.0	水平方向,鉛直方向ともに $S_s-1\sim 8$ の包絡曲線を用いる。
		緊急時対策所建屋 EL. 23.3	鉛直	1.0	

3.4 解析モデル及び諸元

「3.2.1 ハロンガス供給選択弁ユニット」に示すハロンガス供給選択弁ユニットの解析モデルを図3-1に、解析モデルの諸元を表3-2に、ハロンガス供給選択弁ユニットの外形図を図3-2に示す。

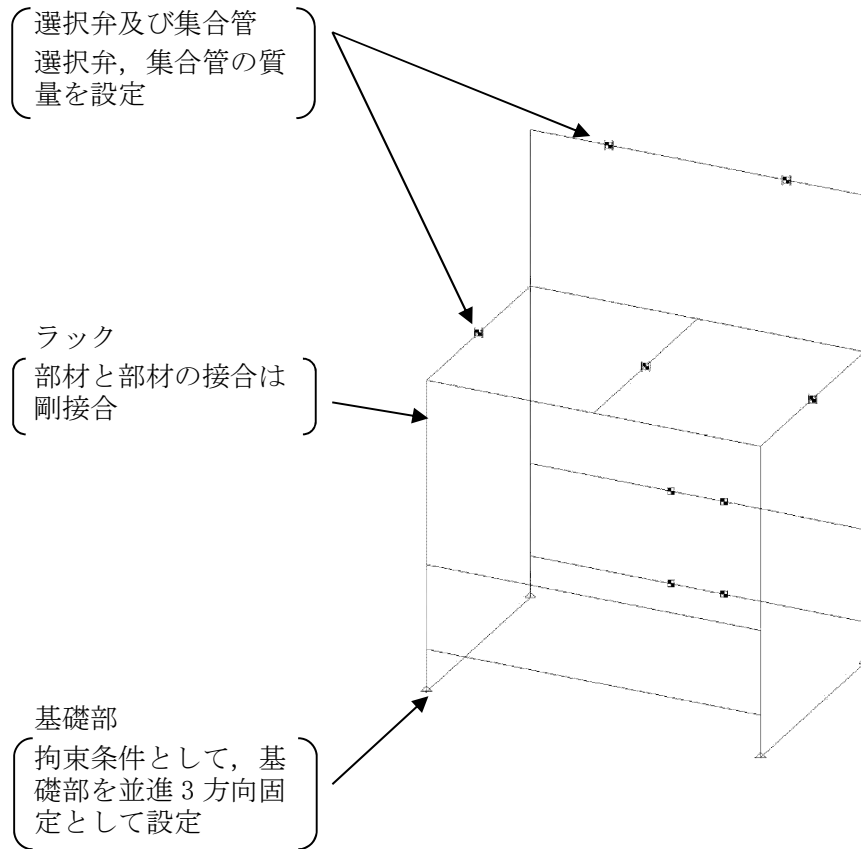


図3-1 解析モデル

表 3-2 解析モデルの諸元

	材質 (数値)	諸元(数値)	縦弾数係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面積二次モーメント (mm ⁴)	
					強軸	弱軸
ラック	SS400	L50×50×t4	2.01×10^5	389.2	9.060×10^4	9.060×10^4
	SS400	L100×100×t10	2.01×10^5	1900	1.750×10^6	1750×10^6
	SS400	L40×40×t3*	2.01×10^5	168	2.777×10^4	4.208×10^3
基礎 ボルト (mm)	SS400	M16×4本	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	40	—	—	—	—
質量(kg)	—	416	—	—	—	—
ポアソン 比	—	0.3	—	—	—	—

*等辺山形鋼の片側フランジを先端から 21 mm 切欠いた断面を示す。

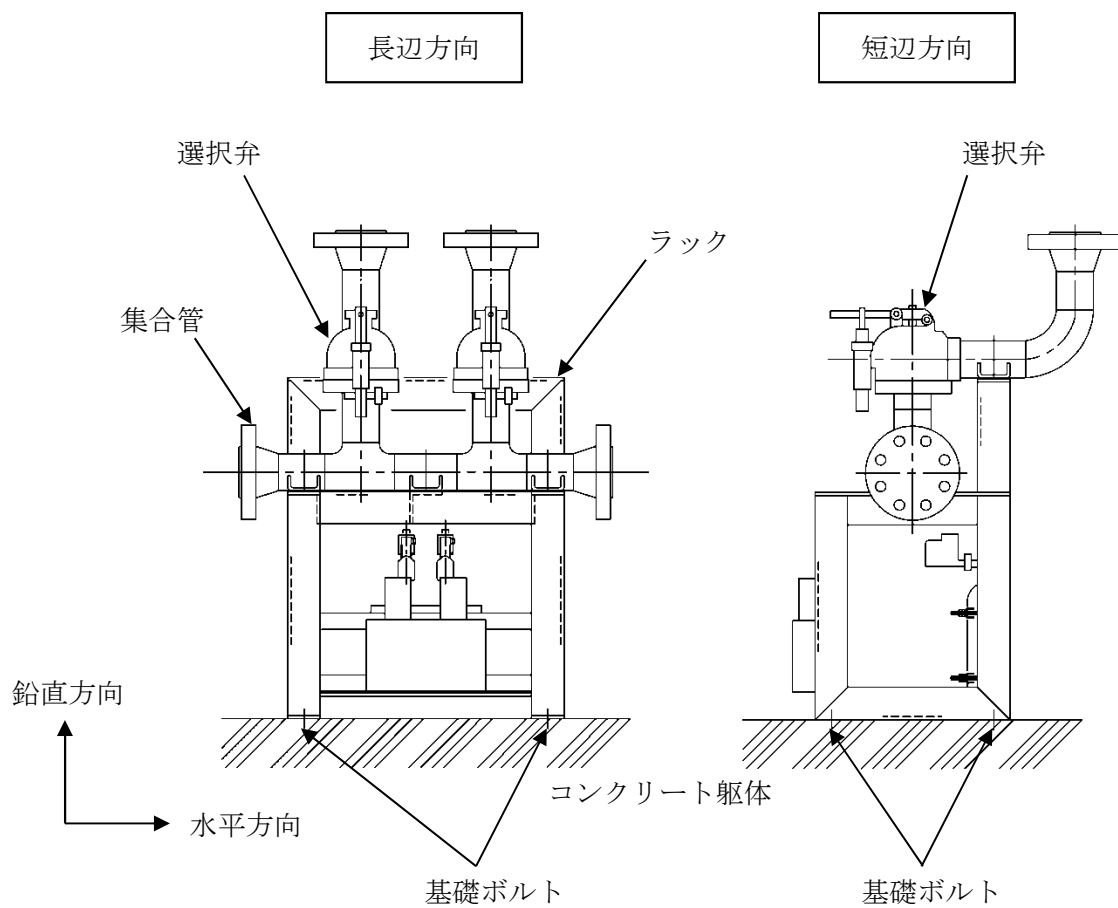


図3-2 ハロンガス供給選択弁ユニット 外形図

3.5 固有値解析結果

ハロンガス供給選択弁ユニットの固有値解析結果を「3.5.1 ハロンガス供給選択弁ユニット」に、ハロンガス供給選択弁ユニットの選択弁の固有値解析結果を「3.5.2 選択弁」に示す。

3.5.1 ハロンガス供給選択弁ユニット

ハロンガス供給選択弁ユニットの固有値解析結果を表 3-3 に、振動モード図を図 3-3 に示す。

3.5.2 選択弁

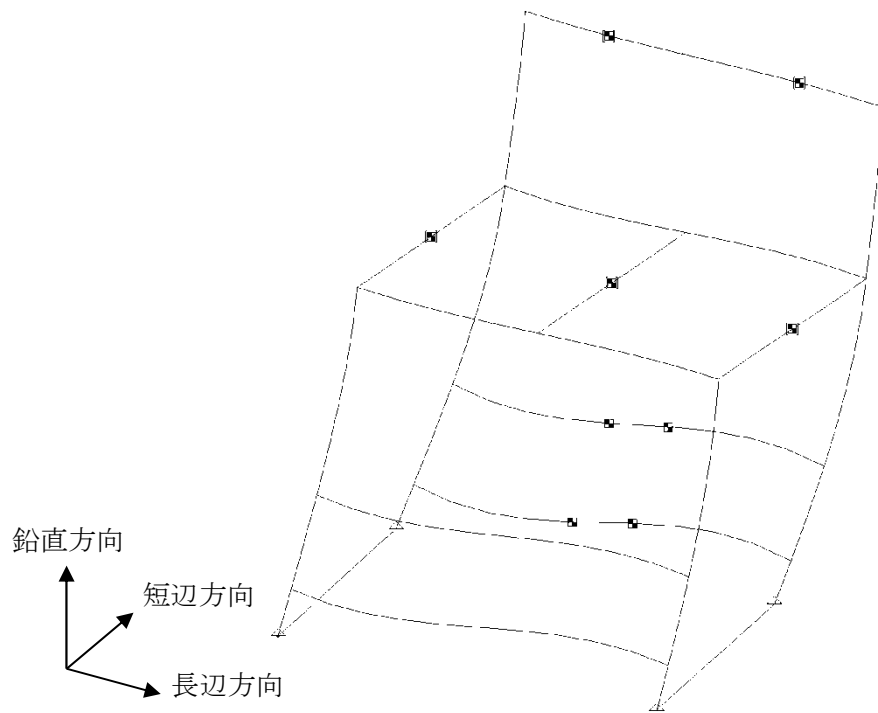
選択弁の固有値解析結果を表 3-4 に示す。表 3-4 より、選択弁は、剛構造である。

表 3-3 ハロンガス供給選択弁ユニットの固有振動数 (単位 : Hz)

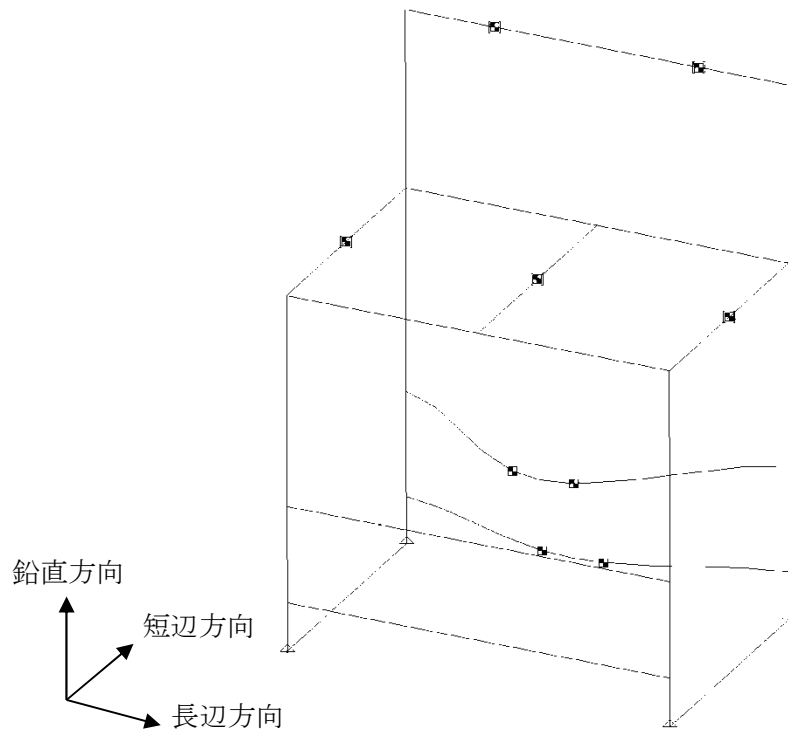
設備名称	方向	固有振動数
ハロンガス供給選択弁 ユニット	長辺方向	20 以上
	短辺方向	20 以上

表 3-4 選択弁の固有振動数 (単位 : Hz)

機器名称	固有振動数
選択弁	20 以上



(a) 長辺方向モード



(b) 短辺方向モード

図 3-3 振動モード図

4. 応力評価

4.1 基本方針

ハロンガス供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価対象部位

ハロンガス供給選択弁ユニットの評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位であるラック及び基礎ボルトとする。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

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

4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を使用する。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、ハロンガス供給選択弁ユニットの自重とする。

(2) 地震荷重(S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s による地震力とする。

4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、ハロンガス供給選択弁ユニットの評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.3.3 許容応力

ハロンガス供給選択弁ユニットの基礎ボルトの許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	ハロンガス供給選択弁 ユニット	C (S _s 機能維持)	—*	D + S _s	IV _A S

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 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（ボルト等）*1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

4.4 評価方法

ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示すラックの評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

4.4.1 記号の定義

応力評価に使用する記号の定義を表 4-4 に示す。

表 4-4 ラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	単位	記号の定義
A	mm ²	基礎ボルト断面積
F _s	N	基礎ボルトのせん断力
F _t	N	基礎ボルトの引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ _a	MPa	ラックの軸応力
σ _b	MPa	ラックの曲げ応力
σ _{bt}	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ _b	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ _t	MPa	ラックのねじりモーメントによるせん断応力

4.4.2 応力評価モデル及び評価式

ハロンガス供給選択弁ユニットは、3次元 FEM モデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットは、「2.2 構造概要」の表 2-1 に示すとおり、選択弁をラックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し応力評価を実施する。

(1) ラックの構造強度評価

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

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

(2) 基礎ボルトの構造強度評価

a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A}$$

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

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

5. 機能維持評価

5.1 基本方針

ハロンガス供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価対象部位

ハロンガス供給選択弁ユニットの評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な選択弁とする。

5.3 許容限界

ハロンガス供給選択弁ユニットの許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

選択弁の機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
選択弁	水平	4.00
	鉛直	3.00

5.4 評価方法

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

6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

6.1 応力評価条件

6.1.1 許容応力評価条件

ハロンガス供給選択弁ユニットの許容応力評価条件を表6-1に示す。

表6-1 ハロンガス供給選択弁ユニットの許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
ラック	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

6.1.2 応力評価に用いる設計震度

ハロンガス供給選択弁ユニットは、固有振動数が20 Hz以上で、剛構造であることを確認しているため、応力評価に用いる設計震度は、最大床加速度の1.2倍を使用する。

ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価に用いる設計震度を表6-2に示す。

表6-2 ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価に用いる設計震度 (単位：ー)

項目	設計震度
水平方向設計震度	1.43
鉛直方向設計震度	1.27

6.2 機能維持評価条件

6.2.1 設計用地震力

選択弁の機能維持評価に用いる設計用地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

6.2.2 評価用加速度

選択弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は、「6.2.1 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

選択弁の評価用加速度を表6-3に示す。

表 6-3 選択弁の評価用加速度 (単位：×9.8 m/s²)

機器名称	方向	評価用加速度
選択弁	水平	3.6
	鉛直	2.1

7. 耐震評価結果

ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価結果及び動的機能維持評価結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。

ラック及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、選択弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、ハロンガス供給選択弁ユニットは、地震時及び地震後においても、基準地震動 S_s による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

表 7-1 ハロンガス供給選択弁ユニットの応力評価結果

(単位：MPa)

設備名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
ハロンガス供給選択弁 ユニット	ラック	組合せ応力	60	280
	基礎ボルト	引張応力	10	210
		せん断応力	6	161

表 7-2 選択弁の動的機能維持評価結果

(単位：×9.8 m/s²)

設備名称	機能確認済加速度との比較				
	加速度確認箇所	水平		鉛直	
		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
選択弁	加振台への取付位置	3.60	4.00	2.10	3.00

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-886 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添 1-10 ガス供給配管の耐震計算書

目 次

1. 概 要	1
2. 設計条件	2
2.1 設計条件	2
2.2 材料及び許容応力	7
3. 概略系統図及び鳥瞰図	8
3.1 概略系統図	8
3.2 鳥瞰図	10
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 結 論	22
4.3 支持点荷重	23

1. 概 要

本計算書は、「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」に基づき、ガス供給配管の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

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

2. 設計条件

2.1 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 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

解析範囲	ハロンポンベ（原子炉再循環系流量制御弁用制御油圧発生装置B用）下流アンカ点から原子炉再循環系流量制御弁用制御油圧発生装置B噴射ノズル分岐点上流アンカ点						
管番号	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	運転温度 (°C)	管外径 (mm)	管肉厚 (mm)	材 料	耐震クラス
1	5.20	40	40	42.7	3.6	SUS304TP	— (S s)

F P管 番号と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

管番号	対 応 す る 評 価 点															
1	5000	8003	8004	8005	15	8006	8007	8008	8009	8010	5001	8011	8012	8013	8014	
	8015	8016	8017	5002	8018	8019	8020	16	17	8021	5003	8022	8023	8024	8025	
	8026	8027	8028	5004	8029	18	19	8030	8031	8032	5005	8033	20	21	8034	
	22	23	8035	24	25	8036	8037	8038	26	8039	8040	8041	8042	8043	8044	
	8045	8046	8047	8048	8049	8050	8051	27	28	8052	5006	8053	8054	8055	29	
	30	8056	5007	8057	8058	8059	8060	8061	8062	8063	5008	8064	8065	8066	8067	
	8068	8069	8070	5009	8071	8072	8073	8074	8075	8076	8077	8078	8079	8080	8081	
	8082	8083	5010	8084	31	32	8085	8086	8087	8088	8089	8090	8091	5011	8092	
	8093	8094	8095	8096	8097	8098	5012	8099	8100	8101	8102	8103	8104	8105	5013	
	8106	33	34	8107	35	36	8108	8109	8110	8111	8112	8113	8114	37	38	
	8115	5014	8116	8117	8118	8119	8120	8121	8122	8123	8124	39	40	8125	8126	
	8127	41	42	8128	5015	8129	43	44	8130	8131	8132	45	46	8133	47	
	48	8134	5016	8135	8136	8137	8138	8139	8140	8141	49	50	8142	51	52	
	8143	5017	8144	8145	8146	8147	8148	5018	8149	8150	8151	8152	8153	8154	8155	
	5019	8156	8157	8158	8159	8160	8161	8162	8163	8164	5020	5165	8166	8167	8168	
	8169	8170	8171	8172	8173	5021	8174	53	54	8175	55	56	8176	57	58	
	8177	59	60	8178	8179	8180	5022	8181	8182	8183	8184	8185	5023	8186	61	
	62	8187	8188	8189	8190	8191	8192	8193	63	64	8194	8195	8196	5024	8197	
	8198	8199	5025	8200	8201	8202	8203	8204	65	66	8205	67	68	8206	5026	
	8207	8208	8209	8210	8211	8212	8213	8214	8215	5027	8216	8217	8218	8219	8220	
	5028	8221	8222	8223	8224	8225	8226	8227	8228	8229	5029	8230	8231	8232	8233	
	8234	8235	8236	5030	8237	8238	8239	8240	8241	8242	8243	5031	8244	8245	8246	
	8247	8248	8249	8250	8251	8252	69	70	8253	5032	8254	71	72	8255	8256	
	8257	73	74	8258	75	76	8259	77	78	8260	5033	8261	8262	8263	8264	
	8265	8266	8267	79	80	8268	5034	8269	81	82	8270	8271	8272	83	84	
	8273	5035	8274	8275	8276	8277	8278	8279	8280	8281	8282	85	86	8283	8284	

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

管番号	対 応 す る 評 価 点														
1	8285	5036	8286	8287	8288	8289	8290	8291	8292	87	88	8293	5037	8294	8295
	8296	5038	8297	8298	8299	8300	8301	8302	8303	5039	8304	89	90	8305	91
	92	8306	93	94	8307	95	96	8308	8309	8310	8311	8312	5040	8313	8314
	8315	8316	8317	5041	8318	97	98	8319	8320	8321	8322	8323	8324	8325	5042
	8326	8327	8328	99	100	8329	8330	8331	8332	8333	5043	8334	8335	8336	8337
	8338	8339	8340	8341	8342	5044	8343	101	102	8344	8345	8346	103	104	8347
	8348	8349	5045	8350	8351	8352	8353	8354	105	106	8355	107	108	8356	109
	110	8357	111	112	8358	113	114	8359	8360	8361	115	8362	8363	8364	116
	117	8365	5046	8366	118	119	8367	120	121	8368	8369	8370	8371	8372	122
	8373	8374	8375	8376	8377	123	124	8378	125	126	8379	127	128	8380	8381
	8382	5047	8383	129	130	8384	8385	8386	8387	8388	5048	8089	131	132	8390
	8391	8392	8393	8394	8395	8396	8397	8398	133	8399	8400	8401	8402	8403	8404
	8405	134	135	8406	136	137	8407	138	139	8408	5049	8409	8410	8411	8412
	8413	8414	8415	140	141	8416	5050	8417	142	143	8418	8419	8420	8421	8422
	8423	8424	8425	8426	144	145	8427	5051	8428	146	147	8429	148	149	8430
	150	151	8431	8432	8433	8434	8435	8436	8437	8438	8439	5052	8440	8441	8442
	8443	8444	8445	8446	8447	8448	5053	8449	8450	8451	152	153	8452	8453	8454
	154	155	8455	8456	8457	8458	8459	5054	8460	8461	8462	8463	8464	156	157
	8465	8466	8467	8468	8469	158	159	8470	5055	8471	8472	8473	8474	8475	5056
	8476	160	161	8477	8478	8479	8480	8481	162	163	8482	8483	8484	5057	8485
	164	165	8486	8487	8488	8489	8490	8491	8492	8493	8494	5058	8495	8496	8497
	8498	8499	8500	8501	5059	8502	8503	8504	8505	8506	8507	8508	8509	8510	166
	167	8511	5060	8512	8513	8514	8515	8516	5061	8517	8518	8519	168	169	8520
	8521	8522	5062	8523	8524	8525	8526	8527	8528	8529	5063	8530	8531	8532	170
	171	8533	8534	8535	172	173	8536	8537	8538	174	175	8539	176	177	8540
	5064	8541	8542	8543	5065	8544	178	179	8545	5066	8546	8547	8548	8549	8550
	8551	8552	5067												

NT2 補② V-2-別添1-10 R0

支持点及び貫通部のばね定数

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

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
5000	1.0×10^9	1.0×10^9	1.0×10^9	1.0×10^{15}	1.0×10^{15}	1.0×10^{15}
5001	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5002	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5003	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5004	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5005	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5006	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5007	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5008	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5009	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5010	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5011	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5012	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5013	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5014	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5015	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5016	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5017	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5018	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5019	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5020	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5021	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5022	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5023	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5024	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5025	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5026	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5027	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5028	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5029	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5030	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5031	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5032	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5033	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5034	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5035	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5036	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5037	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5038	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5039	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5040	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5041	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5042	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

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
5043	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5044	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5045	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5046	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5047	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5048	—	1.0×10^9	—	—	—	—
** 5048 **	0.1×10^9	—	—	—	—	—
	-0.0804	0.0000	-0.9968	—	—	—
5049	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5050	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5051	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5052	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5053	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5054	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5055	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5056	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5057	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5058	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5059	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5060	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5061	—	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—
5062	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5063	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5064	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5065	1.0×10^9	—	1.0×10^9	—	—	—
5066	1.0×10^9	1.0×10^9	—	—	—	—
5067	1.0×10^9	1.0×10^9	1.0×10^9	1.0×10^{15}	1.0×10^{15}	1.0×10^{15}

** 印は斜め拘束を示す。また、下段は方向余弦を示す。

2.2 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。

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

材 料 名	最高使用温度 (°C)	許 容 応 力 (MPa)			適用規格*
		S y	S u	S h	
SUS304TP	40	205	520	129	


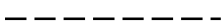

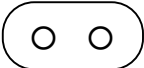
記号説明 : S y ; 設計降伏点 S u ; 設計引張強さ S h ; 許容引張応力

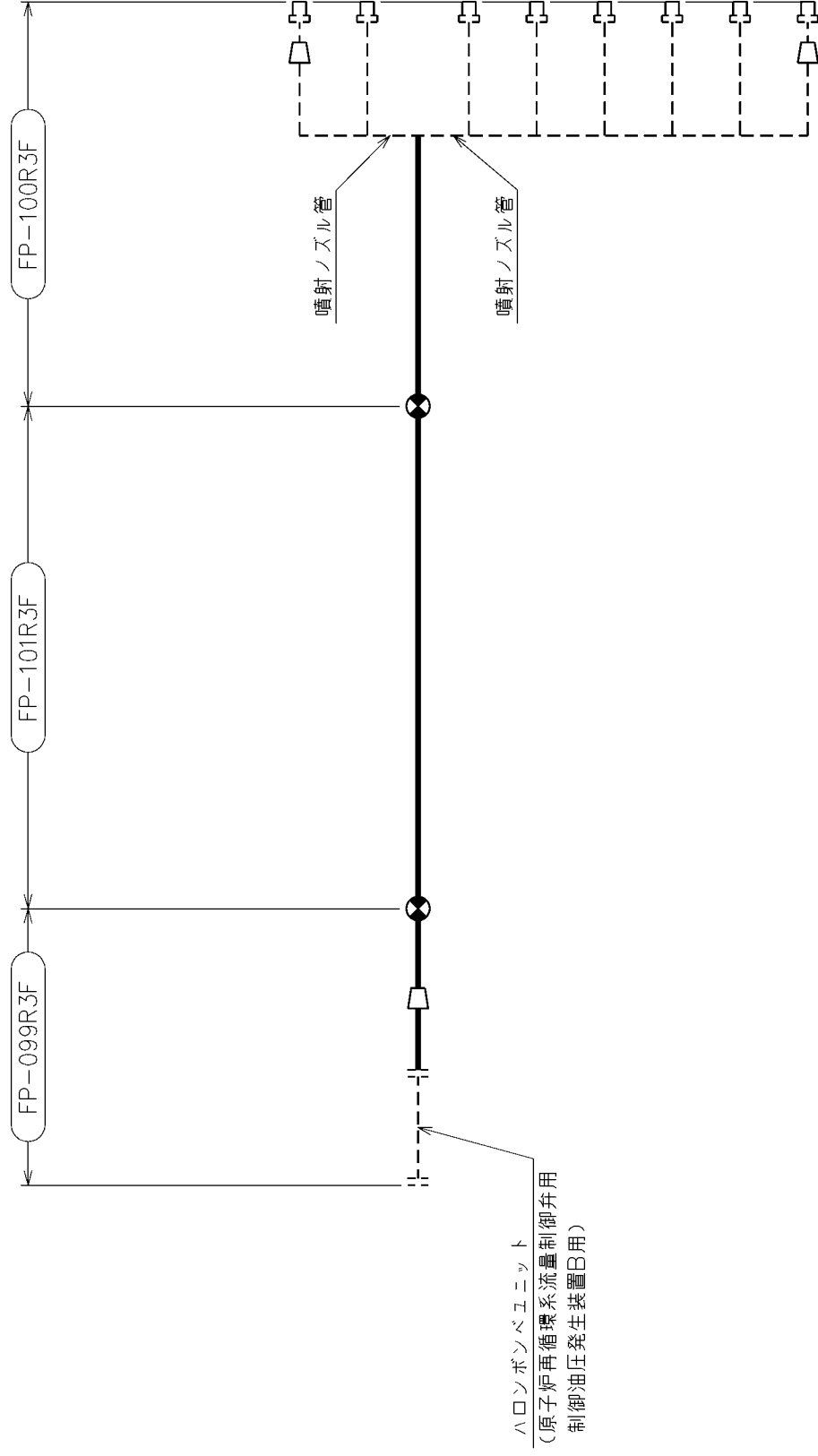
特記 * : 特記なきものは設計・建設規格 (J S M E S N C 1 - 2005/2007)
第 I 編 付録材料図表 Part5による。

3. 概略系統図及び鳥瞰図

3.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


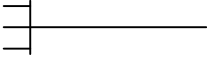
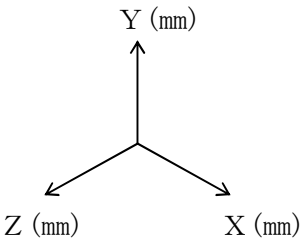
記 号	内 容
 (太線)	本計算書中に評価結果を添付する F P 配管
 (点線)	評価結果を添付しない配管であるが、計算モデルの概略を示すために表記する配管
	アンカ
	鳥瞰図番号



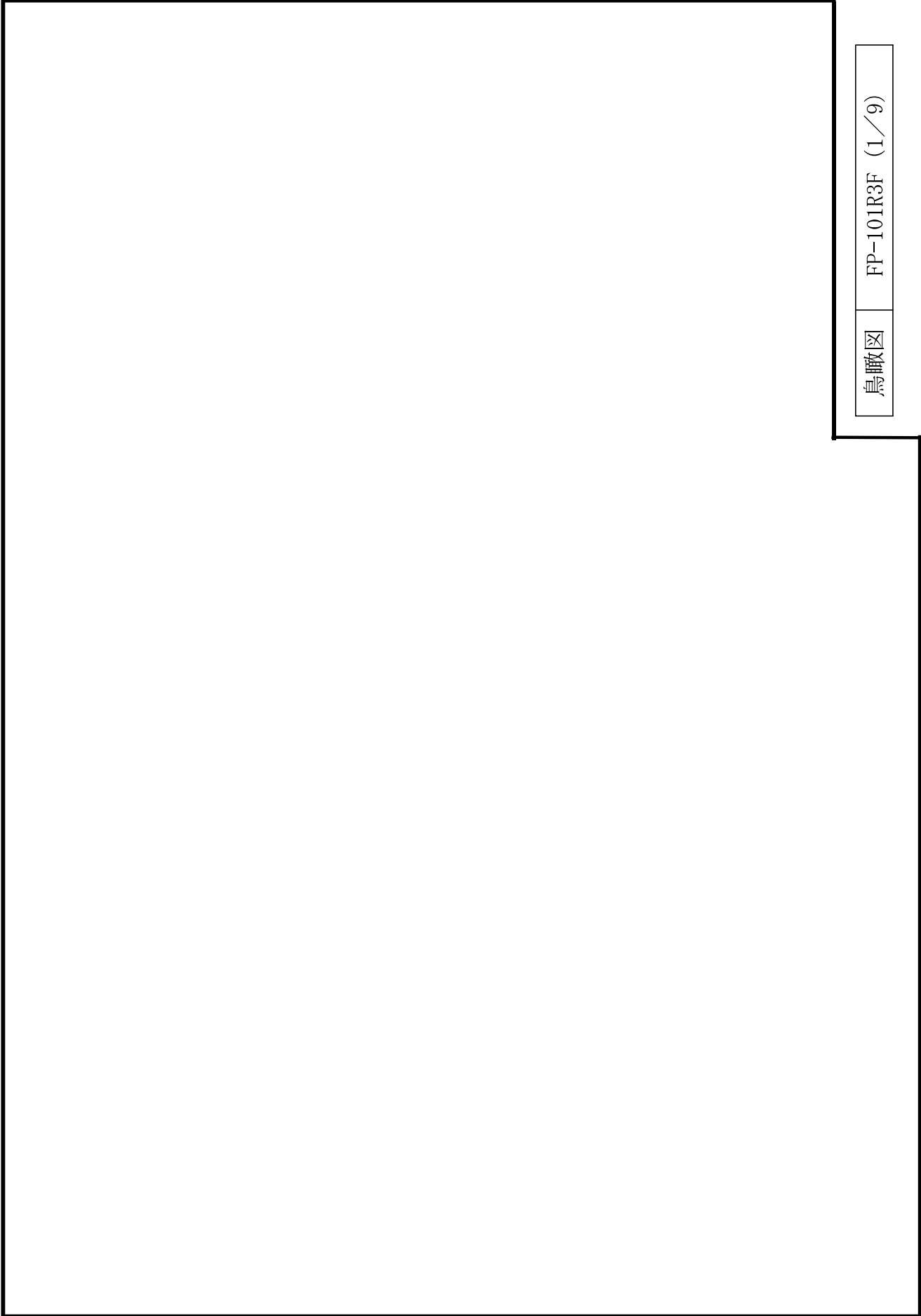
消火系概略系統図

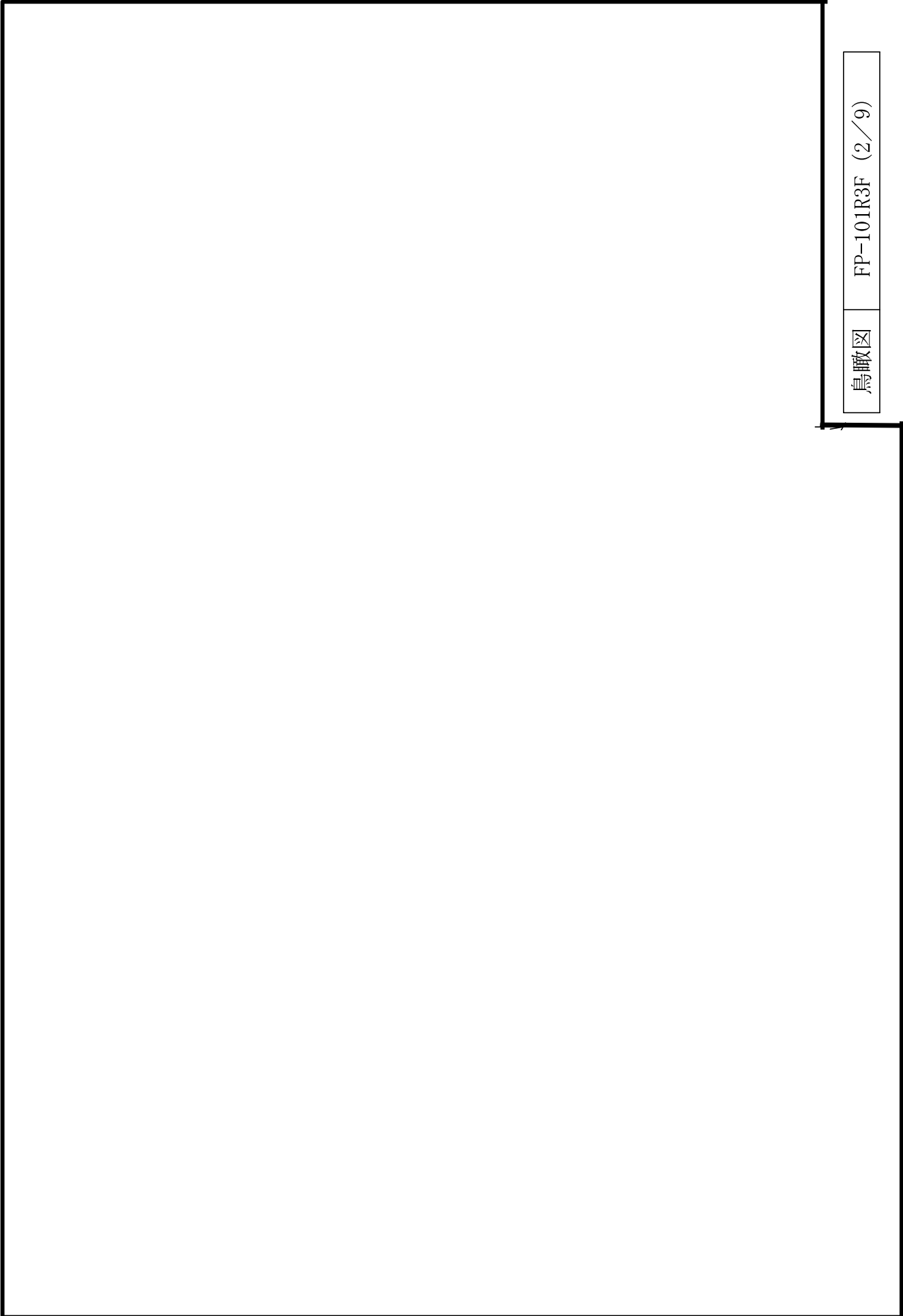
3.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

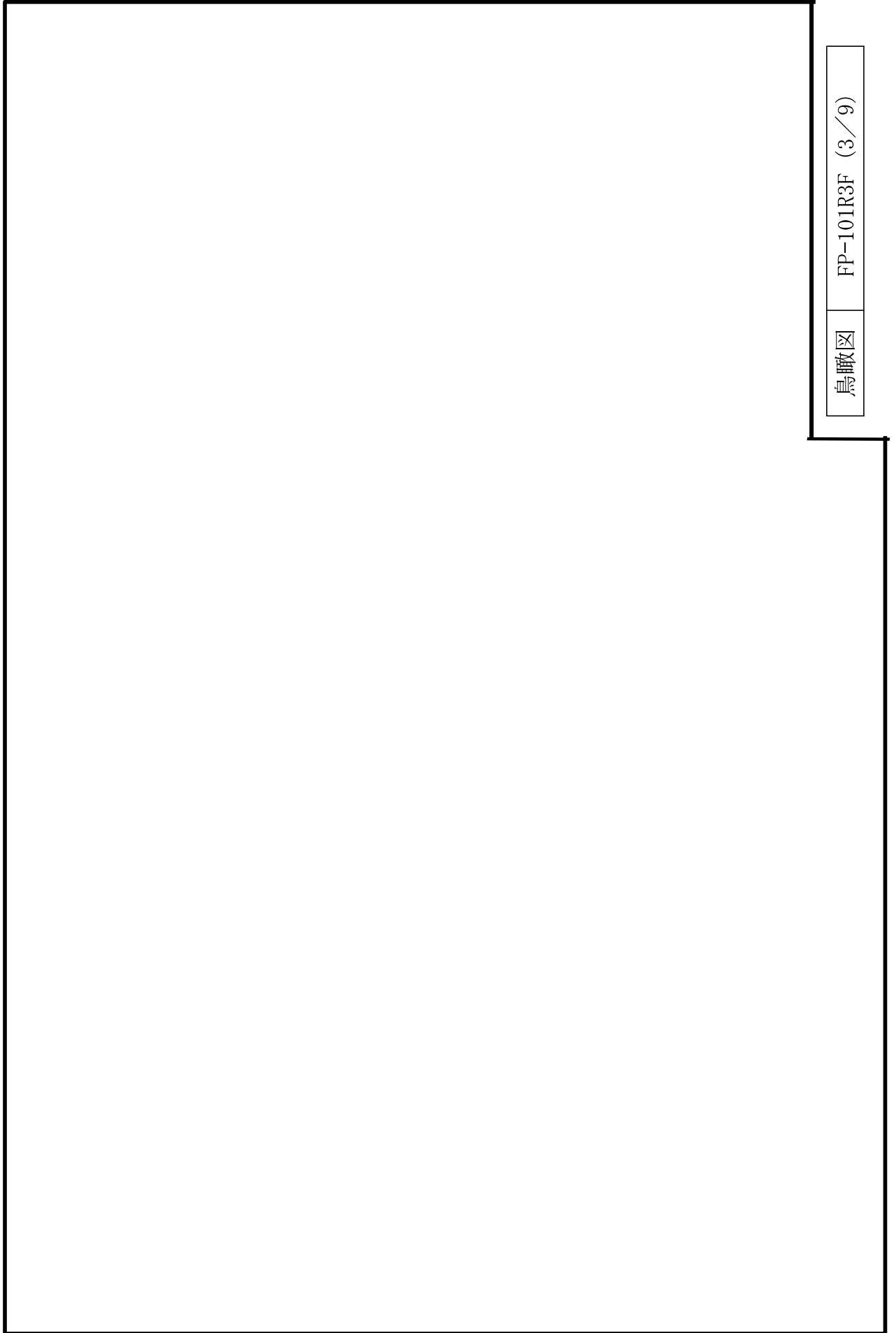
記 号	内 容
  	<p>アンカ</p> <p>レストレイント</p> <p>アンカ点等の移動量</p> <p>注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>

NT2 補② V-2-別添1-10 R0

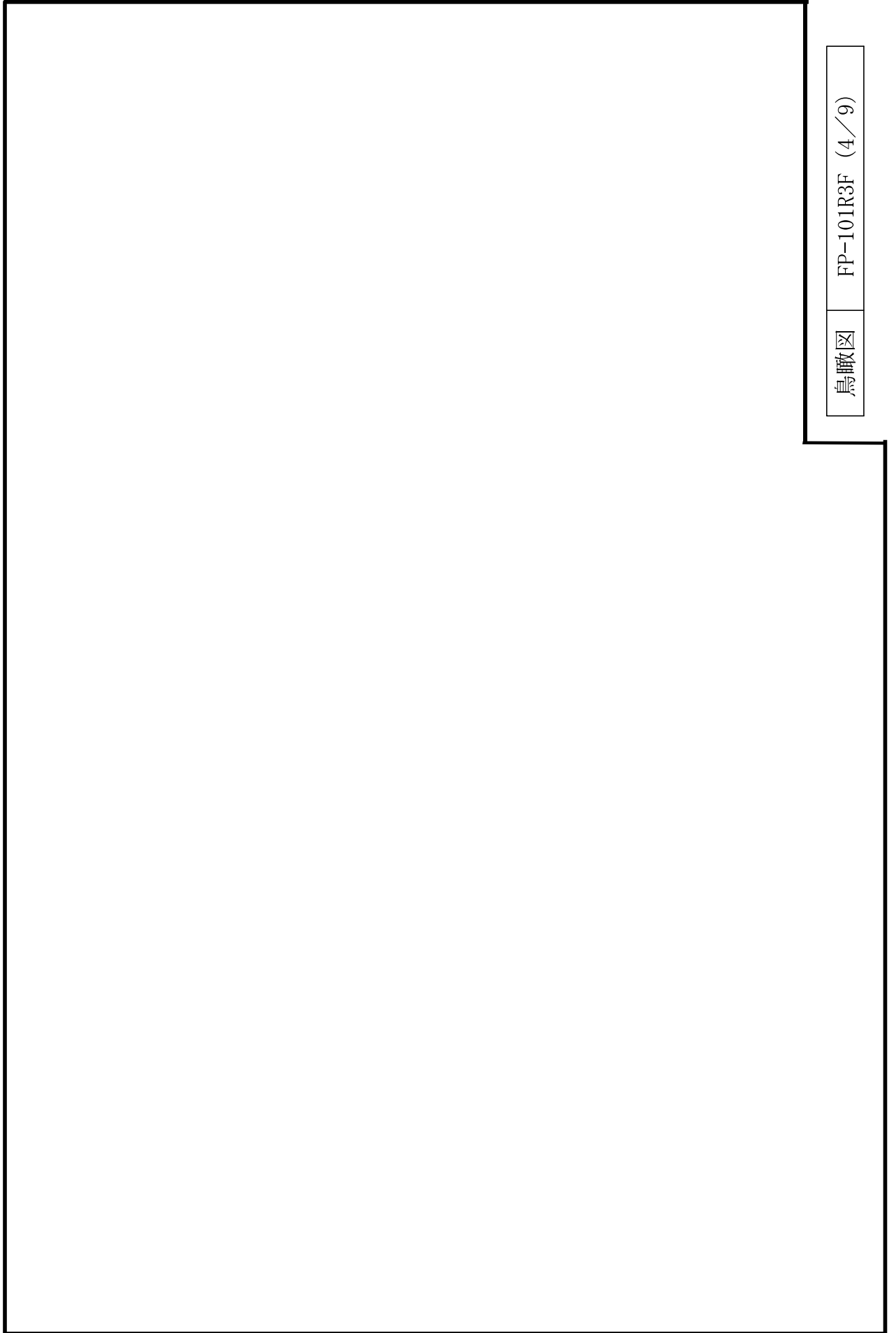




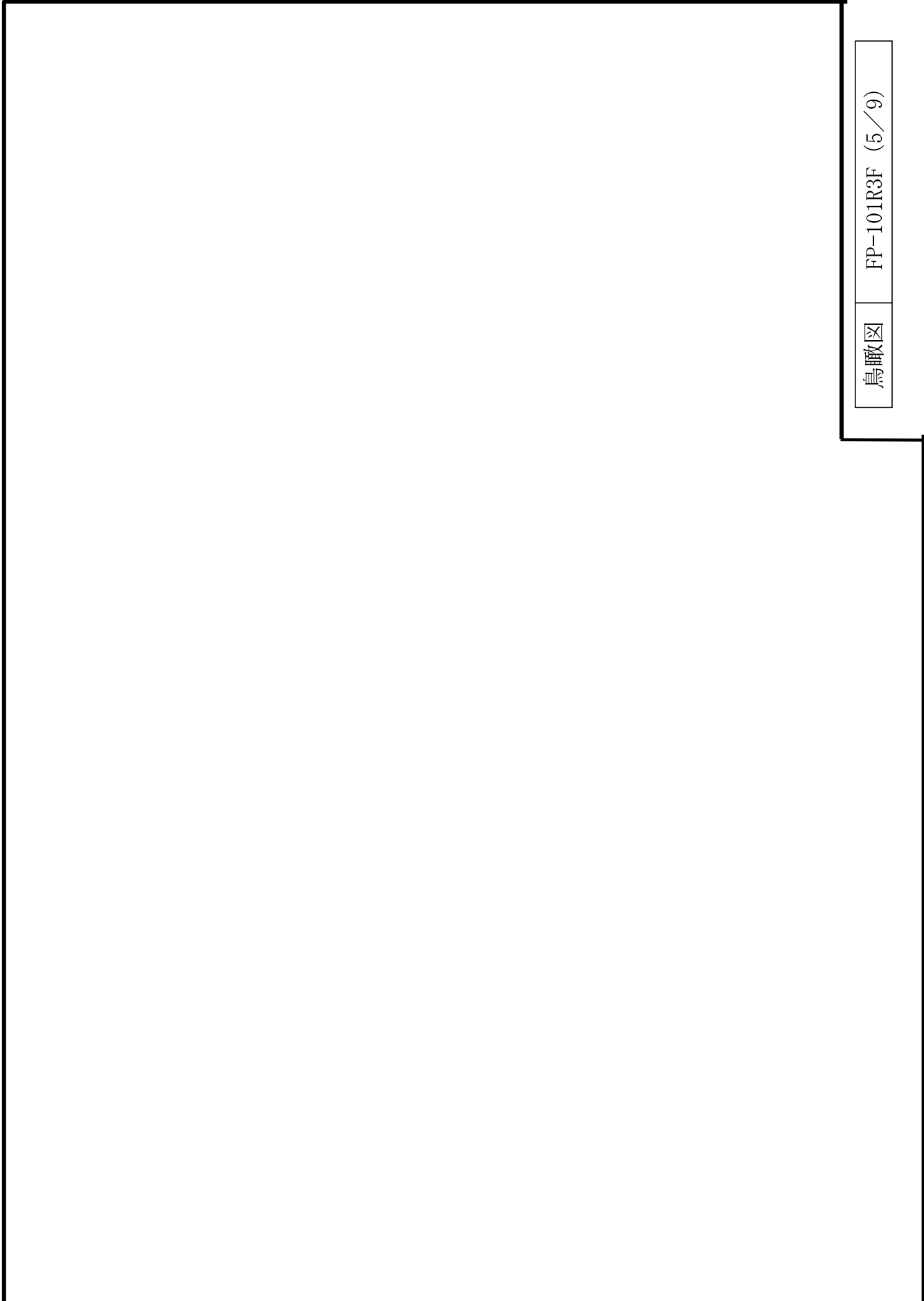
鳥瞰図	FP-101R3F (2/9)
-----	-----------------



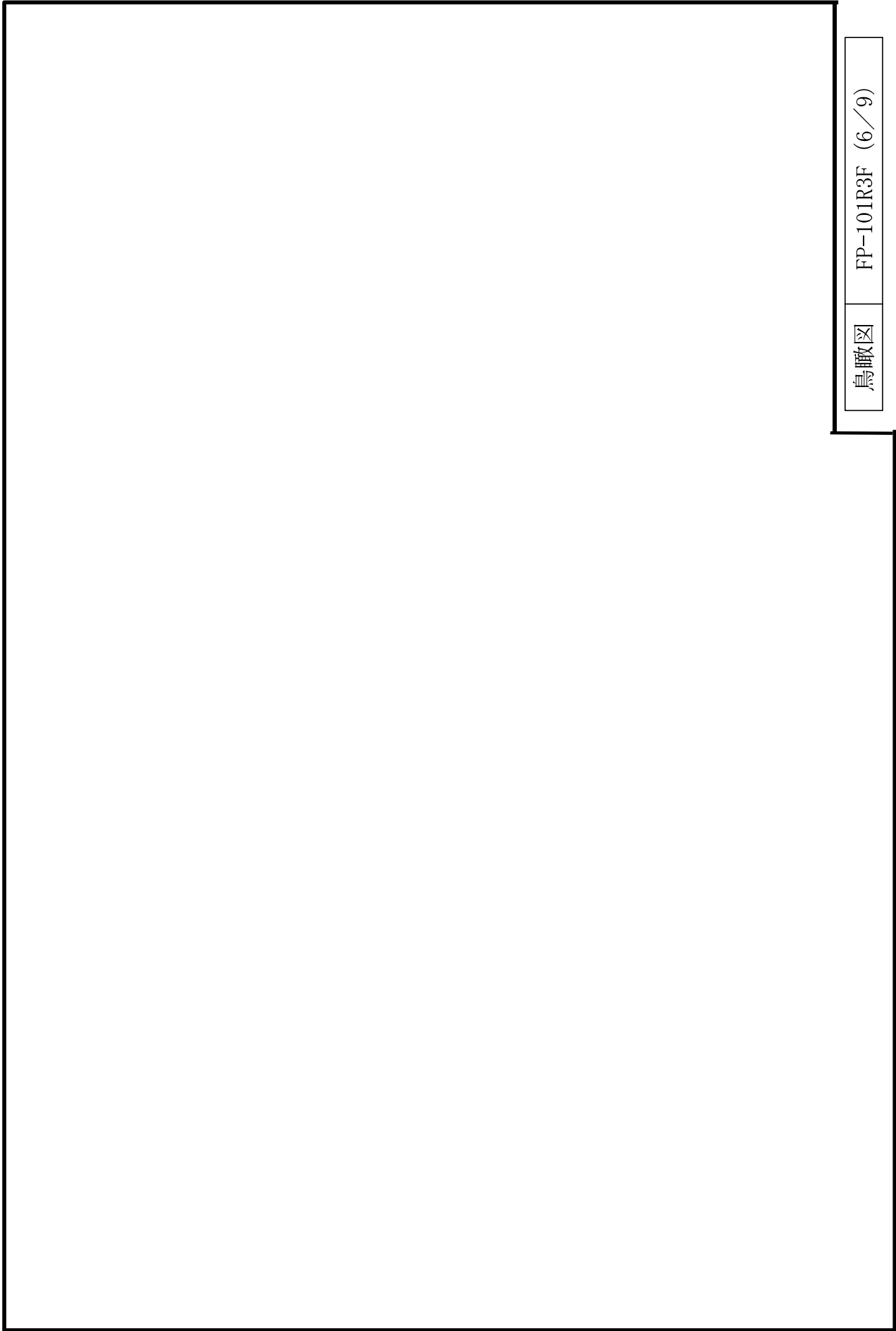
鳥瞰図	FP-101R3F (3/9)
-----	-----------------



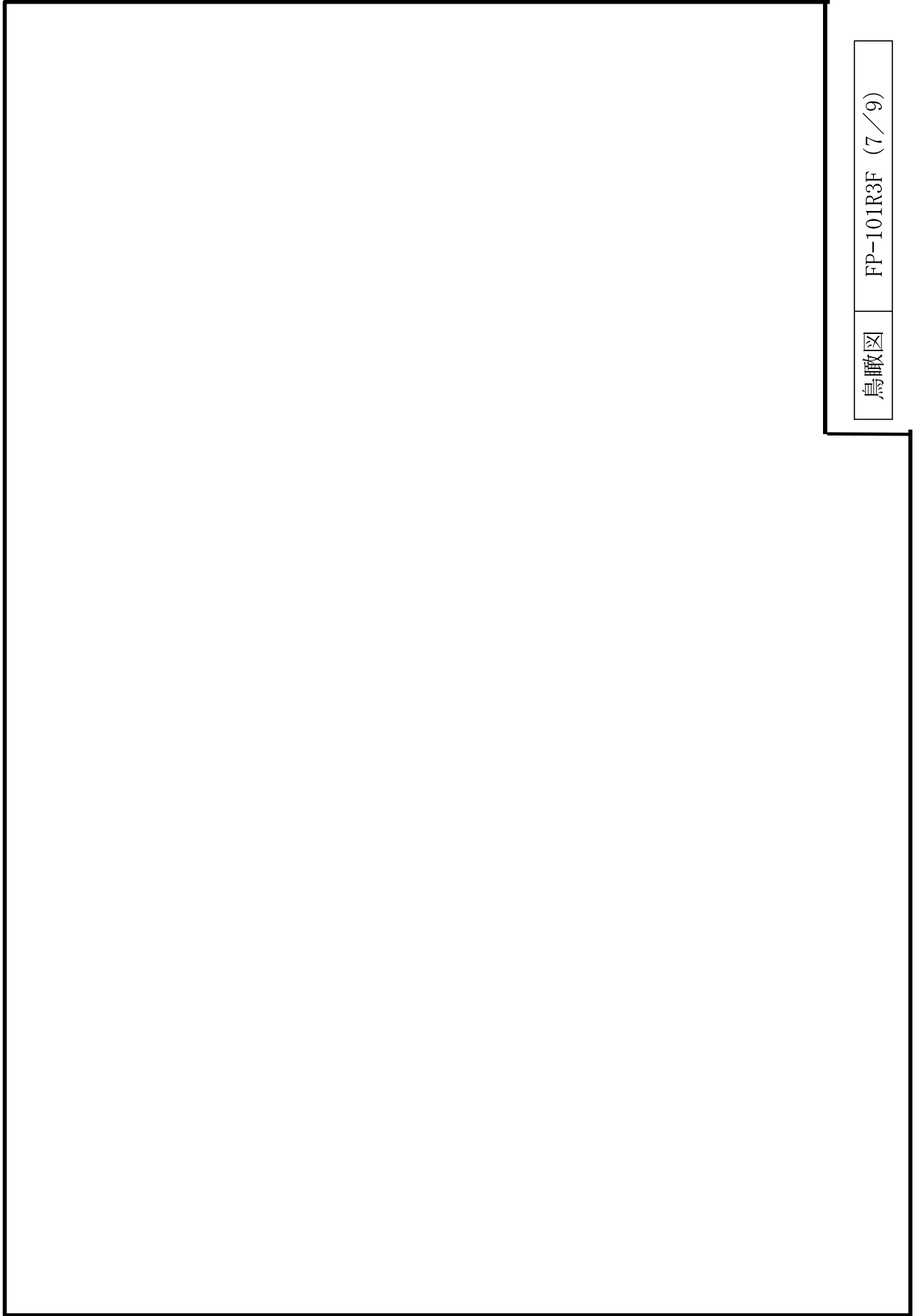
鳥瞰図	FP-101R3F (4/9)
-----	-----------------



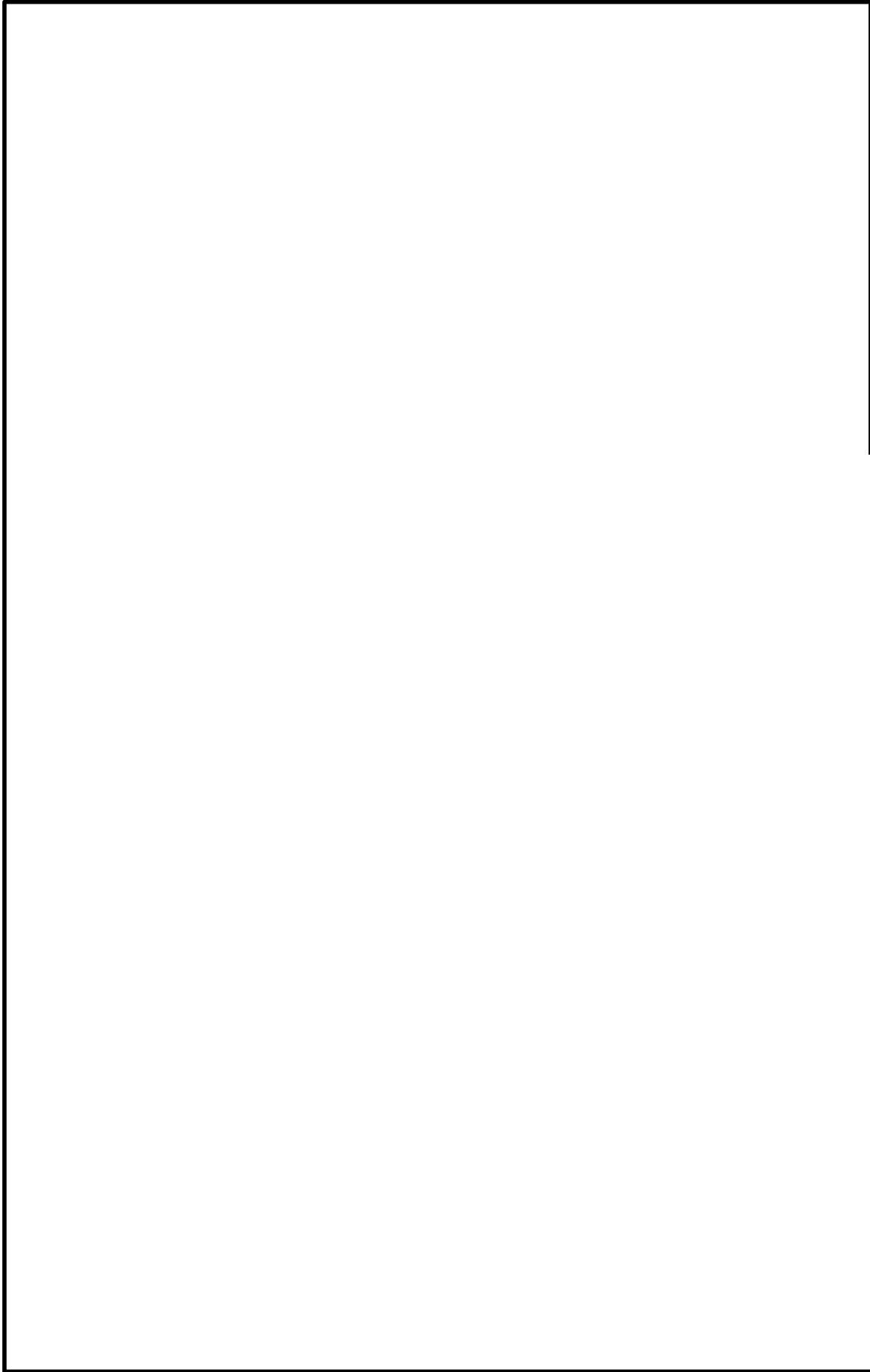
鳥瞰図	FP-101R3F (5/9)
-----	-----------------



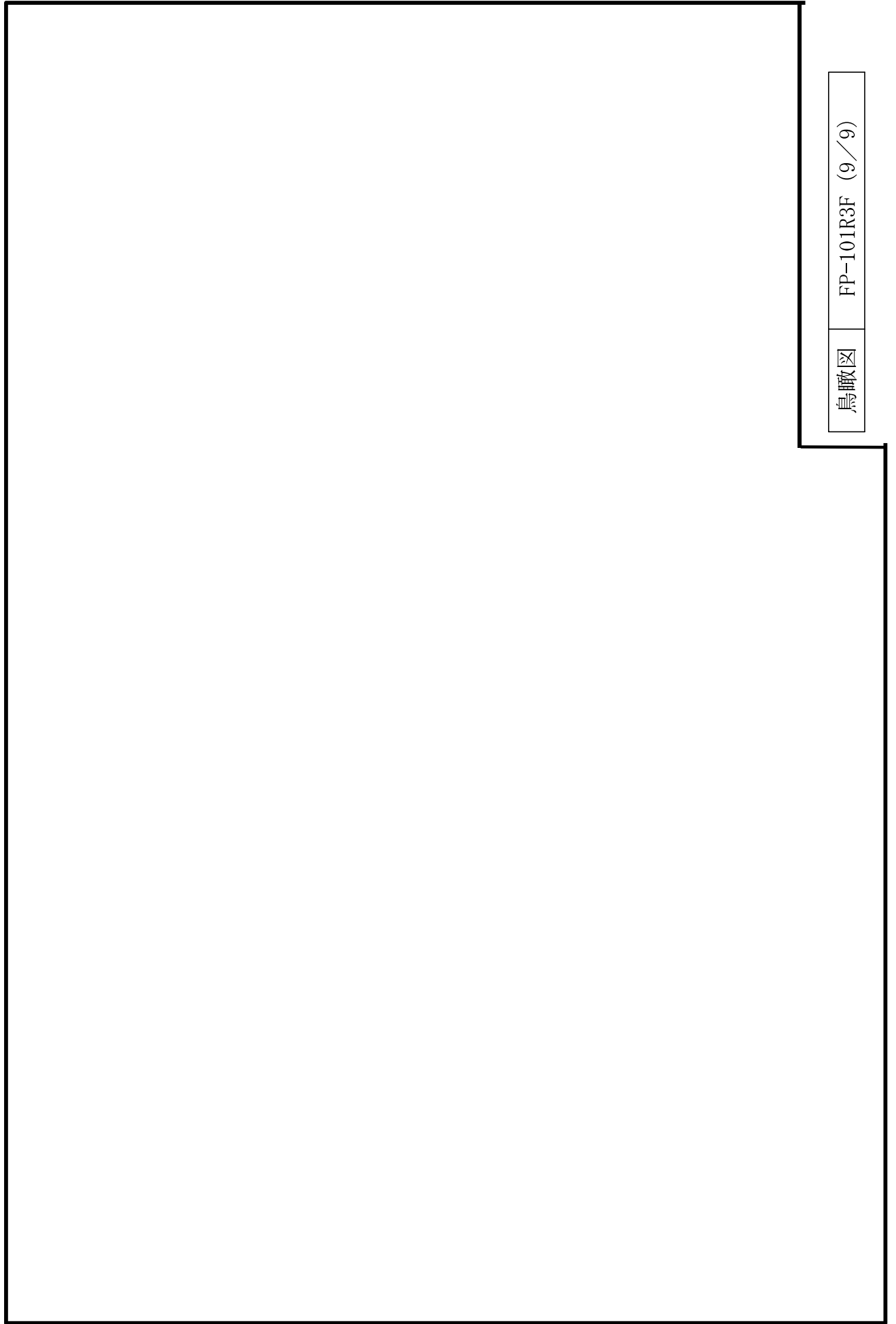
鳥瞰図	FP-101R3F (6/9)
-----	-----------------



鳥瞰図	FP-101R3F (7/9)
-----	-----------------



鳥瞰図	FP-101R3F (8/9)
-----	-----------------



鳥瞰図	FP-101R3F (9/9)
-----	-----------------

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

耐震クラス		-		
適用する地震動等		- (S s)		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1次	0.253	3.33	3.33	6.32
2次	0.188	2.43	2.43	4.76
3次	0.179	2.44	2.44	5.32
4次	0.163	3.83	3.83	7.32
5次	0.140	3.84	3.84	7.76
6次	0.132	3.84	3.84	7.76
7次	0.117	3.68	3.68	6.63
8次	0.098	2.56	2.56	4.34
14次	0.058	1.68	1.68	2.31
15次	0.050	-	-	-
動的震度		1.55	1.55	1.17
静的震度		-	-	-

(注記) 震度は重力加速度に対する比率を示す。

各モードに対する刺激係数

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.253	0.183	0.000	0.005
2次	0.188	-0.077	-0.097	0.019
3次	0.179	-0.018	0.028	-0.091
4次	0.163	-0.112	0.088	0.014
5次	0.140	-0.144	0.018	-0.005
6次	0.132	0.126	0.023	0.015
7次	0.117	-0.013	0.022	-0.004
8次	0.098	-0.107	-0.006	-0.001
14次	0.058	0.002	-0.093	0.007

4.2 結 論

下記表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス3管

鳥瞰図	供 用 状 態	最大応力 評 価 点	*1 最大応力 区 分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
				①+②+③	$0.9 \cdot S_u$ *2	S_s (S_s)	$2 \cdot S_y$
FP-101R3F	D ($IV_A S$)	50	①+②+③	<u>190</u>	468	345	410
(1/9) ~ (9/9)	D ($IV_A S$)	50	S_s (S_s)	190	468	<u>345</u>	410

注記*1 : 各最大応力区分の荷重の組合せを示す。なお、①は内圧応力 (S_P (S_{Pm}))
②は自重応力 (S_{Ma}) ③は地震応力 (他の短期的機械的荷重による応力を含む)
(S_{Mb}) を示す。

注記*2 : 地震以外の短期的機械的荷重が含まれる場合には、供用状態D ($IV_A S$) の許容応力は $\min(3 \cdot S_h, 2 \cdot S_y)$ とする。

4.3 支持点荷重

各荷重条件で発生する支持点荷重の最大値は下記のとおりである。

鳥瞰図 FP-101R3F (1/9) ~ (9/9)

支持点番号	荷重条件	反力 (N)			モーメント (N・m)		
		F x	F y	F z	M x	M y	M z
5000	熱膨張	16	2	2364	1	-9	-3
	M 自重	-1	-30	8	-9	1	-1
	M 地震慣性力 S s	56	36	408	11	19	2
5067	M 熱膨張	5	24	549	13	-3	2
	自重	-1	-26	-22	-7	1	1
	地震慣性力 S s	45	35	165	10	13	1
5003	F 熱膨張	—	-50	-2506	—	—	—
	自重	—	-34	-6	—	—	—
	地震慣性力 S s	—	52	423	—	—	—
5048	熱膨張	—	-213	—	—	—	—
	F 自重	—	-382	—	—	—	—
	地震慣性力 S s	—	1656	—	—	—	—
5048	熱膨張	3	—	—	—	—	—
	自重	12	—	—	—	—	—
	地震慣性力 S s	229	—	—	—	—	—
	方向	-0.0804	0.0000	-0.9968	—	—	—
5051	熱膨張	—	569	18	—	—	—
	自重	—	-257	-2	—	—	—
	F 地震慣性力 S s	—	2700	353	—	—	—

Fは反力の最大を，Mはモーメントの最大を示す。

**印は，斜め拘束を示す。