

VI-2-5-7-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-4 高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系）

VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の計算	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水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。

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器は、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重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器は、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴を2個の脚で支持し、脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>横置一胴円筒形容器 (前後水室に平板及び鏡板を有する横置一胴円筒形容器)</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

水平方向	
鉛直方向	

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水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。

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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系 熱交換器	S	クラス 3 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系 熱交換器	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等* ² クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：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 4-3 許容応力 (クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器)

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
III _A S	S _y と0.6・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	弾性設計用地震動S _d 又は基準地震動S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	
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。)			基準地震動S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*1：座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*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 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
III _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
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 4-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SM490B (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	—	241	394	—
基礎ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	—	231	394	—

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SM490B (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	60	—	237	389	—
基礎ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	60	—	227	389	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度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。なお，弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水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。

(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。

【高圧炉心スプレィ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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			
高圧炉心スプレィ補機冷却水系熱交換器	S	原子炉建屋 O.P. -8.10* ¹ (O.P. -7.10)			—* ²	—* ²	C _H =1.04	C _V =0.72	1.18	70	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: III_ASについては、基準地震動 S_sで評価する。

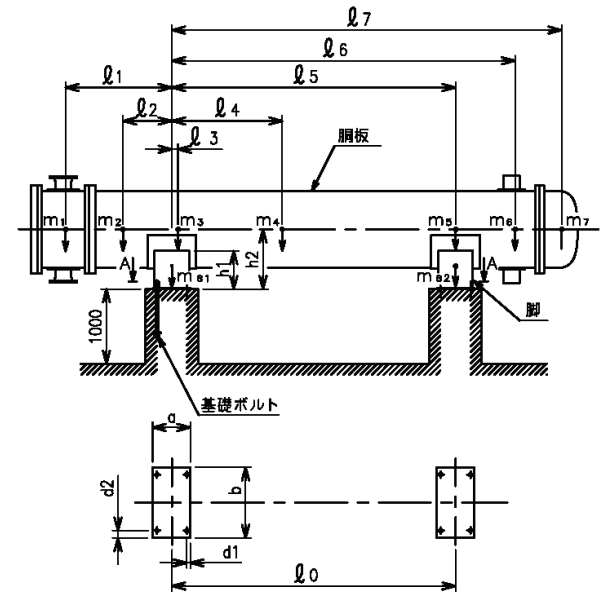
1.2 機器要目

m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	m ₃ (kg)	m ₄ (kg)	m ₅ (kg)	m ₆ (kg)	m ₇ (kg)

ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	ℓ ₆ (mm)	ℓ ₇ (mm)	M ₁ (N・mm)	M ₂ (N・mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)
-1562	-788	6	1913	3804	4598	5119	5.556×10 ⁷	3.024×10 ⁷	9.029×10 ⁴	6.313×10 ⁴

m _o (kg)	m _{s1} (kg)	m _{s2} (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	ℓ _o (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	θ _w (rad)	ℓ _w (mm)
			1000	15.0	30.0* ¹	3800	520	800	0.400	200

C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	I _{s,x} (mm ⁴)	I _{s,y} (mm ⁴)	Z _{s,x} (mm ³)	Z _{s,y} (mm ³)	θ _o (rad)	θ (rad)
450	225	3.686×10 ⁹	3.648×10 ⁸	8.190×10 ⁶	1.621×10 ⁶	2.127	1.369



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)
3.523×10^4	201000^{*4}	77300^{*4}	1.924×10^4	1.444×10^4	1.443×10^4	1.258×10^4

K_{11}^{*2}	K_{12}^{*2}	K_{21}^{*2}	K_{22}^{*2}	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	500	950	36 (M36)	1.018×10^3	50	100

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F^* (脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
307^{*3} (厚さ ≤ 16 mm)	461^{*3} (厚さ ≤ 16 mm)	—	241^{*4} (厚さ ≤ 16 mm)	394^{*4} (厚さ ≤ 16 mm)	241	276	231^{*4} (16mm<径 ≤ 40 mm)	394^{*4} (16mm<径 ≤ 40 mm)	231	276

注記*1：本計算においては当板を有効とした。

*2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

*3：最高使用温度で算出

*4：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 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	
	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
内圧による応力	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—*	—	—*	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—*	—	—*	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—*	—	—*	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—*	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}=4$	—	—
組合せ応力	—*		—*		$\sigma_{0 \ell}=62$		$\sigma_{0 c}=58$	

*：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

(2) 一次応力

(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		
	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	
内圧による応力	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—*	—	—*	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—*	—	—*	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—*	—	—*	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$	
水平方向地震 による応力	引張り	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 4 1 1}=12$	$\sigma_{x 4 1 1}=5$	$\sigma_{\phi 5 1}=13$	$\sigma_{x 5 1}=29$
		—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 4 1 2}=3$	$\sigma_{x 4 1 2}=3$		
		—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 4 1}=14$	$\sigma_{x 4 1}=11$		
せん断	—*	—*	—*	—*	$\tau_{\theta}=12$		$\tau_c=4$		
	—*		—*		$\sigma_{1 \theta}=93$		$\sigma_{1 c}=105$		
組合せ応力	—*		—*		$\sigma_{1 \theta}=93$		$\sigma_{1 c}=105$		

*：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(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	
		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
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—*	—	—*	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—*	—	—*	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 71}=8$ $\sigma_{\phi 72}=24$	$\sigma_{x 71}=8$ $\sigma_{x 72}=14$	$\sigma_{\phi 71}=8$ $\sigma_{\phi 72}=24$	$\sigma_{x 71}=8$ $\sigma_{x 72}=14$
水平方向地震 による応力	引張り	—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 41}=14$	$\sigma_{x 41}=11$	$\sigma_{\phi 51}=13$	$\sigma_{x 51}=29$
		—*	—*	—*	—*	$\sigma_{\phi 421}=14$	$\sigma_{x 421}=26$	$\sigma_{\phi 52}=85$	$\sigma_{x 52}=41$
		—*	—*			$\sigma_{\phi 422}=9$	$\sigma_{x 422}=5$		
	—*	—*	$\sigma_{\phi 42}=22$	$\sigma_{x 42}=31$					
せん断		—*	—*	—*	—*	$\tau_{\ell}=12$		$\tau_c=4$	
組合せ応力		—*	—*	—*	—*	$\sigma_{2\ell}=171$		$\sigma_{2c}=258$	

*：III_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

13

1.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		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		—*	—*	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$
鉛直方向地震による応力		—*	—*	$\sigma_{S4}=2$	$\sigma_{S4}=2$
水平方向地震による応力	曲げ	—*	—*	$\sigma_{S2}=27$	$\sigma_{S3}=10$
	せん断	—*	—*	$\tau_{S2}=12$	$\tau_{S3}=8$
組合せ応力		—*	—*	$\sigma_{S\ell}=37$	$\sigma_{Sc}=19$

*：III_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		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
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力		引張り	—*	$\sigma_{b1}=51$	$\sigma_{b2}=44$
水平方向地震による応力		せん断	—*	$\tau_{b1}=40$	$\tau_{b2}=24$

*：III_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

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
胴板	SM490B	一次一般膜	$\sigma_0 = 62^{*2}$	$S_a = 277$	$\sigma_0 = 62$	$S_a = 277$
		一次	$\sigma_1 = 105^{*2}$	$S_a = 415$	$\sigma_1 = 105$	$S_a = 415$
		一次+二次	$\sigma_2 = 258^{*2}$	$S_a = 615$	$\sigma_2 = 258$	$S_a = 615$
脚	SS400	組合せ	$\sigma_s = 37^{*2}$	$f_t = 241$	$\sigma_s = 37$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b = 51^{*2}$	$f_{ts} = 173^{*1}$	$\sigma_b = 51$	$f_{ts} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_b = 40^{*2}$	$f_{sb} = 133$	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 159$

注記*1: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
 *2: 基準地震動 S_s による算出値

すべて許容応力以下である。

【高圧炉心スプレィ補機冷却水系熱交換器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		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレィ補機冷却水系 熱交換器	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建屋 0. P. -8. 10* (0. P. -7. 10)			—	—	C _H =1. 04	C _V =0. 72	1. 18	70	60

注記*：基準床レベルを示す。

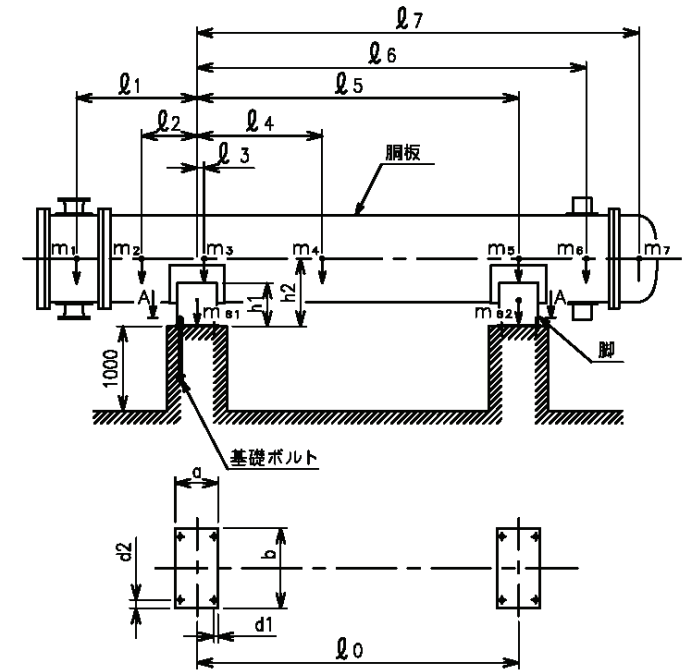
2.2 機器要目

m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	m ₃ (kg)	m ₄ (kg)	m ₅ (kg)	m ₆ (kg)	m ₇ (kg)

ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	ℓ ₆ (mm)	ℓ ₇ (mm)	M ₁ (N・mm)	M ₂ (N・mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)
-1562	-788	6	1913	3804	4598	5119	5. 556×10 ⁷	3. 024×10 ⁷	9. 029×10 ⁴	6. 313×10 ⁴

m _o (kg)	m _{s1} (kg)	m _{s2} (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	ℓ _o (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	θ _w (rad)	ℓ _w (mm)
			1000	15. 0	30. 0* ¹	3800	520	800	0. 400	200

C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	I _{sx} (mm ⁴)	I _{sy} (mm ⁴)	Z _{sx} (mm ³)	Z _{sy} (mm ³)	θ _o (rad)	θ (rad)
450	225	3. 686×10 ⁹	3. 648×10 ⁸	8. 190×10 ⁶	1. 621×10 ⁶	2. 127	1. 369



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)
3.523×10^4	201000^{*4}	77300^{*4}	1.924×10^4	1.444×10^4	1.443×10^4	1.258×10^4

K_{11}^{*2}	K_{12}^{*2}	K_{21}^{*2}	K_{22}^{*2}	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	500	950	36 (M36)	1.018×10^3	50	100

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F^* (脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
307^{*3} (厚さ ≤ 16 mm)	461^{*3} (厚さ ≤ 16 mm)	—	237^{*4} (厚さ ≤ 16 mm)	389^{*4} (厚さ ≤ 16 mm)	—	272	227^{*4} (16mm<径 ≤ 40 mm)	389^{*4} (16mm<径 ≤ 40 mm)	—	272

注記*1：本計算においては当板を有効とした。

*2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

*3：最高使用温度で算出

*4：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 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	
	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
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}=4$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}=62$		$\sigma_{0c}=58$	

(2) 一次応力

(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		
	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	
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$	
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}=12$	$\sigma_{x 4 1 1}=5$	$\sigma_{\phi 5 1}=13$	$\sigma_{x 5 1}=29$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1 2}=3$	$\sigma_{x 4 1 2}=3$		
	せん断	—	—	—	—	$\tau_{\ell}=12$	$\tau_{c}=4$		
組合せ応力	—		—		$\sigma_{1\ell}=93$		$\sigma_{1c}=105$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(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		
	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	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}=8$ $\sigma_{\phi 7 2}=24$	$\sigma_{x 7 1}=8$ $\sigma_{x 7 2}=14$	$\sigma_{\phi 7 1}=8$ $\sigma_{\phi 7 2}=24$	$\sigma_{x 7 1}=8$ $\sigma_{x 7 2}=14$	
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1}=14$	$\sigma_{x 4 1}=11$	$\sigma_{\phi 5 1}=13$	$\sigma_{x 5 1}=29$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 2 1}=14$ $\sigma_{\phi 4 2 2}=9$	$\sigma_{x 4 2 1}=26$ $\sigma_{x 4 2 2}=5$	$\sigma_{\phi 5 2}=85$	$\sigma_{x 5 2}=41$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 2}=22$	$\sigma_{x 4 2}=31$		
	せん断	—	—	—	—	$\tau_{\theta}=12$	—	$\tau_c=4$	
組合せ応力	—	—	—	—	$\sigma_{2\theta}=171$	—	$\sigma_{2c}=258$		

2.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	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	圧縮	—	—	$\sigma_{s 1}=3$	$\sigma_{s 1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s 4}=2$	$\sigma_{s 4}=2$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s 2}=27$	$\sigma_{s 3}=10$
	せん断	—	—	$\tau_{s 2}=12$	$\tau_{s 3}=8$
組合せ応力	—	—	—	$\sigma_{s \theta}=37$	$\sigma_{s c}=19$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向	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	
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b 1}=51$	$\sigma_{b 2}=44$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b 1}=40$	$\tau_{b 2}=24$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

2.4.2 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
胴板	SM490B	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=62$	$S_a=277$
		一次	—	—	$\sigma_1=105$	$S_a=415$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2=258$	$S_a=615$
脚	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s=37$	$f_t=272$
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=51$	$f_{ts}=204^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=40$	$f_{sb}=157$

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

VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの
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
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
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 動的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水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。

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプは、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重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水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え付ける。</p>	<p>うず巻形 (うず巻形横軸ポンプ)</p>	<p>(単位 : mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 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行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

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

高圧炉心スプレイ補機冷却水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

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 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。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却水ポンプ	S	Non*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*：クラス 3 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 ポンプの支持構造物を含む。

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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却水ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス2ポンプ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 3-3 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 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
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 3-4 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	[Redacted]	周囲環境温度	50	[Redacted]	[Redacted]	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			—

表 3-5 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	[Redacted]	周囲環境温度	60	[Redacted]	[Redacted]	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	60			—

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ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、添付書類「VI-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 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	水平方向	軸直角方向	3.2
			軸方向	1.4
		鉛直方向	1.0	
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平方向	4.7	
		鉛直方向	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

高圧炉心スプレイ補機冷却水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。なお，弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(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

高圧炉心スプレイ補機冷却水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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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			
高圧炉心スプレイ補機 冷却水ポンプ	S	原子炉建屋 O.P. -8.10*1	-*2	-*2	-*3	-*3	C _H = 0.99	C _V = 0.69		70	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: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)							12	6
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2

部 材	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	
基礎ボルト (i=1)					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角	2.546 × 10 ⁵

H _p (μm)	N (rpm)

注記 *1: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 最高使用温度で算出

*3: 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)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				

*：Ⅲ_sSについては、基準地震動 S_sで評価する。

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	$\sigma_{b1}=7^{*2}$	$f_{ts1}=173^{*1}$	$\sigma_{b1}=7$	$f_{ts1}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b1}=4^{*2}$	$f_{sb1}=133$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=159$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=5^{*2}$	$f_{ts2}=153^{*1}$	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=184^{*1}$
		せん断	$\tau_{b2}=2^{*2}$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=141$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	$\sigma_{b3}=8^{*2}$	$f_{ts3}=173^{*1}$	$\sigma_{b3}=8$	$f_{ts3}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b3}=6^{*2}$	$f_{sb3}=133$	$\tau_{b3}=6$	$f_{sb3}=159$

すべて許容応力以下である。

注記 *1: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

*2: 基準地震動 S_sによる算出値

1.4.2 動的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角)
	鉛直方向		1.4(軸)
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向		1.0

注記 *：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ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		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			
高圧炉心スプレイ補機 冷却水ポンプ	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10*1	-*2	-*2	-	-	C _H = 0.99	C _V = 0.69		70	60

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。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *1	
基礎ボルト (i = 1)								12	6
ポンプ取付ボルト (i = 2)								4	2
原動機取付ボルト (i = 3)								4	2

部 材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (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	
基礎ボルト (i = 1)					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i = 2)					—	軸	—
原動機取付ボルト (i = 3)					—	軸直角	2.546 × 10 ⁵

H _p (μm)	N (rpm)

注記 *1: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 最高使用温度で算出

*3: 周囲環境温度で算出

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)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=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 (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=7$	$f_{ts1}=204^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=157$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=141$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=8$	$f_{ts3}=204^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=6$	$f_{sb3}=157$

すべて許容応力以下である。

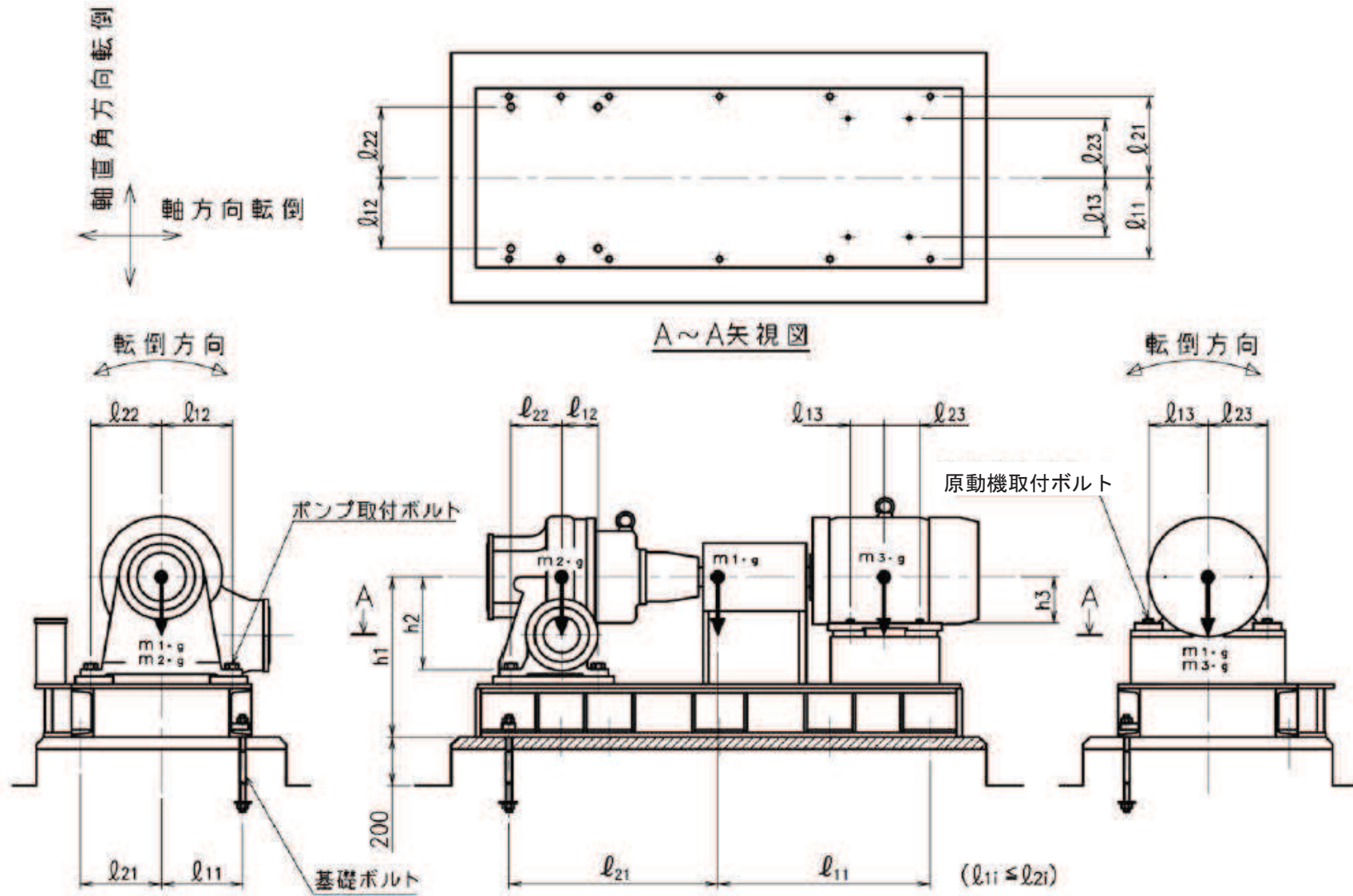
注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0i} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t0i}]$ より算出

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角)
	鉛直方向		1.4(軸)
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向		1.0

注記 * : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレィ補機冷却海水ポンプの
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
3. 固有値解析及び構造強度評価	3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 解析モデル及び諸元	9
3.4 固有周期	9
3.5 設計用地震力	11
3.6 サポート部の計算方法	13
3.6.1 記号の説明	13
3.6.2 応力の計算方法	13
3.7 計算条件	13
3.8 応力の評価	14
3.8.1 ボルトの応力評価	14
4. 機能維持評価	15
4.1 基本方針	15
4.2 ポンプの動的機能維持評価	16
4.2.1 評価対象部位	16
4.2.2 許容値	16
4.2.3 評価方法	16
4.3 原動機の動的機能維持評価	17
4.3.1 評価対象部位	17
4.3.2 許容値	17
4.3.3 記号の説明	18
4.3.4 評価方法	19
5. 評価結果	23
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水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。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、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重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

また、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプであり、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形ころがり軸受電動機である。共に機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、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）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に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

高圧炉心スプレイ補機冷却海水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え付ける。中間サポートベースは、中間サポート基礎ボルトで中間基礎に据え付ける。中間サポートは、中間サポート取付ボルトで中間サポートベースに据え付ける。</p>	<p>ターボ形 (ターボ形たて軸ポンプ (海水ポンプ))</p>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて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行う。

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

高圧炉心スプレイ補機冷却海水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

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水ポンプ	S	Non*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 3 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 ポンプの支持構造物を含む。

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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプ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 3-3 許容応力（クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
III _{AS}	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	弾性設計用地震動 S _d 又は基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
IV _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	

注記*：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 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 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
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
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 3-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		コラムパイプ		最高使用温度	50		
基礎ボルト	周囲環境温度	50					
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	50					
原動機取付ボルト	周囲環境温度	50					
第一中間サポート 基礎ボルト	周囲環境温度	50					
第一中間サポート 取付ボルト	周囲環境温度	50					
第二中間サポート 基礎ボルト	周囲環境温度	50					
第二中間サポート 取付ボルト	周囲環境温度	50					

7

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		コラムパイプ		最高使用温度	50		
基礎ボルト	周囲環境温度	50					
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	50					
原動機取付ボルト	周囲環境温度	50					
第一中間サポート 基礎ボルト	周囲環境温度	50					
第一中間サポート 取付ボルト	周囲環境温度	50					
第二中間サポート 基礎ボルト	周囲環境温度	50					
第二中間サポート 取付ボルト	周囲環境温度	50					

3.3 解析モデル及び諸元

- (1) 固有値解析に用いる解析モデルは、水平方向の応答を考慮した 1 次元応答解析モデルとする。
- (2) モデル化に際しては、シャフト及びコラムパイプに対して水の付加質量及び排除水体積質量を考慮する。
- (3) 固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7、振動モード図を図 3-1 及び図 3-2 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向 刺激係数*
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.074	0.594	0.594	—
2 次	水平	0.054	-0.623	-0.623	—
3 次	水平	0.029	—	—	—

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

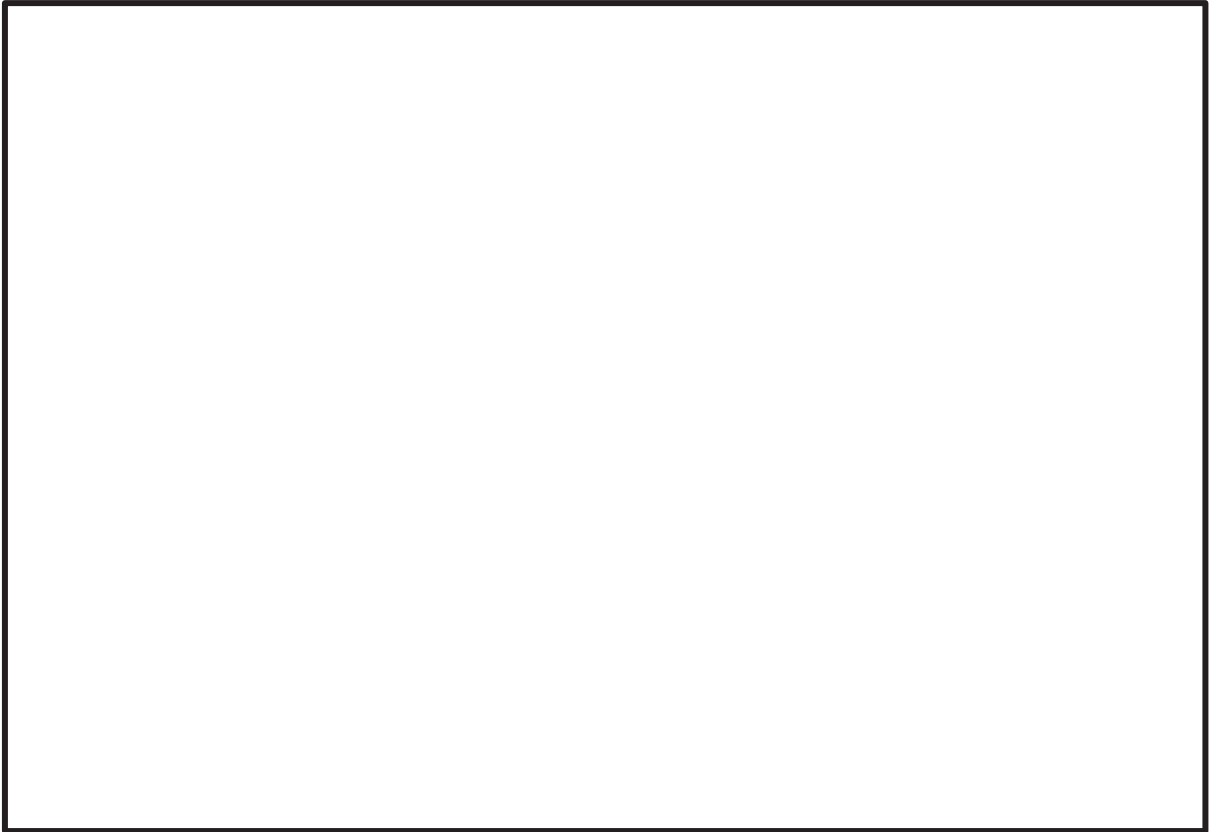


図 3-1 振動モード (1 次モード 水平方向 0.074s)

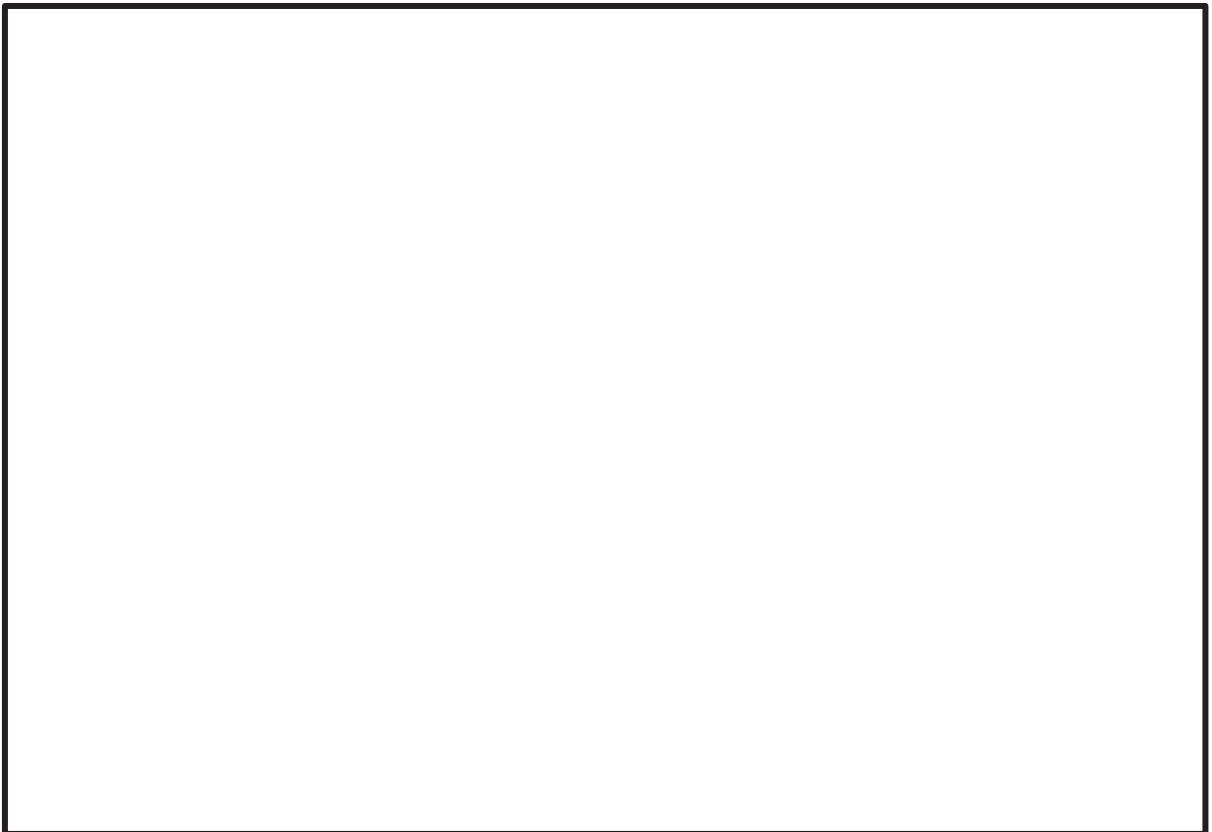


図 3-2 振動モード (2 次モード 水平方向 0.054s)

3.5 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		海水ポンプ室（補機ポンプエリア） 0.P. 3.0* ¹					
固有周期(s)		水平：0.074* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：－					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.074	－* ⁶	－* ⁶	－	8.51	8.51	－
2 次	0.054	－* ⁶	－* ⁶	－	7.32	7.32	－
3 次	0.029	－* ⁶	－* ⁶	－	－	－	－
動的地震力* ⁴		－* ⁶	－* ⁶	－* ⁶	1.83	1.83	1.94
静的地震力* ⁵		0.58	0.58	0.29	－	－	－

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載。

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

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

*5：静的震度（3.6・C_i 及び 1.2・C_v）を示す。

*6：Ⅲ_AS については，基準地震動 S_s で評価する。

表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所及び床面高さ(m)		海水ポンプ室（補機ポンプエリア） 0.P. 3.0* ¹					
固有周期(s)		水平：0.074* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：－					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.074	－	－	－	8.51	8.51	－
2 次	0.054	－	－	－	7.32	7.32	－
3 次	0.029	－	－	－	－	－	－
動的地震力* ⁴		－	－	－	1.83	1.83	1.94
静的地震力		－	－	－	－	－	－

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載。

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

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

3.6 サポート部の計算方法

3.6.1 記号の説明

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプのサポート部の応力評価に使用する記号を表 3-10 に示す。

表 3-10 記号の説明

記号	記号の説明	単位
W_j	サポート取付ボルトに作用する荷重	N
$A_{s b j}$	サポート取付ボルトの軸断面積	mm^2
$n_{s j}$	サポート取付ボルトの本数	—
$\tau_{s b j}$	サポート取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3.6.2 応力の計算方法

多質点モデルを用いて応答計算を行い，得られた荷重 W_j により，サポート取付ボルトに生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_{s b j} = \frac{W_j}{A_{s b j} \cdot n_{s j}} \dots\dots\dots (3.6.2.1)$$

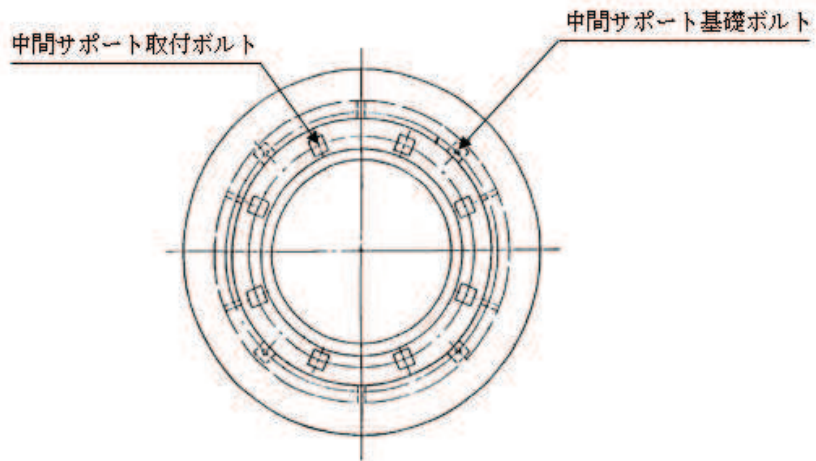


図 3-3 サポート部の応力計算モデル

3.7 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ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。

3.8 応力の評価

3.8.1 ボルトの応力評価

3.6.2 項で求めたボルトのせん断応力 $\tau_{s b j}$ はせん断力のみを受けるボルトの許容応力 $f_{s s b j}$ 以下であること。

ただし、 $f_{s s b j}$ は下表による。

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

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ及び同原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプ及び立形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に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。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度 (1.0ZPA) を設定する。

4.2 ポンプの動的機能維持評価

4.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載の立形斜流ポンプの動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト
- b. コラムパイプ
- c. ストップ
- d. 軸受

「a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト」「b. コラムパイプ」については、「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」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ことを確認している。

「c. ストップ」については、最も荷重が作用する中間サポート基礎ボルト及び中間サポート取付ボルトについて、「3.6 サポート部の計算方法」に従い評価を行った「5. 評価結果」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ことを確認している。

以上より、本計算書においては、軸受を評価対象部位とする。

4.2.2 許容値

軸受については、メーカー規定の許容値を許容値として設定する。

4.2.3 評価方法

軸受については、多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、得られた軸受の発生荷重に係数 4.3 を乗じ評価する。

4.3 原動機の動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」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ことを確認している。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子のクリアランス及びモータフレームを評価対象部位とする。なお、軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから、計算書の評価対象外とする。

4.3.2 許容値

軸（回転子）及びモータフレームの許容値は、クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ_{AS} に準拠し設定する。固定子の許容値は、クラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ_{AS} に準拠し設定する。端子箱の許容値は、クラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ_{AS} に準拠し設定する。また、軸受については、メーカ規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を許容値として設定する。

4.3.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-1 に示す。

表4-1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bt}	端子箱取付ボルトの断面積	mm^2
A_f	モータフレームの断面積	mm^2
A_p	ピンの断面積	mm^2
A_s	軸の断面積	mm^2
C_p	ポンプ振動による震度	—
C_H	水平方向設計震度	—
C_{HT}	端子箱部の最大応答加速度による水平方向震度	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D	固定子の外径	mm
d_s	軸の径	mm
F_k	固定子に生じる組合せ荷重	N
F_{bt}	端子箱取付ボルトに作用する引張力	N
$F_{bt, a}$	端子箱取付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する引張力	N
$F_{bt, b}$	端子箱取付面に対し前後方向の水平方向地震により作用する引張力	N
F_{kg}	自重及び地震力により固定子に生じる荷重	N
F_{kt}	電動機の回転による荷重	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_t	端子箱取付面から端子箱重心までの高さ	mm
L_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
L_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
L_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
M_f	モータフレームに作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_s	軸に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	電動機の回転速度	min^{-1}
n_p	固定子取付ピンの本数	—
n_t	端子箱取付ボルトの本数	—
$n_{t1, y}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (y 方向)	—
$n_{t1, z}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (z 方向)	—
P	電動機出力	kW
Q_{bt}	端子箱取付ボルトに生じるせん断力	N
$Q_{bt, a}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
$Q_{bt, b}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
T_m	電動機の回転による発生トルク	$\text{N}\cdot\text{m}$

記号	記号の説明	単位
$T_{m a}$	電動機最大トルク	%
T_s	ポンプ運転による発生トルク	N・mm
W_c	固定子コイル及びコア質量	kg
W_f	モータフレーム質量	kg
W_s	軸の質量	kg
W_t	端子箱質量	kg
Z_f	モータフレームの断面係数	mm ³
Z_s	軸の断面係数	mm ³
σ_m	モータフレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_s	軸に生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_{b t}$	端子箱取付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{f m}$	モータフレームに生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{f w}$	自重及び鉛直方向地震力によりモータフレームに生じる応力	MPa
$\sigma_{s m}$	軸に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{s w}$	自重及び鉛直方向地震力により軸に生じる応力	MPa
τ_k	固定子に生じるせん断応力	MPa
τ_s	ポンプ運転によるねじり応力	MPa
$\tau_{b t}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

電動機の最大荷重（トルク）は次式で求める。

$$T_m = \frac{974 \cdot P \cdot g}{N} \cdot \frac{T_{m a}}{100} \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{k t} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

自重及び鉛直方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{k g} = W_c \cdot g \cdot (C_v + C_p + 1) \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{k t}^2 + F_{k g}^2} \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{n_p \cdot A_p} \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

(2) 軸（回転子）

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い，得られたモーメントにより，曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{s m} = \frac{M_s}{Z_s} \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_s \cdot g}{A_s} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

c. ねじり応力

$$T_s = \frac{P}{2\pi / 60 \cdot N} \cdot 10^6 \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot d_s^3} \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{s m} + \sigma_{s w}) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_{s m} + \sigma_{s w})^2 + 4\tau_s^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

(3) 端子箱

a. 取付ボルトに作用する引張力

$$F_{bt, a} = \frac{W_t \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot h_t \cdot g}{n_{t1, z} \cdot L_{2i}} + \frac{W_t \cdot (C_{HT} + C_p) \cdot h_t \cdot g}{n_{t1, y} \cdot L_{3i}} \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

$$F_{bt, b} = \frac{W_t \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot h_t \cdot g + W_t \cdot (C_{HT} + C_p) \cdot L_{1i} \cdot g}{n_{t1, z} \cdot L_{2i}} \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

$$F_{bt} = \text{Max} [F_{bt, a}, F_{bt, b}] \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

b. 取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_{bt}}{A_{bt}} \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

c. 取付ボルトに生じるせん断力

$$Q_{bt, a} = W_t \cdot (C_{HT} + C_p) \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

$$Q_{bt, b} = W_t \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

$$Q_{bt} = \sqrt{Q_{bt, a}^2 + Q_{bt, b}^2} \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

d. 取付ボルト 1 本あたりにはたらくせん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{Q_{bt}}{n_t \cdot A_{bt}} \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

(4) 軸受

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価する。

(5) 固定子と回転子のクリアランス

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、固定子-軸（回転子）の相対変位が固定子-軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認する。

(6) モータフレーム

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い、得られたモーメントにより、曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{f m} = \frac{M_f}{Z_f} \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{f w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_f \cdot g}{A_f} \dots \dots \dots (4.3.4.20)$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_m = \sigma_{f m} + \sigma_{f w} \dots \dots \dots (4.3.4.21)$$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却海水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。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(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

高圧炉心スプレイ補機冷却海水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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

- 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)	最高使用圧力 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	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 補機冷却海水 ポンプ	S	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) 0. P. 3. 0*1	0. 074	0. 05 以下	—*2	—*2	C _H =1. 83 又は*3	C _V =1. 94		50	50	0. 78

注記*1：基準床レベルを示す。
 *2：III_sSについては、基準地震動 S_s で評価する。
 *3：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線より得られる値

24

- 1.1.2 機器要目
 - (1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					6	6	—				
ポンプ取付ボルト (i=2)					16	16	3. 820×10 ⁵				
原動機取付ボルト (i=3)					8	8	3. 820×10 ⁵				

- (2) コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _C (mm)	t (mm)
コラムパイプ					

注記*：最高使用温度で算出

注記*1：最高使用温度で算出
 *2：周囲環境温度で算出

(3) サポート取付ボルト

部 材	A_{sbj} (mm ²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	$S_{yj}(RT)$ (MPa)	F_j (MPa)	F_j^* (MPa)
第一中間サポート 基礎ボルト (j=1)		4					
第一中間サポート 取付ボルト (j=2)		8					
第二中間サポート 基礎ボルト (j=3)		4					
第二中間サポート 取付ボルト (j=4)		8					

注記*1：周囲環境温度で算出

H_p (μm)	N (rpm)

25

1.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S d	基準地震動	弾性設計用地震動 S d	基準地震動	弾性設計用地震動 S d	基準地震動
	又は静的震度	S s	又は静的震度	S s	又は静的震度	S s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機取付ボルト (i=3)						

注記* : III_sS については、基準地震動 S s で評価する。

(3) サポート取付ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	W_j	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
第一中間サポート基礎ボルト (j=1)		
第一中間サポート取付ボルト (j=2)		
第二中間サポート基礎ボルト (j=3)		
第二中間サポート取付ボルト (j=4)		

注記* : III_sS については、基準地震動 S s で評価する。

(2) コラムパイプに作用する力

(単位 : N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S d	基準地震動
	又は静的震度	S s
コラムパイプ		

注記* : III_sS については、基準地震動 S s で評価する。

26

1.1.4 結論

1.1.4.1 固有周期

(単位 : s)

モード	固有周期
水平 1次	$T_{H1}=0.074$
鉛直 1次	$T_{V1}=0.05$ 以下

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1.4.2 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	$\sigma_{b1}=34^{*2}$	$f_{ts1}=153^{*1}$
	せん断	$\tau_{b1}=13^{*2}$	$f_{sb1}=118$	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=118$	
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	$\sigma_{b2}=21^{*2}$	$f_{ts2}=505^{*1}$	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=505^{*1}$	
	せん断	$\tau_{b2}=4^{*2}$	$f_{sb2}=389$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=389$	
原動機取付ボルト (i=3)	引張り	$\sigma_{b3}=19^{*2}$	$f_{ts3}=505^{*1}$	$\sigma_{b3}=19$	$f_{ts3}=505^{*1}$	
	せん断	$\tau_{b3}=9^{*2}$	$f_{sb3}=389$	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=389$	

すべて許容応力以下である。

注記*1： $f_{tsi} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

*2：基準地震動S sによる算出値

1.1.4.3 コラムパイプの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	一次一般膜応力		
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動S d 又は静的震度	$\sigma=62^{*}$	S a=199
		基準地震動S s	$\sigma=62$	S a=306

すべて許容応力以下である。

注記*：基準地震動S sによる算出値

27

1.1.4.4 サポート取付ボルトの応力

(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
第一中間サポート 基礎ボルト (j=1)		せん断	$\tau_{sb1}=20^{*}$	$f_{ssb1}=118$	$\tau_{sb1}=20$	$f_{ssb1}=142$
第一中間サポート 取付ボルト (j=2)		せん断	$\tau_{sb2}=13^{*}$	$f_{ssb2}=118$	$\tau_{sb2}=13$	$f_{ssb2}=142$
第二中間サポート 基礎ボルト (j=3)		せん断	$\tau_{sb3}=18^{*}$	$f_{ssb3}=118$	$\tau_{sb3}=18$	$f_{ssb3}=142$
第二中間サポート 取付ボルト (j=4)		せん断	$\tau_{sb4}=11^{*}$	$f_{ssb4}=118$	$\tau_{sb4}=11$	$f_{ssb4}=142$

すべて許容値以下である。

注記*：基準地震動S sによる算出値

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 補機冷却海水ポンプ	立形斜流ポンプ	250	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) O.P.3.0*1	0.074	0.05 以下	C _H =1.53 又は*2	C _V =1.61		50	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動S_sに基づく設計用床応答曲線より得られる値

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	端子箱部の最大応答加速度 による水平方向震度	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 補機冷却海水ポンプ 用原動機	立形ころがり軸受 電動機	60	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) O.P.3.0*1	0.074	0.05 以下	C _H =1.53 又は*2	C _V =1.61		C _{HT} =1.53	-	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動S_sに基づく設計用床応答曲線より得られる値

1.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	A _p (mm ²)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	200	430	187.5	200	8

(2) 軸 (回転子)

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	7.333× 10 ⁴	1.633× 10 ⁴	59	2.376× 10 ³	1500	55

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	n _{t1,y}	n _{t1,z}	A _{bt} (mm ²)	Q _{bt} (N)	L _{1i} (mm)	L _{2i} (mm)	L _{3i} (mm)	h _t (mm)
端子箱	18	4	2	2	78.5	5.534× 10 ²	110	110	110	250

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	3.642× 10 ⁶	2.259× 10 ⁶	190	2.097× 10 ⁴

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.37	10.0
	鉛直方向	1.61	1.0
原動機	水平方向	1.53	2.5
	鉛直方向	1.61	1.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあつては軸受部）の応答加速度又は設計用最大応答加速度（ $1.0 \cdot ZPA$ ）のいずれか大きい方を、鉛直方向は設計用最大応答加速度（ $1.0 \cdot ZPA$ ）を設定する。
 ポンプは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。
 原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 立形斜流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、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ及びストッパについては、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 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
ポンプ軸受 (1 段目)	4.894×10^3	7.060×10^3
ポンプ軸受 (2 段目)	4.684×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (3 段目)	4.607×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (4 段目)	4.580×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (5 段目)	4.539×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (6 段目)	5.678×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (7 段目)	4.760×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (8 段目)	4.594×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (9 段目)	3.926×10^3	2.118×10^4

すべて許容値以下である。

1.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

1.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

1.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.3.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	5	121

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	16	474

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	11	184*
	せん断	2	142

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t0}]$ より算出

1.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	2.183×10^2	
下部軸受	3.242×10^3	

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.3.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価 (単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0	0.8

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	3	45

すべて許容応力以下である。

1.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	111		6.362×10^5
2	2-3	111		6.362×10^5
3	3-4	111		6.362×10^5
4	4-5	111		6.362×10^5
5	5-6	111		6.362×10^5
6	6-7	111		6.362×10^5
7	7-8	111		6.362×10^5
8	8-9	111		6.362×10^5
9	9-10	111		6.362×10^5
10	10-11	111		6.362×10^5
11	11-12	111		6.362×10^5
12	12-13	111		6.362×10^5
13	13-14	111		6.362×10^5
14	14-15	111		6.362×10^5
15	15-16	111		6.362×10^5
16	16-17	111		6.362×10^5
17	17-18	111		6.362×10^5
18	18-19	111		6.362×10^5
19	19-20	111		6.362×10^5
20	20-21	111		6.362×10^5
21	21-22	111		2.198×10^5
22	22-23	112		3.220×10^6
23	23-24	112		5.970×10^6
24	24-25	112		1.180×10^6
25	26-27	111		1.554×10^8
26	27-28	111		4.632×10^8
27	28-29	111		4.632×10^8
28	29-30	111		6.287×10^7
29	30-31	111		6.287×10^7
30	31-32	111		6.287×10^7
31	32-33	111		6.287×10^7
32	33-34	111		6.287×10^7
33	34-35	111		6.287×10^7
34	35-36	111		6.287×10^7
35	36-37	111		6.287×10^7
36	37-38	111		6.287×10^7
37	38-39	111		6.287×10^7
38	39-40	111		6.287×10^7
39	40-41	111		6.287×10^7
40	41-42	111		6.287×10^7

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	42-43	111		6.287×10^7
42	43-44	111		6.287×10^7
43	44-45	111		6.287×10^7
44	45-46	111		6.287×10^7
45	46-47	111		6.287×10^7
46	47-48	111		6.287×10^7
47	48-49	111		2.546×10^6
48	50-51	113		3.588×10^9
49	51-52	113		2.769×10^9
50	52-53	113		1.861×10^9
51	53-54	113		2.769×10^9
52	54-55	113		3.677×10^9
53	55-56	114		4.540×10^8
54	56-57	114		4.540×10^8
55	57-58	114		8.820×10^8
56	58-59	114		8.820×10^8
57	59-60	114		8.820×10^8
58	60-61	114		3.520×10^8
59	61-62	114		3.520×10^8

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	29	
5	32	
7	34	
9	36	
11	38	
13	40	
15	42	
18	45	
21	48	
23	56	
24	61	
47	51	
31	-	
37	-	
50	-	
50	-	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
111	50			0.3		ポンプ
112	50			0.3		原動機
113	50			0.3		ポンプ
114	50			0.3		原動機

【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ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 構造強度評価
 - 2.1.1 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		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	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 補機冷却海水 ポンプ	常設/防止 (DB 拡張)	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) O.P. 3.0*1	0.074	0.05 以下	-	-	C _H =1.83 又は*2	C _V =1.94		50	50	0.78

注記*1：基準床レベルを示す。
*2：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線より得られる値

40

- 2.1.2 機器要目
 - (1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					6	6	-				
ポンプ取付ボルト (i=2)					16	16	3.820×10 ⁵				
原動機取付ボルト (i=3)					8	8	3.820×10 ⁵				

注記*1：最高使用温度で算出
*2：周囲環境温度で算出

- (2) コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _C (mm)	t (mm)
コラムパイプ					

注記*：最高使用温度で算出

(3) サポート取付ボルト

部 材	A_{sbj} (mm ²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	$S_{yj}(RT)$ (MPa)	F_j (MPa)	F_j^* (MPa)
第一中間サポート 基礎ボルト (j=1)		4					
第一中間サポート 取付ボルト (j=2)		8					
第二中間サポート 基礎ボルト (j=3)		4					
第二中間サポート 取付ボルト (j=4)		8					

注記*1：周囲環境温度で算出

H_p (μ m)	N (rpm)

2.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _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)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機取付ボルト (i=3)						

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
コラムパイプ		

(3) サポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	W _j	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
第一中間サポート基礎ボルト (j=1)		
第一中間サポート取付ボルト (j=2)		
第二中間サポート基礎ボルト (j=3)		
第二中間サポート取付ボルト (j=4)		

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.074
鉛直 1次	T _{V1} =0.05以下

2.1.4.2 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	—	—	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=142$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=505^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=389$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=19$	$f_{ts3}=505^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=389$

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

2.1.4.3 コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	一次一般膜応力	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動S d 又は静的震度	—	—
		基準地震動S s	$\sigma=62$	$Sa=306$

すべて許容応力以下である。

2.1.4.4 サポート取付ボルトの応力

(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
第一中間サポート 基礎ボルト (j=1)		せん断	—	—	$\tau_{sb1}=20$	$f_{sbs1}=142$
第一中間サポート 取付ボルト (j=2)		せん断	—	—	$\tau_{sb2}=13$	$f_{sbs2}=142$
第二中間サポート 基礎ボルト (j=3)		せん断	—	—	$\tau_{sb3}=18$	$f_{sbs3}=142$
第二中間サポート 取付ボルト (j=4)		せん断	—	—	$\tau_{sb4}=11$	$f_{sbs4}=142$

すべて許容値以下である。

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 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 補機冷却海水ポンプ	立形斜流 ポンプ	250	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) O.P. 3. 0*1	0.074	0.05 以下	C _H = 1.53 又は*2	C _V = 1.61		50	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動S_sに基づく設計用床応答曲線より得られる値

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	端子箱部の最大応答加速度 による水平方向震度	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 補機冷却海水ポンプ用 原動機	立形ころがり軸受 電動機	60	海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) O.P. 3. 0*1	0.074	0.05 以下	C _H = 1.53 又は*2	C _V = 1.61		C _{HT} = 1.53	-	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動S_sに基づく設計用床応答曲線より得られる値

2.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	A _p (mm ²)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	200	430	187.5	200	8

(2) 軸 (回転子)

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	7.333× 10 ⁴	1.633× 10 ⁴	59	2.376× 10 ³	1500	55

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	n _{t1,y}	n _{t1,z}	A _{bt} (mm ²)	Q _{bt} (N)	L _{1i} (mm)	L _{2i} (mm)	L _{3i} (mm)	h _t (mm)
端子箱	18	4	2	2	78.5	5.534× 10 ²	110	110	110	250

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	3.642× 10 ⁶	2.259× 10 ⁶	190	2.097× 10 ⁴

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.37	10.0
	鉛直方向	1.61	1.0
原動機	水平方向	1.53	2.5
	鉛直方向	1.61	1.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。なお、水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあつては軸受部）の応答加速度又は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）のいずれか大きい方を、鉛直方向は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）を設定する。ポンプは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 立形斜流ポンプの動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ及びストッパについては、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。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
ポンプ軸受 (1 段目)	4.894×10^3	7.060×10^3
ポンプ軸受 (2 段目)	4.684×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (3 段目)	4.607×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (4 段目)	4.580×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (5 段目)	4.539×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (6 段目)	5.678×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (7 段目)	4.760×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (8 段目)	4.594×10^3	2.118×10^4
ポンプ軸受 (9 段目)	3.926×10^3	2.118×10^4

すべて許容値以下である。

2.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

2.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.3.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	5	121

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	16	474

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	11	184*
	せん断	2	142

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t0}]$ より算出

2.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	2.183×10^2	
下部軸受	3.242×10^3	

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.3.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価 (単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0	0.8

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	3	45

すべて許容応力以下である。

2.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	111		6.362×10^5
2	2-3	111		6.362×10^5
3	3-4	111		6.362×10^5
4	4-5	111		6.362×10^5
5	5-6	111		6.362×10^5
6	6-7	111		6.362×10^5
7	7-8	111		6.362×10^5
8	8-9	111		6.362×10^5
9	9-10	111		6.362×10^5
10	10-11	111		6.362×10^5
11	11-12	111		6.362×10^5
12	12-13	111		6.362×10^5
13	13-14	111		6.362×10^5
14	14-15	111		6.362×10^5
15	15-16	111		6.362×10^5
16	16-17	111		6.362×10^5
17	17-18	111		6.362×10^5
18	18-19	111		6.362×10^5
19	19-20	111		6.362×10^5
20	20-21	111		6.362×10^5
21	21-22	111		2.198×10^5
22	22-23	112		3.220×10^6
23	23-24	112		5.970×10^6
24	24-25	112		1.180×10^6
25	26-27	111		1.554×10^8
26	27-28	111		4.632×10^8
27	28-29	111		4.632×10^8
28	29-30	111		6.287×10^7
29	30-31	111		6.287×10^7
30	31-32	111		6.287×10^7
31	32-33	111		6.287×10^7
32	33-34	111		6.287×10^7
33	34-35	111		6.287×10^7
34	35-36	111		6.287×10^7
35	36-37	111		6.287×10^7
36	37-38	111		6.287×10^7
37	38-39	111		6.287×10^7
38	39-40	111		6.287×10^7
39	40-41	111		6.287×10^7
40	41-42	111		6.287×10^7

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	42-43	111		6.287×10^7
42	43-44	111		6.287×10^7
43	44-45	111		6.287×10^7
44	45-46	111		6.287×10^7
45	46-47	111		6.287×10^7
46	47-48	111		6.287×10^7
47	48-49	111		2.546×10^6
48	50-51	113		3.588×10^9
49	51-52	113		2.769×10^9
50	52-53	113		1.861×10^9
51	53-54	113		2.769×10^9
52	54-55	113		3.677×10^9
53	55-56	114		4.540×10^8
54	56-57	114		4.540×10^8
55	57-58	114		8.820×10^8
56	58-59	114		8.820×10^8
57	59-60	114		8.820×10^8
58	60-61	114		3.520×10^8
59	61-62	114		3.520×10^8

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	29	
5	32	
7	34	
9	36	
11	38	
13	40	
15	42	
18	45	
21	48	
23	56	
24	61	
47	51	
31	-	
37	-	
50	-	
50	-	

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

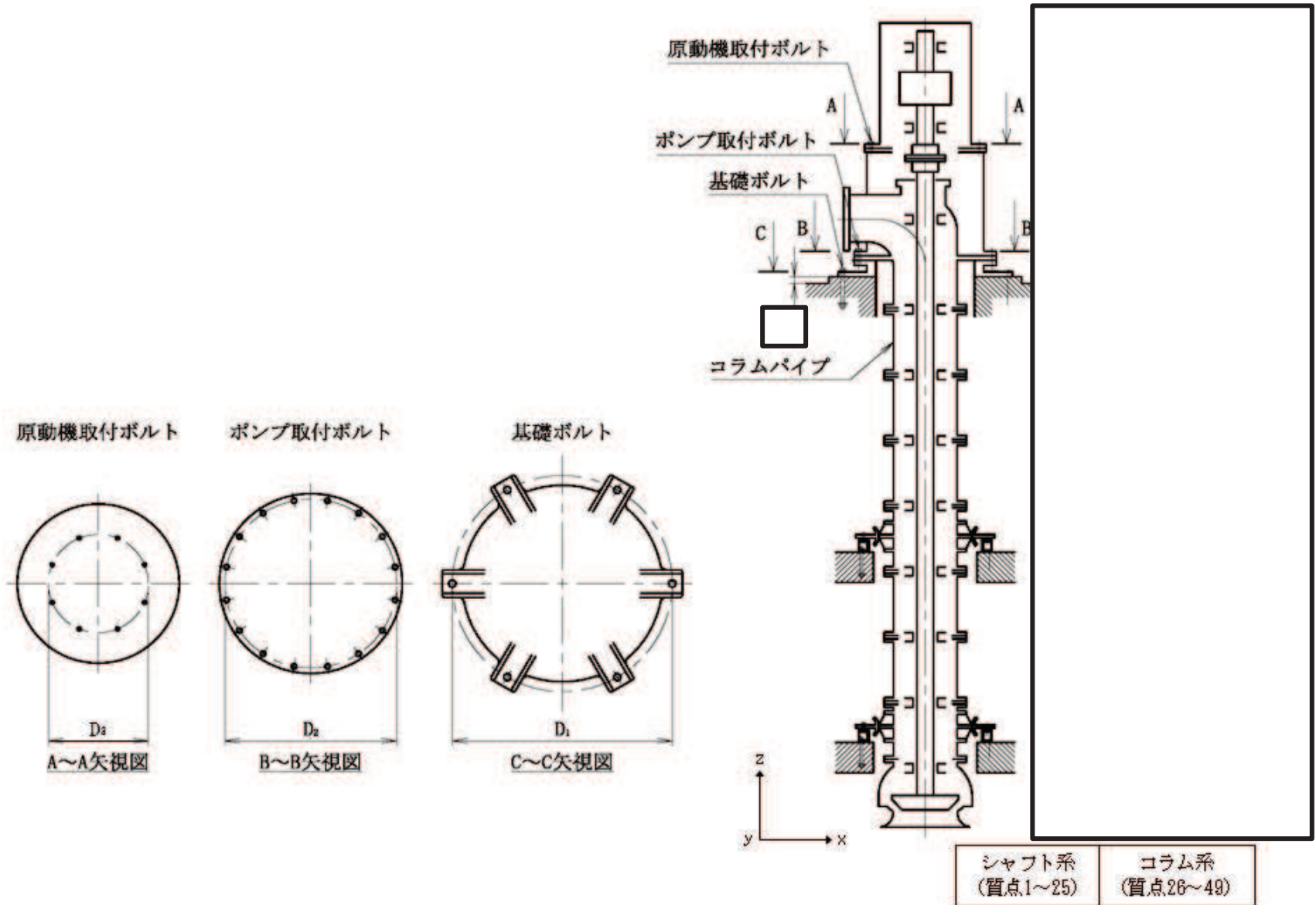
(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
111	50			0.3		ポンプ
112	50			0.3		原動機
113	50			0.3		ポンプ
114	50			0.3		原動機



注記：ベデスタル系とは、ポンプベース、原動機台及び原動機フレーム（固定子を含む）を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-5-7-2-4 高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の計算	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水サージ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。

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの構造計画を表 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>胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>たて置円筒形 (上面及び下面に平板を有するたて置円筒形容器)</p>	<p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位:s)

水平方向			
鉛直方向			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却水サージタンク	S	クラス 3 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

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
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却水サージタンク	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等* ² クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：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 4-3 許容応力 (クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器)

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・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	弾性設計用地震動 S _d 又は基準地震動 S _s のみによる 疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
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。)			基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積 係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*1：座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*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 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 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
III _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
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 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SM400B (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	70	—	233	383	—
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	—	241	394	—

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SM400B (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	70	—	233	383	—
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	—	234	385	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク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。

【高圧炉心スプレィ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
高圧炉心スプレィ 補機冷却水サージタンク	S	原子炉建屋 O.P. 22.50			—*	—*	C _H =2.12	C _V =1.56	静水頭	70	50	1.00

注記*：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

m ₀ (kg)	m _e (kg)	D _i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ρ _g (mm)	H (mm)	s	n
		1200	9.0	200000*1	77000*1	1021	1835	15	12

D _c (mm)	D _{bo} (mm)	D _{bi} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	M _s (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
1400	1550	1200	16 (M16)	201.1	—	7.429×10 ⁷

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S _y (基礎ボルト) (MPa)	S _u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
233*1 (厚さ ≤ 16mm)	383*1	—	241*2 (径 ≤ 16mm)	394*2	241	276

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

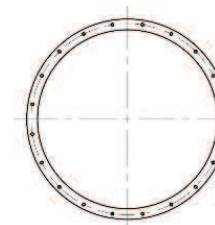
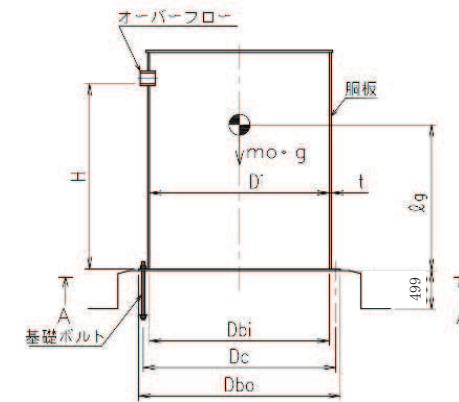
1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度			基準地震動 S _s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	—*	—*	—	σ _{φ1} =2	σ _{x1} =0	—
鉛直方向地震による引張応力	—*	—	—	σ _{φ2} =2	—	—
空質量による圧縮応力	—	—*	—	—	σ _{x2} =1	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	—*	—	—	σ _{x3} =1	—
水平方向地震による応力	—	—*	—*	—	σ _{x4} =8	τ=5
応力の和	引張側	—*	—*	σ _φ =3	σ _{xt} =8	—
	圧縮側	—*	—*	σ _φ =-3	σ _{xc} =9	—
組合せ応力	引張り	—*	—*	—	σ _{ot} =10	—
	圧縮	—*	—*	—	σ _{oc} =10	—

注記*：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。



A~A 矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—*	—*	—	$\sigma_{\phi 2}=2$	$\sigma_{x 3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—*	—*	—	$\sigma_{x 4}=8$	$\tau=5$
応力の和	引張側	—*	—*	—	$\sigma_{2\phi}=2$	$\sigma_{2xt}=8$	—
	圧縮側	—*	—*	—	$\sigma_{2\phi}=-2$	$\sigma_{2xc}=8$	—
組合せ応力 (変動値)	引張り	—*			$\sigma_{2t}=20$		
	圧縮	—*			$\sigma_{2c}=19$		

注記*：III_ASについては、基準地震動 S s で評価する。

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—*	$\sigma_b=74$
せん断応力	—*	$\tau_b=31$

注記*：III_ASについては、基準地震動 S s で評価する。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

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
銅板	SM400B	一次一般膜	$\sigma_0=10^{*2}$	$S_a=230$	$\sigma_0=10$	$S_a=230$
		一次+二次	$\sigma_2=20^{*2}$	$S_a=466$	$\sigma_2=20$	$S_a=466$
		圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
		(座屈の評価)	0.04 (無次元)		0.04 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=74^{*2}$	$f_{ts}=180^{*1}$	$\sigma_b=74$	$f_{ts}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_b=31^{*2}$	$f_{sb}=139$	$\tau_b=31$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

注記*1： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

*2：基準地震動 S s による算出値

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建屋 O.P. 22.50			—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	静水頭	70	66	1.00

2.2 機器要目

m ₀ (kg)	m _e (kg)	D _i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l _g (mm)	H (mm)	s	n
		1200	9.0	200000*1	77000*1	1021	1835	15	12

D _c (mm)	D _{bo} (mm)	D _{bi} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	M _s (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
1400	1550	1200	16 (M16)	201.1	—	7.429×10 ⁷

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S _y (基礎ボルト) (MPa)	S _u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
233*1 (厚さ ≤ 16mm)	383*1	—	234*2 (径 ≤ 16mm)	385*2	—	270

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

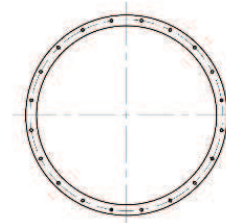
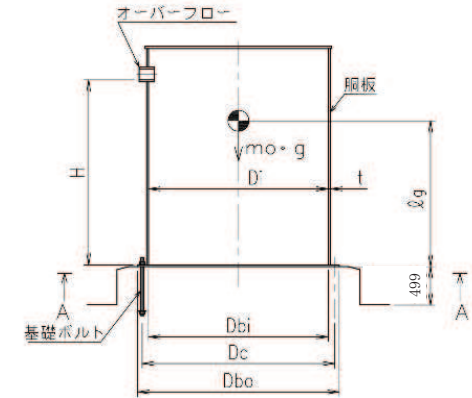
2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	—	—	—	σ _{φ1} =2	σ _{x1} =0	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	σ _{φ2} =2	—	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	σ _{x2} =1	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	—	—	—	σ _{x3} =1	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	σ _{x4} =8	τ=5
応力の和	引張側	—	—	σ _φ =3	σ _{xt} =8	—
	圧縮側	—	—	σ _φ =-3	σ _{xc} =9	—
組合せ応力	引張り	—	—	σ _{ot} =10		
	圧縮	—	—	σ _{oc} =10		

(単位：MPa)



A~A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=2$	$\sigma_{x 3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 4}=8$	$\tau=5$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=2$	$\sigma_{2xt}=8$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=-2$	$\sigma_{2xc}=8$	—
組合せ応力 (変動値)	引張り	—			$\sigma_{2t}=20$		
	圧縮	—			$\sigma_{2c}=19$		

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—	$\sigma_b=74$
せん断応力	—	$\tau_b=31$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 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
胴板	SM400B	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=10$	$S_a=230$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2=20$	$S_a=466$
		圧縮と曲げ の組合せ	—		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.04 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=74$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=31$	$f_{sb}=155$

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

VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書
(高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系)

- (1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系
- (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	9
3.1 計算方法	9
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
3.3 設計条件	11
3.4 材料及び許容応力評価条件	14
3.5 設計用地震力	15
4. 解析結果及び評価	16
4.1 固有周期及び設計震度	16
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

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

(2) 支持構造物

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



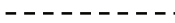


(3) 弁

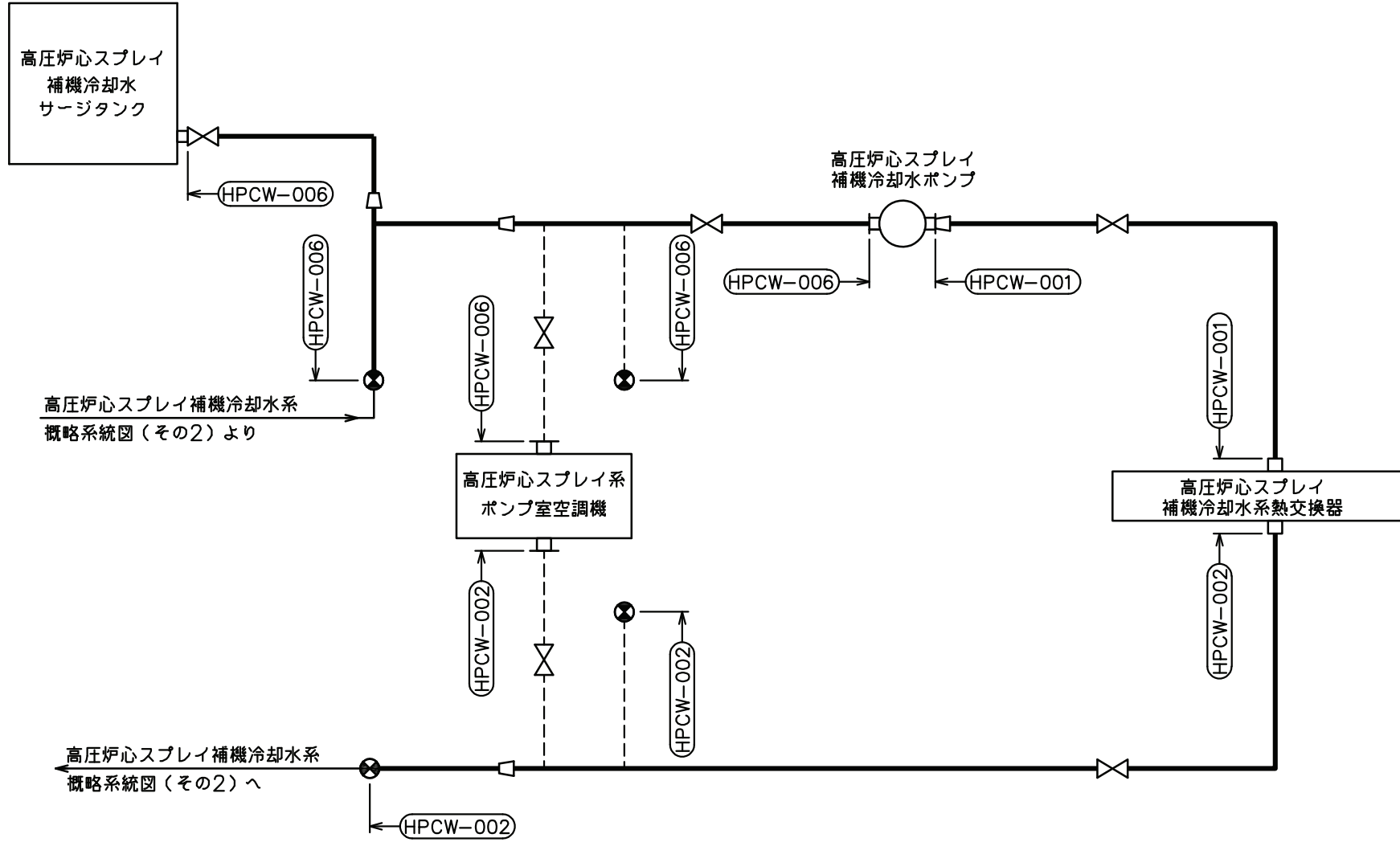
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

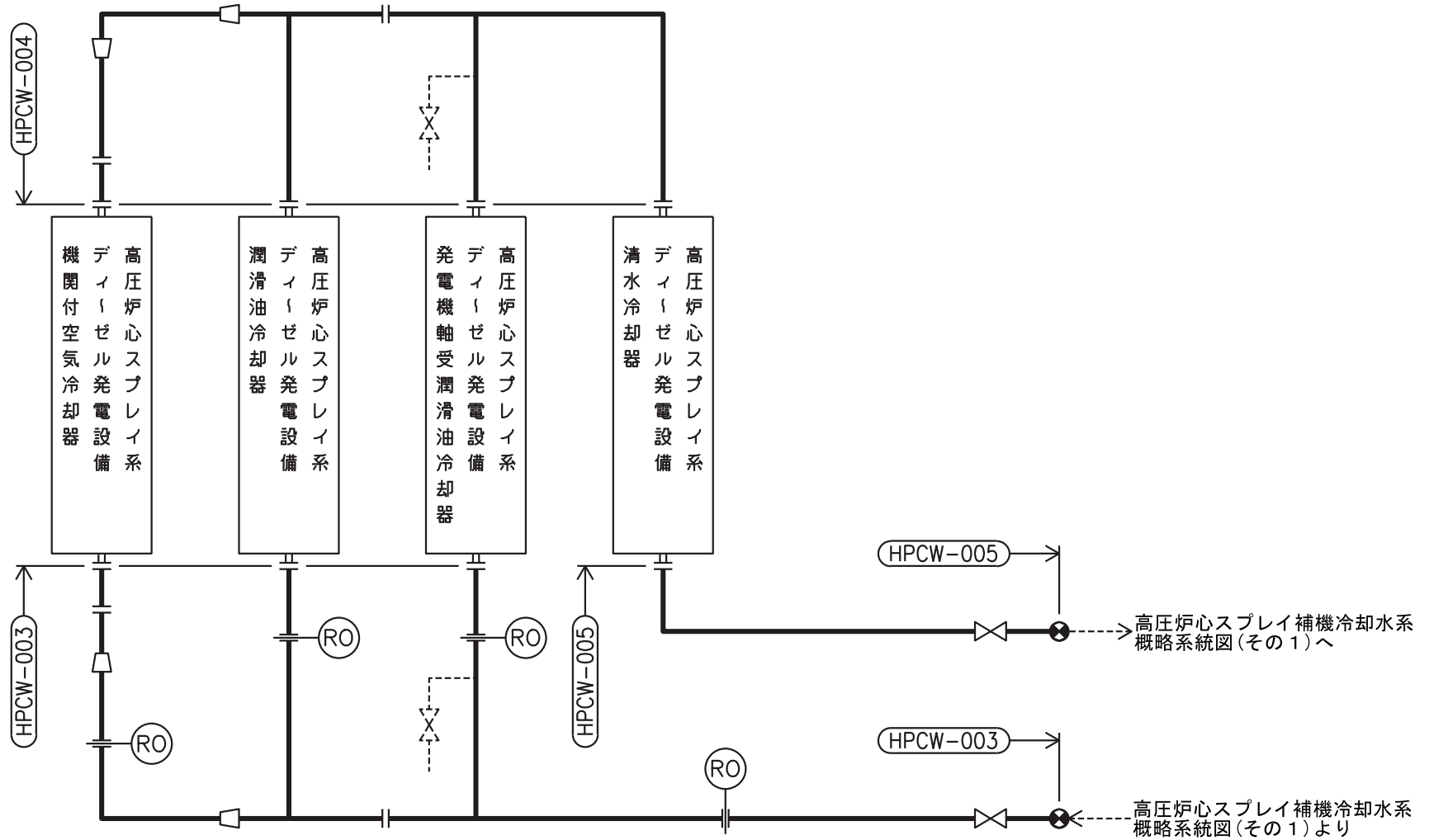
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ




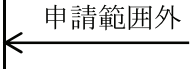



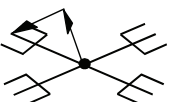
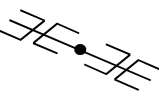

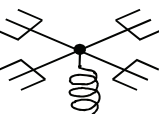
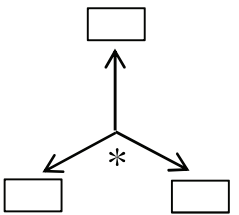
高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図(その1)



高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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として本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印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
	ガイド
	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。)

9

鳥瞰図 HPCW-006-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 HPCW-006-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

∞

鳥瞰図 HPCW-006-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系	DB	—	クラス3管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	IV _A S
							II _L + S s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	114.3	6.0	STS410	S	200200
2	1.18	70	165.2	7.1	STS410	S	200200
3	1.18	70	216.3	8.2	STS410	S	200200

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	51	52	53	54	55	56	57	58	59	89	90	91	109	801	802
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49
	50	303	803	804	805	905	907								

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		18		35		55		106	
2		19		36		56		108	
3		20		37		57		109	
4		21		38		58		110	
5		22		39		59		303	
6		23		40		78		801	
7		24		41		79		802	
8		25		42		80		803	
9		26		46		81		804	
10		27		47		82		805	
11		28		48		83		900	
12		29		49		84		901	
13		30		50		85		905	
14		31		51		86		907	
15		32		52		90			
16		33		53		91			
17		34		54		105			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1 弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
43		87	
44		88	
45		89	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	44			
弁2	88			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

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						
7						
10						
16						
23						
27						
33						
36						
40						
46						
50						
52						
56						
78						
81						
84						
87						
900						
901						
905						
907						

O 2 ⑥ VI-2-5-7-2-5(1) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P C W - 0 0 6	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 HPCW-006

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
17 次								
18 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_1$ 及び $1.2C_v$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

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				
17 次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

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 p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0.9 · S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 · S y	疲労累積係数 U S s
H P C W - 0 0 6	Ⅲ _A S	33	S p r m (S d)	132	229	—	—	—
	Ⅳ _A S	33	S p r m (S s)	221	366	—	—	—
	Ⅳ _A S	33	S n (S s)	—	—	406	458	—

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と 1.2 · S h のうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°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			
HPCW-002-029R	レストレイント	架構	STKR400	40	22	52	10	—	—	—	組合せ	211	280
HPCW-006-033R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	40	49	84	—	—	—	せん断	128	141
HPW-115-01	アンカ	ラグ	SM400B	70	16	22	118	20	14	3	組合せ	298	408

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス3管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPCW-001	1	40	229	5.72	—	1	61	366	6.00	—	1	114	458	4.01	—	—	—	—
2	HPCW-002	18	123	229	1.86	—	18	197	366	1.85	—	28	358	458	1.27	—	—	—	—
3	HPCW-003	90	108	229	2.12	—	90	195	366	1.87	—	90	399	458	1.14	—	—	—	—
4	HPCW-004	38	66	229	3.46	—	38	117	366	3.12	—	38	254	458	1.80	—	—	—	—
5	HPCW-005	30	69	229	3.31	—	30	106	366	3.45	—	30	178	458	2.57	—	—	—	—
6	HPCW-006	33	132	229	1.73	○	33	221	366	1.65	○	33	406	458	1.12	○	—	—	—

注記* : III_AS の一次+二次応力の許容値はIV_AS と同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS の一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	9
3.1 計算方法	9
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
3.3 設計条件	11
3.4 材料及び許容応力評価条件	14
3.5 設計用地震力	15
4. 解析結果及び評価	16
4.1 固有周期及び設計震度	16
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

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

(2) 支持構造物

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



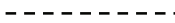
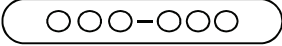

(3) 弁

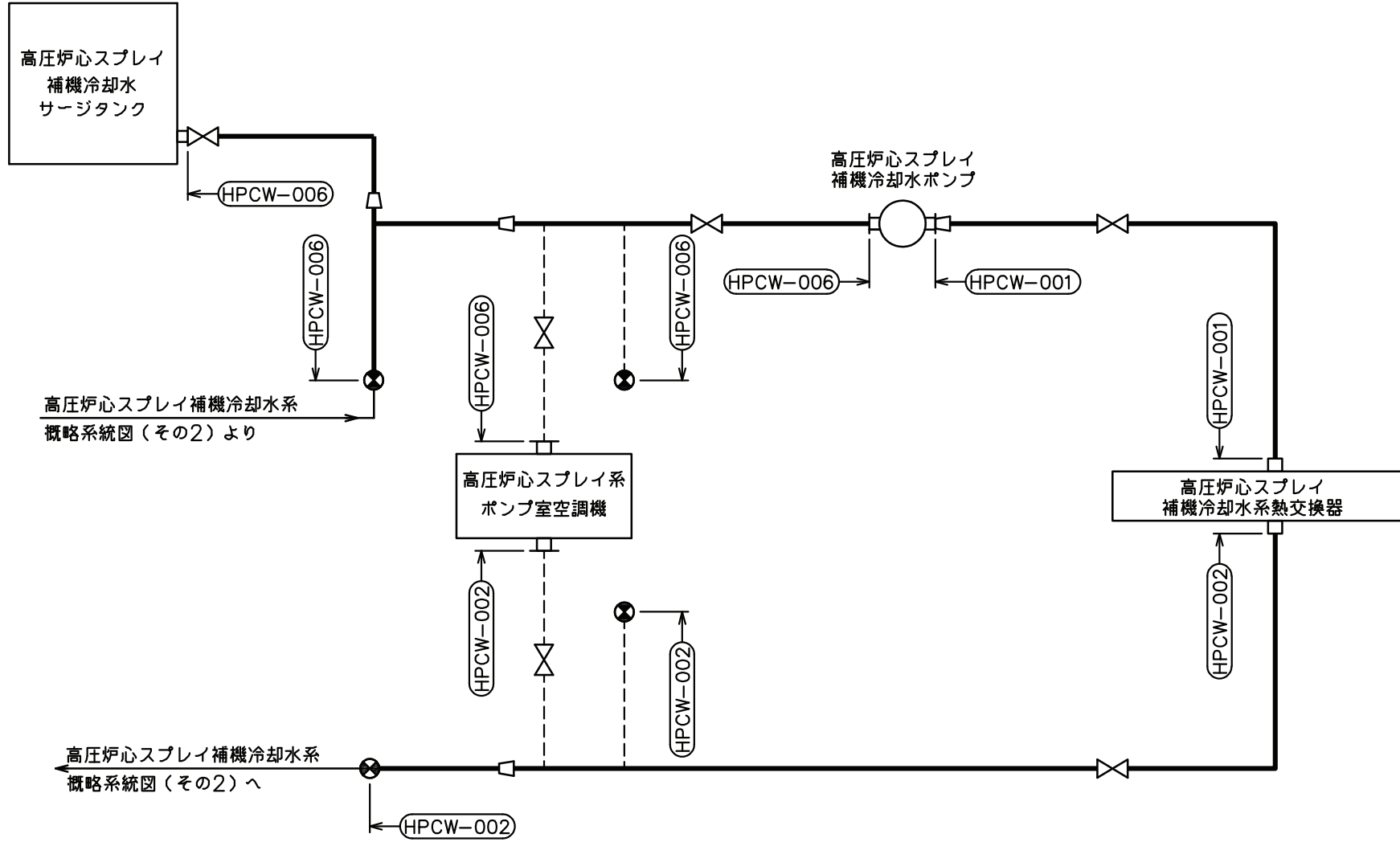
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

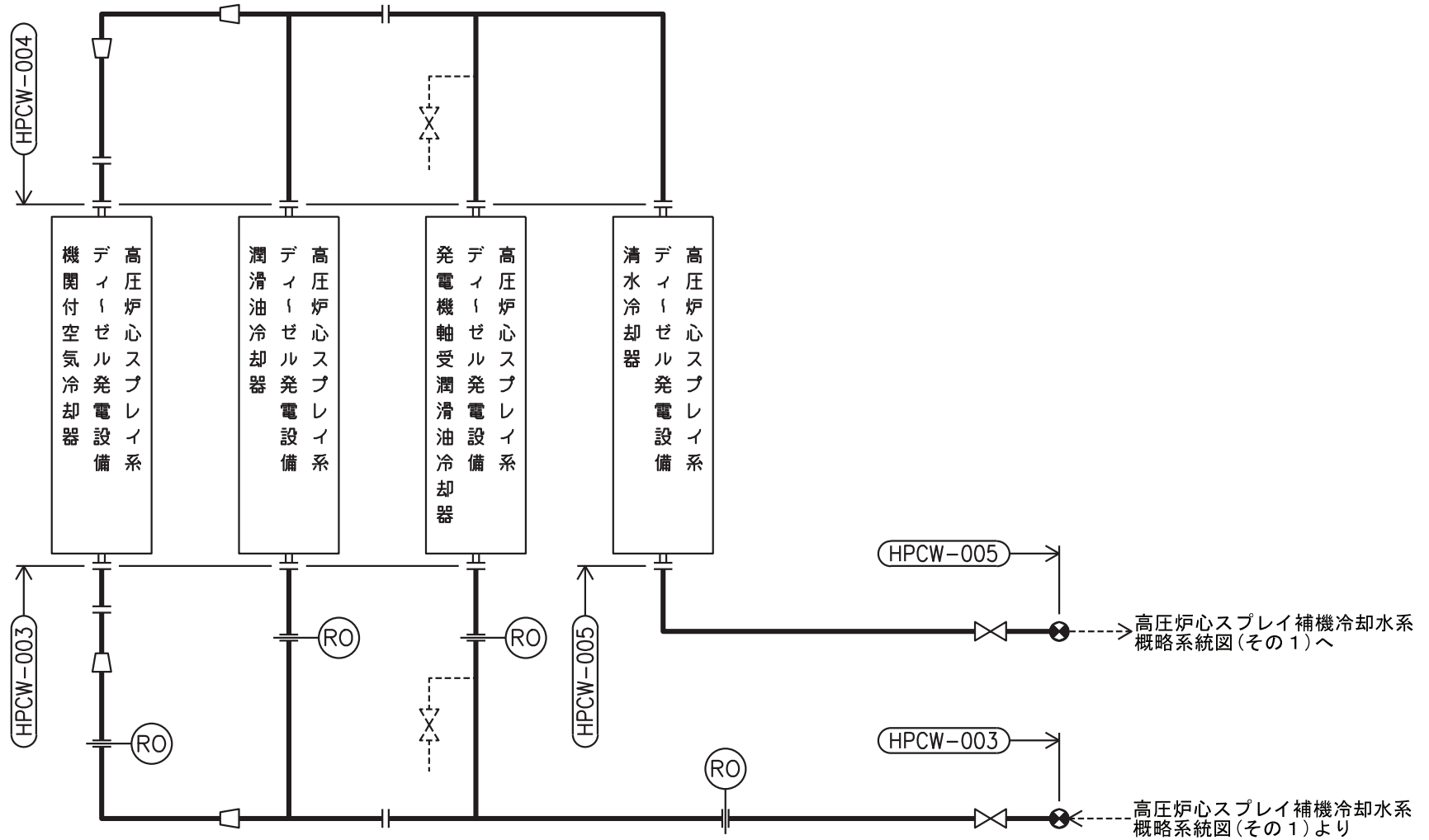
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ




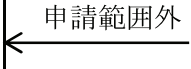
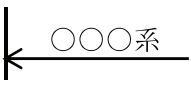


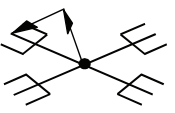
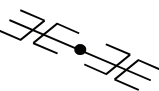

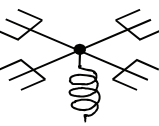
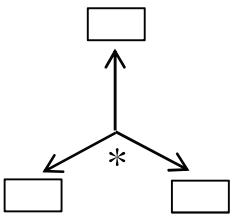
高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図(その1)



高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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として本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印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
	ガイド
	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。)

9

鳥瞰図 HPCW-006-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 HPCW-006-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

∞

鳥瞰図 HPCW-006-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系	SA	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等クラス 2 管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

*3：運転状態の添字 L は荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 HPCW-006

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	114.3	6.0	STS410	S	200200
2	1.18	70	165.2	7.1	STS410	S	200200
3	1.18	70	216.3	8.2	STS410	S	200200

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPCW-006

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	51	52	53	54	55	56	57	58	59	89	90	91	109	801	802
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	16	17	18	19	59	78	79	80	81	82	83	84	85	86	105
	106	108	110	901											
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49
	50	303	803	804	805	905	907								

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		18		35		55		106	
2		19		36		56		108	
3		20		37		57		109	
4		21		38		58		110	
5		22		39		59		303	
6		23		40		78		801	
7		24		41		79		802	
8		25		42		80		803	
9		26		46		81		804	
10		27		47		82		805	
11		28		48		83		900	
12		29		49		84		901	
13		30		50		85		905	
14		31		51		86		907	
15		32		52		90			
16		33		53		91			
17		34		54		105			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
43		87	
44		88	
45		89	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	44			
弁2	88			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCW-006

支持点部のばね定数を下表に示す。

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						
7						
10						
16						
23						
27						
33						
36						
40						
46						
50						
52						
56						
78						
81						
84						
87						
900						
901						
905						
907						

O 2 ⑥ VI-2-5-7-2-5(1) (重) R 2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材 料	最 高 使 用 温 度 (° C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P C W - 0 0 6	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 HPCW-006

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
17 次								
18 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_1$ 及び $1.2C_v$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HPCW-006

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				
17 次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{pr m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
HPCW-006	$V_A S$	33	$S_{pr m}(S_s)$	220	366	—	—	—
	$V_A S$	33	$S_n(S_s)$	—	—	406	458	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

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			
HPCW-002-029R	レストレイント	架構	STKR400	66	22	52	10	—	—	—	組合せ	211	260
HPCW-006-033R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	40	49	84	—	—	—	せん断	128	141
HPW-115-01	アンカ	ラグ	SM400B	70	16	22	118	20	14	3	組合せ	298	408

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	HPCW-001	1	60	366	6.10	—	1	114	458	4.01	—	—	—	—
2	HPCW-002	18	196	366	1.86	—	28	358	458	1.27	—	—	—	—
3	HPCW-003	90	195	366	1.87	—	90	399	458	1.14	—	—	—	—
4	HPCW-004	38	117	366	3.12	—	38	254	458	1.80	—	—	—	—
5	HPCW-005	30	106	366	3.45	—	30	178	458	2.57	—	—	—	—
6	HPCW-006	33	220	366	1.66	○	33	406	458	1.12	○	—	—	—

(2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

設計基準対象施設

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 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物



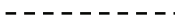


工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

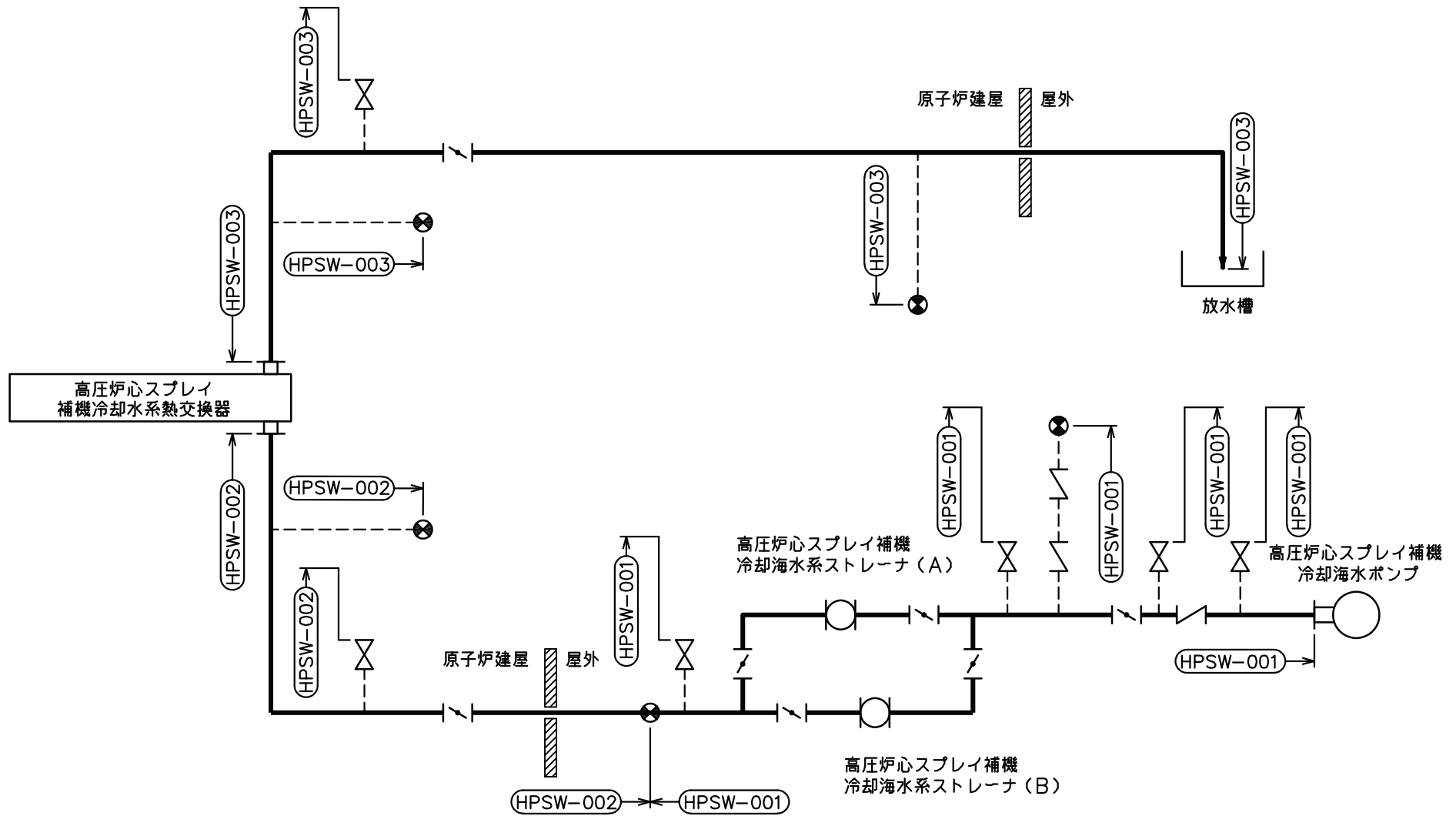
(3) 弁

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

2. 概略系統図及び鳥瞰図
 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


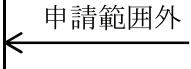



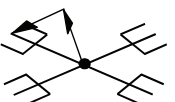
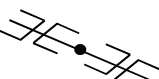
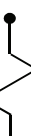
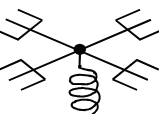
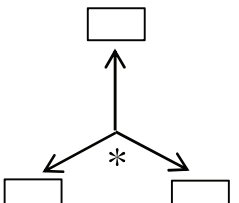
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



高圧炉心スプレイ補機冷却海水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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。)</p>

5

鳥瞰図 HPSW-003-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 HPSW-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 HPSW-003-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	DB	—	クラス3管	S	I _L +S d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L +S d	
							I _L +S s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L +S s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216.3	8.2	STS410	S	201000

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4		26		45		65		803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67		805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69		810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52		72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54		74		903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59		78			
21		40		60		94			
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

0 2 ⑥ VI-2-5-7-2-5(2) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STS410	50	—	239	409	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	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 H P S W - 0 0 3

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方 向	Z 方 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方 向	Y 方 向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
21 次								
22 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。
 *3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4： $3.6C_1$ 及び $1.2C_v$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

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

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 | HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

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 p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0. 9 ・ S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 ・ S y	疲労累積係数 U S s
H P S W - 0 0 3	Ⅲ _A S	54	S p r m (S d)	122	239	—	—	—
	Ⅳ _A S	54	S p r m (S s)	205	368	—	—	—
	Ⅳ _A S	98	S n (S s)	—	—	394	478	—

注記 *1 : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と 1. 2 ・ S h のうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPSW-003-901S	メカニカルスナップ	SMS-3-100	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照	40	15	45
HPSW-001-902R	ロッドレストレイント	RSA 6			49	90

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			
HPSW-003-030R	レストレイント	架構	STKR400	40	36	55	29	—	—	—	組合せ	136	280
HPSW-003-907R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	33	0	133	—	—	—	せん断	91	141
HPSW-001-044A	アンカ	ラグ	SGV410	50	98	26	14	1	21	35	組合せ	62	152

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S													
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価			
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表	
1	HPSW-001	421	46	239	5.19	—	421	68	368	5.41	—	421	197	479	2.43	—	—	—	—	
2	HPSW-002	801	104	239	2.29	—	801	159	368	2.31	—	801	278	479	1.72	—	—	—	—	
3	HPSW-003	54	122	239	1.95	○	54	205	368	1.79	○	98	394	478	1.21	○	—	—	—	

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

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 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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



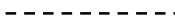


(3) 弁

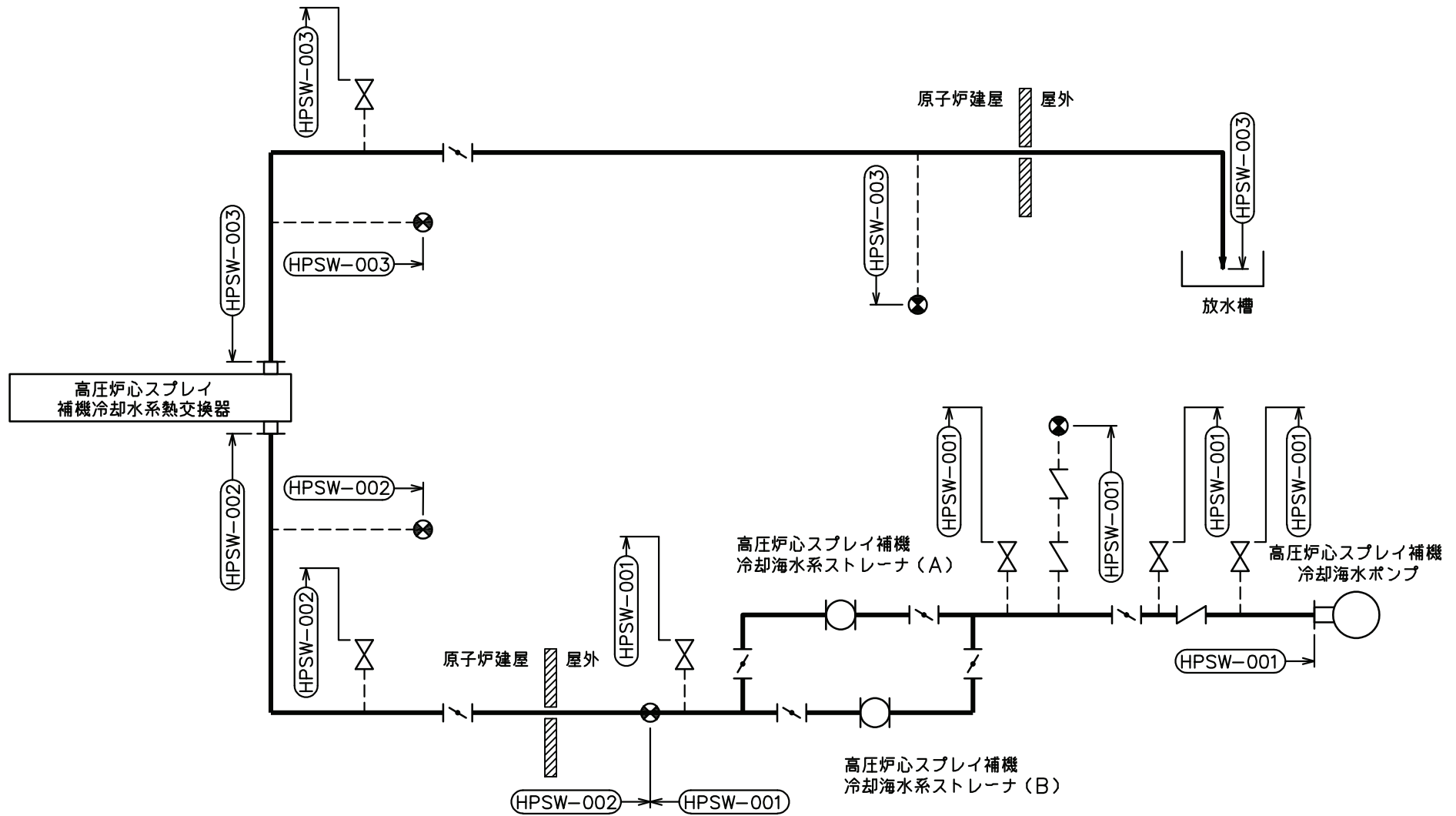
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


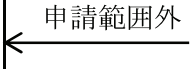
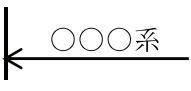


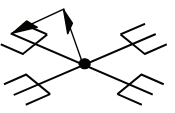
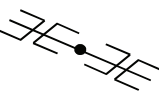

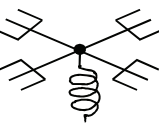
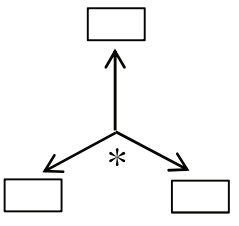
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



高圧炉心スプレイ補機冷却海水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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。)</p>

5

鳥瞰図 HPSW-003-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 HPSW-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 HPSW-003-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	SA	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等クラス 2 管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

*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。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216.3	8.2	STS410	—	201000

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4		26		45		65		803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67		805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69		810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52		72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54		74		903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59		78			
21		40		60		94			
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

O 2 ⑥ VI-2-5-7-2-5(2) (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
STS410	50	—	239	409	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	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 H P S W - 0 0 3

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
21 次							
22 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_1$ 及び $1.2C_v$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.158	0.007	0.017	0.347
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
21 次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 | HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 | HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{pr m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
HP SW-003	$V_A S$	54	$S_{pr m}(S_s)$	205	368	—	—	—
	$V_A S$	98	$S_n(S_s)$	—	—	394	478	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPSW-003-901S	メカニカルスナップ	SMS-3-100	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		15	45
HPSW-001-902R	ロッドレストレイント	RSA 6			49	90

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			
HPSW-003-030R	レストレイント	架構	STKR400	40	36	55	29	—	—	—	組合せ	136	280
HPSW-003-907R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	33	0	133	—	—	—	せん断	91	141
HPSW-001-044A	アンカ	ラグ	SGV410	50	98	26	14	1	21	35	組合せ	62	152

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	HPSW-001	421	68	368	5.41	—	421	197	479	2.43	—	—	—	—
2	HPSW-002	801	159	368	2.31	—	801	278	479	1.72	—	—	—	—
3	HPSW-003	54	205	368	1.79	○	98	394	478	1.21	○	—	—	—

VI-2-5-7-3 原子炉補機代替冷却水系の耐震性についての計算書

目 次

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

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

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	7
3. 計算条件	11
3.1 計算方法	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力評価条件	16
3.5 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	18
4.1 固有周期及び設計震度	18
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機代替冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 16 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

(2) 支持構造物

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



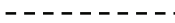
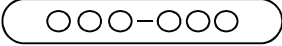

(3) 弁

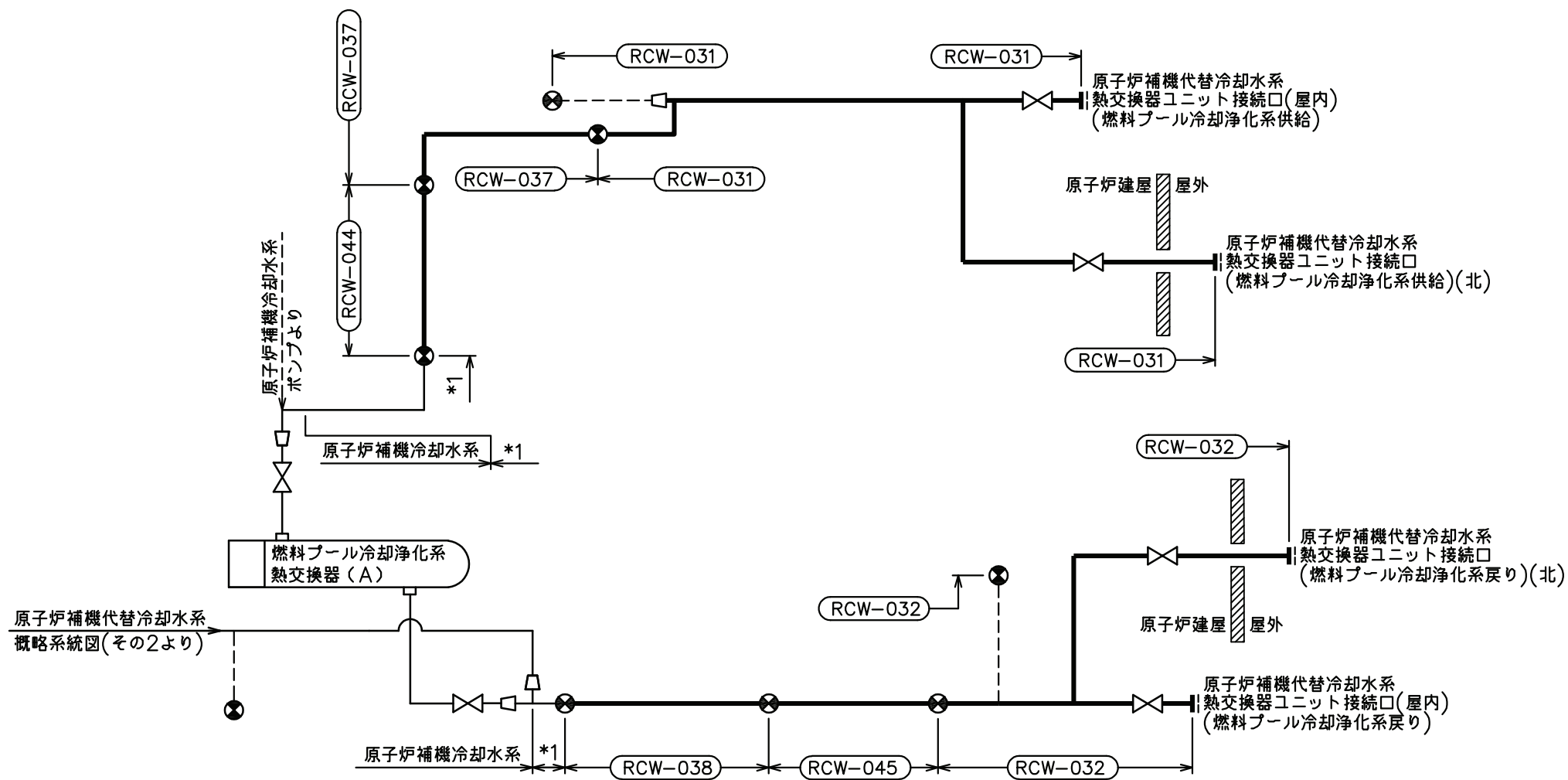
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

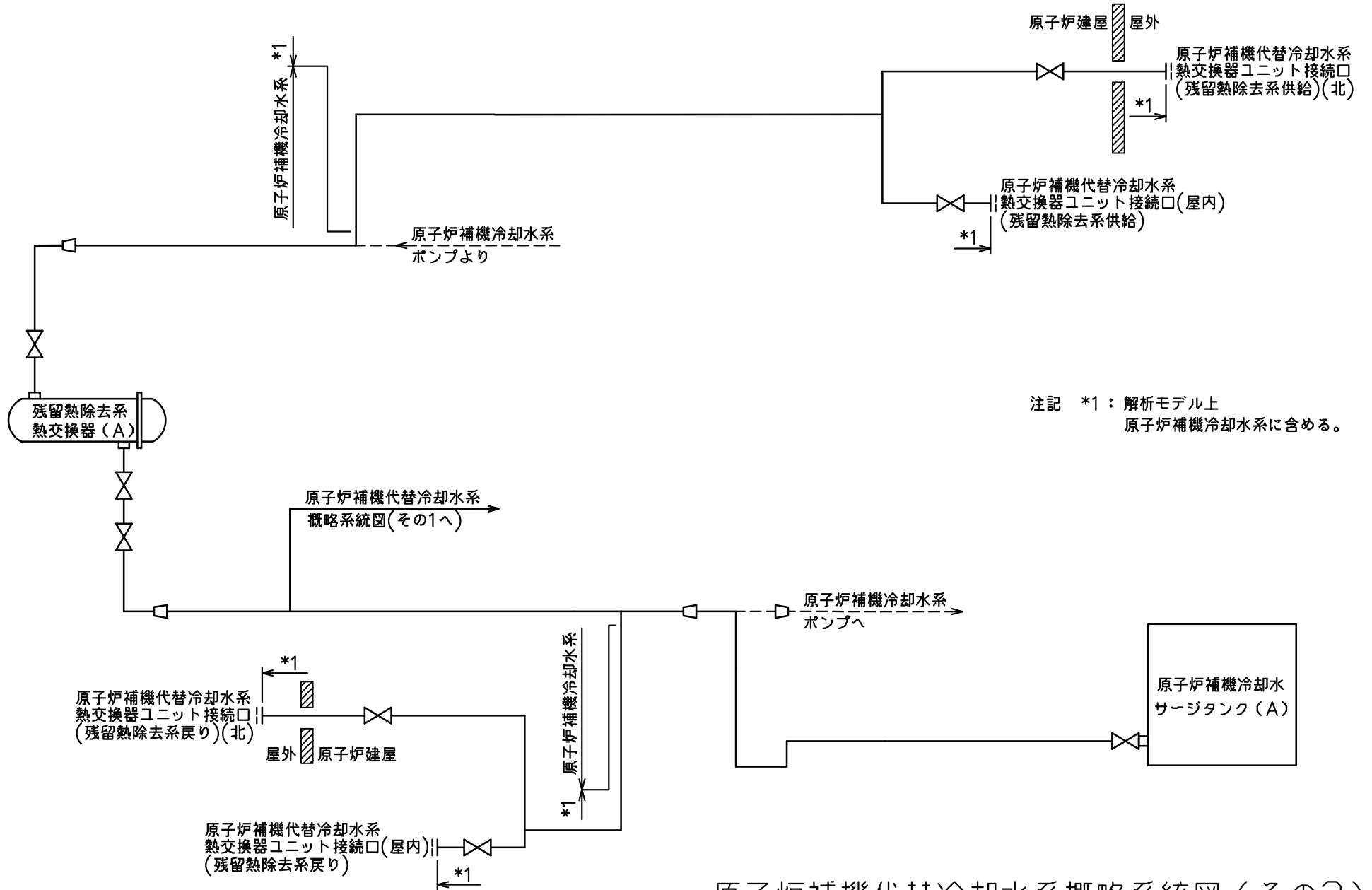
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ



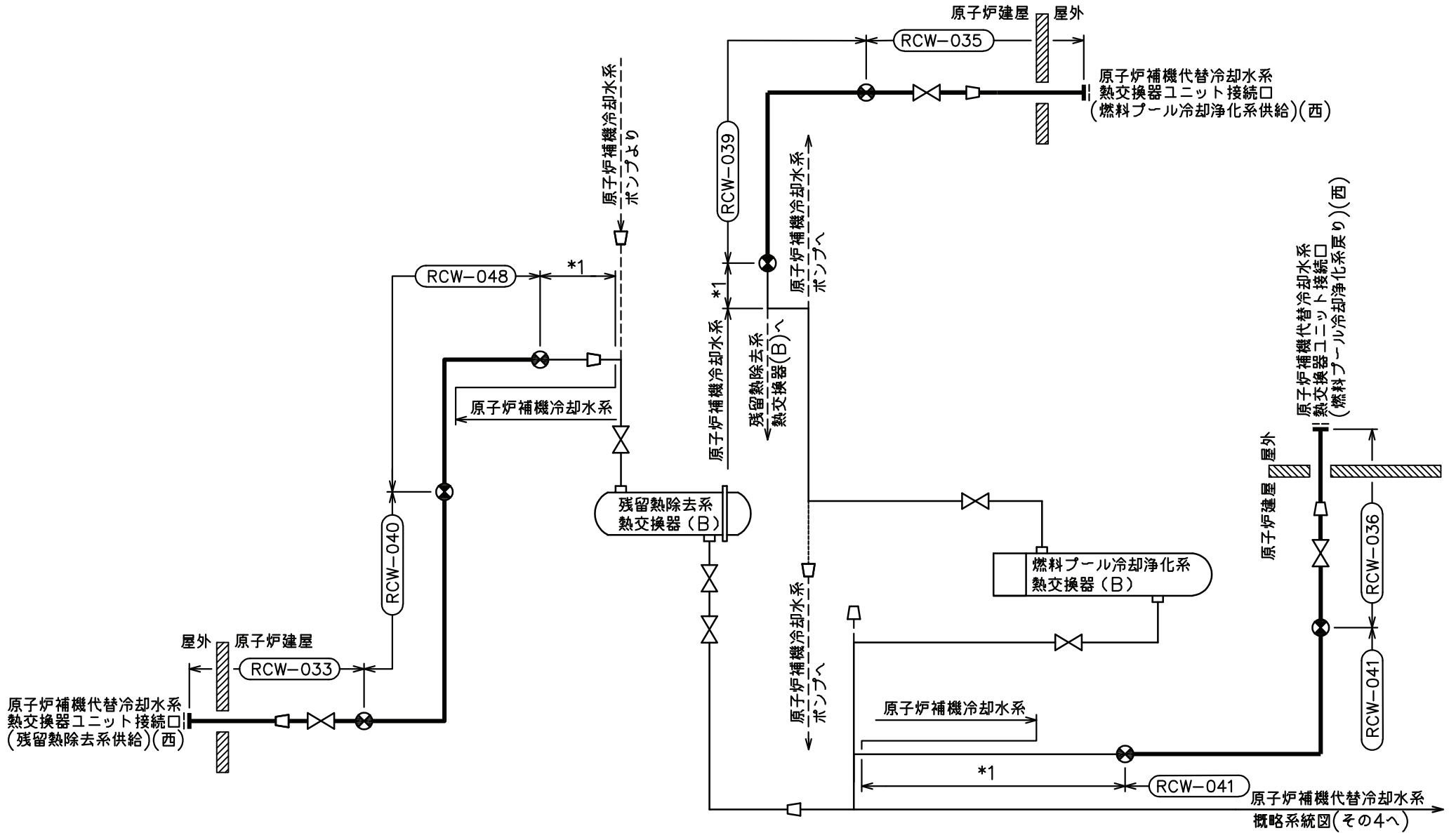
注記 *1：解析モデル上
原子炉補機冷却水系に含める。

原子炉補機代替冷却水系概略系統図(その1)



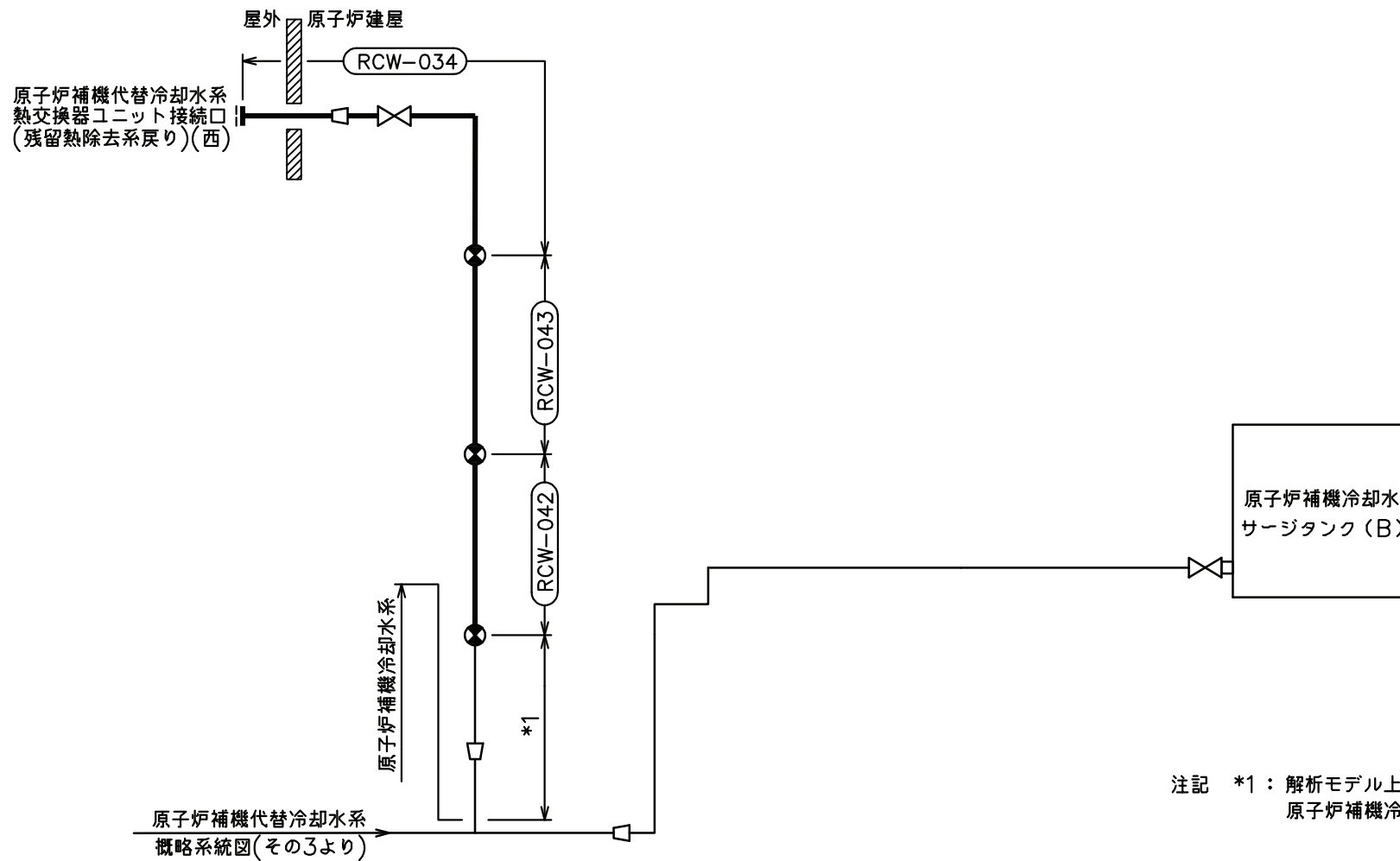
注記 *1：解析モデル上
原子炉補機冷却水系に含める。

原子炉補機代替冷却水系概略系統図(その2)



注記 *1：解析モデル上
原子炉補機冷却水系に含める。


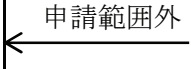
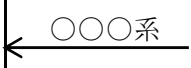


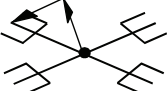
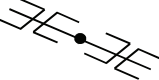

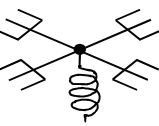
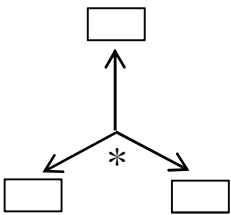
原子炉補機代替冷却水系概略系統図(その3)



原子炉補機代替冷却水系概略系統図 (その4)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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。)</p>

∞

鳥瞰図	RCW-043-1/3
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6

鳥瞰図 RCW-043-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

10

鳥瞰図 RCW-043-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機代替冷却水系	SA	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

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

*3：運転状態の添字 L は荷重を示す。

*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。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 R C W - 0 4 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	267.4	9.3	STS410	—	200200

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 RCW-043

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94											

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		20		39		58		77	
2		21		40		59		78	
3		22		41		60		79	
4		23		42		61		80	
5		24		43		62		81	
6		25		44		63		82	
7		26		45		64		83	
8		27		46		65		84	
9		28		47		66		85	
10		29		48		67		86	
11		30		49		68		87	
12		31		50		69		88	
13		32		51		70		89	
14		33		52		71		90	
15		34		53		72		91	
16		35		54		73		92	
17		36		55		74		93	
18		37		56		75		94	
19		38		57		76			

O2 ⑥ VI-2-5-7-3-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-043

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
4						
7						
9						
14						
17						
20						
24						
27						
29						
34						
37						
39						
45						
47						
53						
59						
61						
63						
65						
69						
73						
75						
79						
81						
84						
87						
94						

O2 ⑥ VI-2-5-7-3-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R C W - 0 4 3	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 RCW-043

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

18

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I 及び1.2C_V より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-043

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、1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 RCW-043

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{pr m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
RCW-043	$V_A S$	73	$S_{pr m}(S_s)$	133	366	—	—	—
	$V_A S$	73	$S_n(S_s)$	—	—	265	458	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

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			
RCW-033-023A	アンカ	ラグ	SGV410	70	79	45	54	76	21	105	曲げ	207	485
RCW-040-051R	レストレイント	ラグ	SGV410	70	28	13	171	—	—	—	せん断	51	121
RCW-042-001A	アンカ	ラグ	SGV410	70	38	13	10	7	9	12	組合せ	81	252

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	RCW-031	19	39	366	9.38	—	113	147	458	3.11	—	—	—	—
2	RCW-032	44	104	366	3.51	—	26	246	458	1.86	—	—	—	—
3	RCW-033	23	33	366	11.09	—	23	228	458	2.00	—	—	—	—
4	RCW-034	1	34	366	10.76	—	1	223	458	2.05	—	—	—	—
5	RCW-035	72	86	366	4.25	—	72	171	458	2.67	—	—	—	—
6	RCW-036	31	51	366	7.17	—	68	93	458	4.92	—	—	—	—
7	RCW-037	3	71	366	5.15	—	3	108	458	4.24	—	—	—	—
8	RCW-038	6	78	366	4.69	—	5	211	458	2.17	—	—	—	—
9	RCW-039	73	43	366	8.51	—	73	78	458	5.87	—	—	—	—
10	RCW-040	1	48	366	7.62	—	1	244	458	1.87	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
11	RCW-041	44	41	366	8.92	—	44	74	458	6.18	—	—	—	—
12	RCW-042	18	41	366	8.92	—	45	113	458	4.05	—	—	—	—
13	RCW-043	73	133	366	2.75	○	73	265	458	1.72	○	—	—	—
14	RCW-044	33	77	366	4.75	—	32	201	458	2.27	—	—	—	—
15	RCW-045	15	37	366	9.89	—	15	76	458	6.02	—	—	—	—
16	RCW-048	38	77	366	4.75	—	38	113	458	4.05	—	—	—	—

VI-2-5-8 原子炉冷却材浄化設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-8-1 原子炉冷却材浄化系の耐震性についての計算書

VI-2-5-8-1 原子炉冷却材浄化系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-8-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉冷却材浄化系）

VI-2-5-8-1-1 管の耐震性についての計算書
(原子炉冷却材浄化系)

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力評価条件	12
3.5 設計用地震力	13
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	18
4.2.1 管の応力評価結果	18
4.2.2 支持構造物評価結果	20
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	21
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	22

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉冷却材浄化系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全1モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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






(3) 弁

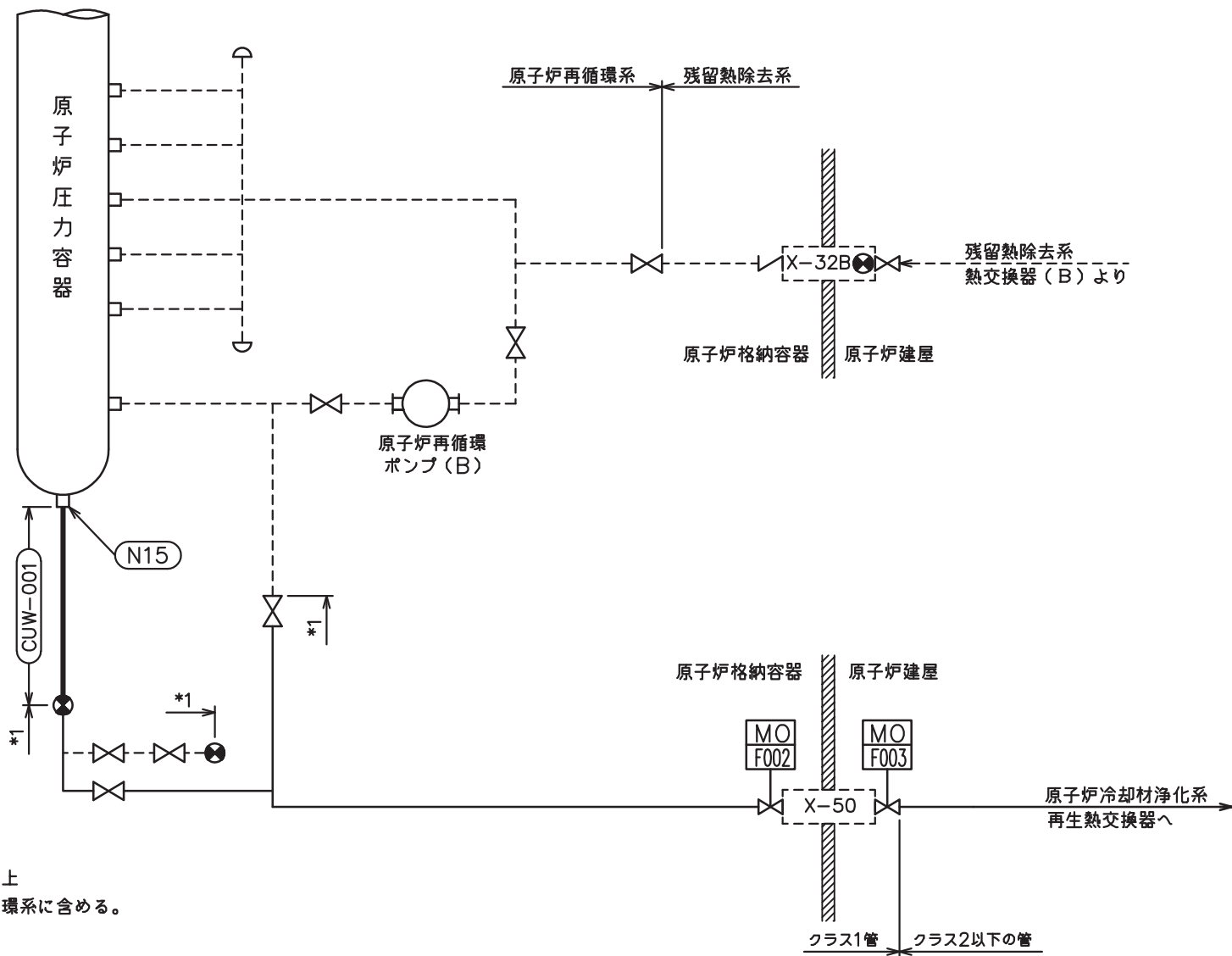
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

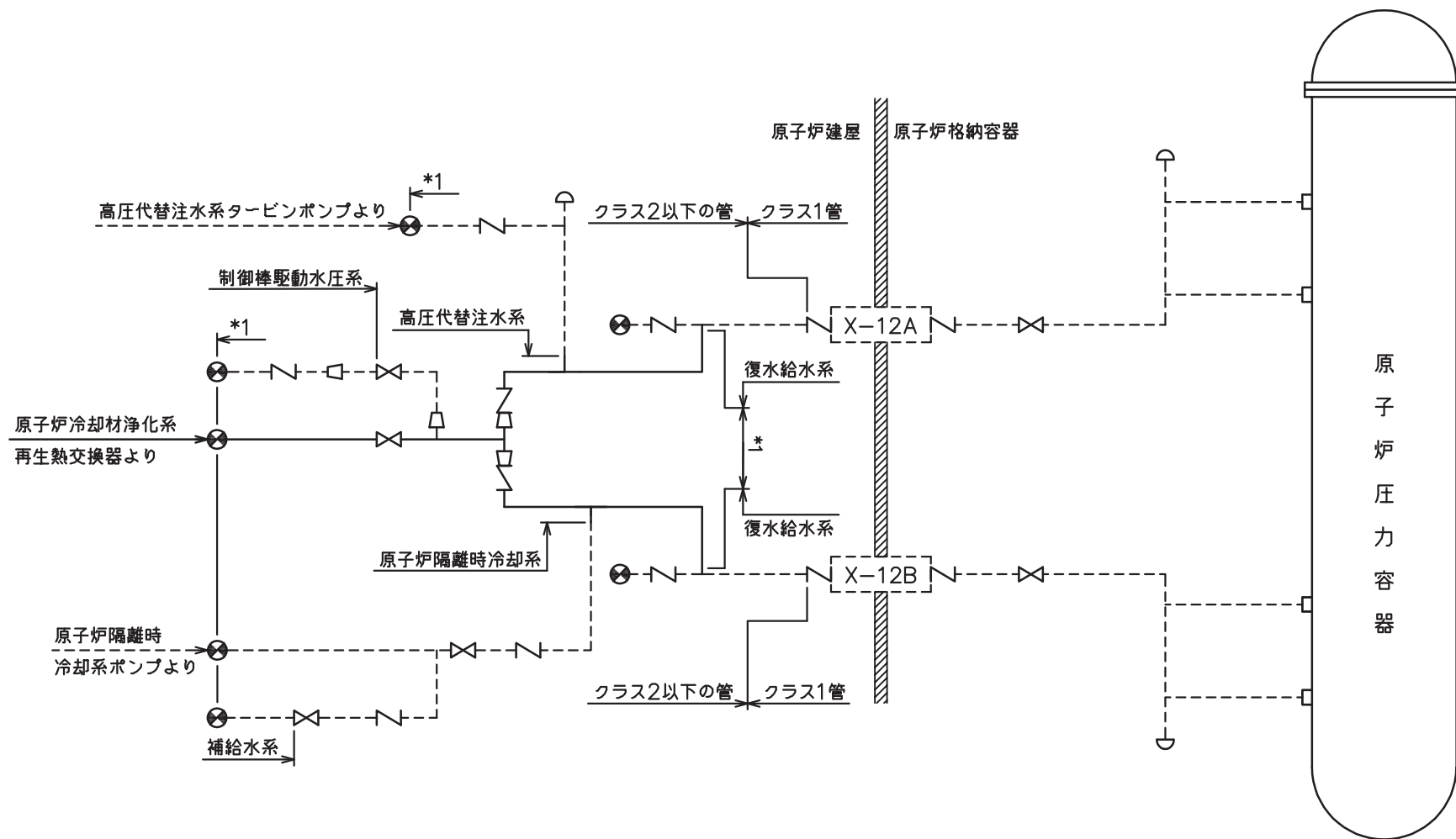
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ



原子炉冷却材浄化系概略系統図(その1)

4


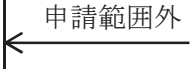
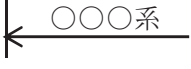


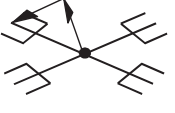
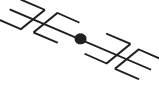

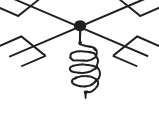
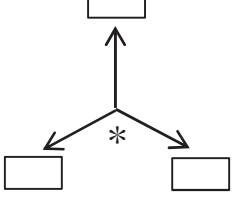


注記 *1：解析モデル上
復水給水系に含める。

原子炉冷却材浄化系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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。)</p>

9

鳥瞰図	CUW-001
-----	---------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材浄化設備	原子炉冷却材浄化系	DB	—	クラス1管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	IV _A S
							II _L + S s	
							IV _L (L) + S d	

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

∞

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	60.5	8.7	STS410	S	184760

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	801	901			

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		13		19		25	
2		8		14		20		801	
3		9		15		21		901	
4		10		16		22			
5		11		17		23			
6		12		18		24			

O 2 ⑥ VI-2-5-8-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
5						
18						
** 18 **						
25						
901						
** 901 **						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STS410	302	122	182	—	—

3.5 設計用地震力

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

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

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数340回(S s)及び590回(S d)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
C U W - 0 0 1	原子炉圧力容器		
	原子炉本体基礎		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

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

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードまでとし、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 | CUW-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{pr m}(S_d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S_d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S_d)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_d$
$S_{pr m}(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$					
CUW-001	III _A S	16	BUTT WELD	$S_{pr m}(S_d)$	84	274	—	—	—	—	—
	III _A S	7	ELBOW	$S_t(S_d)$	—	—	47	67	—	—	—
	III _A S	17	ELBOW	$S_n(S_d)$	—	—	—	—	174	366	—
	III _A S	16	BUTT WELD	U+U S d	—	—	—	—	—	—	0.0132
	IV _A S	16	BUTT WELD	$S_{pr m}(S_s)$	132	366	—	—	—	—	—
	IV _A S	7	ELBOW	$S_t(S_s)$	—	—	94 *	89	—	—	—
	IV _A S	17	ELBOW	$S_n(S_s)$	—	—	—	—	355	366	—
	IV _A S	16	BUTT WELD	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0.0615

*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超過していることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S _t (S _d) S _t (S _s)	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S _t +S _b (S _d) S _t +S _b (S _s)	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
7	47 94 *	67 89	50 98	219 292
8	47 93 *	67 89	55 106	219 292

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

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			
CUW-001-005R	レストレイント	Uボルト	SS400	66	1	4	0	—	—	—	組合せ	37	202
CUW-001-025A	アンカ	ラグ	SGV410	302	2	4	3	502N・m	409N・m	617N・m	組合せ	70	199

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス1管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	CUW-001	16	84	274	3.26	○	16	132	366	2.77	○	17	355	366	1.03	○	16	0.0615	○

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書
- VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7 その他の計測制御設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震性についての計算結果

目次

1. 概要..... 1
2. 耐震評価条件整理..... 1

1. 概要

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

2. 耐震評価条件整理

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

計測制御系統施設の耐震計算は表 1 に示す計算書に記載することとする。

表 1 耐震計算結果一覧表

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震 重要度 分類	新規制基準施行 前に認可された 実績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測制御系統施設	制御材	制御棒	制御棒	S	有	VI-2-6-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-2-1
	制御材駆動装置	—	制御棒駆動機構	S	—*2	VI-2-6-3-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-3-1
		制御棒駆動水圧系	水圧制御ユニット	S	無	VI-2-6-3-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1
			主要弁	S	—*2	VI-2-6-3-2-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-2
			主配管	S	有	VI-2-6-3-2-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-2
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-4-1
			ほう酸水注入系ポンプ	S	無	VI-2-6-4-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-4-1-1
	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	無	VI-2-6-4-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-4-1-2
			主配管	S	有	VI-2-6-4-1-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-4-1-3
			炉心支持構造物 (炉心支持構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-3-2
			原子炉圧力容器 (原子炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-1-2

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-4-1
			原子炉压力容器付属構造物 (原子炉压力容器付属構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-2
			原子炉压力容器内部構造物 (原子炉压力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-3

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	起動領域モニタ	S	無	VI-2-6-5-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-1-1
		出力領域モニタ	S	有	VI-2-6-5-1-2	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-1-2
		原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-1	—	—	—
		高圧代替注水系ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-2
		直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-1-3
		代替循環冷却ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-4
		原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-5	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-1-5
		高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-6	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-1-6
		残留熱除去系ポンプ出口圧力	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-1-7
		低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-1-8
		復水移送ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-9
		残留熱除去系熱交換器入口温度	C	—*2	—	常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-2-1
		残留熱除去系熱交換器出口温度	C	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-2-2

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	原子炉冷却材浄化系入口流量	S	無	VI-2-6-5-2-3-1	—	—	—
		高圧代替注水系ポンプ出口流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-2
		残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-3
		残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-4
		直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-3-5
		代替循環冷却ポンプ出口流量	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-6
		原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-7	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-7
		高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-8	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-8
		残留熱除去系ポンプ出口流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-9	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-9
		低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-10	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-10
		原子炉圧力	S	—*2	VI-2-6-5-3-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-1-1
		原子炉圧力 (SA)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-1-2
		原子炉水位	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-1	—	—	—

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-2-2
		原子炉水位（燃料域）	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-2-3
		原子炉水位（SA 広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-2-4
		原子炉水位（SA 燃料域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-2-5
		ドライウエル圧力	S	—*2	VI-2-6-5-4-1-1	常設／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-1-1
		圧力抑制室圧力	S	—*2	VI-2-6-5-4-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-1-2
		ドライウエル温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-1	常設／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-2-1
		圧力抑制室内空気温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-5-4-2-2
		サプレッションプール水温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-2-3
		原子炉格納容器下部温度	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-2-4
		格納容器内雰囲気酸素濃度	S	無	VI-2-6-5-4-3-1	常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-3-1
		格納容器内水素濃度（D/W）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-4-1
		格納容器内水素濃度（S/C）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-4-2
		格納容器内雰囲気水素濃度	S	無	VI-2-6-5-4-4-3	常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-4-3

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測装置	計測制御系統施設	復水貯蔵タンク水位	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-5-1	
		原子炉再循環ポンプ入口流量	S	—*2	VI-2-6-5-6-1	—	—	—	
		原子炉格納容器代替スプレイ流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-7-1	
		原子炉格納容器下部注水流量	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-7-2	
		圧力抑制室水位	S	—*2	VI-2-6-5-8-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-8-1	
		原子炉格納容器下部水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-8-2	
		ドライウェル水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-8-3	
		原子炉建屋内水素濃度	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-9-1	
	制御用空気設備	高圧窒素ガス供給系	主配管	S	—*2	VI-2-6-6-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-6-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-4-1

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	制御用空気設備	代替高圧窒素ガス供給系	主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-6-2-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-4-1
	その他の計測制御系統施設	盤	計測制御設備の盤の耐震性についての計算書	S	無	VI-2-6-7-1	常設耐震/防止 常設/防止 常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和	無	VI-2-6-7-1
			衛星電話設備（固定型）（中央制御室）	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-1
			衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-2

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	衛星電話設備（固定型）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-3
		衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-4
	無線連絡設備（固定型）	無線連絡設備（固定型）（中央制御室）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1
		無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2
		無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-3
		無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	安全パラメータ表示システム (SPDS)	データ表示装置 (待避所)	—	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-4
			安全パラメータ表示システム (SPDS) SPDS 表示装置	C	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-4
			安全パラメータ表示システム (SPDS) 無線通信用アンテナ	C	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-5
	統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-6	
		統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-7	
		統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-8	

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-7-9
		原子炉压力容器温度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-10
		フィルタ装置水位（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-11
		フィルタ装置入口圧力（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-12
		フィルタ装置出口圧力（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-13
		フィルタ装置水温度の耐震性	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-14
		フィルタ装置出口水素濃度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-15
		原子炉補機冷却水系系統流量	S	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-16
		残留熱除去系熱交換器冷却水入口流量	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-7-17
		静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-18

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

注記*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 燃料集合体の地震応答解析	4
4. 制御棒の挿入性試験	5
4.1 試験装置	5
4.2 試験方法	5
4.3 試験結果	5
5. 制御棒の挿入性解析	11
5.1 解析方法	11
5.2 解析結果	13
6. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価	15
6.1 鉛直方向地震に伴う挿入時間遅れ	15
6.2 燃料集合体の浮上り	15
7. 評価結果	16
8. 引用文献	17

1. 概要

本計算書は、制御棒の耐震性について示すものである。

地震時において制御棒に要求される機能は、制御棒の挿入機能の確保である。

制御棒の挿入機能の確保については、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）に従って、地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い、基準地震動 S_s に対し制御棒の挿入性が確保されることを確認する。ここで、地震時に制御棒の挿入性を阻害する支配的要因は、燃料集合体の水平方向地震による相対変位であることから、制御棒挿入試験は水平方向地震に対して実施する。また、鉛直方向地震に対してはその影響を評価する。

制御棒の挿入機能確保に必要な形状を維持するための構造部材は、シース、ハンドル、タイロッド、落下速度リミッタであり、制御棒挿入性試験により挿入機能が確認される。

なお、ボロンカーバイド型制御棒の運転寿命は、核的寿命及び機械的寿命のうち短い方で規定される。

ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充てんした中性子吸収棒については、中性子照射によるガス等の発生に伴い中性子吸収棒の内圧が上昇するが、寿命末期において中性子吸収棒の変形は生じない。

以上より、制御棒の寿命中において中性子吸収材によるシースの変形はないことから、制御棒の挿入性に影響を与えることはない。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

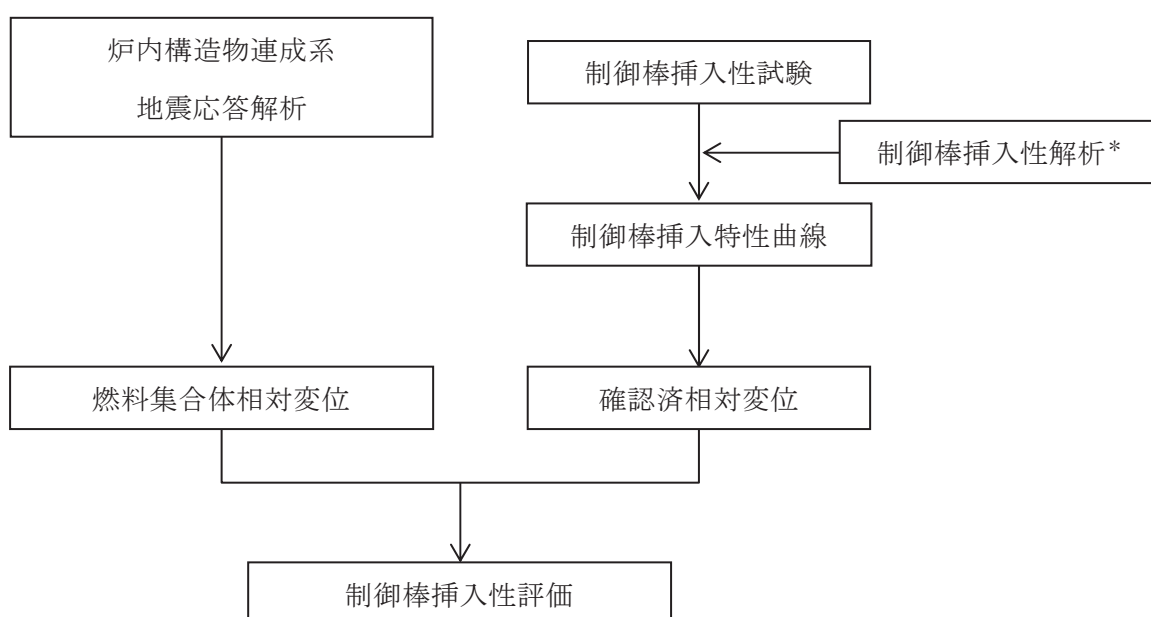
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>制御棒は、カップリングソケットにより制御棒駆動機構に支持される。</p>	<p>十字形制御棒 制御棒の長さは 4400mm であり、ブレードの幅は 249mm である。</p>	

2.2 評価方針

制御棒挿入性の評価は、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定した基準地震動 S_s に対する炉内構造物連成系地震応答解析から得られた燃料集合体中央部最大相対変位（以下「燃料集合体相対変位」という。）が、制御棒挿入性試験で得られた機能確認済相対変位値（以下「確認済相対変位」という。）以下であることを確認する。

また、制御棒挿入性試験の保守性を確認するため、制御棒の挿入性解析を実施する。

制御棒挿入性の評価フローを図 2-1 に示す。



注記*：制御棒挿入性試験の保守性を確認するため、制御棒挿入性解析を実施。

図 2-1 第 2 号機における制御棒挿入性評価フロー

3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉圧力容器内部構造物の一部として実施されており、詳細は添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す。

制御棒挿入性の評価においては，材料物性の不確かさ等を考慮して設定した基準地震動 S_s に基づく燃料集合体相対変位 54.2mm^{*1} 及び最大鉛直加速度 13.5m/s^{2*2} を用いる。

注記*1：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算」における炉内構造物系地震応答解析による。

*2：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の基準地震動 S_s における制御棒案内管上端位置（質点 64）の地震応答解析による。

4. 制御棒の挿入性試験

水平方向地震により燃料集合体に相対変位が生じた状態で制御棒の挿入性が確保されることを確認するため、制御棒の挿入性試験を実施している。試験は2015年11月に当時の株式会社 東芝にて実施したものである。

4.1 試験装置

試験装置の概要を図4-1に示す。

試験装置は炉心を模擬するために、試験容器内に上部格子板、燃料集合体、制御棒案内管を据え付け、下部に制御棒駆動機構ハウジングを接続している。

試験用機器仕様の概要を表4-1に示す。燃料集合体は質量を模擬するため燃料ペレットに鉛を使用している。制御棒及び制御棒駆動機構等の供試体は実機仕様である。

計測装置の概要を図4-2に示す。

4.2 試験方法

試験条件を表4-2に示す。

図4-1に示す試験容器内に4体の質量模擬燃料集合体を組み込んで、加振台により試験容器を全体加振し、スクラム試験を実施した。

試験では、図4-2に示す計測装置により、燃料集合体相対変位（振幅）及び制御棒の挿入時間を測定した。

なお、試験に使用するチャンネルボックスは、運転中の炉内温度（最高使用温度302℃）による曲げ剛性を模擬し、板厚を100milから に調整している。

4.3 試験結果

図4-3に燃料集合体相対変位と75%ストロークスクラム時間の関係を示す。

図4-3に示すとおり、75%ストロークスクラムに要する時間が規定値である1.62秒に達する際の燃料集合体相対変位は60.9mm（試験3回の平均値）であることを確認した*。

なお、制御棒挿入性試験後において制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

注記*：75%ストロークスクラム時間1.62秒以内については、「原子炉設置変更許可申請書本文五号」による。

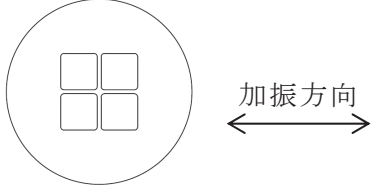
表 4-1 試験用機器仕様の概要（ボロンカーバイド型制御棒用）

試験用機器	仕様の概要
燃料集合体	質量模擬燃料集合体 （質量模擬のため燃料ペレットに鉛を使用） チャンネルボックス板厚： <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 15px; vertical-align: middle;"></div> *
制御棒	実機仕様
燃料支持金具	実機仕様
制御棒案内管	実機仕様
制御棒駆動機構	実機仕様
水圧制御ユニット	実機仕様
加振台	加 振 力：水平 $3.9 \times 10^5 \text{N}$ 最大加速度：水平 $\pm 9.8 \text{m/s}^2$

* : 1mil=0.0254mm

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-2 試験条件（ボロンカーバイド型制御棒用）

項目	条件
温度	常温
圧力	大気圧*
加振条件	<p>加振方向：水平方向</p>  <p>燃料集合体相対変位（振幅）： 燃料集合体の最大相対変位（振幅）が 0～70mm の範囲</p> <p>加振振動数：約 5Hz (燃料集合体の水中固有 振動数相当)</p> <p>入力波：正弦波</p>
スクラム開始時の制御棒位置	全引き抜き状態

注記*：アキュムレータ圧力の調整により原子炉定格圧力
(6.93MPa[gage]) 時のスクラムを模擬。

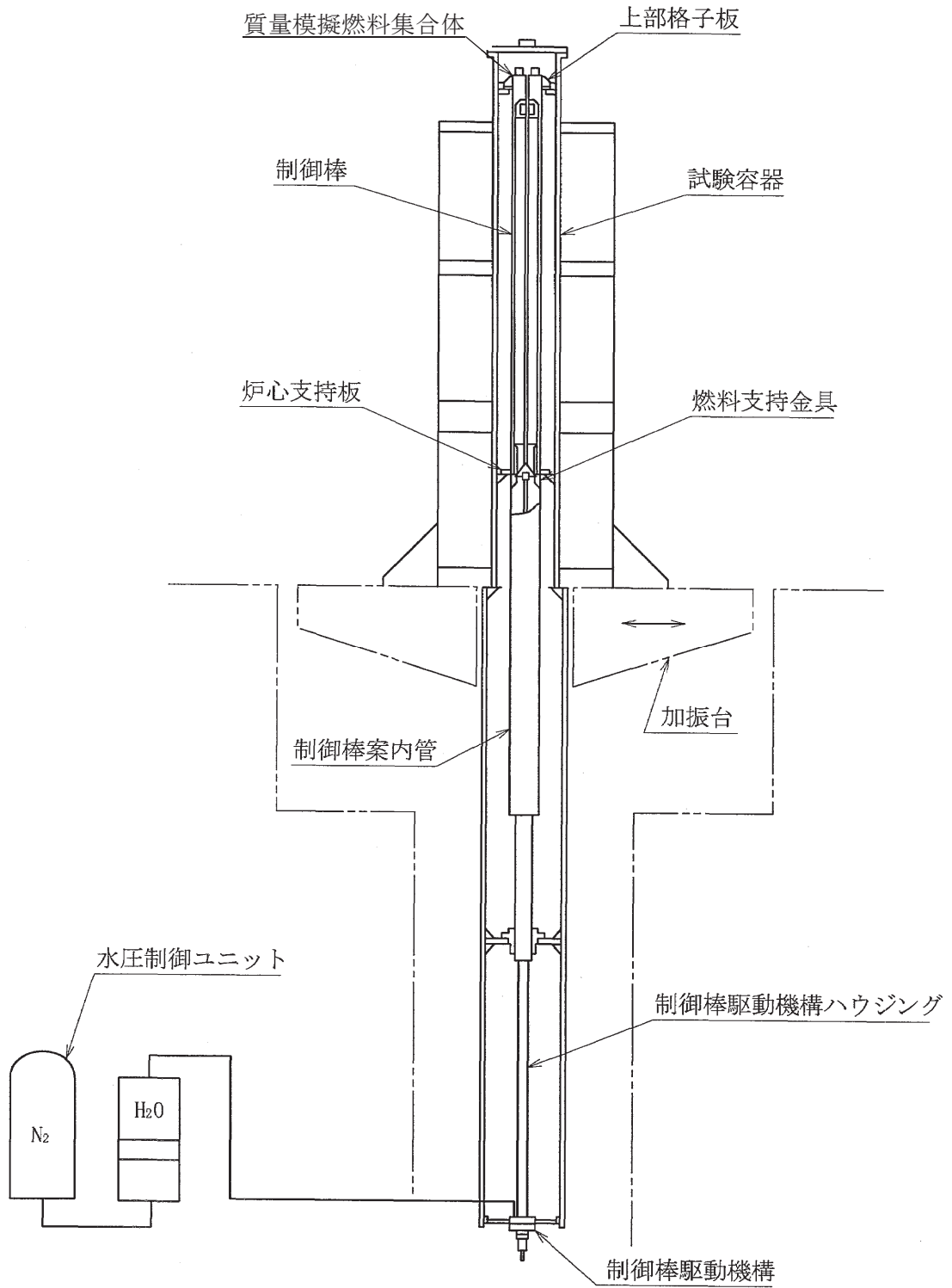


図 4-1 試験装置の概要

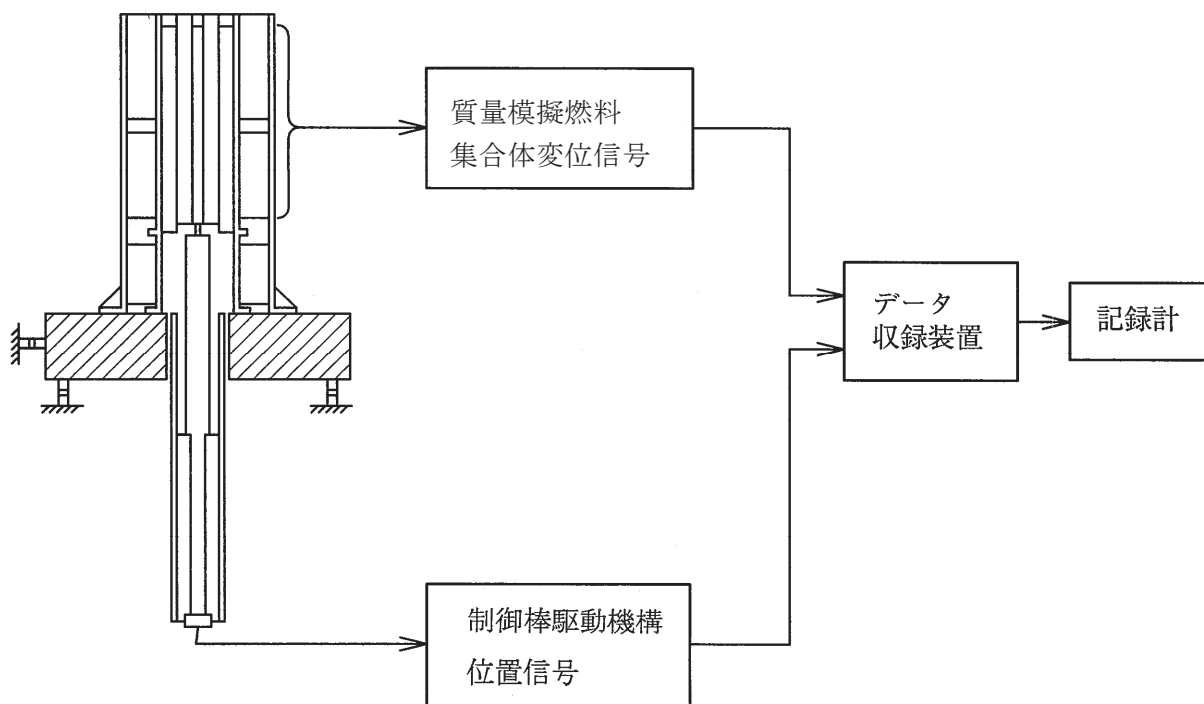


図 4-2 計測装置の概要

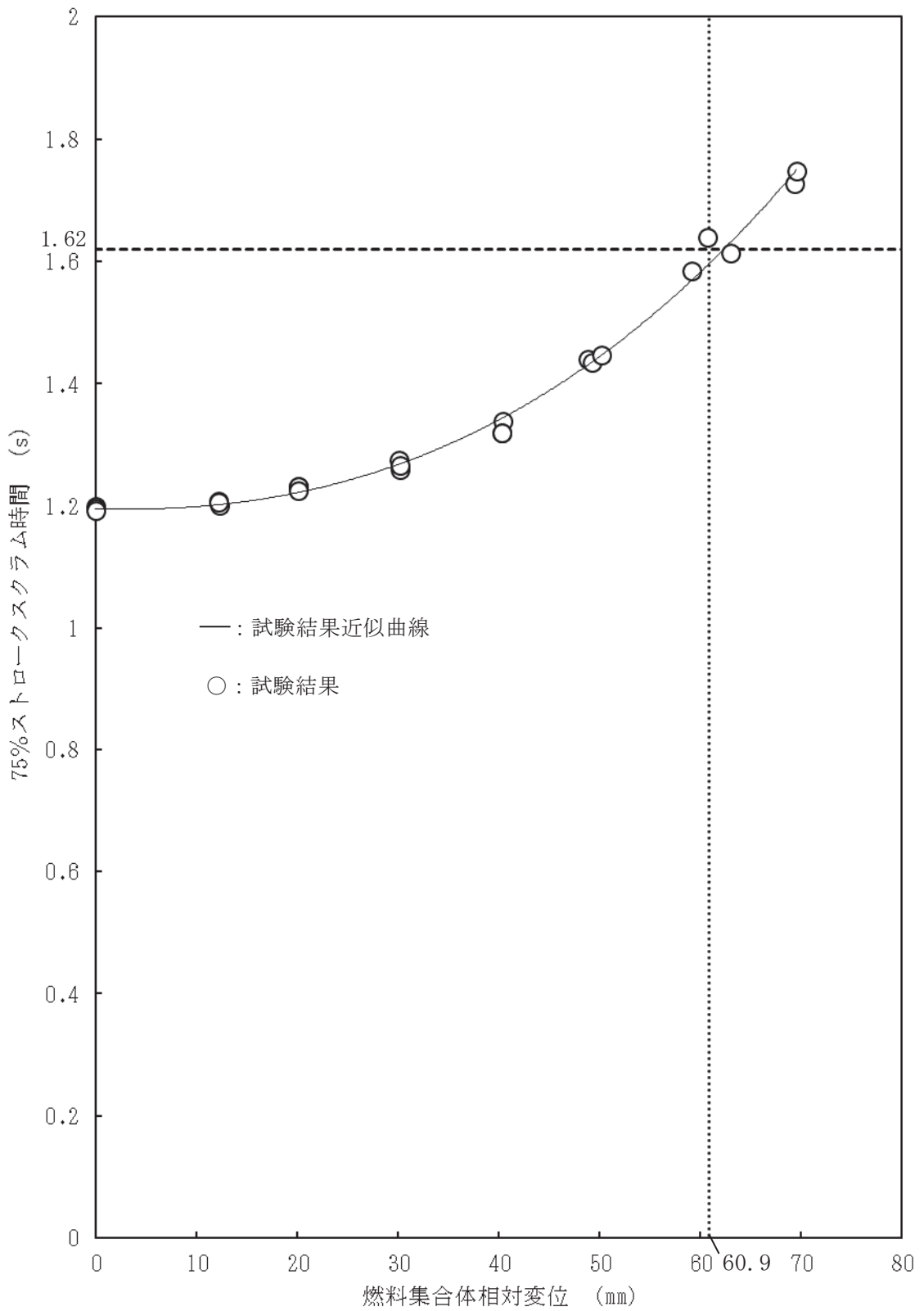


図 4-3 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響
(ボロンカーバイド型制御棒)

5. 制御棒の挿入性解析

制御棒挿入性試験の保守性を確認するため、表 5-1 に示すとおり 3 通りの制御棒挿入性解析を実施している。


解析コードは、「CR-IN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

5.1 解析方法

解析条件を表 5-1 に示す。

制御棒挿入性解析における入力波条件は地震波加振とする。

表 5-1 制御棒挿入性解析の解析条件

条件項目	試験条件	実機条件	
温度	常温	高温	
圧力	大気圧*1	大気圧*1	
チャンネル ボックス板厚	 *2, *3	100mil*3	
摩擦係数	制御棒挿入性試験より 取得された摩擦係数	制御棒挿入性試験より*4 取得された摩擦係数	左記の 1.2 倍*4
スクラム開始時の 制御棒位置	全引き抜き状態		
加振条件	加振方向：水平方向 燃料集合体相対変位（振幅）：燃料集合体の最大相対変位（振幅） が 0～80mm の範囲 入力波*5：地震波（S s - D 2 *6）		

注記*1：原子炉定格圧力（6.93MPa[gage]）時のスクラムを模擬。

*2：燃料集合体の曲げ剛性が高温と同等になるようにチャンネルボックス板厚を調整。

*3：1mil=0.0254mm

*4：既往知見⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾を踏まえ、制御棒挿入性試験より取得された常温での摩擦係数の1.0倍及び1.2倍とする。

*5：図5-1に示す燃料集合体相対変位となるように、入力波となるS s - D 2の応答を係数倍する。

*6：基準地震動S s 7波のうち燃料集合体相対変位が最大（54.2mm）となる地震波。

5.2 解析結果

図5-1に制御棒挿入性解析による燃料集合体相対変位と75%ストロークスクラム時間の関係を示す。

図5-1に示すとおり，燃料集合体相対変位60mmまでの範囲において，相対変位が大きくなるに従い挿入時間に遅れが生じるが，規定値である1.62秒に達することはない。

一方，「4.3 試験結果」により，制御棒挿入性試験における規定値1.62秒に達する際の燃料集合体相対変位は60.9mm（試験3回の平均値）であることを確認している。

これらの結果から，制御棒挿入性解析における75%ストロークスクラム時間は，制御棒挿入性試験における75%ストロークスクラム時間に対し十分な余裕があり，制御棒挿入性試験により得られた60.9mm（試験3回の平均値）は十分な保守性を有していることを確認した。

上記に示す結果の差異は，制御棒挿入性解析の入力波は地震波であることに対し，御棒挿入性試験の入力波は最大相対変位を繰り返し付加する正弦波であることに由来した制御棒挿入性試験の保守性によるものである。

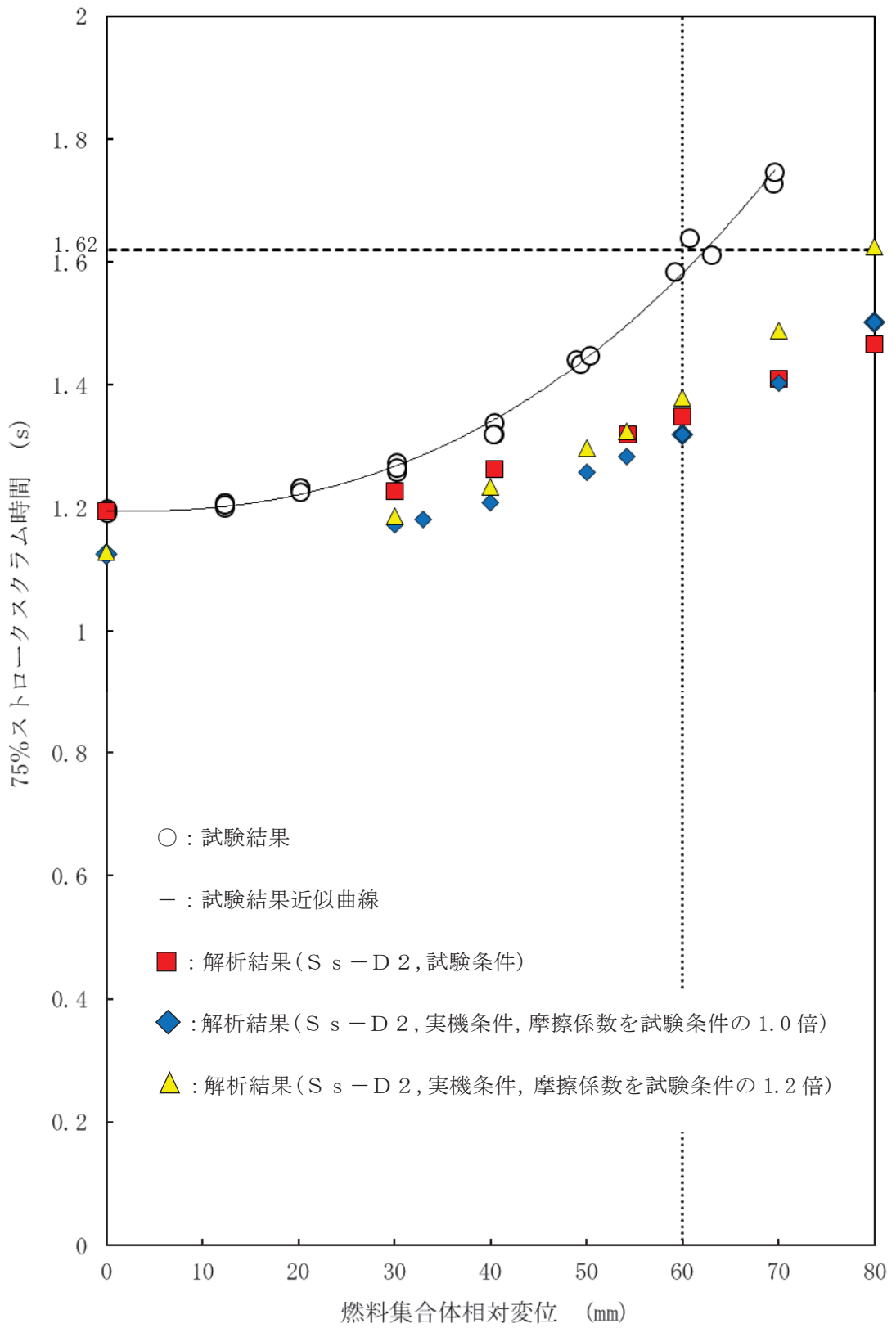


図 5-1 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響
 (制御棒挿入性解析による解析結果)

6. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価

鉛直方向地震により制御棒の挿入性に与える影響について、次の観点で評価する。

- (1) 鉛直方向地震に伴う挿入時間遅れ
- (2) 燃料集合体の浮上り

6.1 鉛直方向地震に伴う挿入時間遅れ

制御棒を挿入する制御棒駆動機構による挿入力（上向きの力）は、鉛直方向地震による下向きの力に対して十分大きく、鉛直方向地震力による制御棒挿入性への影響はないため、スクラム目安時間を超えることはない。

6.2 燃料集合体の浮上り

鉛直方向地震による燃料集合体の浮上りによる制御棒挿入性への影響については、引用文献⁽⁴⁾⁽⁵⁾に基づいた影響評価により、女川原子力発電所第2号機における鉛直方向加速度 13.5m/s^2 に対して燃料集合体が燃料支持金具設置深さ60mmを超えるような浮上りは生じないことを確認した。

また、鉛直方向地震に加えて水平方向地震が作用し、燃料支持金具の面に沿って上向きに移動する事象を想定する場合でも、燃料支持金具からの離脱は生じないことを確認した。

7. 評価結果

燃料集合体の地震応答解析の結果，燃料集合体の最大応答相対変位は 54.2mm である。

また，制御棒挿入性試験及び制御棒挿入性解析の結果より，燃料集合体相対変位 60mm までの範囲において，通常のスラム仕様値 75%ストローク 1.62 秒以下で挿入できること，並びに，制御棒挿入性試験後，制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

さらに，鉛直方向地震による制御棒挿入性への影響について，鉛直方向地震に伴う挿入時間遅れ及び燃料集合体の浮上りに対して問題ないことを確認した。

したがって，基準地震動 S_s に対する制御棒の挿入性と健全性は確保される。

8. 引用文献

- (1) V.L.Popov. et al. :Friction coefficient in“rail-wheel”-contacts as a function of material and loading parameters,Physical Mesomechanics 5 3(2002) 17-24
- (2) Victor H.Mucino. et al. : Simulation of Friction Stir Spot Welding (FSSW) Process: Study of Friction Phenomena, Department of Mechanical and Aerospace Engineering Morgantown, West Virginia 2007
- (3) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 16 年度「原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書 機器耐力その 2 (制御棒挿入性)」(平成 17 年 8 月)
- (4) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その 2 (BWR 制御棒挿入性)に係る報告書」(平成 18 年 9 月)
- (5) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その 3 (総合評価)に係る報告書」(平成 18 年 8 月)

VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構の耐震性についての計算書
- VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
4.2.2 許容応力	9
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
4.3 固有周期	12
4.4 設計用地震力	13
4.5 計算方法	14
4.5.1 応力の計算方法	14
4.6 計算条件	16
4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件	16
4.6.2 運転条件	17
4.7 応力の評価	18
4.7.1 管の応力評価	18
5. 評価結果	18
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、制御棒駆動機構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。

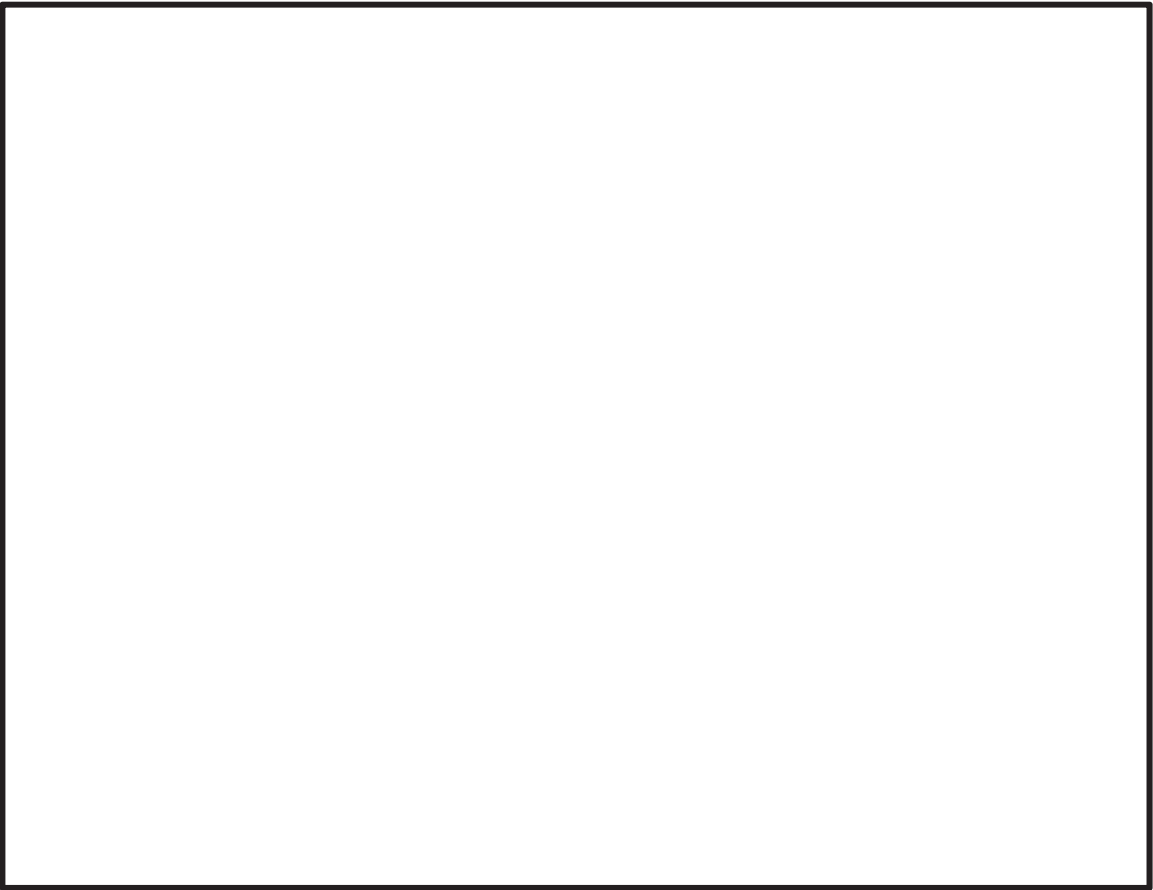
制御棒駆動機構は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒駆動機構の構造計画を表 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>制御棒駆動機構は、圧力容器下部から延長している制御棒駆動機構ハウジング内に収容する一体構造物で、制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジに締付ボルトで接合される。</p>	<p>ラッチ機構を備えた水圧ピストンシリンダ構造。水圧ピストンシリンダは、ピストンチューブ、インデックスチューブ、シリンダチューブ等から構成される。また、ラッチ機構は、コレットフィンガ、コレットスプリング等から構成される。</p>	

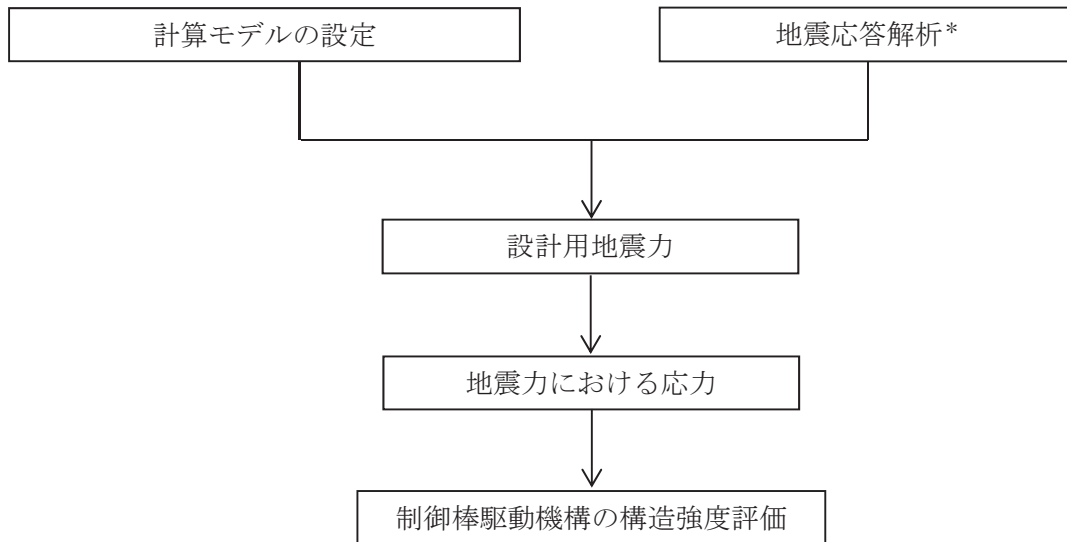
2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

制御棒駆動機構の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す制御棒駆動機構の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づく発生荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

制御棒駆動機構の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



注記*：発生荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における原子炉本体地震応答解析より得られる値。

図 2-1 制御棒駆動機構の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (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
B_1, B_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの)	—
C_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの)	—
D_o	管の外径	mm
E	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1 に規定する縦弾性係数	MPa
F_m	鉛直方向に作用する荷重	N
F_w	制御棒駆動機構の自重	N
$F_{s c r}$	スクラム反力により制御棒駆動機構に生じる荷重	N
F_v	鉛直方向震度により制御棒駆動機構に生じる地震荷重	N
K_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの)	—
K_e	繰返しピーク応力強さ係数	—
M_e	管に作用するモーメント (鉛直方向に作用する荷重を曲げモーメントに 換算したもの)	N・mm
$M_{h s g}$	水平方向震度により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメント	N・mm
$M_{i p}$	管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む。) により生じるモーメント	N・mm
$M_{i s}$	管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
n_i	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数	回
N_i	設計・建設規格 PPB-3534 による繰返し荷重 i の許容繰返し回数	回
P	地震と組み合わせるべき運転状態における圧力	MPa
S_θ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1 に規定する材料の設計応 力強さ	MPa
S_n	一次+二次応力	MPa
S_p	ピーク応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
t	管の厚さ	mm
U	疲労累積係数	—
Z_i	管の断面係数	mm ³

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
縦弾性係数		MPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
断面係数		mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
計算応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* ²		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
圧力		MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
	最小厚さ	mm	小数点以下第2位	切捨て	小数点以下第1位
温度		℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
疲労累積係数		—	小数点以下第5位	切上げ	小数点以下第4位

注記*1：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*2：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応力強さ及び降伏点は、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

制御棒駆動機構の要求機能は、クラス1の耐圧バウンダリとスクラム機能である。本計算書では、クラス1の耐圧バウンダリであり、耐震評価上厳しくなるフランジについて、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき耐震計算を実施する。制御棒駆動機構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、スクラム機能の耐震評価については、添付書類「VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書」にて確認している。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 制御棒駆動機構は、制御棒駆動機構ハウジング下端に固定される。
- (2) 制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジとの接合部品である制御棒駆動機構フランジを評価部位とし、フランジの最小板厚部を管とみなし、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。
- (3) 地震荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」で求めた制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジ部分の値に基づき設定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 耐震評価は、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の包絡条件で実施する。

○ 2 ⑥ VI-2-6-3-3-1 R 0

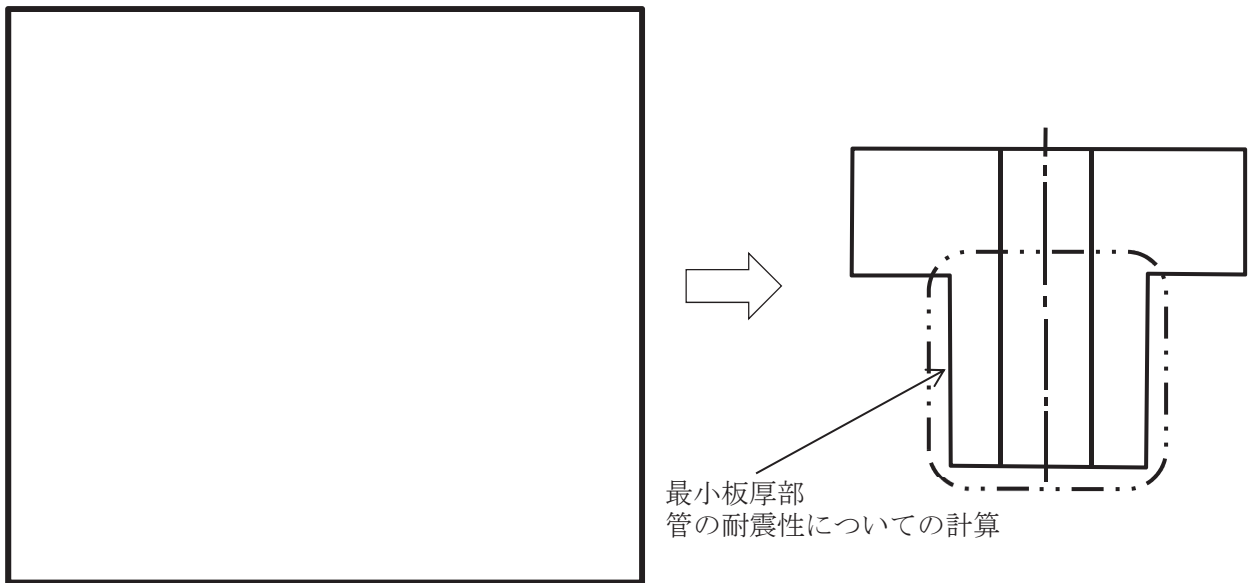


図 4-1 評価モデル

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

制御棒駆動機構の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

制御棒駆動機構の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

制御棒駆動機構の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	S	—*1	$D + P + M + S_d^*$	III _A S
					$D + P + M + S_s$	IV _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	

注記*1：クラス1管の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	常設耐震／防止	—*2	$D + P + M + S_s$	IV _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	
					—*3	V _A S*3

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：重大事故等クラス2管（クラス1管）の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲は重大事故等発生時の使用条件が設計条件（圧力・温度等）を超える時間が短期（ 10^{-2} 年未満）であるため、運転状態Vにおいて S_d 又は S_s 地震力との組合せは考慮不要とする。

表 4-3 許容応力（クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管）

許容応力状態	許容限界		
	一 次 応 力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	2.25 S _m	3 S _m	S _d 又は S _s 地震動のみによる疲労累積係数と、運転状態 I, II における疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
Ⅳ _A S	3 S _m	S _d 又は S _s 地震動のみによる応力振幅について評価する。	

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUSF304	302	114	—	—	—

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）

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUSF304	302	114	—	—	—

4.3 固有周期

表 2-1 の概略構造図に示すように、制御棒駆動機構は制御棒駆動機構ハウジングに据付部材を介さずに、締付ボルトにて直接接続される構造である。したがって、固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における原子炉本体地震応答解析により確認している。

4.4 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

表 4-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 3.258* ¹	—* ²	C _v =0.77	—* ²	C _v =1.32

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

表 4-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 3.258* ¹	—	—	—* ²	C _v =1.32

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

4.5 計算方法

4.5.1 応力の計算方法

(1) 管の計算方法

地震荷重として制御棒駆動機構ハウジングの応答の最大値が作用するものとして実施する。

耐震評価モデルを図 4-2 に示す。

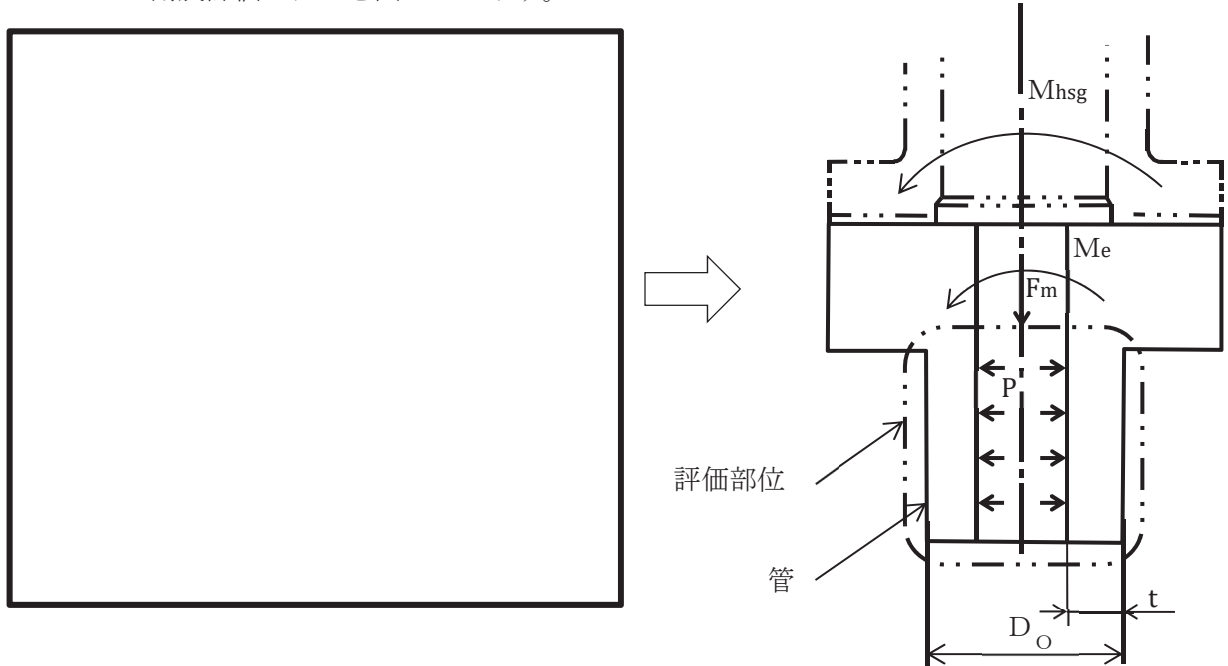


図 4-2 耐震評価モデル

a. 管に作用するモーメント

(a) 管の機械的荷重（地震による慣性力を含む）により生じるモーメント

機械的荷重として自重とスクラム反力による荷重，地震による慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考量すると以下となる。

$$\begin{aligned}
 M_{ip} &= M_{hsg} + M_e \\
 &= M_{hsg} + \frac{D_o^2 + (D_o - 2 \cdot t)^2}{8 \cdot D_o} \cdot F_m \quad \dots \dots (4.5.1)
 \end{aligned}$$

ここで，

$$F_m = F_w + F_{scr} + F_v^* \quad \dots \dots (4.5.2)$$

注記*：F_vは，表 4-6 及び 4-7 に示す鉛直方向設計震度 C_v より算出する鉛直

方向地震荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b) 管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅

相対変位は生じないことから、地震動の慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考慮すると以下となる。

$$M_{i s} = \left\{ M_{h s g} + \frac{D_o^2 + (D_o - 2 \cdot t)^2}{8 \cdot D_o} \cdot F_v \right\} \times 2 \quad \dots (4.5.3)$$

b. 耐震性についての計算

(a) 一次応力

$$S_{p r m} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_{i p}}{Z_i} \quad \dots (4.5.4)$$

ここで、

$$Z_i = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_o^4 - (D_o - 2 \cdot t)^4}{D_o} \quad \dots (4.5.5)$$

とする。

(b) 一次+二次応力

$$S_n = \frac{C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots (4.5.6)$$

(c) ピーク応力

$$S_p = \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots (4.5.7)$$

(d) 繰返しピーク応力強さ

$$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2} \quad \dots (4.5.8)$$

(e) 疲労累積係数

$$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1.0 \quad \dots (4.5.9)$$

4.6 計算条件

4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、表 4-8 及び本計算書の【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-8 計算条件

項目	記号	単位	数値等
材料	—	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	B_1	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	B_2	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	C_2	—	
管の外径	D_o	mm	
使用温度における材料の縦弾性係数	E	MPa	
自重	F_w	N	
スクラム反力により生じる荷重	F_{scr}	N	
鉛直方向震度 (S_d) により生じる地震荷重* ¹	F_v	N	
鉛直方向震度 (S_s) により生じる地震荷重* ¹	F_v	N	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	K_2	—	
繰返しピーク応力強さ係数	K_e	—	
水平方向震度 (S_d 又は静的震度) により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメントの最大値* ²	M_{hsg}	N・mm	
水平方向震度 (S_s) により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメントの最大値* ²	M_{hsg}	N・mm	
地震と組合わせるべき運転状態における圧力	P	MPa	
管の厚さ	t	mm	


注記*1：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の原子炉本体地震応答解析により得られる応答軸力と鉛直方向設計震度より算出する鉛直方向荷重のうち大きい方の値。

注記*2：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の原子炉本体地震応答解析により得られた値。

4.6.2 運転条件

制御棒駆動機構の応力計算に用いる運転条件は、表 4-9 に示すとおりである。

表 4-9 運転条件



4.7 応力の評価

4.7.1 管の応力評価

4.5.1項で求めた応力が許容応力以下であること。許容応力は4.2.2項 表4-3による。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

制御棒駆動機構の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を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

制御棒駆動機構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。

【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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		
制御棒駆動機構	S		—*2	—*3	C _v =0.77	—*3	C _v =1.32	302	—

注記*1：制御棒駆動機構ハウジングの取付面のレベルを示す。

*2：固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」によるものとする。

*3：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

1.2 機器要目

部材	D _o (mm)	t (mm)	M _{hsg} (N・mm)		F _w (N)	F _{scr} (N)	F _v (N)		P (MPa)	n _i (回)
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s		

部材	Z _i (mm ³)	B ₁	B ₂	C ₂	K ₂	K _e	S _m (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
フランジ								

注記*1：運転条件の回数に一律に設定する等価繰返し回数 を加えた回数

*2：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

管に作用するモーメント

部材	M_{ip} (N・mm)		M_{is} (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

許容繰返し回数

部材	S_p (MPa)		S_e (MPa)		N_i (回)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _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

1.4 結論
1.4.1 応力

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
			一次応力 $S_{p r m} (S d)$ $S_{p r m} (S s)$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	一次+二次応力 $S_n (S d)$ $S_n (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U + U_{S d}$ $U + U_{S s}$
III _A S	フランジ 最小断面	$S_{p r m} (S d)$	27	258	—	—	—
III _A S		$S_n (S d)$	—	—	25	344	—
III _A S		$U + U_{S d}$	—	—	—	—	0.0000
IV _A S		$S_{p r m} (S s)$	42	344	—	—	—
IV _A S		$S_n (S s)$	—	—	54	344	—
IV _A S		$U + U_{S s}$	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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		
制御棒駆動機構	常設耐震/防止		—*2	—	—	—*3	C _v =1.32	302	—

注記*1: 制御棒駆動機構ハウジングの取付面のレベルを示す。

*2: 固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」によるものとする。

*3: 水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

2.2 機器要目

部材	D _o (mm)	t (mm)	M _{hsg} (N・mm)		F _w (N)	F _{scr} (N)	F _v (N)		P (MPa)	n _i (回)
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s		
フランジ			—				—			

部材	Z _i (mm ³)	B ₁	B ₂	C ₂	K ₂	K _e	S _m (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
フランジ							114	175840*2

注記*1: 運転条件の回数に一律に設定する等価繰返し回数 [] を加えた回数

*2: 最高使用温度で算出

2.3 計算数値

管に作用するモーメント

部 材	$M_{i p}$ (N・mm)		$M_{i s}$ (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
フランジ	—		—	

許容繰返し回数

部 材	S_p (MPa)		S_θ (MPa)		N_i (回)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S 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
フランジ	—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 応力

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
			一次応力 $S_{p r m} (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	一次+二次応力 $S_n (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U + U_{S s}$
IV _A S	フランジ 最小断面	$S_{p r m} (S s)$	42	344	—	—	—
IV _A S		$S_n (S s)$	—	—	54	344	—
IV _A S		$U + U_{S s}$	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-3-2-1 水圧制御ユニットの耐震性についての計算書
- VI-2-6-3-2-2 管の耐震性についての計算書（制御棒駆動水圧系）

VI-2-6-3-2-1 水圧制御ユニットの耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	評価部位	8
4.	地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2	許容応力	8
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	8
4.3	解析モデル及び諸元	13
4.4	固有周期	15
4.5	設計用地震力	16
4.6	計算方法	17
4.6.1	応力の計算方法	17
4.7	計算条件	23
4.8	応力の評価	23
4.8.1	フレームの応力の評価	23
4.8.2	取付ボルトの応力の評価	24
5.	機能維持評価	25
5.1	動的機能維持評価方法	25
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	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、水圧制御ユニット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。

水圧制御ユニットは、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動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

水圧制御ユニットの構造計画を表 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>水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な支持架構及び床に取付ボルトにより固定されている。</p>	<p>アキュムレータ、窒素容器、スクラムパイロット弁、スクラム弁、配管ユニット、計装ユニット等の構成部品がフレームに取付けられた構造。</p>	<p>注記*：支持架構を介し壁に固定</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

水圧制御ユニットの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す水圧制御ユニットの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、制御棒駆動水圧系スクラム弁の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

水圧制御ユニット及び制御棒駆動水圧系スクラム弁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

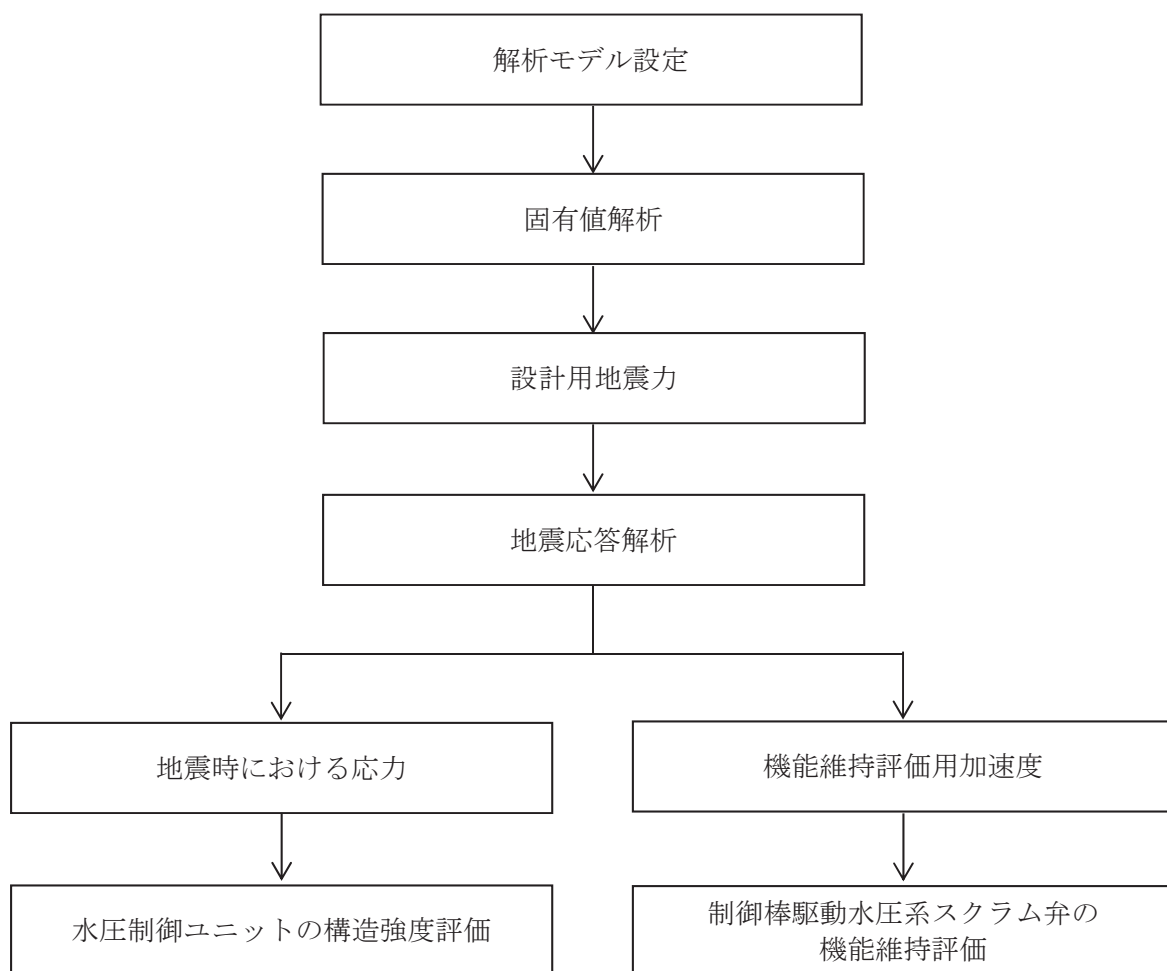


図 2-1 水圧制御ユニット及び制御棒駆動水圧系スクラム弁の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・
補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
(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	フレームの断面積	mm ²
A _{b1}	フレームを床に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
A _{b2}	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
A _{b3}	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _{o1}	フレームを床に取付けるボルトの呼び径	mm
d _{o2}	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
d _{o3}	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F _{bn}	節点 n の取付ボルトに作用する引張力	N
F _x	フレームの軸力 (x 方向)	N
F _y	フレームのせん断力 (y 方向)	N
F _z	フレームのせん断力 (z 方向)	N
f _b	フレームの許容曲げ応力	MPa
f _c	フレームの許容圧縮応力	MPa
f _s	フレーム又はボルト等の許容せん断応力	MPa
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	フレーム又はボルト等の許容引張応力	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
i	断面二次半径	mm
l ₁	フレームを床に取付けるボルト間の X 軸方向の取付距離	mm
l ₂	フレームの上端を支持架構に取付けるボルト間の Z 軸方向の取付距離	mm
l ₃	フレームの上端を支持架構に取付けるボルト間の Y 軸方向の取付距離	mm
l ₄	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトとサポート端との Z 軸方向の距離	mm
l ₅	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトとサポート端との Y 軸方向の距離	mm
l _k	座屈長さ	mm

記号	記号の説明	単位
M_x	フレームのねじりモーメント (x 軸)	N・mm
M_y	フレームの曲げモーメント (y 軸)	N・mm
M_z	フレームの曲げモーメント (z 軸)	N・mm
m	水圧制御ユニット解析モデル各節点の付加質量の合計	kg
N_1	フレームを床に取付けるボルトの本数	—
N_2	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの本数	—
N_3	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの本数	—
Q_{bn}	節点 n の取付ボルトに作用するせん断力	N
r	フレームパイプの外半径	mm
R_n, R'_n, R''_n	節点 n の取付ボルトに作用する反力	N
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
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
X, Y, Z	絶対 (節点) 座標軸	—
x, y, z	局所 (要素) 座標軸	—
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm ³
Z_y	フレームの断面係数 (y 軸)	mm ³
Z_z	フレームの断面係数 (z 軸)	mm ³
Λ	フレームの限界細長比	—
λ	フレームの有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_f	フレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_{fa}	フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
σ_{tbn}	節点 n の取付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
τ_{bn}	節点 n の取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*3}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*2}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
計算応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		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：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

水圧制御ユニットの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム及び取付ボルトについて実施する。なお、水圧制御ユニットは、構造物として十分な剛性を有しており、支持構造物であるフレーム及び取付ボルトが健全であればスクラム機能を維持できるため、フレーム及び取付ボルトを評価対象とする。水圧制御ユニットの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な壁及び床に取付ボルトにより固定されるものとする。
- (2) 水圧制御ユニットの質量には、フレーム自身の質量のほか、配管ユニット、スクラムパイロット弁、スクラム弁、方向制御弁、チェック弁、ゲート弁、アキュムレータ、窒素容器、計装ユニット及びそれらに内包する水の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、水圧制御ユニットに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

水圧制御ユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

水圧制御ユニットの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

水圧制御ユニットの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	S	クラス 2 容器 ^{*1}	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。また、クラス 2 容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	常設耐震／防止	重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	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。また、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 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 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
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 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム		周囲環境温度	—	209	366	—
		周囲環境温度	—	241	394	—
		周囲環境温度	—	241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度	—	764	906	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム		周囲環境温度	—	199	360	—
		周囲環境温度	—	234	385	—
		周囲環境温度	—	234	385	—
取付ボルト		周囲環境温度	—	730	868	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 解析モデル及び諸元

水圧制御ユニットの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 図 4-1 中○内の数字は部材番号（要素番号）、数字は節点番号を示す。
- (2) 図 4-1 中の実線は、構造評価対象のフレーム部材及び取付ボルト、点線は構造評価対象外のスクラムパイロット弁、スクラム弁、アキュムレータ、計装ユニット、窒素容器及び配管等を概略表示したものである。
- (3) 水圧制御ユニットのフレーム部材をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。なお、解析モデルには評価対象であるフレーム以外の部分も、質量を考慮するためにはり要素としてモデルに含める。
- (4) 水圧制御ユニット解析モデルの質点は、スクラムパイロット弁、スクラム弁、アキュムレータ、計装ユニット、窒素容器及び配管等の質量を負荷した節点であり、各質点に実際の位置を考慮して集中質量を付加する。それらの合計は kg である。
- (5) 拘束条件は、HCU フレーム下端、中段、上端を固定（ボルトによる固定）とする。
- (6) 解析コードは、「SOLVER」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-27 計算機コード概要 SOLVER」に示す。

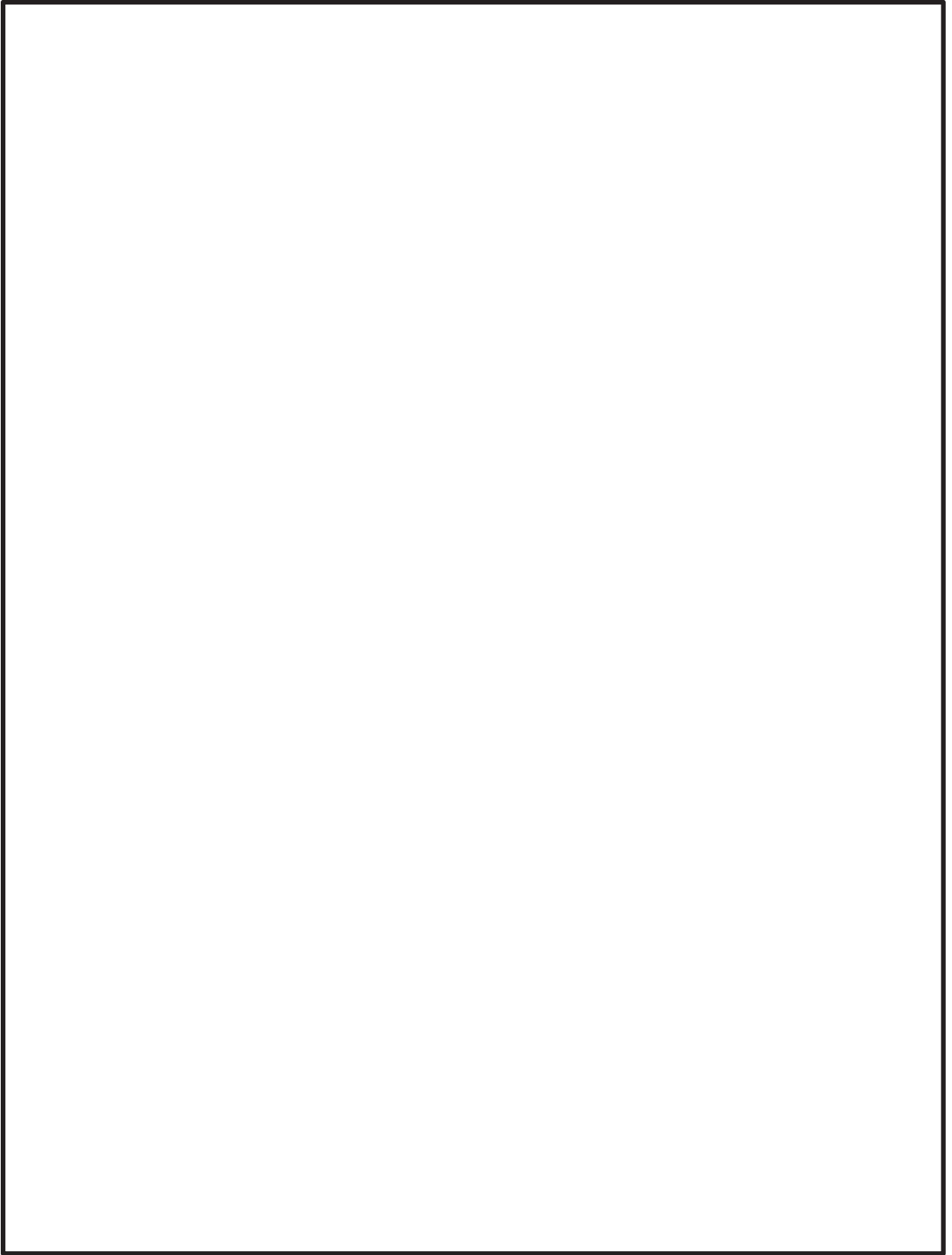


図 4-1 水圧制御ユニット解析モデル (単位 : mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.037	—	—	—
1次	鉛直	0.010	—	—	—

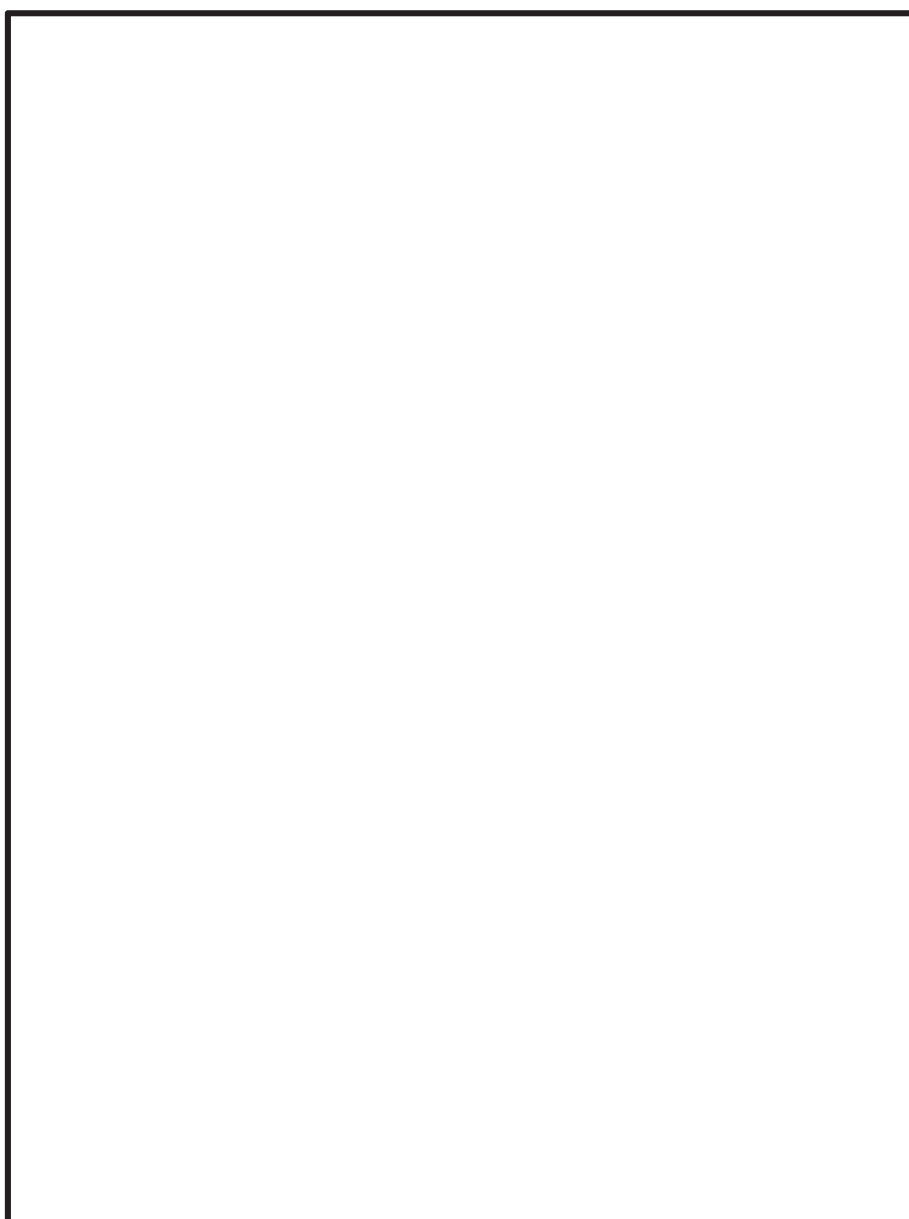


図 4-2 振動モード (1次モード 水平方向 0.037s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 8.13 ^{*1})	0.037	0.010	— ^{*2}	— ^{*2}	C _H =1.67	C _V =1.16

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 8.13 [*])	0.037	0.010	—	—	C _H =1.67	C _V =1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 フレームの応力

解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z より各応力を次のように求める。

- (1) 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_c = -\frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

- (2) せん断応力

$$\tau = \text{Max} \left\{ \sqrt{\left(\frac{|F_y|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p} \right)^2 + \left(\frac{|F_z|}{A} \right)^2}, \sqrt{\left(\frac{|F_z|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p} \right)^2 + \left(\frac{|F_y|}{A} \right)^2} \right\} \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

- (3) 曲げ応力

鋼管の場合は、

$$\sigma_b = \sqrt{\left(\frac{|M_y|}{Z_y} \right)^2 + \left(\frac{|M_z|}{Z_z} \right)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$

形鋼の場合は、

$$\sigma_b = \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.1.5)$$

- (4) 組合せ応力

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.6)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \frac{|F_x|}{A} + \sigma_b \dots\dots\dots (4.6.1.1.7)$$

4.6.1.2 取付ボルトの応力

取付ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z から手計算により、地震による引張応力とせん断応力について計算する。

4.6.1.2.1 フレームを床に取付けるボルトの応力

フレームを床に取付けるボルトの概要を図4-2に示す。

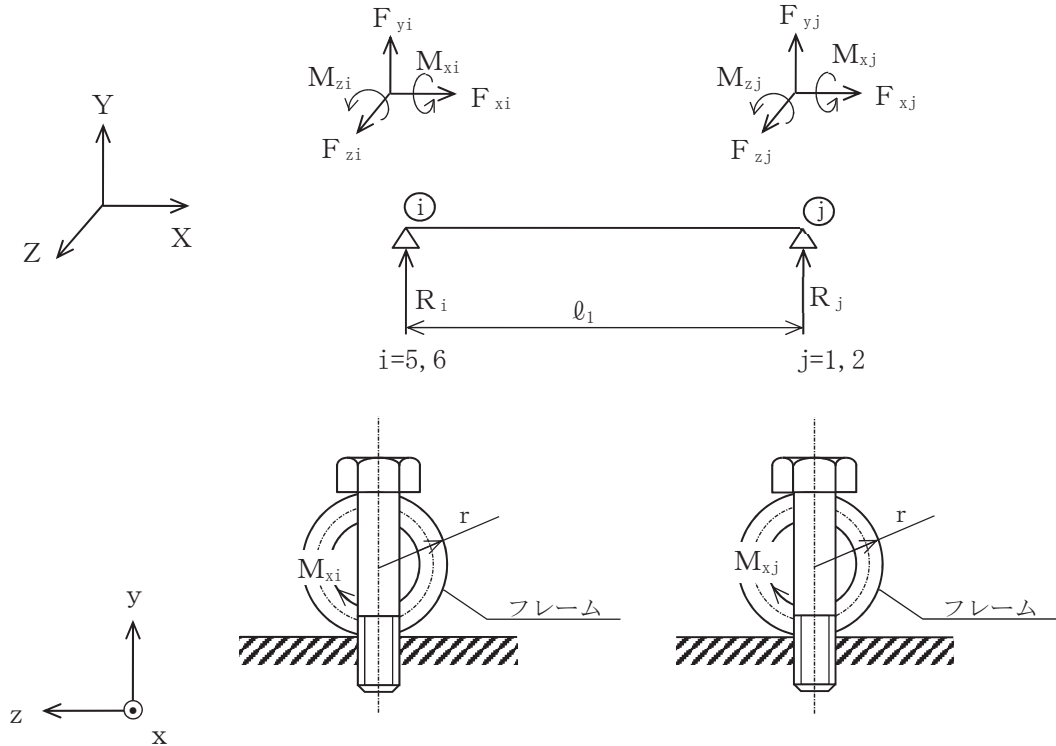


図4-2 水圧制御ユニットの取付ボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張応力は、図4-2に示すフレームの節点 i 及び節点 j （ここで、 (i, j) の組合せは $(5, 1)$ 及び $(6, 2)$ ）での軸力とモーメントを考え、これを取付ボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

$$F_{b i} = |F_{y i}| + \frac{|M_{z j}|}{\ell_1} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.1)$$

$$F_{b j} = |F_{y j}| + \frac{|M_{z i}|}{\ell_1} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.2)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{t b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b 1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.3)$$

$$\sigma_{t b j} = \frac{F_{b j}}{A_{b 1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o1}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.5)$$

(2) せん断応力

a. せん断力

$$Q_{bi} = \sqrt{|F_{xi}|^2 + \left[|F_{zi}| + \frac{|M_{xi}|}{r} \right]^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.6)$$

$$Q_{bj} = \sqrt{|F_{xj}|^2 + \left[|F_{zj}| + \frac{|M_{xj}|}{r} \right]^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.7)$$

b. せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{F_{si}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.8)$$

$$\tau_{bj} = \frac{F_{sj}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.9)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は、(4.6.1.2.1.5)式による。

4.6.1.2.2 フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの概要を図4-3に示す。

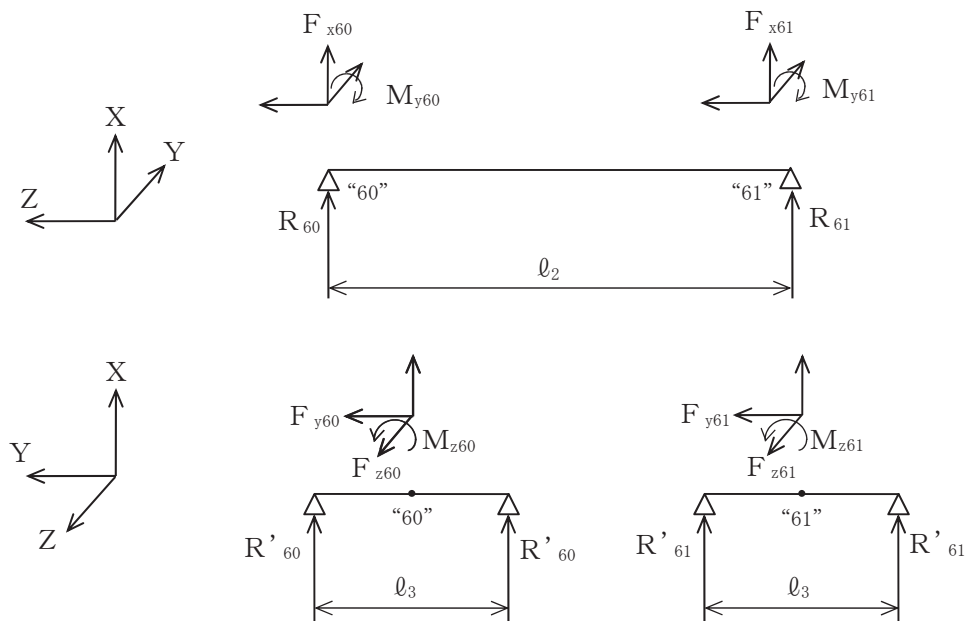


図4-3 フレームの上端を支持架構に取付けるボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

図 4-3 において節点 60 及び節点 61 での反力は

$$R_{60} = |F_{x60}| + \frac{|M_{y61}|}{l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.1)$$

$$R_{61} = |F_{x61}| + \frac{|M_{y60}|}{l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.2)$$

また、実際の取付ボルトの取付状態を考慮して、 M_{z60} 及び M_{z61} による反力は

$$R'_{60} = \frac{|M_{z60}|}{l_3} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.3)$$

$$R'_{61} = \frac{|M_{z61}|}{l_3} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.4)$$

したがって、取付ボルトに作用する反力は

$$R''_{60} = \frac{|R_{60}|}{2} + |R'_{60}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.5)$$

$$R''_{61} = \frac{|R_{61}|}{2} + |R'_{61}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.6)$$

よって、取付ボルトの引張応力は

$$\sigma_{tb60} = \frac{R''_{60}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.7)$$

$$\sigma_{tb61} = \frac{R''_{61}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o2}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.9)$$

(2) せん断応力

図 4-3 において節点 60 及び節点 61 でのせん断力は

$$Q_{b60} = \sqrt{|F_{y60}|^2 + |F_{z60}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.10)$$

$$Q_{b61} = \sqrt{|F_{y61}|^2 + |F_{z61}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.11)$$

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_{b60} = \frac{F_{s60}}{2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.12)$$

$$\tau_{b61} = \frac{F_{s61}}{2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.13)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は、(4.6.1.2.2.9)式による。

4.6.1.2.3 フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの概要を図4-4に示す。

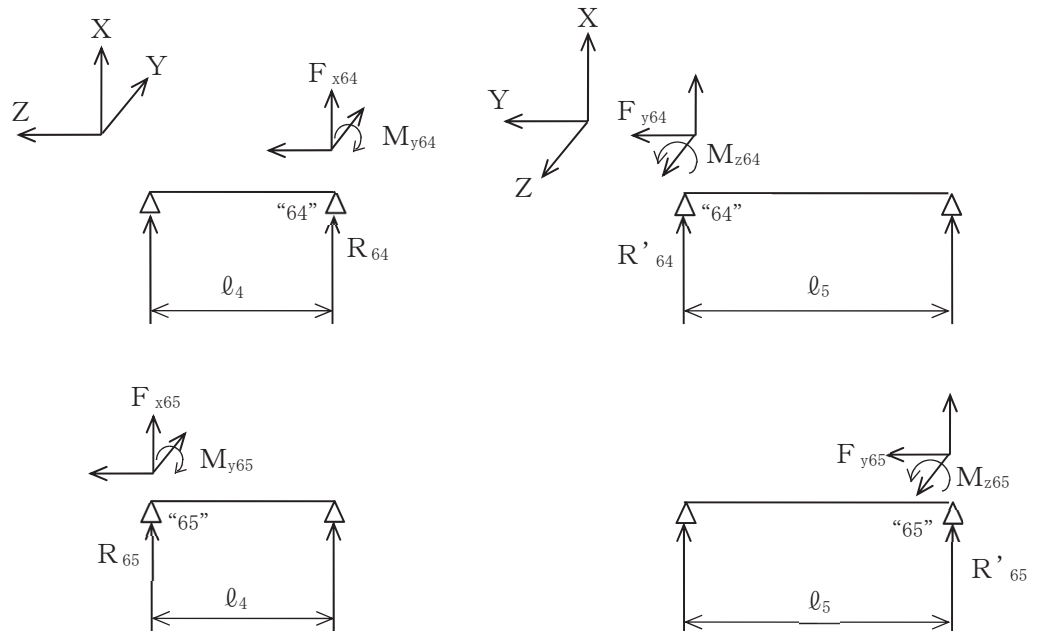


図4-4 フレームの中間を支持架構に取付けるボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

図4-4において節点64及び節点65での反力は

$$R_{64} = |F_{x64}| + \frac{|M_{y64}|}{l_4} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.1)$$

$$R_{65} = |F_{x65}| + \frac{|M_{y65}|}{l_4} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.2)$$

また、実際の取付ボルトの取付状態を考慮して、 M_{z60} 及び M_{z61} による反力は

$$R'_{64} = \frac{|M_{z64}|}{l_5} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.3)$$

$$R'_{65} = \frac{|M_{z65}|}{l_5} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.4)$$

したがって、取付ボルトに作用する反力は

$$R''_{64} = |R_{64}| + |R'_{64}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.5)$$

$$R''_{65} = |R_{65}| + |R'_{65}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.6)$$

よって、取付ボルトの引張応力は

$$\sigma_{tb64} = \frac{R''_{64}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.7)$$

$$\sigma_{tb65} = \frac{R''_{65}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b3} は次式により求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o3}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.9)$$

(2) せん断応力

図 4-4 において節点 64 及び節点 65 でのせん断力は

$$Q_{b64} = \sqrt{|F_{y64}|^2 + |F_{z64}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.10)$$

$$Q_{b65} = \sqrt{|F_{y65}|^2 + |F_{z65}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.11)$$

となる。

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_{b64} = \frac{F_{s64}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.12)$$

$$\tau_{b65} = \frac{F_{s65}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.13)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b3} は、(4.6.1.2.3.9)式による。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（水圧制御ユニット）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【水圧制御ユニット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。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレームの応力評価

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

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

ただし、

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

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

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

$$v' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.4)$$

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1.2 項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{tb} 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

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

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

制御棒駆動水圧系スクラム弁の動的機能維持評価について以下に示す。

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

制御棒駆動水圧系スクラム弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造であるため、添付書類「VI-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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平	6.0
	鉛直	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平	6.0
	鉛直	6.0

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

水圧制御ユニット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。なお，弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

水圧制御ユニット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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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		
水圧制御ユニット	S	原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 8.13 *1)	0.037	0.010	C _H =0.78 *2	C _V =0.68 *2	C _H =1.67	C _V =1.16	—	

注記*1：基準床レベルを示す。

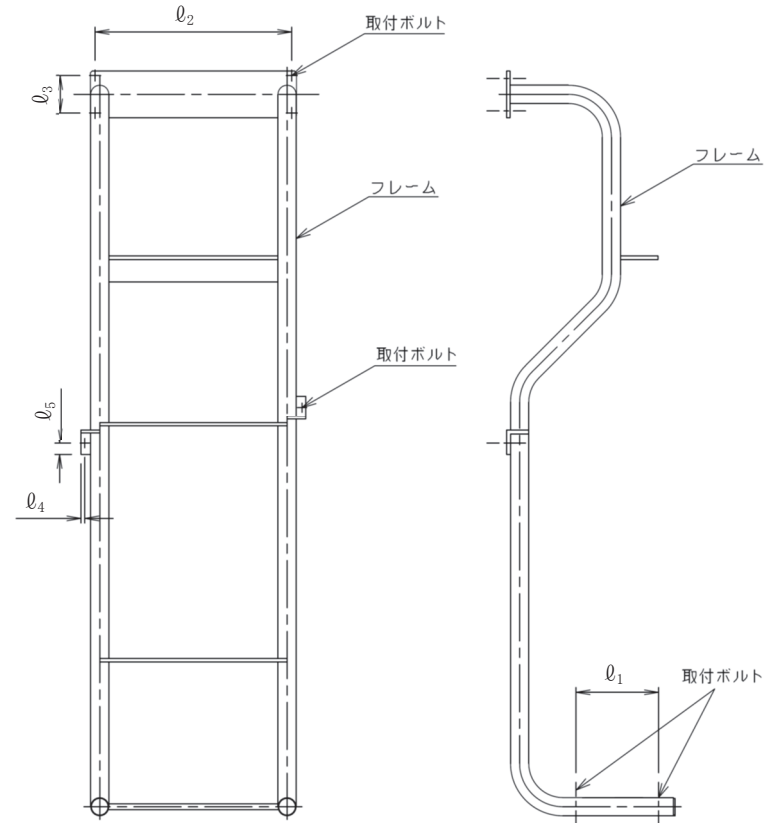
*2：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

m (kg)	N ₁ (—)	N ₂ (—)	N ₃ (—)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)

d _{o1} (mm)	d _{o2} (mm)	d _{o3} (mm)	A _{b1} (mm ²)	A _{b2} (mm ²)	A _{b3} (mm ²)	r (mm)

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム		209	366	209	250
		241	394	241	276
		241	394	241	276
取付ボルト		764	906	634	634

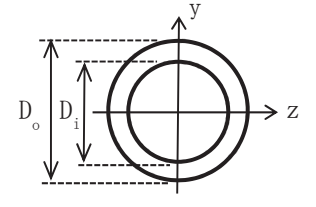
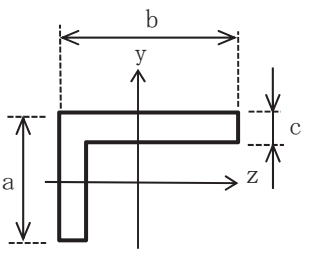
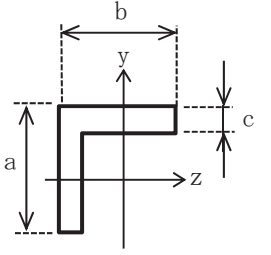
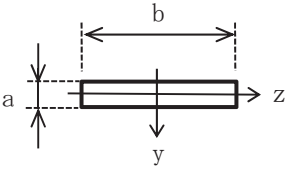
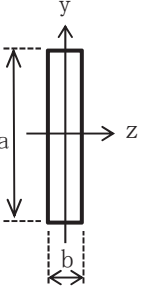


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ	ν'

注記*1：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

*2：基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

材料					
要素番号	①, ②, ④ ~ ②③ ③④ ~ ④①	⑤⑧ ~ ⑥①	⑦④, ⑦⑤	④⑥ ~ ⑤①	⑦① ~ ⑦③
A (mm ²)					
Z _y (mm ³)					
Z _z (mm ³)					
Z _p (mm ³)					
断面形状					
寸法 (mm)					

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—		—	
23	61	—		—		—	
41	51	—		—		—	
51	22	—		—		—	
58	42	—		—		—	
59	46	—		—		—	
60	45	—		—		—	
72	63	—		—		—	
73	63	—		—		—	
75	16	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—			
23	61	—		—			
41	51	—		—			
51	22	—		—			
58	42	—		—			
59	46	—		—			
60	45	—		—			
72	63	—		—			
73	63	—		—			
75	16	—		—			

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—		—	
75	65	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

1.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—	—	—		—	
75	65	—	—	—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

1.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—	
75	65	—		—	

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	方向	固有周期
1次	水平	0.037
1次	鉛直	0.010

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素 番号	節点 番号	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*1	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張り	41	51	$\sigma_t = 4$	$f_t = 209$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 250$
		圧縮	12	13	$\sigma_c = 4$ *2	$f_c = 194$	$\sigma_c = 4$ *2	$f_c = 229$
		せん断	6	5	$\tau = 12$	$f_s = 120$	$\tau = 12$	$f_s = 144$
		曲げ	23	61	$\sigma_b = 53$	$f_b = 209$	$\sigma_b = 53$	$f_b = 250$
		組合せ	23	61	$\sigma_f = 56$	$f_t = 209$	$\sigma_f = 56$	$f_t = 250$
		引張り	75	16	$\sigma_t = 5$	$f_t = 241$	$\sigma_t = 5$	$f_t = 276$
		圧縮	75	16	$\sigma_c = 5$ *2	$f_c = 240$	$\sigma_c = 5$ *2	$f_c = 276$
		せん断	58	42	$\tau = 13$	$f_s = 139$	$\tau = 13$	$f_s = 159$
		曲げ	59	46	$\sigma_b = 35$	$f_b = 241$	$\sigma_b = 35$	$f_b = 276$
		組合せ	60	45	$\sigma_f = 41$	$f_t = 241$	$\sigma_f = 41$	$f_t = 276$
		引張り	51	22	$\sigma_t = 7$	$f_t = 241$	$\sigma_t = 7$	$f_t = 276$
		圧縮	51	22	$\sigma_c = 7$ *2	$f_c = 130$	$\sigma_c = 7$ *2	$f_c = 135$
		せん断	73	63	$\tau = 24$	$f_s = 139$	$\tau = 24$	$f_s = 159$
		曲げ	72	63	$\sigma_b = 215$	$f_b = 241$	$\sigma_b = 215$	$f_b = 276$
		組合せ	72	63	$\sigma_f = 219$	$f_t = 241$	$\sigma_f = 219$	$f_t = 276$
取付ボルト		引張り	74	64	$\sigma_{t,b} = 334$	$f_{t,s} = 475$ *3	$\sigma_{t,b} = 334$	$f_{t,s} = 475$ *3
		せん断	75	65	$\tau_b = 97$	$f_{s,b} = 366$	$\tau_b = 97$	$f_{s,b} = 366$

すべて許容応力以下である。

注記*1：基準地震動 S s での算出応力を記載

*2：絶対値を記載

*3： $f_{t,s} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t,o} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t,o}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4.3 動的機能の評価結果

(×9.8 m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平方向	1.67	6.0
	鉛直方向	1.16	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平方向	1.67	6.0
	鉛直方向	1.16	6.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.2ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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		
水圧制御ユニット	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. 6.0 (O.P. 8.13 *1)	0.037	0.010	—	—	C _H =1.67	C _V =1.16	—	

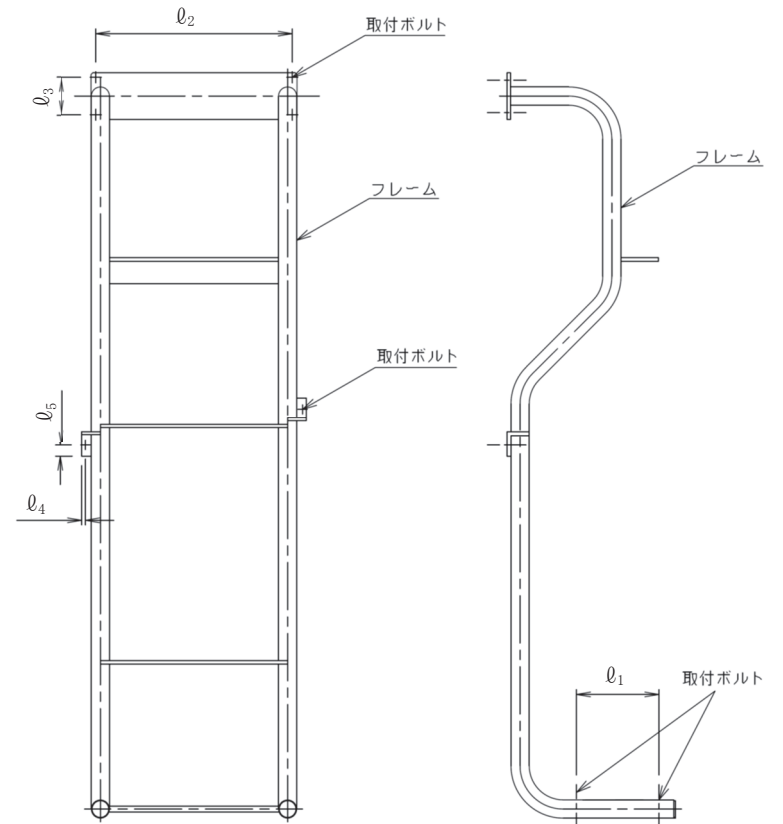
注記*1: 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m (kg)	N ₁ (—)	N ₂ (—)	N ₃ (—)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)

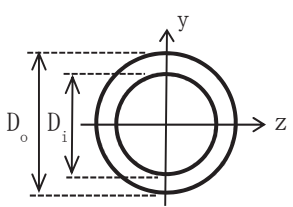
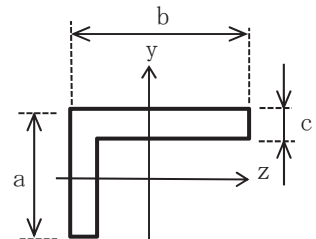
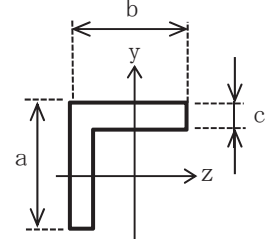
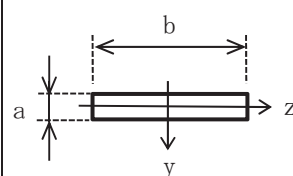
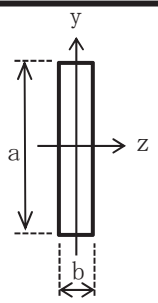
d _{o1} (mm)	d _{o2} (mm)	d _{o3} (mm)	A _{b1} (mm ²)	A _{b2} (mm ²)	A _{b3} (mm ²)	r (mm)

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム		199	360	—	239
		234	385	—	270
		234	385	—	270
取付ボルト		730	868	—	607



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ	ν'

材料					
要素番号	①, ②, ④ ~ ②③ ③④ ~ ④①	⑤⑧ ~ ⑥①	⑦④, ⑦⑤	④⑥ ~ ⑤①	⑦① ~ ⑦③
A (mm ²)					
Z _y (mm ³)					
Z _z (mm ³)					
Z _p (mm ³)					
断面形状					
寸法 (mm)					

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—			
23	61	—		—			
41	51	—		—			
51	22	—		—			
58	42	—		—			
59	46	—		—			
60	45	—		—			
72	63	—		—			
73	63	—		—			
75	16	—		—			

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—			
23	61	—		—			
41	51	—		—			
51	22	—		—			
58	42	—		—			
59	46	—		—			
60	45	—		—			
72	63	—		—			
73	63	—		—			
75	16	—		—			

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—		—	
75	65	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

2.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—	—	—		—	
75	65	—	—	—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

2.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—	
75	65	—		—	

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.037
1次	鉛直	0.010

2.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
フレーム		引張り	41	51	—	—	$\sigma_t = 4$	$f_t = 239$
		圧縮	12	13	—	—	$\sigma_c = 4^{*1}$	$f_c = 219$
		せん断	6	5	—	—	$\tau = 12$	$f_s = 138$
		曲げ	23	61	—	—	$\sigma_b = 53$	$f_b = 239$
		組合せ	23	61	—	—	$\sigma_f = 56$	$f_t = 239$
		引張り	75	16	—	—	$\sigma_t = 5$	$f_t = 270$
		圧縮	75	16	—	—	$\sigma_c = 5^{*1}$	$f_c = 270$
		せん断	58	42	—	—	$\tau = 13$	$f_s = 155$
		曲げ	59	46	—	—	$\sigma_b = 35$	$f_b = 270$
		組合せ	60	45	—	—	$\sigma_f = 41$	$f_t = 270$
		引張り	51	22	—	—	$\sigma_t = 7$	$f_t = 270$
		圧縮	51	22	—	—	$\sigma_c = 7^{*1}$	$f_c = 134$
		せん断	73	63	—	—	$\tau = 24$	$f_s = 155$
		曲げ	72	63	—	—	$\sigma_b = 215$	$f_b = 270$
組合せ	72	63	—	—	$\sigma_f = 219$	$f_t = 270$		
取付ボルト		引張り	74	64	—	—	$\sigma_{t,b} = 334$	$f_{t,s} = 455^{*2}$
		せん断	75	65	—	—	$\tau_b = 97$	$f_{s,b} = 350$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

*2： $f_{t,s} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t,o} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t,o}]$

2.4.3 動的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平方向	1.67	6.0
	鉛直方向	1.16	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平方向	1.67	6.0
	鉛直方向	1.16	6.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.2ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-3-2-2 管の耐震性についての計算書
(制御棒駆動水圧系)

設計基準対象施設

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	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力評価条件	11
3.5 設計用地震力	12
4. 解析結果及び評価	13
4.1 固有周期及び設計震度	13
4.2 評価結果	19
4.2.1 管の応力評価結果	19
4.2.2 支持構造物評価結果	20
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	21
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	22

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、制御棒駆動水圧系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 27 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

(2) 支持構造物

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





(3) 弁

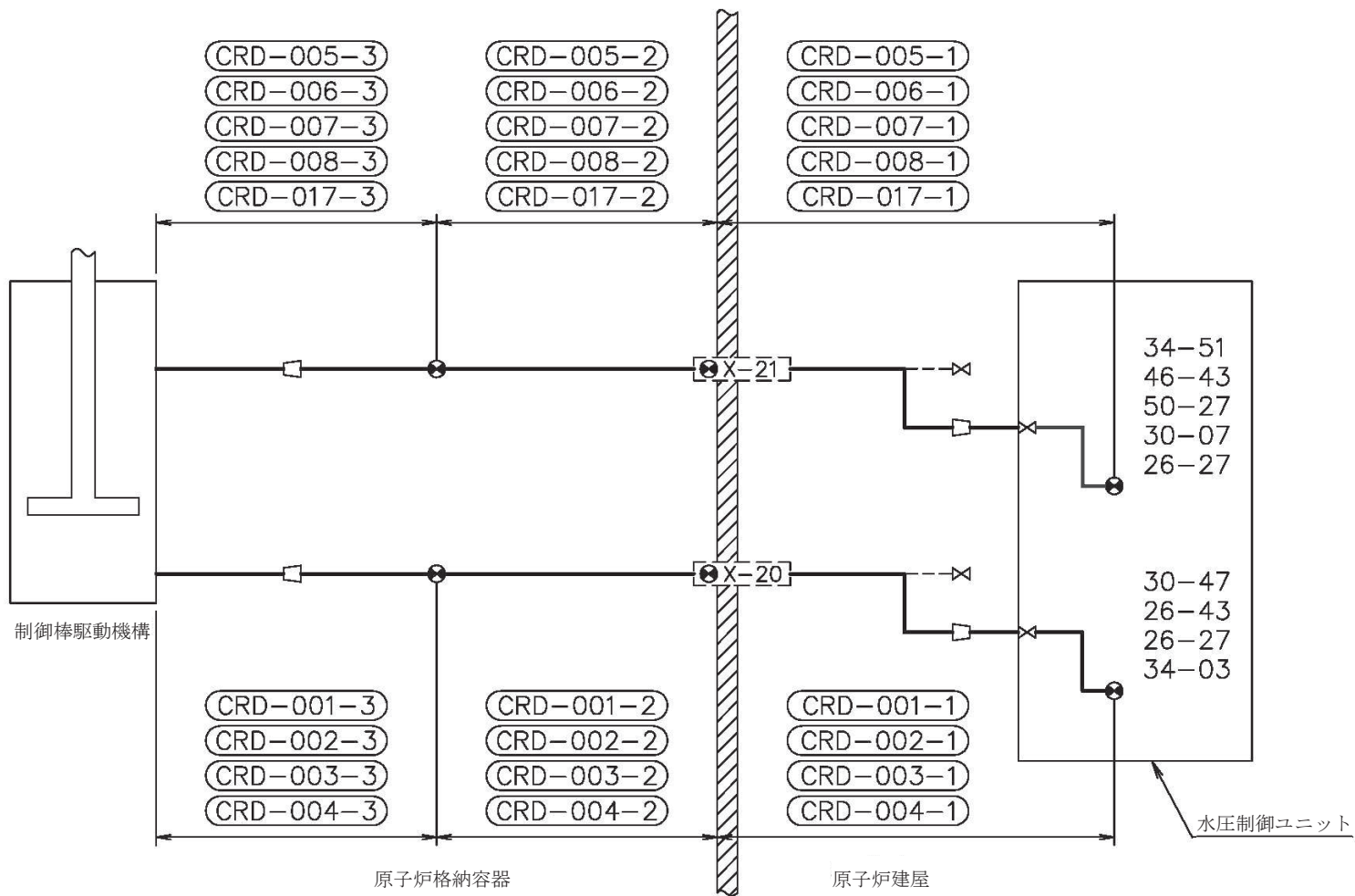
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


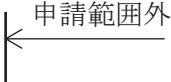


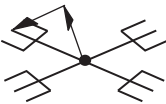
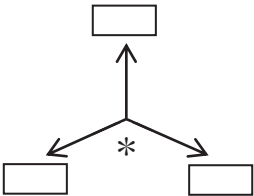
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

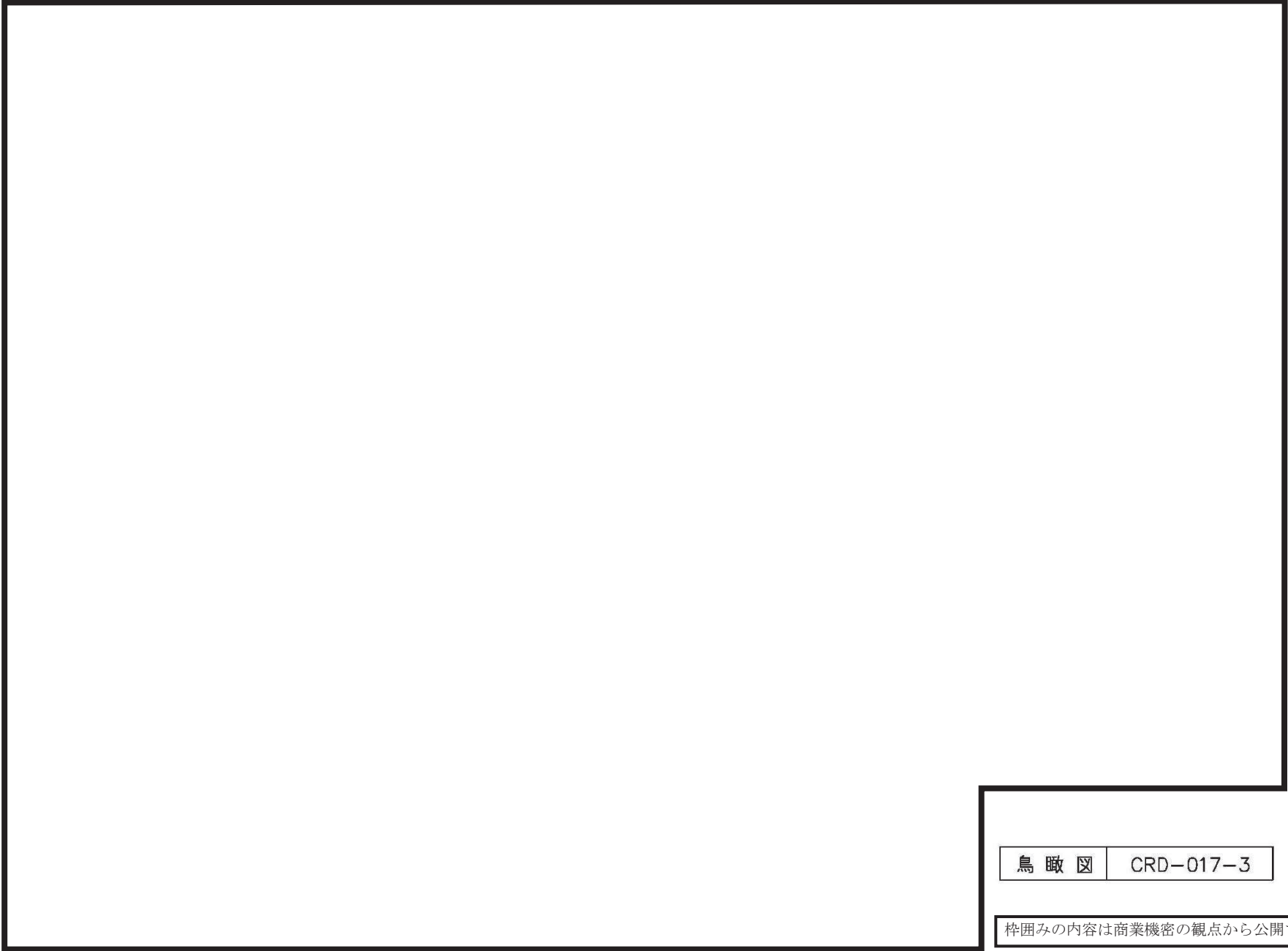


制御棒駆動水圧系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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>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, <input type="text"/> 内に 変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御棒駆動 水圧設備	制御棒駆動 水圧系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	I _L +S _d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L +S _d	
							I _L +S _s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L +S _s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 7 - 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	13.83	66	34.0	4.5	SUS316LTP	S	191720
2	13.83	66	27.2	3.9	SUS316LTP	S	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 CRD-017-3

管名称	対 応 す る 評 価 点													
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	14	15	16	17	18	19	20	21	22					

配管の質量 (付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg
1		6		11		16		21	
2		7		12		17		22	
3		8		13		18			
4		9		14		19			
5		10		15		20			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量 kg
—	—

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径 mm	厚さ mm	長さ mm
—	—	—	—	—

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-017-3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
5 **						
5						
13						
22						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
SUS316LTP	66	—	159	459	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数 340 回(S s)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
CRD-017-3	原子炉本体基礎		
	制御棒駆動機構バウンダリ		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-017-3

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 s	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1次							
2次							
3次							
4次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

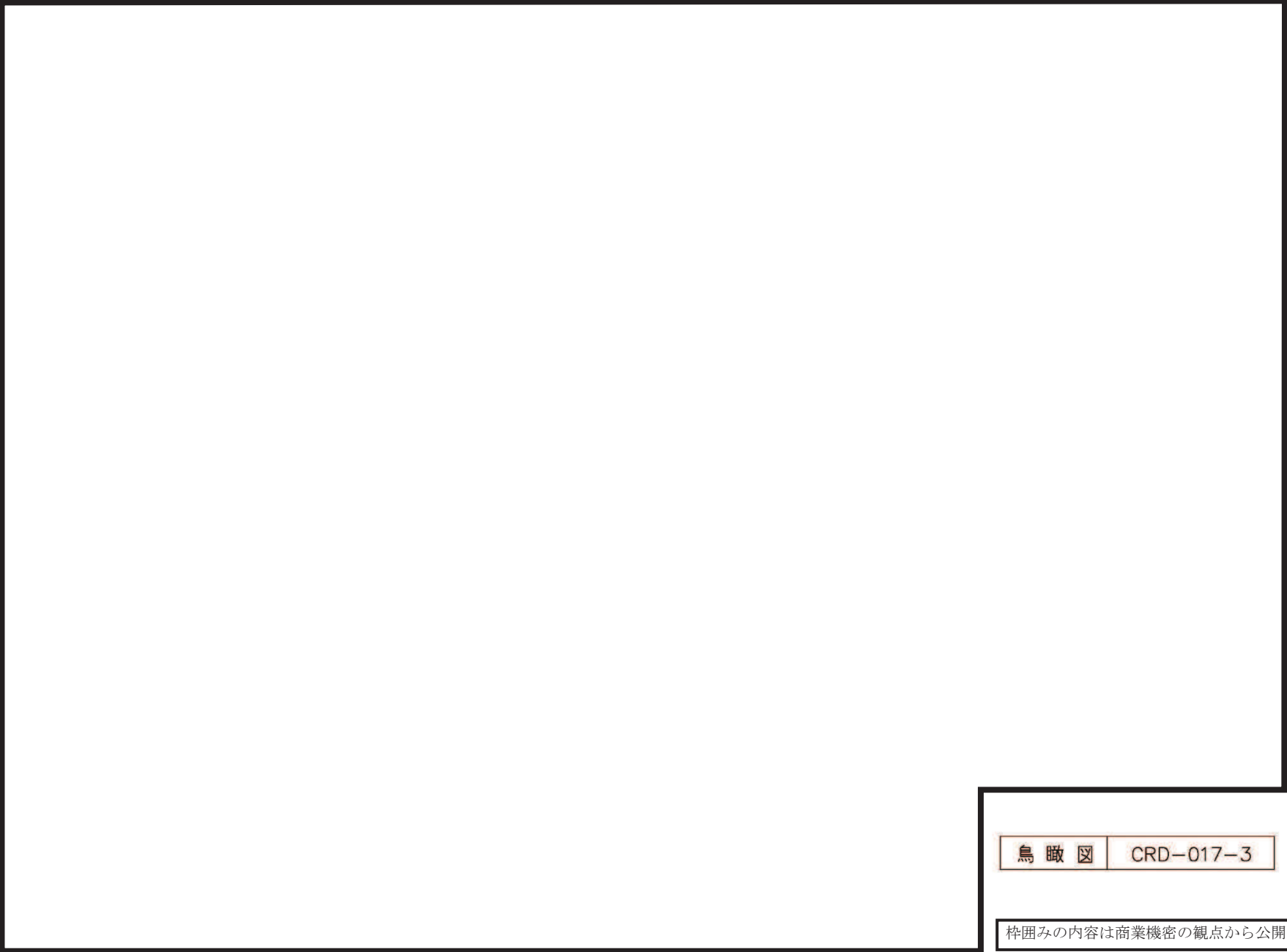
鳥 瞰 図 CRD-017-3

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

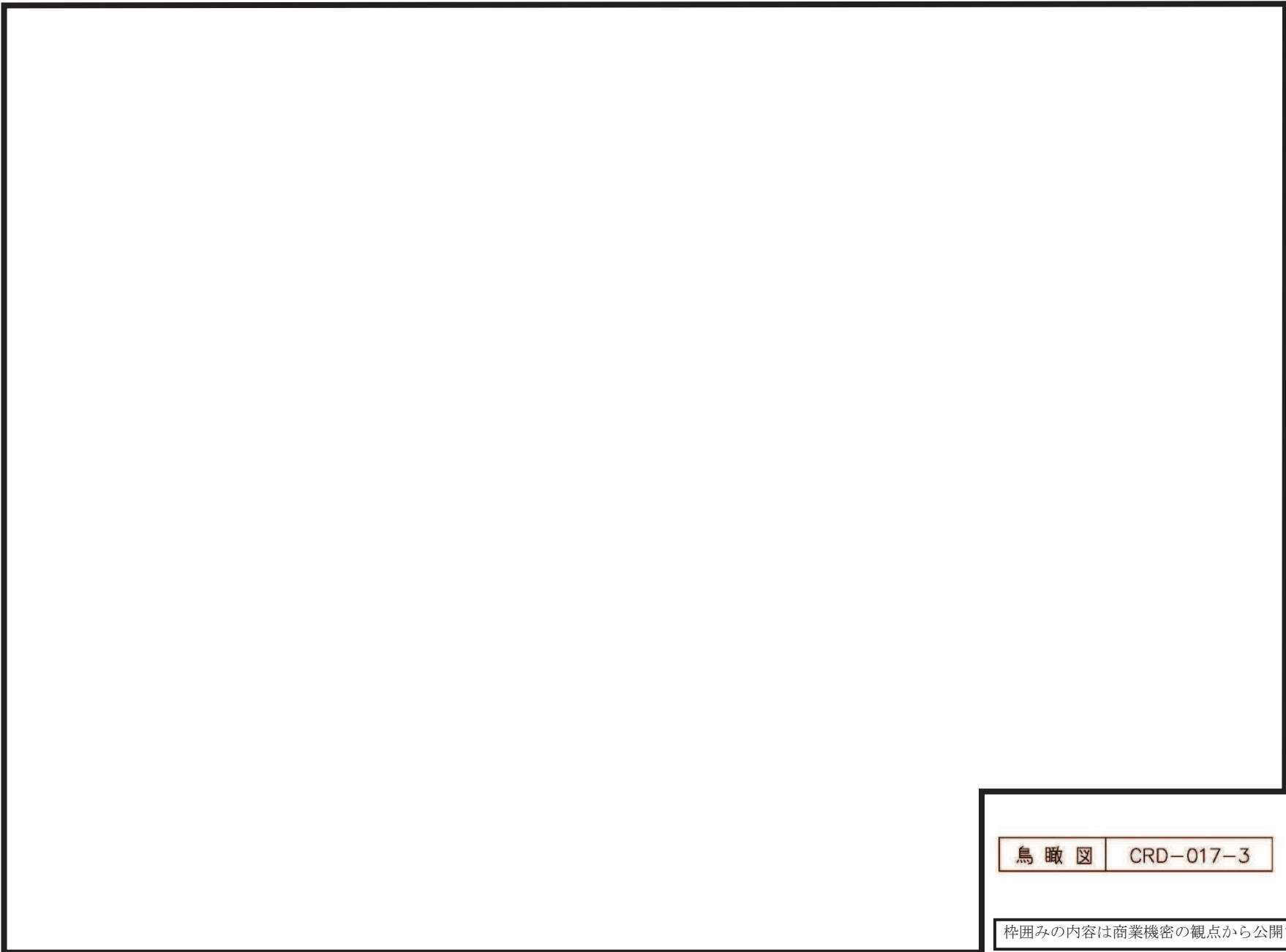
代表的振動モード図

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



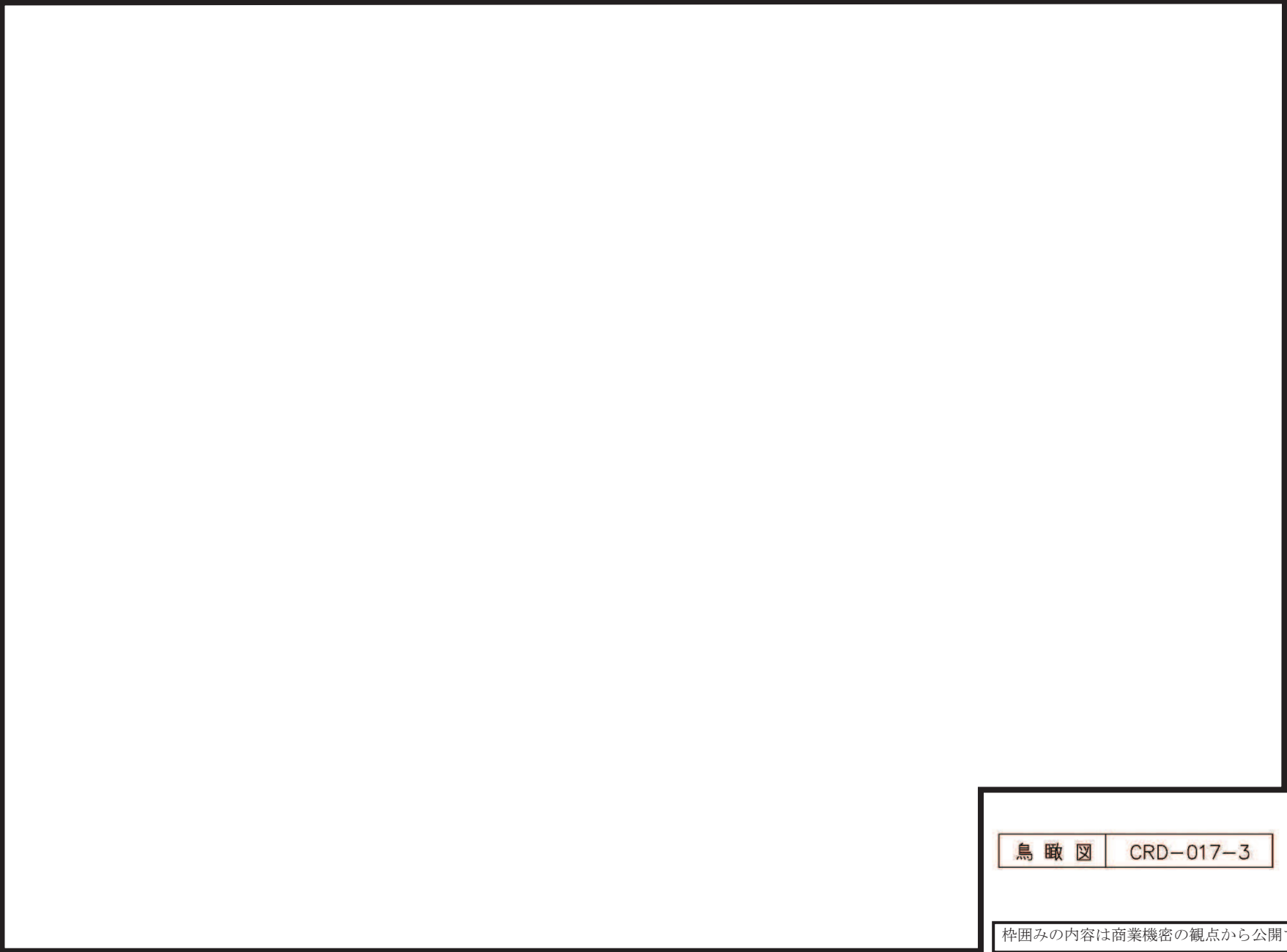
鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

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 _d) S _{pr m} (S _s)	許容応力 S _y *1 0.9・S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2・S _y	疲労累積係数 U _{S s}
CRD-017-3	Ⅲ _A S	22	S _{pr m} (S _d)	142	159	—	—	—
	Ⅲ _A S	22	S _n (S _d)	—	—	242	318	—
	Ⅳ _A S	22	S _{pr m} (S _s)	231	413	—	—	—
	Ⅳ _A S	22	S _n (S _s)	—	—	434 *	318	0.8674

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

注記*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S_yと1.2・S_hのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°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			
NW-025	レストレイント	Uボルト	SUS304	66	—	0	3	—	—	—	せん断	36	118
NW-038	アンカ	ラグ	SUS316L	66	2	0	1	0	1	0	組合せ	78	101

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	CRD-001-1	10	75	159	2.12	—	10	119	413	3.47	—	10	198	318	1.60	—	—	—	—
2	CRD-002-1	10	72	159	2.20	—	10	111	413	3.72	—	9	181	318	1.75	—	—	—	—
3	CRD-003-1	10	72	159	2.20	—	10	111	413	3.72	—	10	180	318	1.76	—	—	—	—
4	CRD-004-1	10	69	159	2.30	—	10	106	413	3.89	—	9	173	318	1.83	—	—	—	—
5	CRD-005-1	10	117	159	1.35	—	10	166	413	2.48	—	10	292	318	1.08	—	—	—	—
6	CRD-006-1	10	106	159	1.50	—	10	150	413	2.75	—	10	261	318	1.21	—	—	—	—
7	CRD-007-1	10	107	159	1.48	—	10	151	413	2.73	—	10	263	318	1.20	—	—	—	—
8	CRD-008-1	10	112	159	1.41	—	10	159	413	2.59	—	10	278	318	1.14	—	—	—	—
9	CRD-017-1	10	116	159	1.37	—	10	164	413	2.51	—	10	288	318	1.10	—	—	—	—
10	CRD-001-2	21	41	159	3.87	—	21	45	413	9.17	—	19	61	318	5.21	—	—	—	—
11	CRD-002-2	7	41	159	3.87	—	21	45	413	9.17	—	19	61	318	5.21	—	—	—	—
12	CRD-003-2	6	42	159	3.78	—	6	45	413	9.17	—	18	70	318	4.54	—	—	—	—
13	CRD-004-2	36	66	159	2.40	—	36	81	413	5.09	—	19	132	318	2.40	—	—	—	—
14	CRD-005-2	36	68	159	2.33	—	36	89	413	4.64	—	36	125	318	2.54	—	—	—	—
15	CRD-006-2	36	60	159	2.65	—	36	77	413	5.36	—	19	104	318	3.05	—	—	—	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス 2 以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
16	CRD-007-2	35	68	159	2.33	—	35	89	413	4.64	—	18	139	318	2.28	—	—	—	—
17	CRD-008-2	21	38	159	4.18	—	21	42	413	9.83	—	19	63	318	5.04	—	—	—	—
18	CRD-017-2	6	39	159	4.07	—	6	43	413	9.60	—	18	63	318	5.04	—	—	—	—
19	CRD-001-3	1	47	159	3.38	—	1	54	413	7.64	—	22	75	318	4.24	—	—	—	—
20	CRD-002-3	1	47	159	3.38	—	1	53	413	7.79	—	22	73	318	4.35	—	—	—	—
21	CRD-003-3	9	108	159	1.47	—	22	189	413	2.18	—	22	350	318	0.90	—	22	0.2710	—
22	CRD-004-3	1	45	159	3.53	—	1	51	413	8.09	—	21	77	318	4.12	—	—	—	—
23	CRD-005-3	1	44	159	3.61	—	1	51	413	8.09	—	21	73	318	4.35	—	—	—	—
24	CRD-006-3	1	45	159	3.53	—	1	54	413	7.64	—	19	68	318	4.67	—	—	—	—
25	CRD-007-3	16	118	159	1.34	—	16	179	413	2.30	—	16	349	318	0.91	—	16	0.2414	—
26	CRD-008-3	1	45	159	3.53	—	1	53	413	7.79	—	22	78	318	4.07	—	—	—	—
27	CRD-017-3	22	142	159	1.11	○	22	231	413	1.78	○	22	434	318	0.73	○	22	0.8674	○

注記* : III_AS の一次+二次応力の許容値はIV_AS と同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS の一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

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	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力評価条件	11
3.5 設計用地震力	12
4. 解析結果及び評価	13
4.1 固有周期及び設計震度	13
4.2 評価結果	19
4.2.1 管の応力評価結果	19
4.2.2 支持構造物評価結果	20
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	21
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	22

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、制御棒駆動水圧系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 27 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

(2) 支持構造物

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





(3) 弁

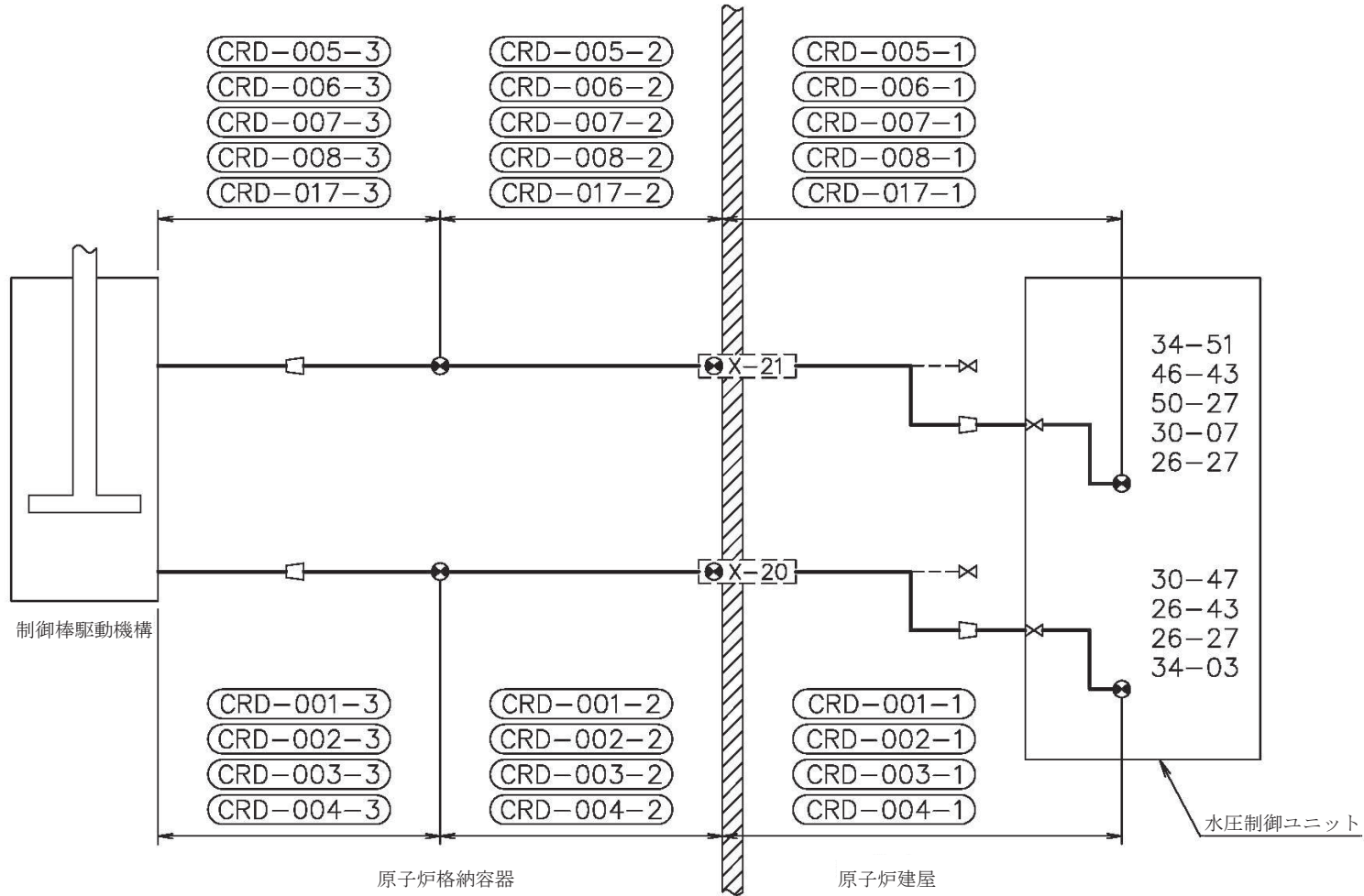
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


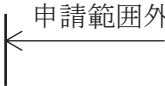


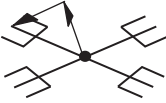
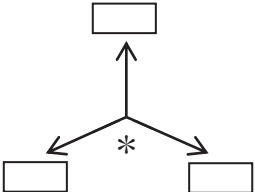
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

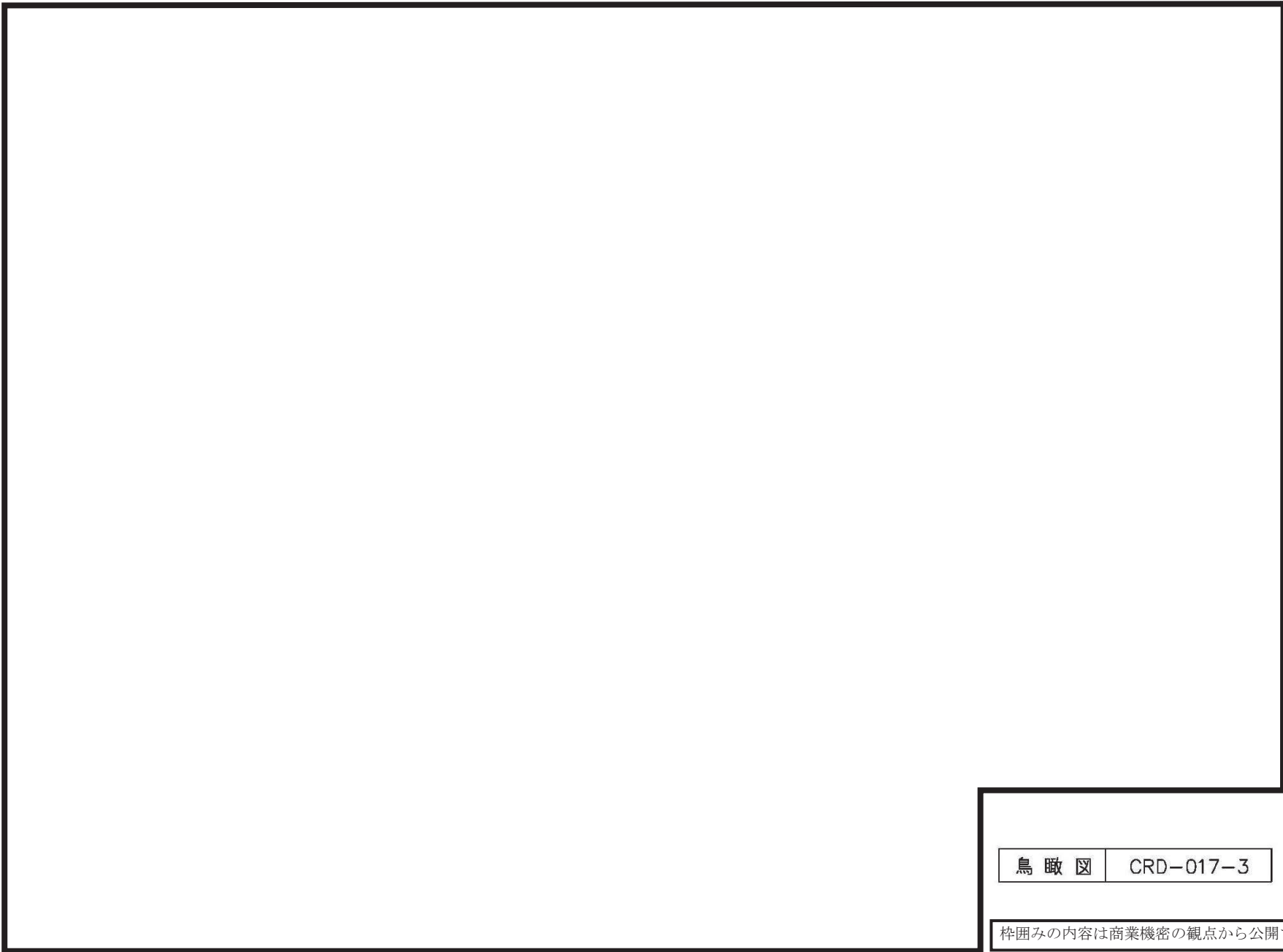


制御棒駆動水圧系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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>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，<input type="text"/> 内に変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等 の区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力 状態 ^{*5}
計測制御 系統施設	制御棒駆動 水圧設備	制御棒駆動 水圧系	SA	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 7 - 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	13.83	66	34.0	4.5	SUS316LTP	—	191720
2	13.83	66	27.2	3.9	SUS316LTP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 CRD-017-3

管名称	対 応 す る 評 価 点													
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	14	15	16	17	18	19	20	21	22					

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg	評価点	質量 kg
1		6		11		16		21	
2		7		12		17		22	
3		8		13		18			
4		9		14		19			
5		10		15		20			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量 kg
—	—

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径 mm	厚さ mm	長さ mm
—	—	—	—	—

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-017-3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
5 **						
5						
13						
22						
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin: 5px 0;"></div>						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
SUS316LTP	66	—	159	459	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数 340 回(S s)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
CRD-017-3	原子炉本体基礎		
	制御棒駆動機構バウンダリ		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-017-3

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 s	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1次							
2次							
3次							
4次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 CRD-017-3

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

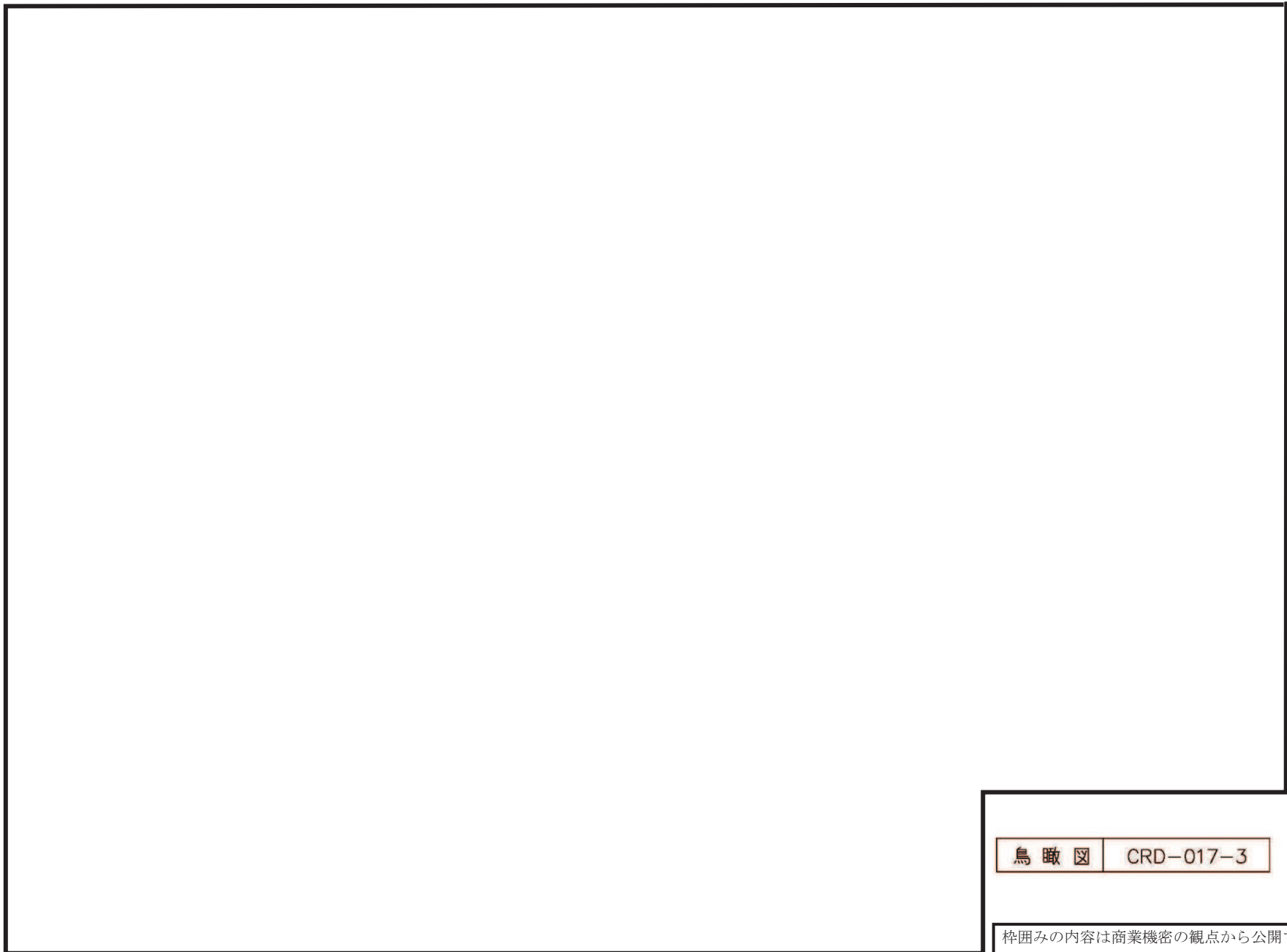
代表的振動モード図

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



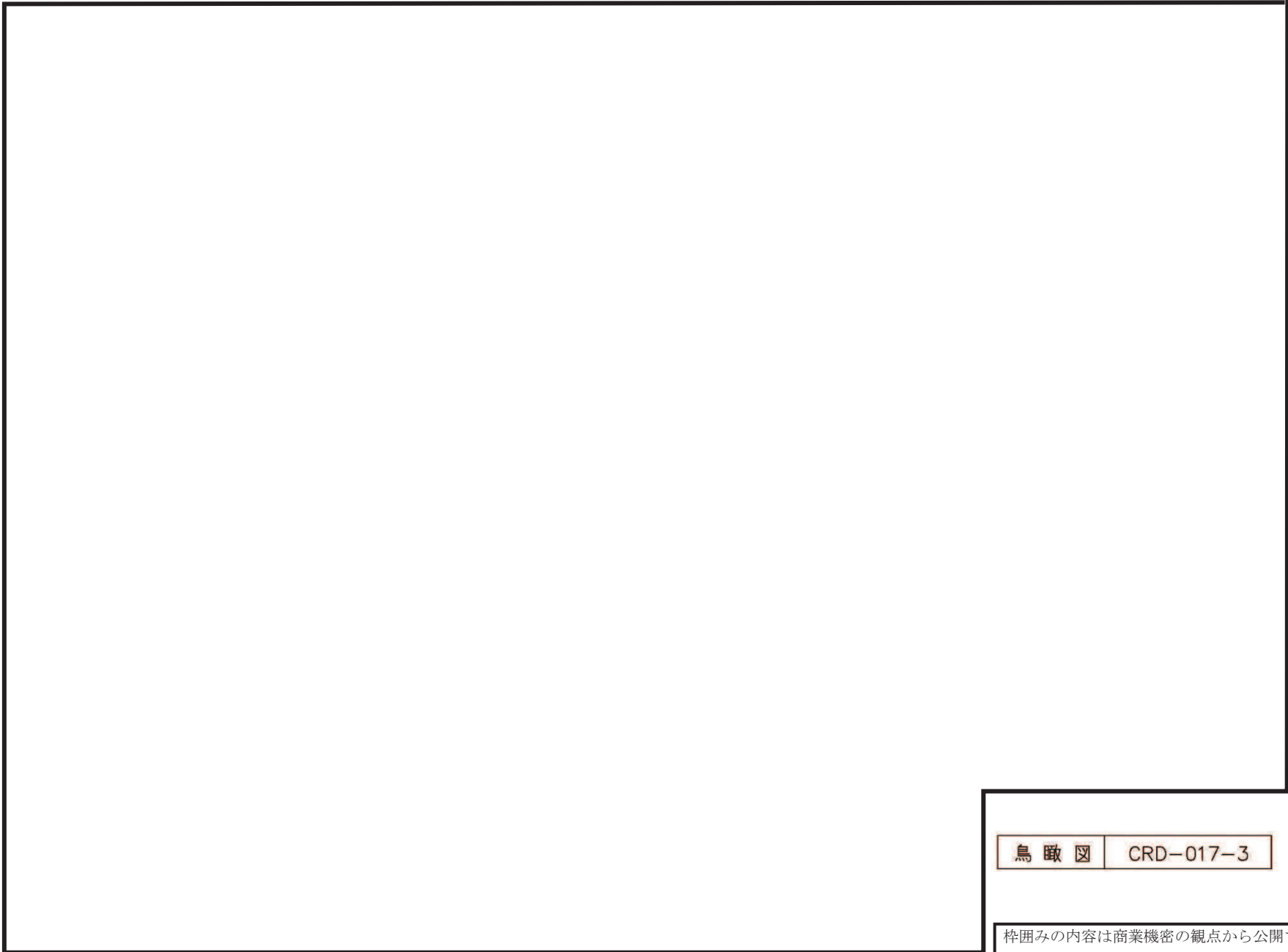
鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図	CRD-017-3
-----	-----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{pr m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
CRD-017-3	$V_A S$	22	$S_{pr m}(S_s)$	231	413	—	—	—
	$V_A S$	22	$S_n(S_s)$	—	—	434 *	318	0.8674

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°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			
NW-025	レストレイント	Uボルト	SUS304	66	—	0	3	—	—	—	せん断	36	118
NW-038	アンカ	ラグ	SUS316L	66	2	0	1	0	1	0	組合せ	78	101

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V _{AS}												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	CRD-001-1	10	119	413	3.47	—	10	198	318	1.60	—	—	—	—
2	CRD-002-1	10	111	413	3.72	—	9	181	318	1.75	—	—	—	—
3	CRD-003-1	10	111	413	3.72	—	10	180	318	1.76	—	—	—	—
4	CRD-004-1	10	106	413	3.89	—	9	173	318	1.83	—	—	—	—
5	CRD-005-1	10	166	413	2.48	—	10	292	318	1.08	—	—	—	—
6	CRD-006-1	10	150	413	2.75	—	10	261	318	1.21	—	—	—	—
7	CRD-007-1	10	151	413	2.73	—	10	263	318	1.20	—	—	—	—
8	CRD-008-1	10	159	413	2.59	—	10	278	318	1.14	—	—	—	—
9	CRD-017-1	10	164	413	2.51	—	10	288	318	1.10	—	—	—	—
10	CRD-001-2	21	45	413	9.17	—	19	61	318	5.21	—	—	—	—
11	CRD-002-2	21	45	413	9.17	—	19	61	318	5.21	—	—	—	—
12	CRD-003-2	6	45	413	9.17	—	18	70	318	4.54	—	—	—	—
13	CRD-004-2	36	81	413	5.09	—	19	132	318	2.40	—	—	—	—
14	CRD-005-2	36	89	413	4.64	—	36	125	318	2.54	—	—	—	—
15	CRD-006-2	36	77	413	5.36	—	19	104	318	3.05	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
16	CRD-007-2	35	89	413	4.64	—	18	139	318	2.28	—	—	—	—
17	CRD-008-2	21	42	413	9.83	—	19	63	318	5.04	—	—	—	—
18	CRD-017-2	6	43	413	9.60	—	18	63	318	5.04	—	—	—	—
19	CRD-001-3	1	54	413	7.64	—	22	75	318	4.24	—	—	—	—
20	CRD-002-3	1	53	413	7.79	—	22	73	318	4.35	—	—	—	—
21	CRD-003-3	22	189	413	2.18	—	22	350	318	0.90	—	22	0.2710	—
22	CRD-004-3	1	51	413	8.09	—	21	77	318	4.12	—	—	—	—
23	CRD-005-3	1	51	413	8.09	—	21	73	318	4.35	—	—	—	—
24	CRD-006-3	1	54	413	7.64	—	19	68	318	4.67	—	—	—	—
25	CRD-007-3	16	179	413	2.30	—	16	349	318	0.91	—	16	0.2414	—
26	CRD-008-3	1	53	413	7.79	—	22	78	318	4.07	—	—	—	—
27	CRD-017-3	22	231	413	1.78	○	22	434	318	0.73	○	22	0.8674	○

VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

VI-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-6-4-1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書
- VI-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書（ほう酸水注入系）

VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系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
3. 構造強度評価	5
3.1 構造強度評価方法	5
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
3.2.2 許容応力	5
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	5
3.3 計算条件	5
4. 機能維持評価	10
4.1 動的機能維持評価方法	10
4.2 ポンプの動的機能維持評価	11
4.2.1 評価対象部位	11
4.2.2 許容値	11
4.2.3 評価対象部位ごとの記号説明及び評価方法	12
4.3 原動機の動的機能維持評価	21
4.3.1 評価対象部位	21
4.3.2 許容値	21
4.3.3 記号の説明	22
4.3.4 評価方法	24
5. 評価結果	29
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	29
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	29

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ほう酸水注入系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。

ほう酸水注入系ポンプは、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、設計基準対象設備及び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。

なお、ほう酸水注入系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため、構造強度評価は添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

また、ほう酸水注入系ポンプは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の往復動式ポンプであり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、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）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に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

ほう酸水注入系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

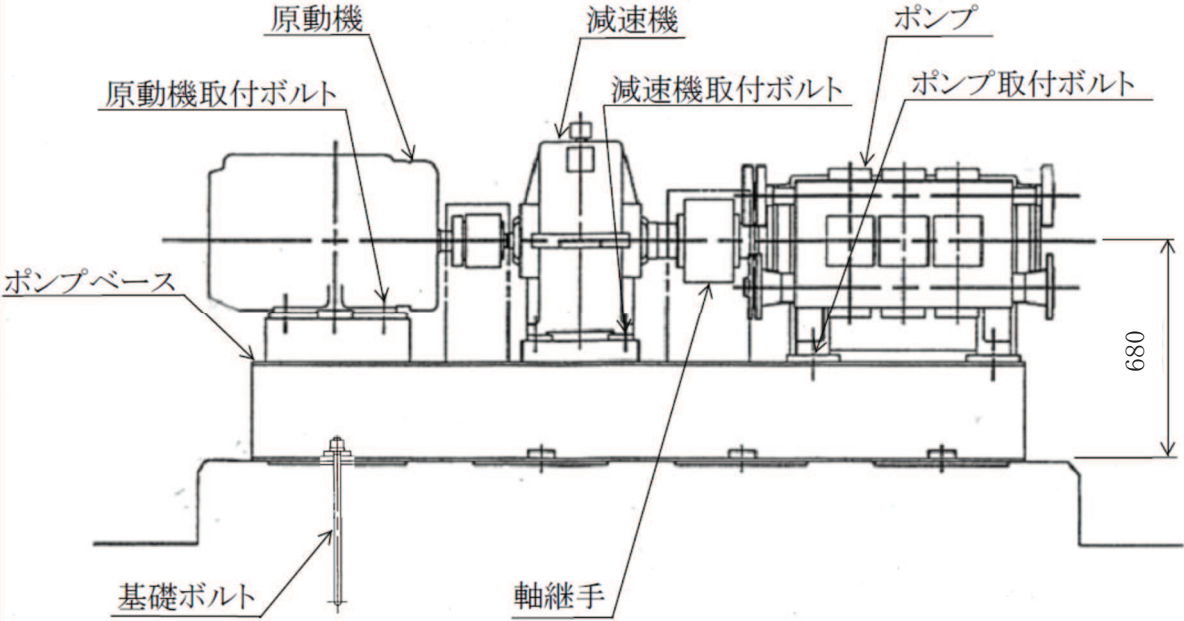
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>往復形 (往復形横軸ポンプ)</p>	 <p>(単位: mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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え付ける。</p>	<p>往復形 (往復形横軸ポンプ)</p>	<p>クランク軸</p> <p>クランク軸軸受</p> <p>バルブシート</p> <p>コネクティングロッド軸軸受</p> <p>ポンプ断面図</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-3 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え付ける。</p>	<p>往復形 (往復形横軸ポンプ)</p>	<p>減速機</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 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行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

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

ほう酸水注入系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

ほう酸水注入系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 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。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 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
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記* : クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

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
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*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。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として IV _A S の許容限界 を用いる。)
原子炉 格納施設	圧力低減設備そ 他の安全設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	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 ポンプ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 3-3 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 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
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 3-4 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	50			—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			—
減速機取付ボルト		周囲環境温度	50			—

表 3-5 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	66			—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	66			—
減速機取付ボルト		周囲環境温度	66			—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

ほう酸水注入系ポンプ及び同原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の横形3連往復動式ポンプ及び横形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1に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。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

4.2 ポンプの動的機能維持評価

4.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の往復動式ポンプの動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト
- b. ポンプ取付ボルト
- c. 減速機取付ボルト
- d. 軸継手
- e. クランク軸軸受
- f. コネクティングロッド軸軸受
- g. バルブシート
- h. 歯車軸軸受
- i. 減速機歯車
- j. クランク軸
- k. 歯車軸

このうち「a. 基礎ボルト」，「b. ポンプ取付ボルト」，「c. 減速機取付ボルト」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ている。

以上より，本計算書においては，軸継手，クランク軸軸受，コネクティングロッド軸軸受，バルブシート，歯車軸軸受，減速機歯車，クランク軸，歯車軸を評価対象部位とする。

4.2.2 許容値

クランク軸，歯車軸の許容値は，クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ_AS に準拠し設定する。またクランク軸軸受，歯車軸軸受は，メーカー規定の軸受の定格荷重を，コネクティングロッド軸軸受，バルブシート，減速機歯車は，メーカー規定の許容値を，軸継手は，変位可能寸法を許容値として設定する。

4.2.3 評価対象部位ごとの記号説明及び評価方法

(1) 軸継手

a. 記号の説明

軸継手評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 軸継手評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
D_P	ピッチ円直径	mm
E	はりの縦弾性係数	N/m^2
h	重心までの高さ	m
I	はりの軸方向の断面二次モーメント	m^4
K	ばね定数	N/m
ℓ_1	軸たわみにて生ずるスプロケット傾きによる変位	mm
ℓ_2	地震による変位	mm
ℓ_3	軸受部軸方向クリアランス	mm
m	質量	kg
α	地震加速度	m/s^2
β_1	荷重による軸のたわみにて生ずるスプロケットの傾き	rad
δ	地震時に生じる軸方向変位	mm

b. 評価方法

軸方向変位は

$$\delta = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 \quad \dots\dots\dots (4.2.3.1)$$

$$\ell_1 = \frac{D_P}{2} \cdot \beta_1 \quad \dots\dots\dots (4.2.3.2)$$

$$\ell_2 = \frac{m \cdot \alpha}{K} \quad \dots\dots\dots (4.2.3.3)$$

$$K = \frac{3 \cdot E \cdot I}{h^3} \quad \dots\dots\dots (4.2.3.4)$$

(2) クランク軸軸受

a. 記号の説明

クランク軸軸受評価に使用する記号を表 4-3 に示す。

表 4-3 クランク軸軸受評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
F'	ラジアル荷重 (ポンプ吐出時にプランジヤを通してクランク軸に作用する荷重)	N
F_R	ラジアル最大軸受荷重 (減速機側)	N
L	支点間距離	m
L_1	支点から荷重点 1 までの距離*	m
L_2	支点から荷重点 2 までの距離*	m

b. 評価方法

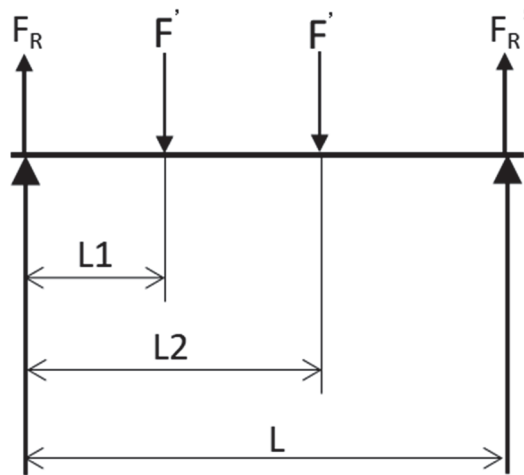


図 4-1 クランク軸軸受の計算モデル

軸受の発生荷重は

ラジアル最大軸受荷重 (減速機側)

$$F_R = F' \cdot \frac{(L - L_2)}{L} + F' \cdot \frac{(L - L_1)}{L} \dots\dots\dots (4.2.3.5)$$

注記* : クランクは 3 ヶ所あり, 120° ずつ位相がずれていることから, 荷重 F' は最大で 2 つのクランクに同時に作用するため, 2 つの荷重点を考慮する。

(3) コネクティングロッド軸軸受

a. 記号の説明

コネクティングロッド軸軸受に使用する記号を表 4-4 に示す。

表 4-4 コネクティングロッド軸軸受評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_s	小端部軸受軸投影面積	m^2
D_s	小端部軸受内径	m
F	軸受荷重	N
N	回転速度	rpm
P_s	小端部軸受面圧	MPa
V_s	小端部すべり速度	m/s
θ	摺動角	rad

b. 評価方法

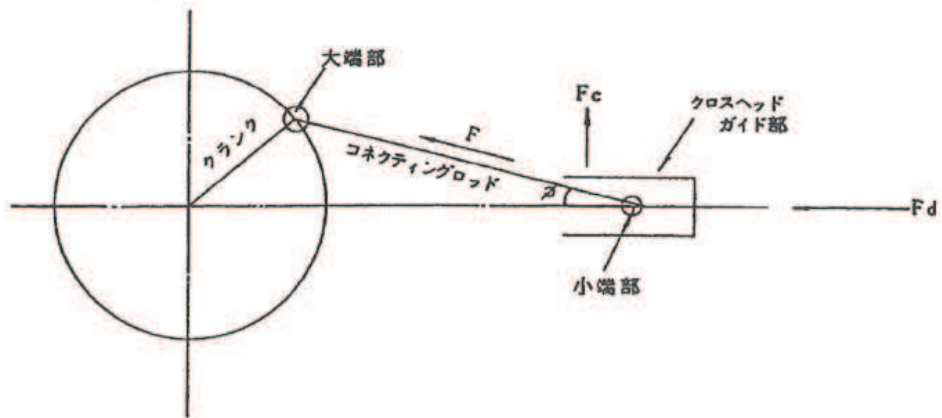


図 4-2 コネクティングロッド軸軸受及びクロスベッドガイド部の計算モデル

<コネクティングロッド小端部軸受>

$$PV \text{ 値} = P_s \cdot V_s \dots\dots\dots (4.2.3.6)$$

$$P_s = F \cdot \frac{10^{-6}}{A_s} \dots\dots\dots (4.2.3.7)$$

$$V_s = \frac{\theta}{\pi} \cdot \frac{\pi \cdot D_s \cdot N}{60} \dots\dots\dots (4.2.3.8)$$

(4) バルブシート

a. 記号の説明

バルブシート評価に使用する記号を表 4-5 に示す。

表 4-5 バルブシート評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	シート面投影面積	m ²
D	バルブ外径	m
F	シート面に加わる荷重	N
P	シート面の面圧	MPa
P _d	吐出圧力	Pa
W	バルブ質量	kg
α _v	鉛直方向地震加速度	m/s ²

b. 評価方法

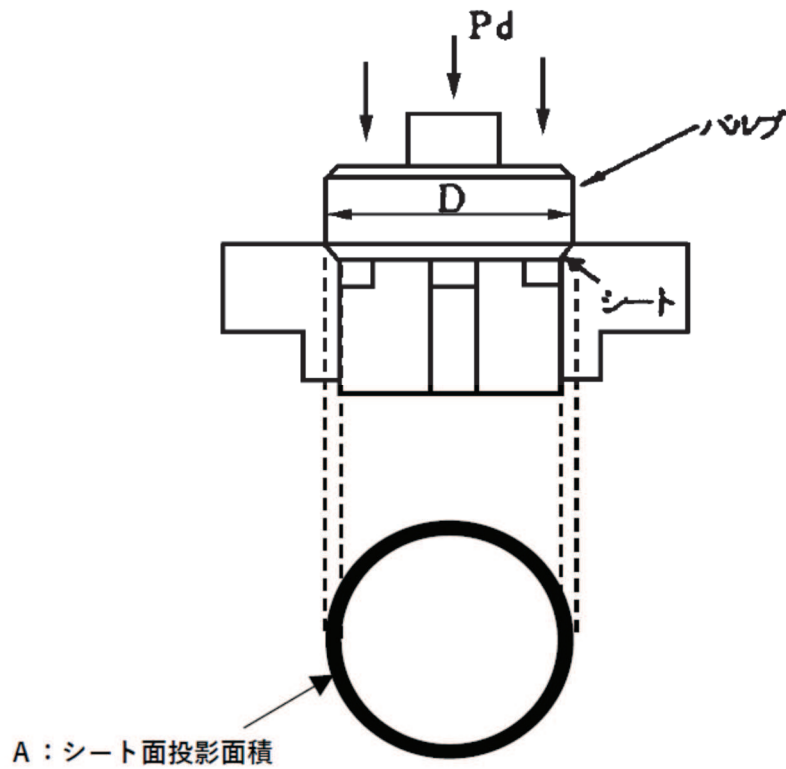


図 4-3 バルブシート部の計算モデル

シート面の面圧は

$$P = F \cdot \frac{10^{-6}}{A} \dots\dots\dots (4.2.3.9)$$

$$F = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P_d}{4} + W \cdot \alpha_v \dots\dots\dots (4.2.3.10)$$

(5) 歯車軸軸受

a. 記号の説明

歯車軸軸受評価に使用する記号を表 4-6 に示す。

表 4-6 歯車軸軸受評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
P_r	歯車軸軸受に作用する荷重	N
m	モジュール	-
F_1	接線力	N
F_a	スラスト荷重	N
F_{a1}	スラスト荷重	N
F_r	ラジアル荷重	N
n_1	入力回転速度	rpm
N	伝達動力	kW
R_A	合成反力 (ラジアル荷重)	N
R_A'	接線力による反力	N
R_A''	半径方向荷重による反力	N
R_A'''	スラスト荷重による反力	N
v_1	歯車周速	m/s
W_1	入力軸の小歯車質量	kg
W_2	出力軸の大歯車質量	kg
X	ラジアル荷重係数	-
Y	スラスト荷重係数	-
z_1	小歯車歯数	-
αH	水平方向地震加速度	m/s ²
β_2	ねじれ角	°

b. 評価方法

歯車軸軸受にかかる荷重は

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = X \cdot R_A + Y \cdot F_{a1} \dots\dots\dots (4.2.3.11)$$

$$R_A = \sqrt{R_A'^2 + (R_A'' + R_A''')^2} \dots\dots\dots (4.2.3.12)$$

$$F_{a1} = F_1 \cdot \tan \beta_2 \dots\dots\dots (4.2.3.13)$$

$$F_1 = \frac{1000 \cdot N}{V_1} + (W_1 + W_2) \cdot \alpha H \dots\dots\dots (4.2.3.14)$$

$$V_1 = \frac{m \cdot z_1 \cdot \pi \cdot n_1}{1000 \cdot 60 \cdot \cos \beta_2} \dots \dots \dots (4.2.3.15)$$

O 2 © VI-2-6-4-1-1 R 3

(6) 減速機歯車

a. 記号の説明

減速機歯車評価に使用する記号を表 4-7 に示す。

表 4-7 減速機歯車評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	プランジャ断面積	mm ²
F G	歯車に働く荷重 (地震時)	N
F g	歯車に働く荷重 (通常時)	N
N	回転速度	rpm
L w	伝達動力	kW
M	地震時考慮される部品質量	kg
M g	地震時考慮される荷重	N
m	モジュール	-
P	吐出圧力	MPa
P r	吐出圧力比	-
P v	圧力換算	MPa
V	歯車周速	m/s
Z	歯数	-
α H	地震加速度	m/s ²
β ₂	ねじれ角	°

b. 評価方法

歯車に働く荷重は

$$F G = F g \cdot P r \dots\dots\dots (4.2.3.16)$$

$$F g = \frac{1000 \cdot L w}{V} \dots\dots\dots (4.2.3.17)$$

$$V = \frac{m \cdot Z \cdot \pi \cdot N}{1000 \cdot 60 \cdot \cos \beta_2} \dots\dots\dots (4.2.3.18)$$

$$P r = \frac{P v + P}{P} \dots\dots\dots (4.2.3.19)$$

$$P v = \frac{M g}{A} \dots\dots\dots (4.2.3.20)$$

$$M g = M \cdot \alpha H \dots\dots\dots (4.2.3.21)$$

(7) クランク軸

a. 記号の説明

クランク軸評価に使用する記号を表 4-8 に示す。

表 4-8 クランク軸評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
M	曲げモーメント	N・mm
T	ねじりモーメント	N・mm
Z	断面係数	mm ³
Z _P	極断面係数	mm ³
τ _C	ねじり応力	MPa
σ _C	曲げ応力	MPa
σ _S	組合せ応力	MPa

b. 評価方法

組合せ応力は

$$\sigma_S = \frac{1}{2} \cdot \sigma_C + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_C^2 + 4 \cdot \tau_C^2} \dots\dots\dots (4.2.3.22)$$

$$\sigma_C = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots (4.2.3.23)$$

$$\tau_C = \frac{T}{Z_P} \dots\dots\dots (4.2.3.24)$$

(8) 歯車軸

a. 記号の説明

歯車軸評価に使用する記号を表 4-9 に示す。

表 4-9 歯車軸評価に関する記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	支点 A から荷重点までの距離	mm
b	支点 B から荷重点までの距離	mm
c	支点間距離	mm
F_1	接線力	N
$F S_1$	半径方向荷重	N
M	曲げモーメント	N・mm
Z	断面係数	mm ³
σ_G	曲げ応力	MPa

b. 評価方法

曲げ応力は

$$\sigma_G = \frac{M}{Z} \dots\dots\dots (4.2.3.25)$$

$$M = \frac{(F_1 + F S_1) \cdot a \cdot b}{c} \dots\dots\dots (4.2.3.26)$$

4.3 原動機の動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の原動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子間のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 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ている。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子間のクリアランス、モータフレーム及び軸継手を評価対象部位とする。なお、軸継手においては、ポンプの動的機能維持評価に含まれている。

4.3.2 許容値

モータフレーム及び端子箱の許容値はクラス2支持構造物の許容応力状態Ⅳ_ASに準拠し設定する。軸（回転子）の許容値は、クラス2ポンプの許容応力状態Ⅲ_ASに準拠し設定する。固定子の許容値はクラス2支持構造物の許容応力状態Ⅲ_ASに準拠し設定する。また軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を許容値として設定する。

4.3.3 記号の説明

ほう酸水注入系ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-10 に示す。

表4-10 記号の説明 (1/2)

記号	記号の説明	単位
A_p	ピンの断面積	mm^2
A_{tb}	端子箱取付ボルトの断面積	mm^2
A_s	脚部の断面積	mm^2
C_P	ポンプ振動による震度	—
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_f	フレームの内径	mm
d_s	軸の直径	mm
E	軸の縦弾性係数	MPa
F	ピンにはたらく合成荷重	N
$F_{tb, a}$	端子箱取付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する引張力	N
$F_{tb, b}$	端子箱取付面に対し前後方向の水平方向地震により作用する引張力	N
F_{tb}	ボルトに作用する引張力	N
F_1	電動機の回転によりピンにはたらく荷重	N
F_2	水平方向（長手方向）地震力によりピンにはたらく荷重	N
F_a	アキシアル荷重	N
F_{R1}	地震力により軸に作用する荷重	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h_c	電動機取付面から電動機重心までの高さ	mm
h_f	電動機取付面から脚取付部までの高さ	mm
h_t	端子箱取付面から端子箱重心までの高さ	mm
I	軸の断面二次モーメント	mm^4
$L_{1, y}$	端子箱重心と取付ボルトの水平方向距離（y 方向）	mm
$L_{2, y}$	端子箱重心と取付ボルトの水平方向距離（y 方向）	mm
$L_{1, z}$	端子箱重心と取付ボルトの鉛直方向距離（z 方向）	mm
$L_{2, z}$	端子箱重心と取付ボルトの鉛直方向距離（z 方向）	mm
l	電動機脚部中心間距離	mm
l_c	脚中心から電動機重心までの水平方向距離	mm
$l_{b, L}$	反軸継手側・軸継手側（反負荷側・負荷側）軸受間距離	mm
$l_{r, c}$	軸（回転子）の重心位置	mm
M_{l1}	水平方向地震力（横方向）により脚部底面に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{max}	軸に生じる最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_P	軸の回転によるモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m	脚部重量を除いた電動機重量	kg
m_r	軸・回転子の重量	kg
m_S	固定子重量	kg

表4-10 記号の説明 (2/2)

記号	記号の説明	単位
m_{s1}	脚部の重量	kg
m_t	端子箱重量	kg
N	電動機定格回転速度	min^{-1}
n_p	ピンの本数	—
n_t	端子箱取付ボルトの本数	—
$n_{t1, y}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (y 方向)	—
$n_{t1, z}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (z 方向)	—
P	電動機定格出力	kW
P_1	静等価ラジアル荷重	N
P_2	静等価ラジアル荷重	N
$P_{or, 1}$	反軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重	N
$P_{or, 2}$	軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重	N
P_ℓ	水平方向地震力 (横方向) により脚取付部に作用する鉛直方向荷重	N
$Q_{tb, a}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
$Q_{tb, b}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{tb}	ボルトに作用するせん断力	N
R_1	脚部が受ける荷重	N
R_L	軸継手側軸受が受ける荷重	N
R_O	反軸継手側軸受が受ける荷重	N
T_M	電動機最大トルク	$\text{N}\cdot\text{m}$
T_S	電動機最大トルク	%
X_O	軸受ラジアル荷重に対する係数	—
Y_O	軸受アキシアル荷重に対する係数	—
y_{max}	軸の最大たわみ	mm
Z_S	軸の断面係数	mm^3
Z_{sy}	脚部の長手方向軸に対する断面係数	mm^3
σ_b	軸にはたらく最大曲げ応力	MPa
σ_{tb}	ボルト1本あたりにはたらく引張応力	MPa
σ_s	軸にはたらく組合せ応力	MPa
σ_S	鉛直方向と水平方向 (横方向) 地震力が作用する組合せ応力	MPa
σ_{S1}	電動機重量による応力	MPa
σ_{S2}	水平方向地震力 (横方向) による曲げ応力および圧縮応力	MPa
σ_{S4}	鉛直方向地震力による応力	MPa
τ_{tb}	ボルト1本あたりにはたらくせん断応力	MPa
τ_p	ピンにはたらくせん断応力	MPa
τ_t	軸に生じるねじり応力	MPa
τ_{S2}	水平方向地震力 (横方向) によるせん断応力	MPa

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

a. 電動機の回転による荷重

電動機の最大トルクは

$$T_M = \frac{P \cdot 1000000}{2\pi \cdot \frac{N}{60}} \cdot \frac{T_s}{100} \dots\dots\dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転によりピンにはたらく荷重は

$$F_1 = \frac{T_M}{\frac{1}{2} \cdot D_f} \dots\dots\dots (4.3.4.2)$$

b. 水平方向（長手方向）地震力によりピンにはたらく荷重

$$F_2 = m_s \cdot g \cdot (C_H + C_P) \dots\dots\dots (4.3.4.3)$$

c. ピンにはたらくせん断応力

a. , b. の合成荷重は

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \dots\dots\dots (4.3.4.4)$$

ピンにはたらくせん断応力は

$$\tau_p = \frac{F}{n_p \cdot A_p} \dots\dots\dots (4.3.4.5)$$

(2) 軸（回転子）

a. 各部にはたらく荷重

地震力により軸に作用する荷重は

$$F_{R1} = \sqrt{(C_H + C_P)^2 + (1 + C_V + C_P)^2} \cdot m_r \cdot g \dots\dots\dots (4.3.4.6)$$

軸継手側軸受が受ける荷重および反軸継手側軸受が受ける荷重は

$$R_L = F_{R1} \cdot \frac{\ell_{r,C}}{\ell_{b,L}} \dots\dots\dots (4.3.4.7)$$

$$R_O = F_{R1} \cdot \left(1 - \frac{\ell_{r,C}}{\ell_{b,L}}\right) \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

b. 曲げ応力

軸に生じる最大曲げモーメントは

$$M_{max} = \frac{F_{R1} \cdot \ell_{r,C} \cdot (\ell_{b,L} - \ell_{r,C})}{\ell_{b,L}} \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

軸にはたらく最大曲げ応力は

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{Z_S} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

c. ねじり応力

軸の回転によるモーメントは

$$M_P = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

軸に生じるねじり応力は

$$\tau_t = \frac{16 \cdot M_P}{\pi \cdot d_S^3} \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

(3) 端子箱

a. 端子箱取付ボルトに生じる引張力

$$F_{tb, a} = \frac{m_t \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot h_t \cdot g}{n_{t1, z} \cdot (L_{1, z} + L_{2, z})} + \frac{m_t \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t \cdot g}{n_{t1, y} \cdot (L_{1, y} + L_{2, y})} \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

$$F_{tb, b} = \frac{m_t \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot h_t \cdot g + m_t \cdot (C_H + C_P) \cdot L_{1, z} \cdot g}{n_{t1, z} \cdot (L_{1, z} + L_{2, z})} \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

$$F_{tb} = \text{Max} [F_{tb, a}, F_{tb, b}] \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

b. 端子箱取付ボルト 1 本あたりにはたらく引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_{tb}} \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

c. 端子箱取付ボルトに生じるせん断力

$$Q_{tb, a} = m_t \cdot (C_H + C_P) \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

$$Q_{tb, b} = m_t \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

$$Q_{tb} = \sqrt{Q_{tb, a}^2 + Q_{tb, b}^2} \dots \dots \dots (4.3.4.20)$$

d. 端子箱取付ボルト 1 本あたりにはたらくせん断応力

$$\tau_{tb} = \frac{Q_{tb}}{n_t \cdot A_{tb}} \dots \dots \dots (4.3.4.21)$$

(4) 軸受

a. 反軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重は

$$P_1 = X_O \cdot R_O + Y_O \cdot F_a \quad \dots \dots \dots (4.3.4.22)$$

$$P_2 = R_O \quad \dots \dots \dots (4.3.4.23)$$

$$P_{or,1} = \text{Max} [P_1, P_2] \quad \dots \dots \dots (4.3.4.24)$$

b. 軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重は

$$P_1 = X_O \cdot R_L + Y_O \cdot F_a \quad \dots \dots \dots (4.3.4.25)$$

$$P_2 = R_L \quad \dots \dots \dots (4.3.4.26)$$

$$P_{or,2} = \text{Max} [P_1, P_2] \quad \dots \dots \dots (4.3.4.27)$$

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

a. 軸の断面二次モーメント

$$I = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.28)$$

b. 軸の最大たわみ

$$y_{max} = \frac{F_{R1} \cdot \ell_{r,C} \cdot (\ell_{b,L}^2 - \ell_{r,C}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \ell_{b,L}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.29)$$

(6) モータフレーム

a. 電動機重量による応力

脚部が受ける荷重は

$$R_1 = m \cdot g \cdot \frac{\ell - \ell_c}{\ell} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.30)$$

電動機重量による応力は

$$\sigma_{s1} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.31)$$

b. 鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{S4} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \cdot (C_V + C_P) \dots\dots\dots (4.3.4.32)$$

c. 水平方向地震力（横方向）による応力

水平方向地震力（横方向）により脚部底面に作用する曲げモーメントは

$$M_{l1} = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot h_f \dots\dots\dots (4.3.4.33)$$

水平方向地震力（横方向）により脚取付部に作用する鉛直方向荷重は

$$P_l = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot \frac{h_c}{l} \dots\dots\dots (4.3.4.34)$$

曲げ応力および圧縮応力は

$$\sigma_{S2} = \frac{M_{l1}}{Z_{sy}} + \frac{P_l}{A_s} \dots\dots\dots (4.3.4.35)$$

せん断応力は

$$\tau_{S2} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m \cdot g}{A_s} \dots\dots\dots (4.3.4.36)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_S = \sqrt{(\sigma_{S1} + \sigma_{S2} + \sigma_{S4})^2 + 3 \cdot \tau_{S2}^2} \dots\dots\dots (4.3.4.37)$$

(7) 軸継手

軸継手（原動機～減速機）の評価は、4.2.3(1)のポンプの動的機能維持評価に含まれている。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系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。なお、弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(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

ほう酸水注入系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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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			
ほう酸水注入系ポンプ	S	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =2.12	C _V =1.56		66	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：Ⅲ_Sについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} *1
基礎ボルト (i=1)							10	4
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2
								3

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (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	
基礎ボルト (i=1)							
ポンプ取付ボルト (i=2)							
原動機取付ボルト (i=3)							
減速機取付ボルト (i=4)							

予想最大両振幅 (μm)	ポンプ回転速度 (rpm)	原動機回転速度 (rpm)
H _p =90		

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
 *2：最高使用温度で算出
 *3：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

注記*: III_AS については, 基準地震動 S_s で評価する。

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	$\sigma_{b1}=67^{*2}$	$f_{ts1}=173^{*1}$	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b1}=23^{*2}$	$f_{sb1}=133$	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=159$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=33^{*2}$	$f_{ts2}=154^{*1}$	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=185^{*1}$
		せん断	$\tau_{b2}=22^{*2}$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	$\sigma_{b3}=16^{*2}$	$f_{ts3}=173^{*1}$	$\sigma_{b3}=16$	$f_{ts3}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b3}=9^{*2}$	$f_{sb3}=133$	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=159$
減速機取付ボルト (i=4)		引張り	$\sigma_{b4}=14^{*2}$	$f_{ts4}=173^{*1}$	$\sigma_{b4}=14$	$f_{ts4}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b4}=5^{*2}$	$f_{sb4}=133$	$\tau_{b4}=5$	$f_{sb4}=159$

すべて許容応力以下である。

注記*1: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

*2: 基準地震動 S_s による算出値

1.5 動的機能維持評価

1.5.1 設計条件

機器名称	形式	容量 (ℓ/min)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (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			
ほう酸水注入系 ポンプ	横形3連往復動式 ポンプ	163	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =1.77	C _V =1.30		66	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: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

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)		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			
ほう酸水注入系 ポンプ用電動機	横形ころがり軸受 電動機	37	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =1.77	C _V =1.30		66	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: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

32

1.5.2 機器要目

1.5.2.1 横形3連往復動式ポンプの機器要目

(1) 軸継手

部材	ℓ ₃ (mm)	D _p (mm)	β (rad)	m (kg)	E (N/m ²)	I (m ⁴)	h (m)
軸継手		203	5.91×10 ⁻⁴		1.5102×10 ¹¹	3.378×10 ⁻³	0.35

(2) クランク軸軸受

部材	F' (N)	L (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)
クランク軸軸受	40130			

(3) コネクティングロッド軸軸受

部材	F (N)	A _s (m ²)	θ (rad)	D _s (m)	N (rpm)
コネクティングロッド軸軸受	24490	3.3×10 ⁻³	0.335		

(4) ハルブシート

部材	F (N)	A (m ²)	D (m)	P _d (Pa)	W (kg)
ハルブシート	13360	4.56×10 ⁻⁴		8.4×10 ⁶	

(5) 歯車軸軸受

部材	m	Z ₁	n ₁ (rpm)	β (°)	N (kW)	W1 (kg)	W2 (kg)	R _A ['] (N)	R _A ^{''} (N)	R _A ^{'''} (N)	X	Y
歯車軸軸受	5	13		11				4833	1792	-243	0.67	4

(6) 減速機歯車

部材	A (mm)	M (kg)	P (MPa)	m	Z	N (rpm)	β (°)	L _w (kW)
減速機歯車			8.4	5	13		11	

(7) クランク軸

部材	M (N・mm)	Z (mm ³)	T (N・mm)	Z _p (mm ³)
クランク軸	9230000	98170	1225000	196300

(8) 歯車軸

部材	F ₁ (N)	F S ₁ (N)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	Z (mm ³)
歯車軸	9496	3521				17240

1.5.2.2 横形ころがり軸受電動機の機器要目

(1) 固定子

部材	A _p (mm ²)	D _f (mm)	m _s (kg)	N (min ⁻¹)	n _p	P (kW)	T _s (%)
固定子	121.7	350	111	1500	2	37	185

(2) 軸 (回転子)

部材	d _s (mm)	ℓ _{b, L} (mm)	ℓ _{r, C} (mm)	m _r (kg)	N (min ⁻¹)	P (kW)	Z _s (mm ³)
軸 (回転子)	55	469.5	235.5	81.5	1500	37	16330

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 端子箱

部材	A_{tb} (mm^2)	h_t (mm)	$L_{1,y}$ (mm)	$L_{2,y}$ (mm)	$L_{1,z}$ (mm)	$L_{2,z}$ (mm)	m_t (kg)	n_t	$n_{t1,y}$	$n_{t1,z}$
端子箱	50.27	110	42.4	42.4	42.4	42.4	7	4	2	2

(4) 軸受

部材	F_a (N)	X_o	Y_o
軸受	0	0.6	0.5

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

部材	d_s (mm)	E (MPa)	$\varnothing_{b,L}$ (mm)	$\varnothing_{r,C}$ (mm)
固定子と回転子間のクリアランス	55	206000	469.5	235.5

(6) モータフレーム

部材	A_s (mm^2)	h_c (mm)	h_f (mm)	\varnothing (mm)	\varnothing_c (mm)	m (kg)	m_{s1} (kg)	Z_{sy} (mm^3)
モータフレーム	5400	200	42	218	109	311	9	13500

(7) 材料物性値

部材	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	材質
原動機	66	SS400 S40C FC150

1.5.3 結論

1.5.3.1 機能確認済加速度との比較

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.77	1.6
	鉛直方向	1.30	1.0
原動機	水平方向	1.77	4.7
	鉛直方向	1.30	1.0

注記 * : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、水平方向および鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.5.3.2 横形3連往復動式ポンプの動的機能維持評価

1.5.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、減速機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。

1.5.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.5.3.2.2.1 軸継手の評価 (単位: mm)

評価部位	発生変位量	許容変位量
軸継手	0.54	

すべて許容変位量以下である。

1.5.3.2.2.2 クランク軸軸受の評価 (単位: N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
クランク軸軸受	5.049×10^4	

すべて許容荷重以下である。

36

1.5.3.2.2.3 コネクティングロッド軸受の評価 (単位: $N/mm^2 \cdot m/s$)

評価部位	発生値	許容値
コネクティングロッド軸受	0.5	

すべて許容値以下である。

1.5.3.2.2.4 バルブシート面の評価 (単位: N/mm^2)

評価部位	面圧	発生値	許容値
バルブシート面	—	30	

すべて許容値以下である。

1.5.3.2.2.5 歯車軸軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
歯車軸軸受	1.079×10^4	

すべて許容荷重以下である。

1.5.3.2.2.6 減速機歯車の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
減速機歯車	6.128×10^3	

すべて許容荷重以下である。

1.5.3.2.2.7 クランク軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
クランク軸	組合せ	95	482

すべて許容応力以下である。

1.5.3.2.2.8 歯車軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
歯車軸	曲げ	48	822

すべて許容応力以下である。

1.5.3.3 横形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

1.5.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

1.5.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.5.3.3.2.1 固定子の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	14	130

すべて許容応力以下である。

1.5.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
固定子	23	456

すべて許容応力以下である。

38

1.5.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	4	202
	せん断	1	155

すべて許容応力以下である。

1.5.3.3.2.4 軸受の評価 (単位: N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側	1231	
反軸継手側	1223	

すべて許容荷重以下である。

1.5.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位: mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	0.65

すべて許容変位量以下である。

1.5.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	21	40

すべて許容応力以下である。

【ほう酸水注入系ポンプ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		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			
ほう酸水注入系ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56		66	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。

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b<i>i</i>} (mm ²)	n _i	n _{f<i>i</i>} *1
基礎ボルト (i=1)							10	4 2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2 2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2 2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2 3

部材	S _{y<i>i</i>} (MPa)	S _{u<i>i</i>} (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	
基礎ボルト (i=1)					—	軸方向	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸方向	—
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角方向	2.355×10 ⁵
減速機取付ボルト (i=4)					—	軸直角方向	1.599×10 ⁶

予想最大両振幅 (μm)	ポンプ回転速度 (rpm)	原動機回転速度 (rpm)
H _p =90		

注記 *1: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
*2: 最高使用温度で算出
*3: 周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

40

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)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=155$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=16$	$f_{ts3}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=155$
減速機取付ボルト (i=4)		引張り	—	—	$\sigma_{b4}=14$	$f_{ts4}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b4}=5$	$f_{sb4}=155$

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

2.5 動的機能維持評価

2.5.1 設計条件

機器名称	形式	容量 (ℓ/min)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (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			
ほう酸水注入系 ポンプ	横形3連往復動式 ポンプ	163	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =1.77	C _V =1.30		66	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。
*3: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

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)		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			
ほう酸水注入系 ポンプ用電動機	横形ころがり軸受 電動機	37	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =1.77	C _V =1.30		66	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。
*3: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

42

2.5.2 機器要目

2.5.2.1 横形3連往復動式ポンプの機器要目

(1) 軸継手

部材	ℓ_3 (mm)	D _p (mm)	β (rad)	m (kg)	E (N/m ²)	I (m ⁴)	h (m)
軸継手		203	5.91×10^{-4}		1.5102×10^{11}	3.378×10^{-3}	0.35

(2) クランク軸軸受

部材	F' (N)	L (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)
クランク軸軸受	40130			

(3) コネクティングロッド軸軸受

部材	F (N)	A _s (m ²)	θ (rad)	D _s (m)	N (rpm)
コネクティングロッド軸軸受	24490	3.3×10^{-3}	0.335		

(4) バルブシート

部材	F (N)	A (m ²)	D (m)	P _d (Pa)	W (kg)
バルブシート	13360	4.56×10 ⁻⁴		8.4×10 ⁶	

(5) 歯車軸軸受

部材	m	Z ₁	n ₁ (rpm)	β (°)	N (kW)	W1 (kg)	W2 (kg)	R _A ['] (N)	R _A ^{''} (N)	R _A ^{'''} (N)	X	Y
歯車軸軸受	5	13		11				4833	1792	-243	0.67	4

(6) 減速機歯車

部材	A (mm)	M (kg)	P (MPa)	m	Z	N (rpm)	β (°)	L _w (kW)
減速機歯車			8.4	5	13		11	

(7) クランク軸

部材	M (N・mm)	Z (mm ³)	T (N・mm)	Z _p (mm ³)
クランク軸	9230000	98170	1225000	196300

43

(8) 歯車軸

部材	F ₁ (N)	F S ₁ (N)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	Z (mm ³)
歯車軸	9496	3521				17240

2.5.2.2 横形ころがり軸受電動機の機器要目

(1) 固定子

部材	A _p (mm ²)	D _f (mm)	m _s (kg)	N (min ⁻¹)	n _p	P (kW)	T _s (%)
固定子	121.7	350	111	1500	2	37	185

(2) 軸 (回転子)

部材	d _s (mm)	ℓ _{b, L} (mm)	ℓ _{r, C} (mm)	m _r (kg)	N (min ⁻¹)	P (kW)	Z _s (mm ³)
軸 (回転子)	55	469.5	235.5	81.5	1500	37	16330

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 端子箱

部材	A_{tb} (mm^2)	h_t (mm)	$L_{1,y}$ (mm)	$L_{2,y}$ (mm)	$L_{1,z}$ (mm)	$L_{2,z}$ (mm)	m_t (kg)	n_t	$n_{t1,y}$	$n_{t1,z}$
端子箱	50.27	110	42.4	42.4	42.4	42.4	7	4	2	2

(4) 軸受

部材	F_a (N)	X_o	Y_o
軸受	0	0.6	0.5

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

部材	d_s (mm)	E (MPa)	$\varnothing_{b,L}$ (mm)	$\varnothing_{r,C}$ (mm)
固定子と回転子間のクリアランス	55	206000	469.5	235.5

(6) モータフレーム

部材	A_s (mm^2)	h_c (mm)	h_f (mm)	\varnothing (mm)	\varnothing_c (mm)	m (kg)	m_{s1} (kg)	Z_{sy} (mm^3)
モータフレーム	5400	200	42	218	109	311	9	13500

(7) 材料物性値

部材	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	材質
原動機	66	SS400 S40C FC150

2.5.3 結論

2.5.3.1 機能確認済加速度との比較

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.77	1.6
	鉛直方向	1.30	1.0
原動機	水平方向	1.77	4.7
	鉛直方向	1.30	1.0

注記 * : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、水平方向および鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.5.3.2 横形3連往復動式ポンプの動的機能維持評価

2.5.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、減速機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。

2.5.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.5.3.2.2.1 軸継手の評価 (単位: mm)

評価部位	発生変位量	許容変位量
軸継手	0.54	

すべて許容変位量以下である。

2.5.3.2.2.2 クランク軸軸受の評価 (単位: N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
クランク軸軸受	5.049×10^4	

すべて許容荷重以下である。

46

2.5.3.2.2.3 コネクティングロッド軸受の評価 (単位: $N/mm^2 \cdot m/s$)

評価部位	発生値	許容値
コネクティングロッド軸受	0.5	

すべて許容値以下である。

2.5.3.2.2.4 バルブシート面の評価 (単位: N/mm^2)

評価部位	面圧	発生値	許容値
バルブシート面	—	30	

すべて許容値以下である。

2.5.3.2.2.5 歯車軸軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
歯車軸軸受	1.079×10^4	

すべて許容荷重以下である。

2.5.3.2.2.6 減速機歯車の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
減速機歯車	6.128×10^3	

すべて許容荷重以下である。

2.5.3.2.2.7 クランク軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
クランク軸	組合せ	95	482

すべて許容応力以下である。

2.5.3.2.2.8 歯車軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
歯車軸	曲げ	48	822

すべて許容応力以下である。

2.5.3.3 横形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

2.5.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

2.5.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.5.3.3.2.1 固定子の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	14	130

すべて許容応力以下である。

2.5.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
固定子	23	456

すべて許容応力以下である。

48

2.5.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	4	202
	せん断	1	155

すべて許容応力以下である。

2.5.3.3.2.4 軸受の評価 (単位: N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側	1231	
反軸継手側	1223	

すべて許容荷重以下である。

2.5.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位: mm)

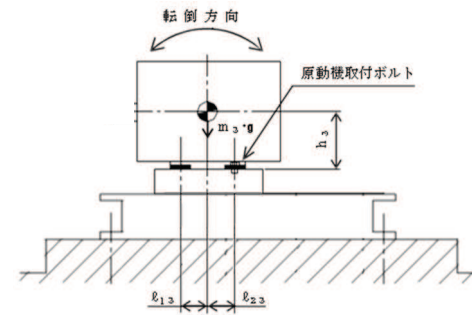
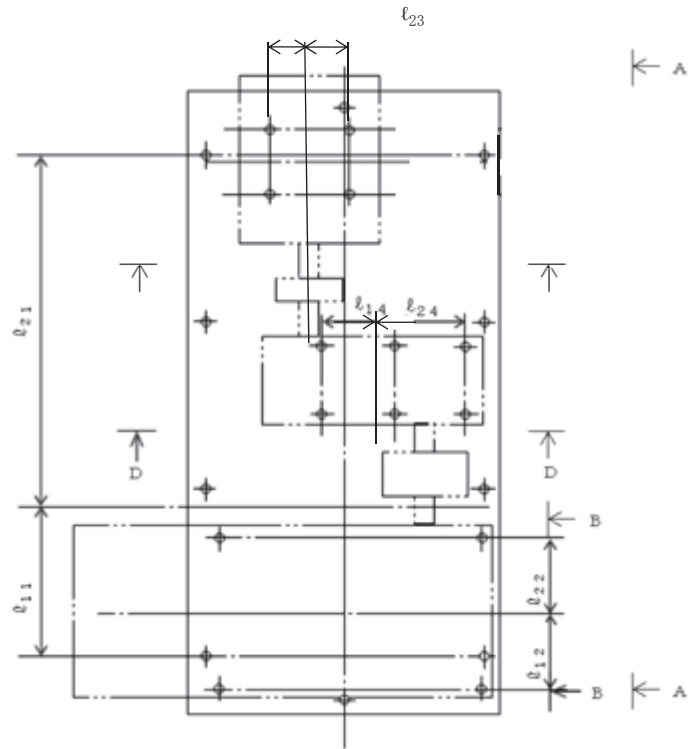
評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	0.65

すべて許容変位量以下である。

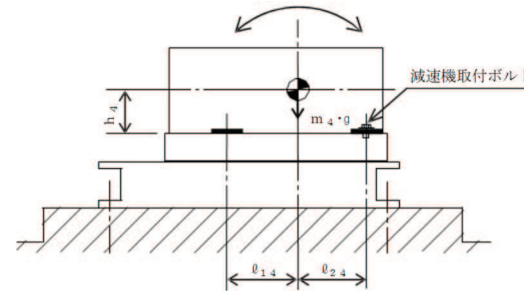
2.5.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	21	40

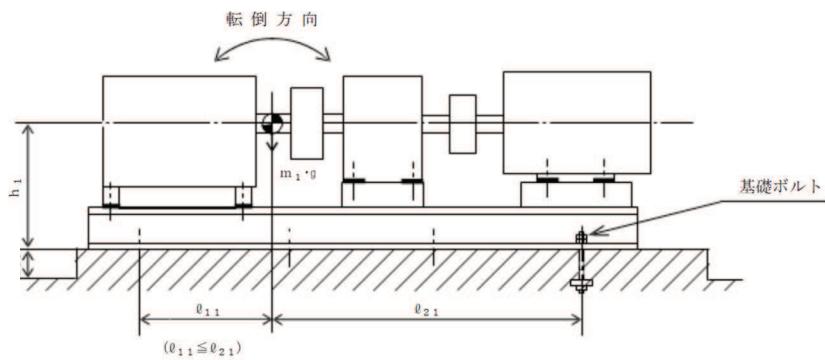
すべて許容応力以下である。



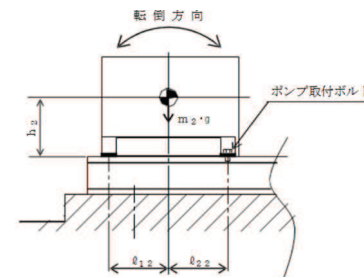
C~C 矢視図
(原動機取付ボルト)



D~D 矢視図
(減速機取付ボルト)



A~A 矢視図
(基礎ボルト)



B~B 矢視図
(ポンプ取付ボルト)

VI-2-6-4-1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の計算	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ほう酸水注入系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。

ほう酸水注入系貯蔵タンクは、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、設計基準対象設備及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、ほう酸水注入系貯蔵タンクは、添付書類「VI-2-1-13 計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造計画を表 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>胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>たて置円筒形 (上面及び下面に平板を有するたて置円筒形)</p>	<p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位:s)

水平方向	<input type="text"/>
鉛直方向	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入系貯蔵タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

ほう酸水注入系貯蔵タンクの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系貯蔵タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	S	クラス 2 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*：クラス 2 容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等* ² クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	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)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 ほう酸水注入系	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	常設耐震／防止	重大事故等* ² クラス 2 容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる)
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備 ほう酸水注入系	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	常設／緩和	重大事故等* ² クラス 2 容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	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：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 4-3 許容応力 (クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2}			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ _{AS}	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の値と 1.2・Sのうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	^{*3} 弾性設計用地震動 S _d 又は基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	
Ⅳ _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる)	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*1：座屈によ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：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。

*3：2・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 4-4 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
III _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _{AS} (V _{AS} として右に示す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 4-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SUS304	最高使用温度	66	126	188	479	205
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	—	231	394	—

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴板	SUS304	最高使用温度	66	126	188	479	205
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	—	225	385	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 S_d による動的震度及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンク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。

【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	原子炉建屋 O.P. 22.50*1 (O.P. 23.105)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-*2	-*2	C _H =2.15	C _v =1.58	静水頭	66	50	1.07

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

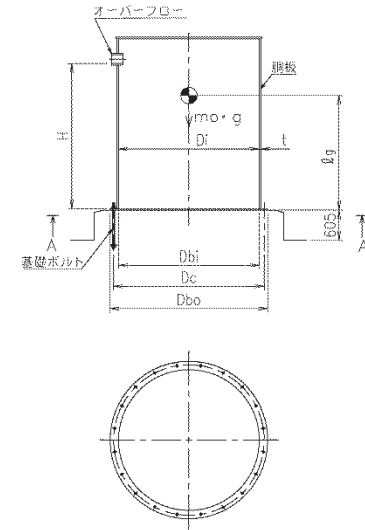
m ₀ (kg)	m _e (kg)	D _i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	φ _g (mm)	H (mm)	s	n
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2750	6.0	192000*1	73700*1	1706	3405	15	20

D _c (mm)	D _{b.o} (mm)	D _{b.i} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	Ms (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
2900	3040	2750	24 (M24)	452.4	-	8.885×10 ⁸

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S _y (基礎ボルト) (MPa)	S _u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
188*1	479*1	126*1	231*2 (16mm<径≤40mm)	394*2	231	276

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	σ _{φ1} =9	—	—	σ _{φ1} =9	—	—
鉛直方向地震による引張応力	σ _{φ2} =13	—	—	σ _{φ2} =13	—	—
空質量による圧縮応力	—	σ _{x2} =1	—	—	σ _{x2} =1	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	σ _{x3} =1	—	—	σ _{x3} =1	—
水平方向地震による応力	—	σ _{x4} =25	τ=20	—	σ _{x4} =25	τ=20
応力の和	引張側	σ _φ =22	σ _{x,t} =26	—	σ _φ =22	σ _{x,t} =26
	圧縮側	σ _φ =-22	σ _{x,c} =27	—	σ _φ =-22	σ _{x,c} =27
組合せ応力	引張り	σ _{o,t} =44		σ _{o,t} =44		
	圧縮	σ _{o,c} =34		σ _{o,c} =34		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力	$\sigma_{\phi 2}=13$	$\sigma_{x3}=1$	—	$\sigma_{\phi 2}=13$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x4}=25$	$\tau=20$	—	$\sigma_{x4}=25$	$\tau=20$
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}=13$	$\sigma_{2xt}=26$	—	$\sigma_{2\phi}=13$	$\sigma_{2xt}=26$
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}=-13$	$\sigma_{2xc}=26$	—	$\sigma_{2\phi}=-13$	$\sigma_{2xc}=26$
組合せ応力 (変動値)	引張り	$\sigma_{2t}=81$		$\sigma_{2t}=81$		
	圧縮	$\sigma_{2c}=69$		$\sigma_{2c}=69$		

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	$\sigma_b=121$	$\sigma_b=121$
せん断応力	$\tau_b=58$	$\tau_b=58$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

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
胴板	SUS304	一次一般膜	$\sigma_0=44$	$S_a=188$	$\sigma_0=44$	$S_a=287$
		一次+二次	$\sigma_2=81$	$S_a=377$	$\sigma_2=81$	$S_a=377$
		圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
			0.21 (無次元)		0.21 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=121$	$f_{ts}=150^*$	$\sigma_b=121$	$f_{ts}=197^*$
		せん断	$\tau_b=58$	$f_{sb}=133$	$\tau_b=58$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

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

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		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	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 22.50* (O.P. 23.105)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	-	-	C _H =2.15	C _V =1.58	静水頭	66	66	1.07

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m ₀ (kg)	m _e (kg)	D _i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	φ _g (mm)	H (mm)	s	n
<input type="text"/>	<input type="text"/>	2750	6.0	192000*1	73700*1	1706	3405	15	20

D _c (mm)	D _{bo} (mm)	D _{bi} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	Ms (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
2900	3040	2750	24 (M24)	452.4	-	8.885×10 ⁸

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S _y (基礎ボルト) (MPa)	S _u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
188*1	479*1	126*1	225*2 (16mm<径≤40mm)	385*2	—	270

注記*1：最高使用温度で算出

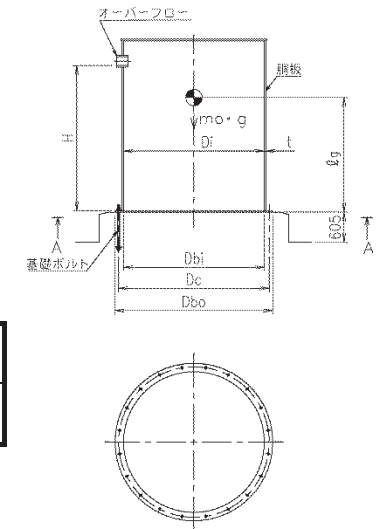
*2：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	—	—	—	σ _{φ1} =9	—	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	σ _{φ2} =13	—	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	σ _{x2} =1	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	—	—	—	σ _{x3} =1	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	σ _{x4} =25	τ=20
応力の和	引張側	—	—	σ _φ =22	σ _{x,t} =26	—
	圧縮側	—	—	σ _φ =-22	σ _{x,c} =27	—
組合せ応力	引張り	—	—	—	σ _{o,t} =44	—
	圧縮	—	—	—	σ _{o,c} =34	—



A~A矢視図

(単位：MPa)

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=13$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x4}=25$	$\tau=20$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{2\phi}=13$	$\sigma_{2xt}=26$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{2\phi}=-13$	$\sigma_{2xc}=26$	—
組合せ応力 (変動値)	引張り	—	—	—	$\sigma_{2t}=81$	—
	圧縮	—	—	—	$\sigma_{2c}=69$	—

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
引張応力	—	$\sigma_b=121$
せん断応力	—	$\tau_b=58$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 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
胴板	SUS304	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=44$	$S_a=287$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2=81$	$S_a=377$
		圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
			—	—	0.21 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=121$	$f_{ts}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=58$	$f_{sb}=155$

すべて許容応力以下である。

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

VI-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書
(ほう酸水注入系)

設計基準対象施設

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 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、ほう酸水注入系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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




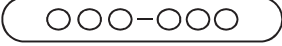

(3) 弁

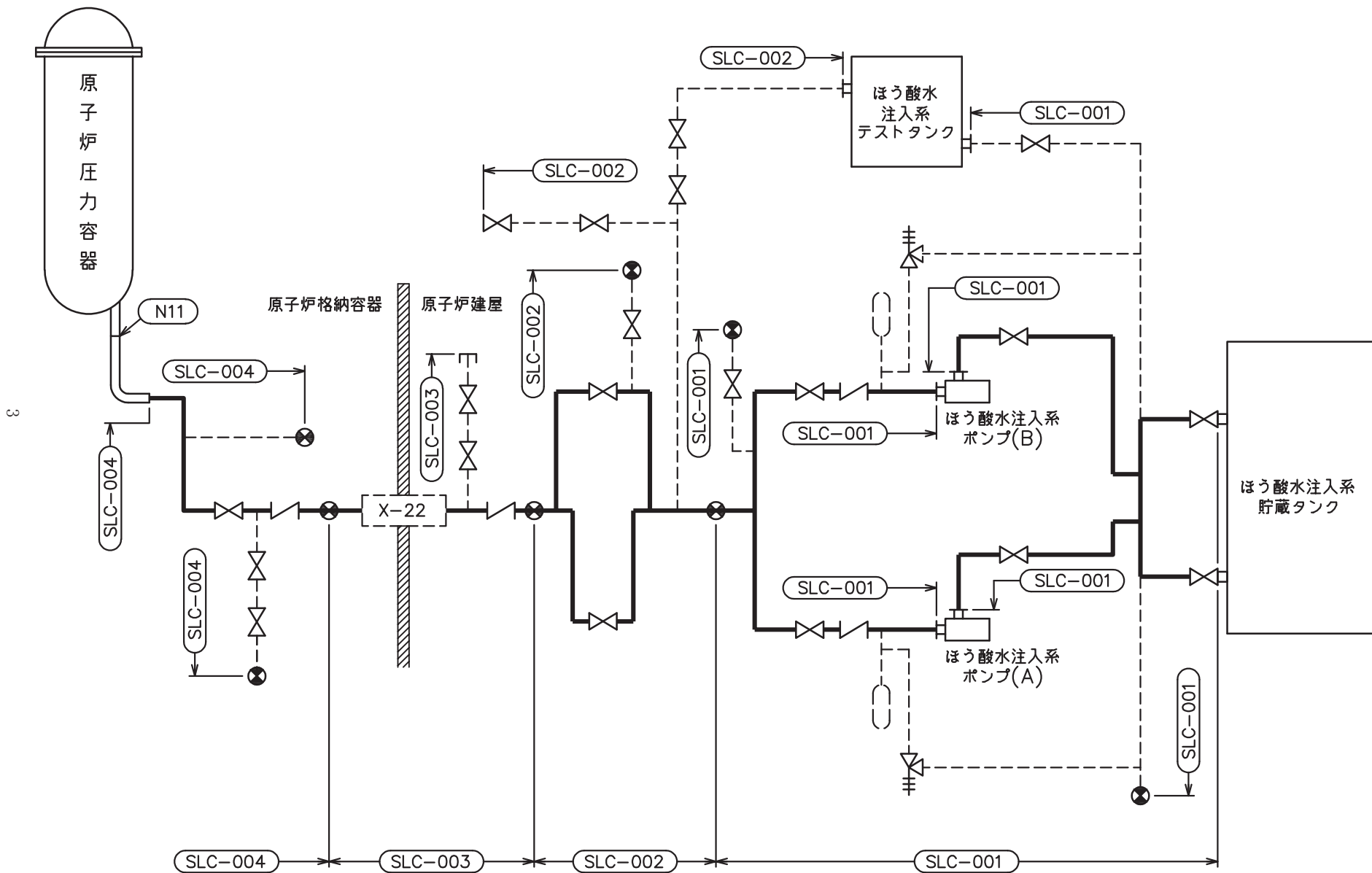
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


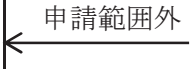




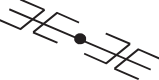

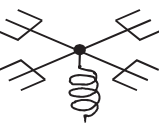
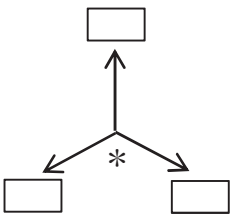
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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，<input type="text"/>内に変位量を記載する。)</p>

5

鳥瞰図	SLC-003-1/2
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 SLC-003-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備分類	機器等 の区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力 状態
測制御系統 施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	DB	—	クラス 2 管	S	I _L + S d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L + S d	
							I _L + S s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S s	

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字 L は荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	48.6	5.1	SUS304TP	S	175840
2	8.62	302	48.6	5.1	SUS304TP	S	175840
3	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP	S	175840

設計条件

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	77	902													
2	77	201													
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	70	78	79	80	81	202	800	801	804	901					

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
5		21		40		55		70	
6		22		41		56		77	
7		23		42		57		78	
8		24		43		58		79	
9		25		44		59		80	
10		26		45		60		81	
11		27		46		61		800	
12		28		47		62		801	
13		29		48		63		804	
14		30		49		64		901	
15		35		50		65		902	
16		36		51		66			
17		37		52		67			
18		38		53		68			
19		39		54		69			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
201	
20	
202	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	20			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
5						
** 9 **						
11						
15						
** 15 **						
18						
** 18 **						
22						
** 22 **						
** 25 **						
28						
** 38 **						
53						
56						
59						
63						
** 63 **						
67						
70						
77						
** 77 **						
78						
79						
** 79 **						
80						
** 80 **						

O 2 ⑥ VI-2-6-4-1-3(設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
81						
** 81 **						
** 102 **						
901						
902						
** 902 **						

--

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。


材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUS304TP	302	—	126	391	110
SUS316LTP	302	—	104	373	94

3.5 設計用地震力

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

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

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数340回(S s)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
S L C - 0 0 3	原子炉しゃへい壁		
	原子炉本体基礎		
	原子炉格納容器		
	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 S L C - 0 0 3

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

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

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

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス 2 以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大 応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				S p r m (S d)	S y * ¹	S n (S d)	2・S y	U S d
S p r m (S s)	0.9・S u	S n (S s)	2・S y	U S s				
S L C - 0 0 3	Ⅲ _A S	50	S p r m (S d)	86	112	—	—	—
	Ⅲ _A S	50	S n (S d)	—	—	114	208	—
	Ⅳ _A S	50	S p r m (S s)	133	335	—	—	—
	Ⅳ _A S	50	S n (S s)	—	—	209 *	208	0.0001

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が 1 以下であり許容値を満足している。

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

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SLC-001-970S	メカニカルスナップ	NMB-003-125	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		3	4.5
SLC-002-054BA	ロッドレストレイント	RST-S1			4	16

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			
SLC-002-033R	レストレイント	架構	SS400	40	0	5	1	—	—	—	組合せ	212	280
SLC-003-070A	アンカ	ラグ	SUS304	302	6	2	2	488N・m	368N・m	1018N・m	曲げ	127	395

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	SLC-001	83	109	188	1.72	—	83	142	431	3.03	—	74	189	376	1.98	—	—	—	—
2	SLC-002	38	100	132	1.32	—	38	138	351	2.54	—	38	215	252	1.17	—	—	—	—
3	SLC-003	50	86	112	1.30	○	50	133	335	2.51	○	50	209	208	0.99	○	50	0.0001	○
4	SLC-004	34	78	112	1.43	—	1	111	335	3.01	—	4	175	208	1.18	—	—	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

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 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、ほう酸水注入系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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






(3) 弁

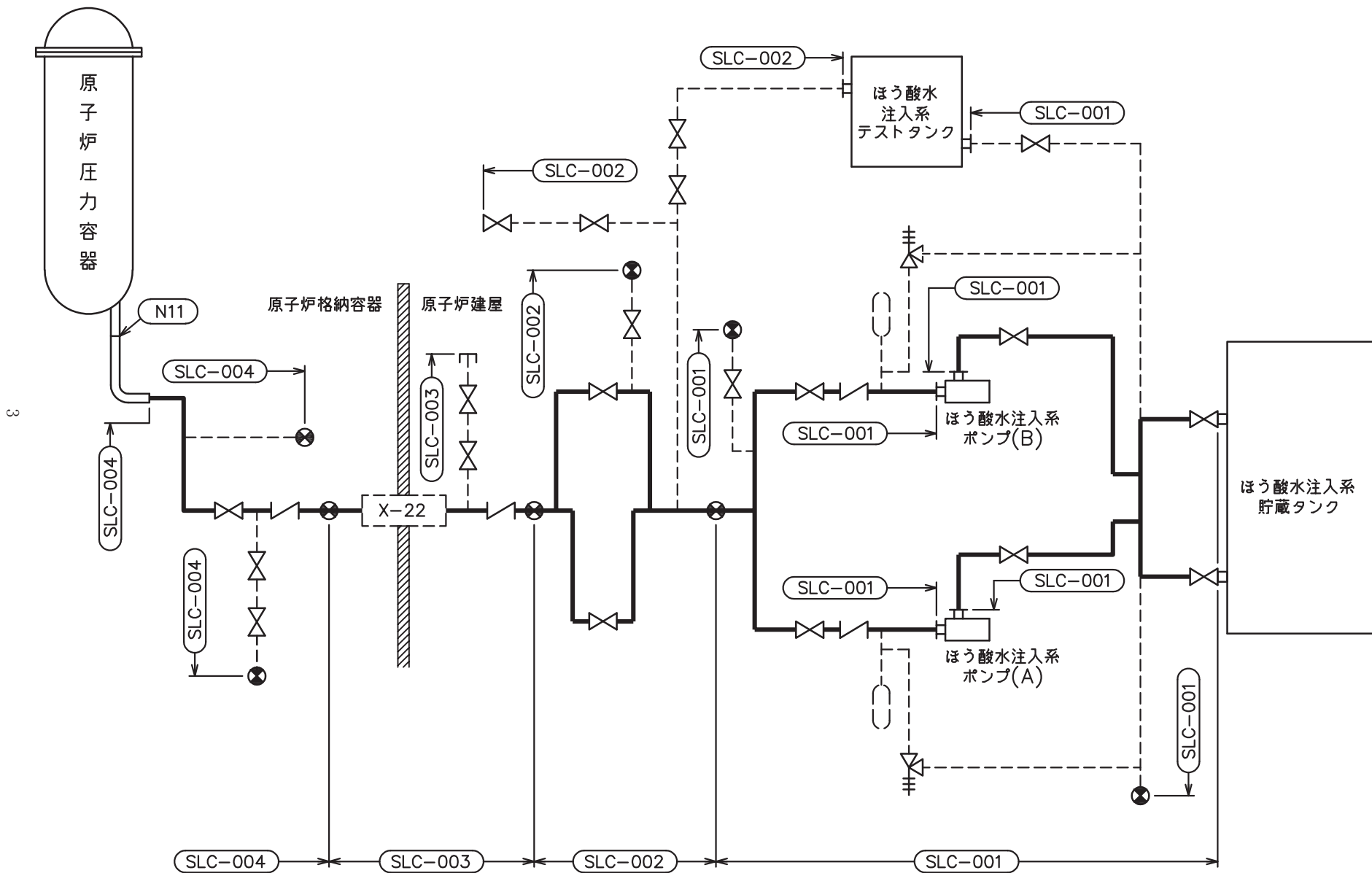
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


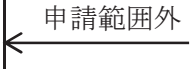



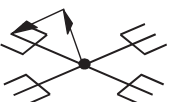
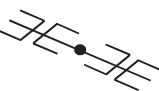

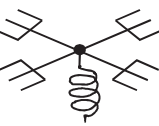
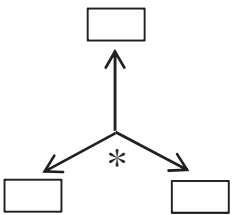
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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として本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印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
	ガイド
	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。)

5

鳥瞰図	SLC-003-1/2
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図	SLC-003-2/2
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	SA	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	SA	常設耐震／防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉格納施設	原子炉格納容器 安全設備	ほう酸水注入系	SA	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

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

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

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	10.34	315	48.6	5.1	SUS304TP	—	174800
2	10.34	315	48.6	5.1	SUS304TP	—	174800
3	10.34	315	48.6	5.1	SUS316LTP	—	174800

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	77	902													
2	77	201													
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	70	78	79	80	81	202	800	801	804	901					

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
5		21		40		55		70	
6		22		41		56		77	
7		23		42		57		78	
8		24		43		58		79	
9		25		44		59		80	
10		26		45		60		81	
11		27		46		61		800	
12		28		47		62		801	
13		29		48		63		804	
14		30		49		64		901	
15		35		50		65		902	
16		36		51		66			
17		37		52		67			
18		38		53		68			
19		39		54		69			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
201	
20	
202	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	20			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
5						
** 9 **						
11						
15						
** 15 **						
18						
** 18 **						
22						
** 22 **						
** 25 **						
28						
** 38 **						
53						
56						
59						
63						
** 63 **						
67						
70						
77						
** 77 **						
78						
79						
** 79 **						
80						
** 80 **						

O 2 ⑥ VI-2-6-4-1-3(重) R 0



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
81						
** 81 **						
** 102 **						
901						
902						
** 902 **						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。


材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
SUS304TP	315	—	125	391	—
SUS316LTP	315	—	103	373	—

3.5 設計用地震力

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

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

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数340回(S s)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
S L C - 0 0 3	原子炉しゃへい壁		
	原子炉本体基礎		
	原子炉格納容器		
	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 S L C - 0 0 3

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

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

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

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

20

鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{p r m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
S L C - 0 0 3	$V_A S$	50	$S_{p r m}(S_s)$	136	335	—	—	—
	$V_A S$	50	$S_n(S_s)$	—	—	211 *	206	0.0001

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SLC-001-970S	メカニカルスナップ	NMB-003-125	添付書類「VI-2-1-12-1 配 管及び支持構造物の耐震 計算について」参照		3	4.5
SLC-002-054BA	ロッドレストレイント	RST-S1			4	16

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			
SLC-002-033R	レストレイント	架構	SS400	66	0	5	2	-	-	-	組合せ	212	270
SLC-003-070A	アンカ	ラグ	SUS304	315	6	2	2	488N・m	368N・m	1016N・m	曲げ	127	391

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	SLC-001	83	139	431	3.10	—	74	189	376	1.98	—	—	—	—
2	SLC-002	38	140	351	2.50	—	38	215	250	1.16	—	—	—	—
3	SLC-003	50	136	335	2.46	○	50	211	206	0.97	○	50	0.0001	○
4	SLC-004	1	113	335	2.96	—	4	175	206	1.17	—	—	—	—

VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-1 起動領域計測装置及び出力領域計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2 原子炉圧力容器本体の入口又は出口の原子炉冷却材の圧力，温度又は流量を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3 原子炉圧力容器本体内の圧力又は水位を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4 原子炉格納容器本体内の圧力，温度，酸素ガス濃度又は水素ガス濃度を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-5 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備に係る容器又は貯蔵槽内の水位を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-6 原子炉冷却材再循環流量を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-7 原子炉格納容器本体への冷却材流量を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-8 原子炉格納容器本体の水位を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-9 原子炉建屋内の水素ガス濃度を計測する装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1 起動領域計測装置及び出力領域計測装置の耐震性についての
計算書

目 次

VI-2-6-5-1-1 起動領域モニタの耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1-2 出力領域モニタの耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1-1 起動領域モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
4.2.2 許容応力	12
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	12
4.2.4 溶接部の継手効率	12
4.3 解析モデル及び諸元	16
4.4 固有周期	18
4.5 設計用地震力	20
4.6 計算方法	22
4.6.1 応力の計算方法	22
4.7 計算条件	27
4.7.1 起動領域モニタの応力計算条件	27
4.8 応力の評価	27
4.8.1 パイプの応力評価	27
6. 評価結果	28
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	28
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
7. 引用文献	28

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、起動領域モニタ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。

起動領域モニタは、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に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

起動領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、起動領域モニタドライチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>起動領域モニタドライチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ（ばね）により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱 （炉心領域に設置された起動領域モニタドライチューブに内包する構造）</p> <p>（起動領域モニタドライチューブは外径 の長尺円筒形の炉内構造物である。）</p>	<p>【起動領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

起動領域モニタの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す起動領域モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

起動領域モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

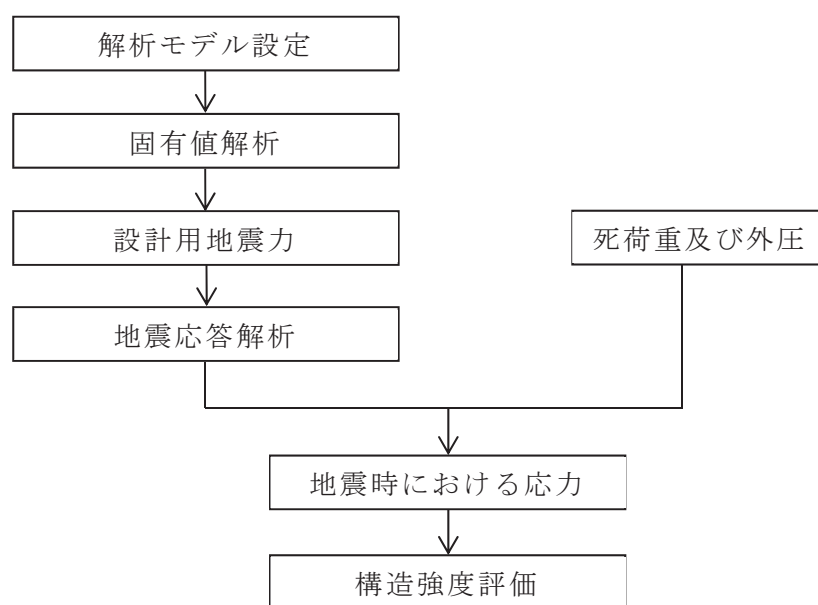


図 2-1 起動領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・
補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（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	断面積	mm ²
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _o	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は有効数字 6 桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
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	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

起動領域モニタの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるパイプについて実施する。起動領域モニタの耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して応力の最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は (P01) と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム (') を付けて (P01') と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面 (応力評価面) について行う。

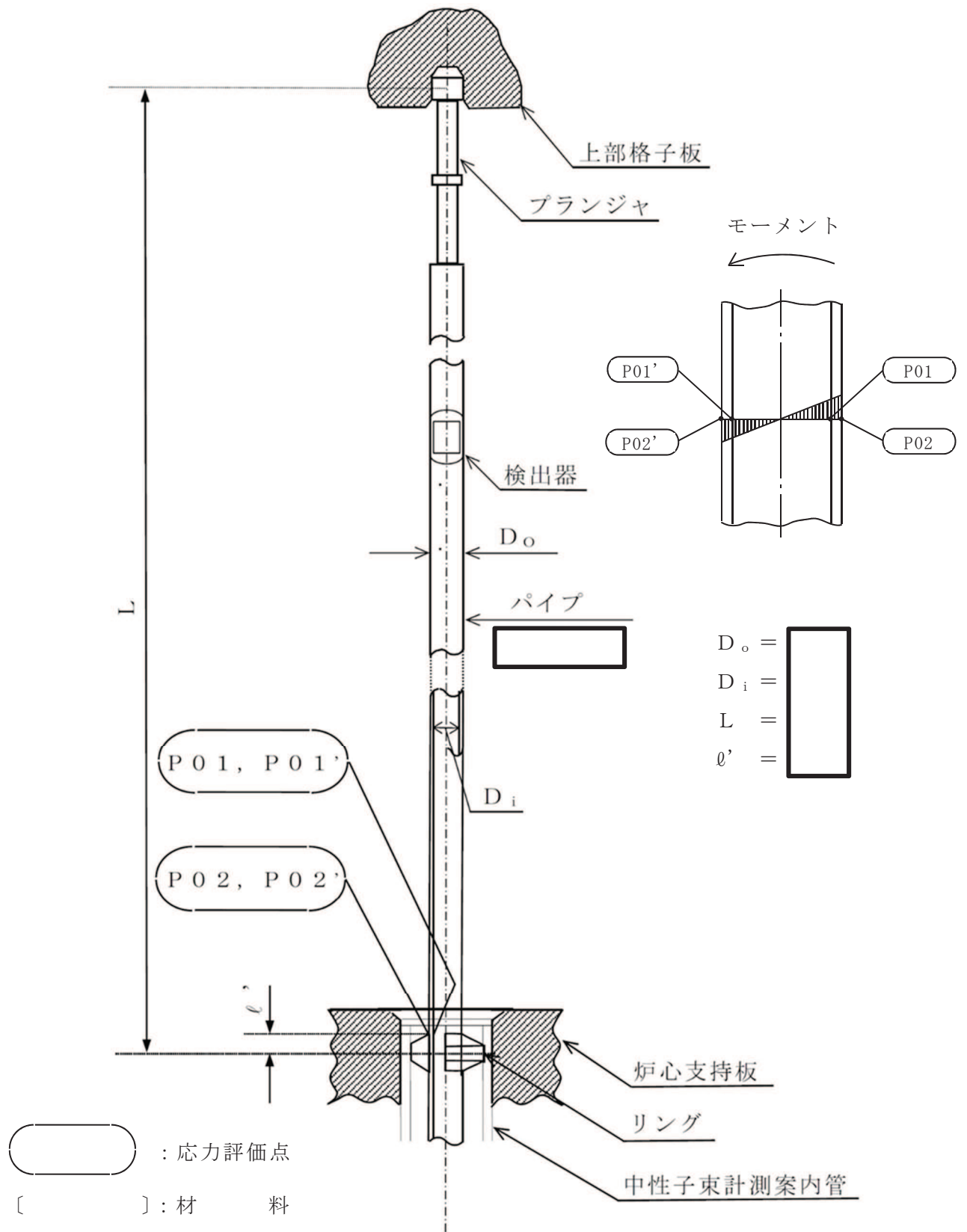


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

(1) 地震力は、起動領域モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)



(3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度(動的加速度と静的加速度の包絡値)を加えて求める。起動領域モニタの動的応答加速度分布図を図 4-1 及び図 4-2 に示す。

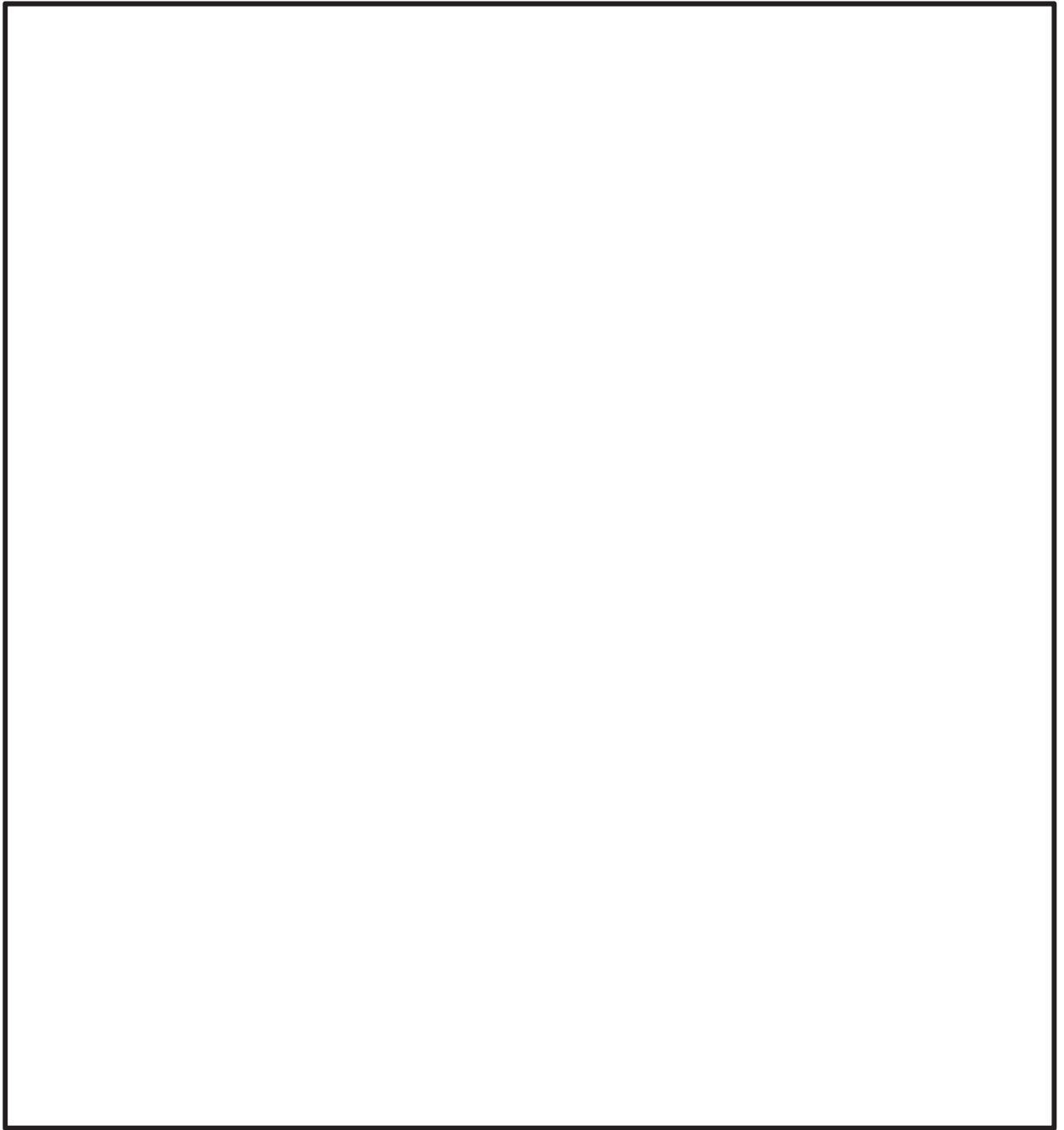


図 4-1 動的応答加速度分布図(弾性設計用地震動 S_d)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

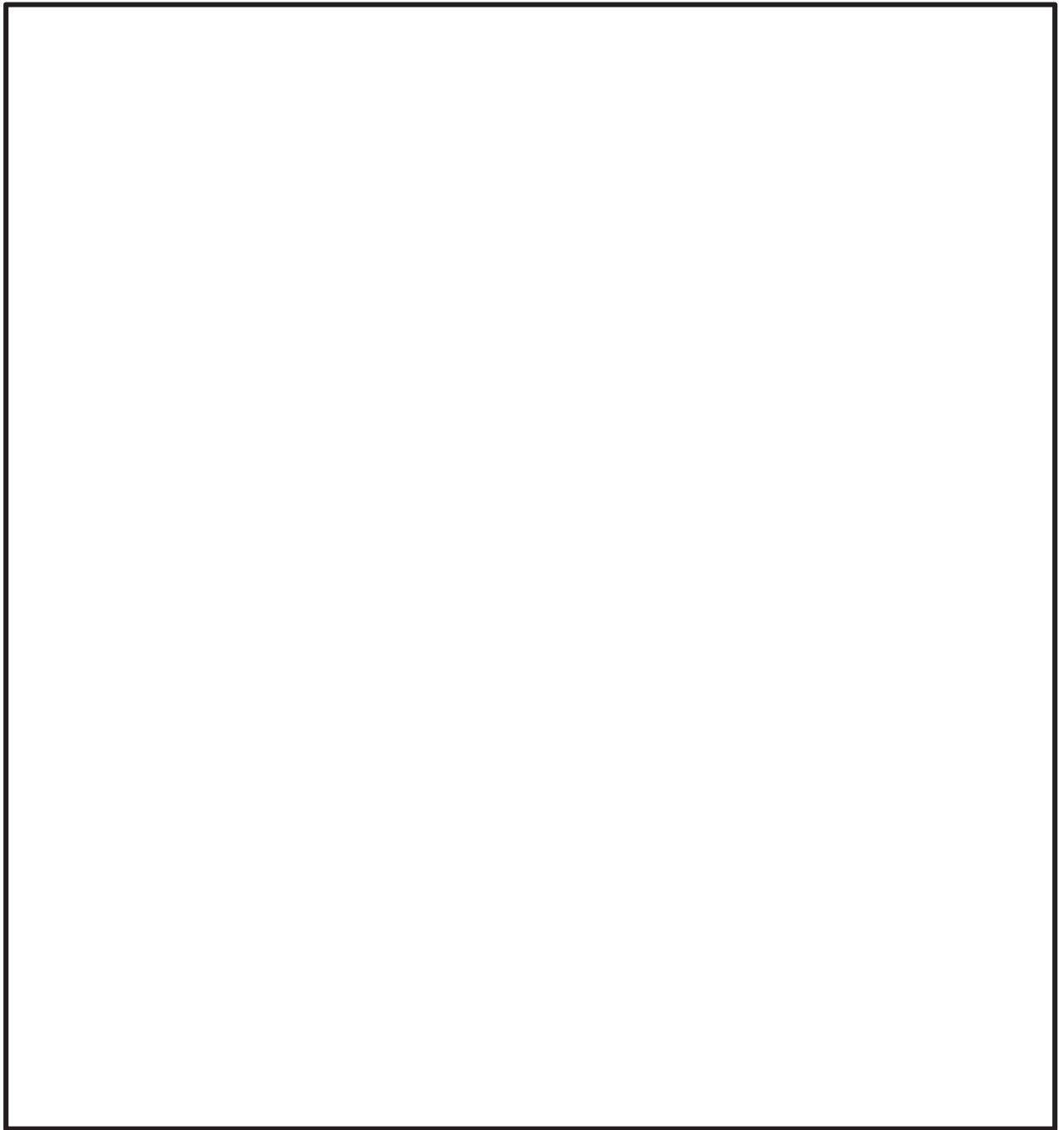


図 4-2 動的応答加速度分布図（基準地震動 S_s ）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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

起動領域モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

起動領域モニタの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

起動領域モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.2.4 溶接部の継手効率

応力評価点は，溶接部でないため $\eta = \square$ を用いる。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	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：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内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（炉内構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力
III _A S	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
IV _A S	$2/3 \cdot S_u$	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。)	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 $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	

注記 * : 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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ		流体の最高温度		

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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ		流体の最高温度		

4.3 解析モデル及び諸元

起動領域モニタの解析モデルを図 4-3 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 起動領域モニタの解析には、三次元はりモデルを用いる。
- (2) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の起動領域モニタドライチューブをモデル化する。ドライチューブの径の変わる箇所には節点を設け、部材の長い箇所は等分して節点とする。

(3)



- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

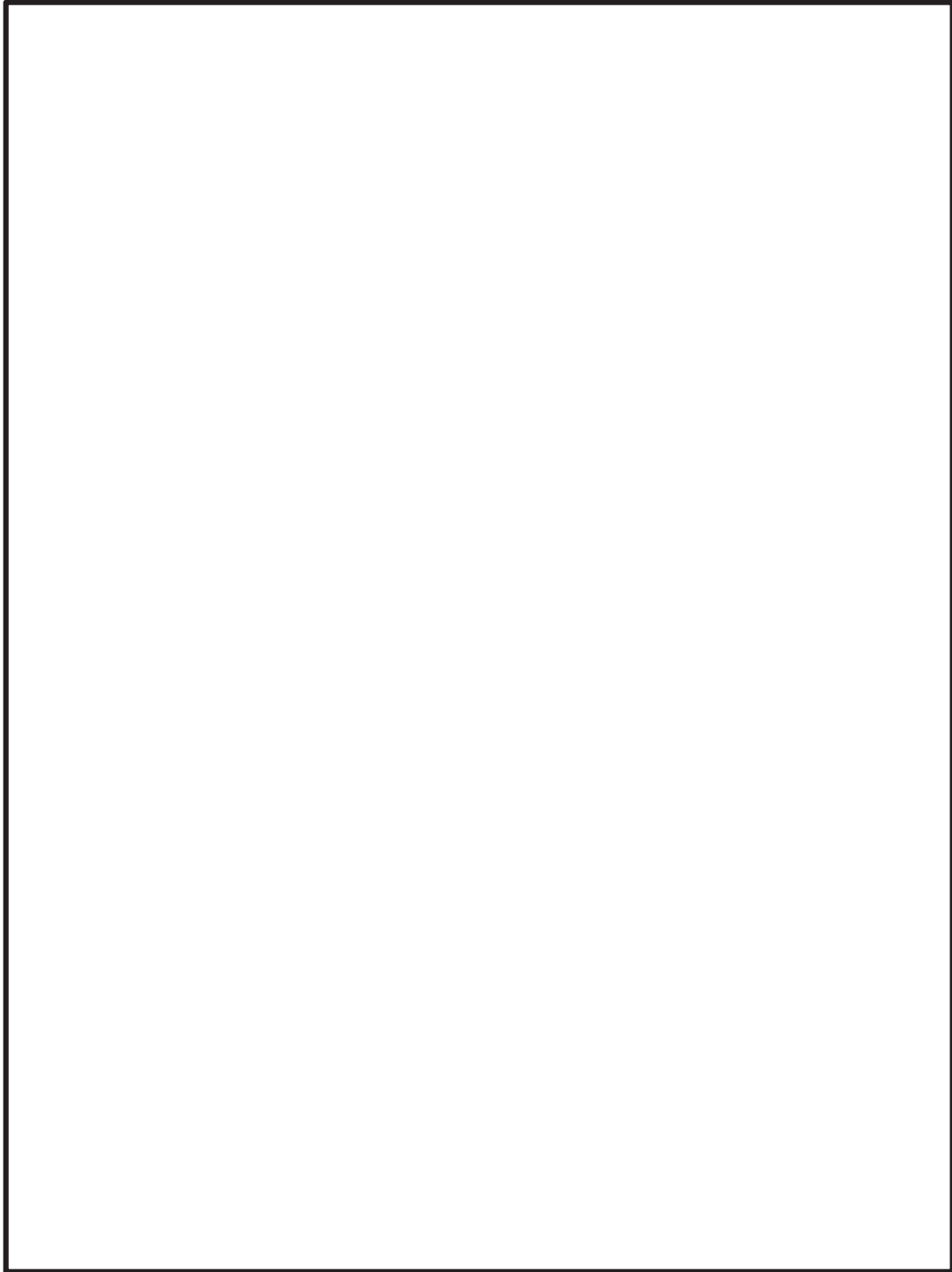


図 4-3 起動領域モニタ解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に、振動モード図を図 4-4、図 4-5 及び図 4-6 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。鉛直方向は、10 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	刺激係数* ¹	
			水平方向* ²	鉛直方向
1 次	水平方向			—
2 次	水平方向			—
3 次	水平方向		—	—
10 次	鉛直方向		—	—

注記 *1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X方向とY方向は同一である。



図 4-4 振動モード図 (水平方向 1 次モード s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

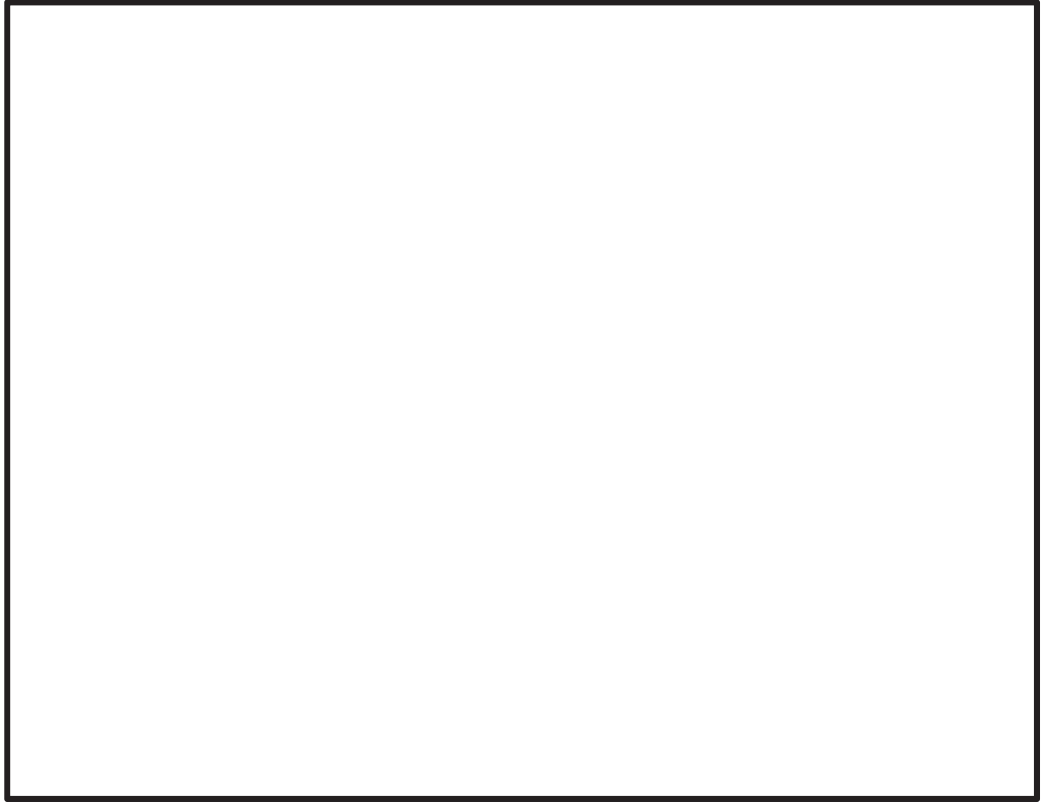


図 4-5 振動モード図（水平方向 2次モード s)

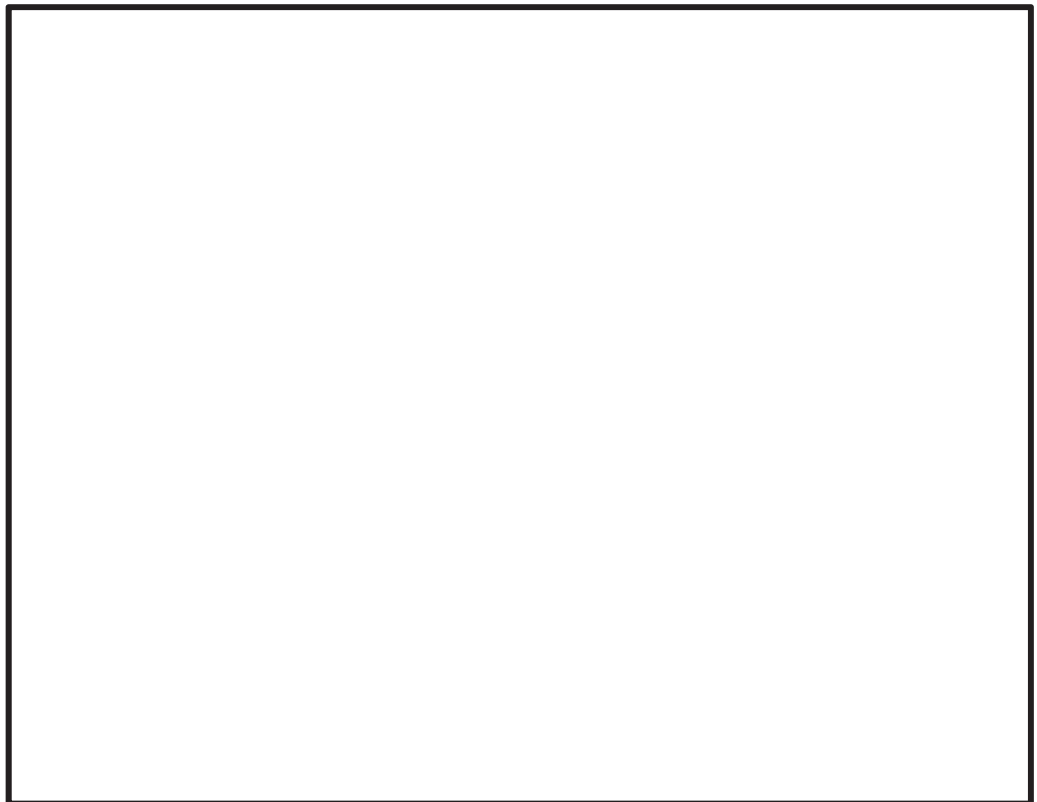


図 4-6 振動モード図（鉛直方向 10次モード s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ (m)		原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885 ^{*1})					
固有周期 (s) ^{*2}		水平 : <input type="text"/>		鉛直 : <input type="text"/>			
減衰定数 (%)		水平 : 1.0		鉛直 : —			
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度 ^{*3}		応答鉛直 震度 ^{*2}	応答水平震度 ^{*4}		応答鉛直 震度 ^{*3}
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	8.17	8.17	—	19.22	19.22	—
2 次		7.70	7.70	—	14.86	14.86	—
3 次		—	—	—	—	—	—
10 次		—	—	—	—	—	—
動的地震力 ^{*5}		1.47	1.90	0.86	2.63	3.08	1.48
静的地震力 ^{*6}		0.91	0.92	0.29	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載

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

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

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885*1)					
固有周期(s)*2		水平： <input type="text"/>		鉛直： <input type="text"/>			
減衰定数(%)		水平：1.0		鉛直：—			
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*2
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1次	<input type="text"/>	—	—	—	19.22	19.22	—
2次		—	—	—	14.86	14.86	—
3次		—	—	—	—	—	—
10次		—	—	—	—	—	—
動的地震力*4		—	—	—	2.63	3.08	1.48
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載

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

*4：S sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

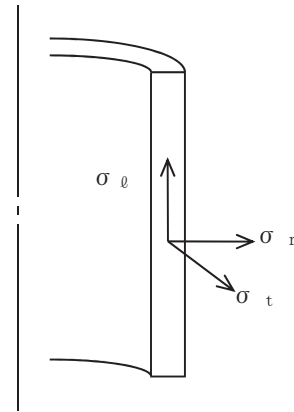
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

起動領域モニタの応力計算における、応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_l : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- τ_{tl} : せん断応力



起動領域モニタに作用する外圧を表 4-9，死荷重を表 4-10 及び地震荷重を表 4-11 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 4-9 起動領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧
	P_0 (MPa)
Ⅲ _A S	
Ⅳ _A S	
Ⅴ _A S	

表 4-10 起動領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力*1
	V_D (N)
死荷重	

注記*1：検出器質量及びばねによる荷重を考慮する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

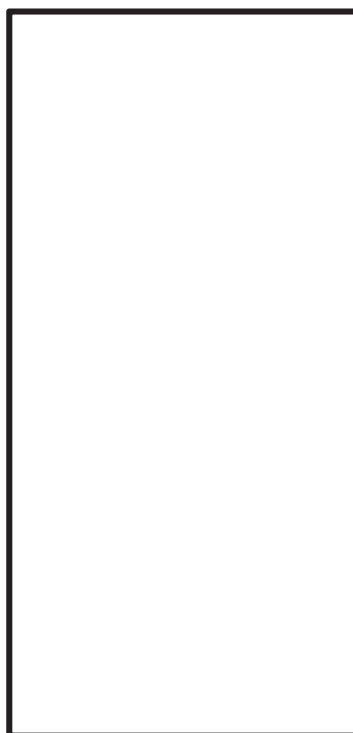
表 4-11 起動領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力* ¹	水平力* ¹ , * ²	地震時 起動領域モニタ 設計たわみ量* ³
	V _s (N)	H (N)	δ _D (mm)
弾性設計用地震動 S _d 又は静的地震力			
基準地震動 S _s			

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：水平力Hは起動領域モニタに一樣に加わるものとし、各節点の動的応答加速度の最大値と全節点の質量の積とする。

*3：燃料集合体の相対変位(地震時たわみ量)及び水平移動量と起動領域モニタの移動量の合計。燃料集合体の相対変位は添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



4.6.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_0 による一次一般膜応力は、下式により計算する。

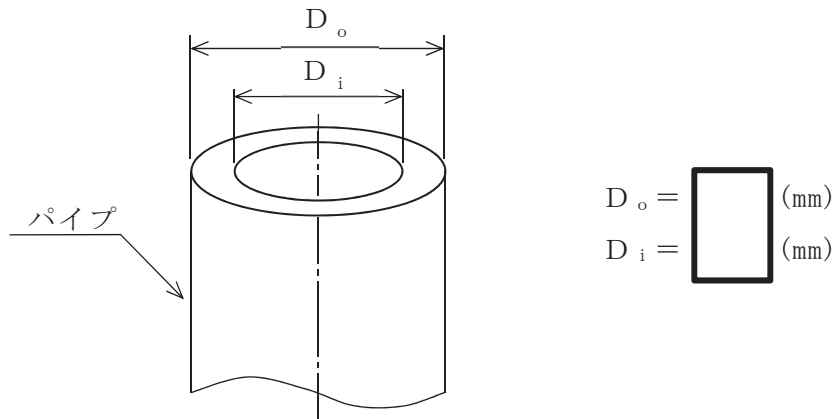
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

ここで、外径と内径の比 Y は次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_0 による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

4.6.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は、下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

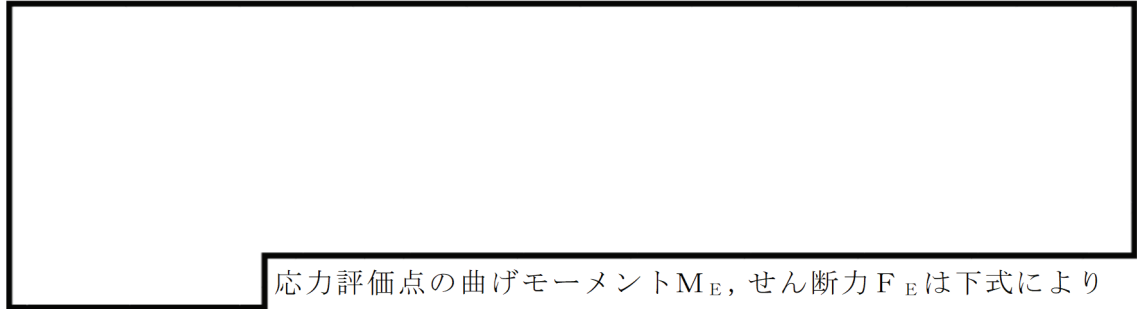
4.6.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力



(表 4-11 参照)

応力計算モデルを，図 4-7 に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E ，せん断力 F_E は下式により

求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.2)$$

ここで， P_B ， w ， ℓ は下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.6)$$

また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.7)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.3.8)$$

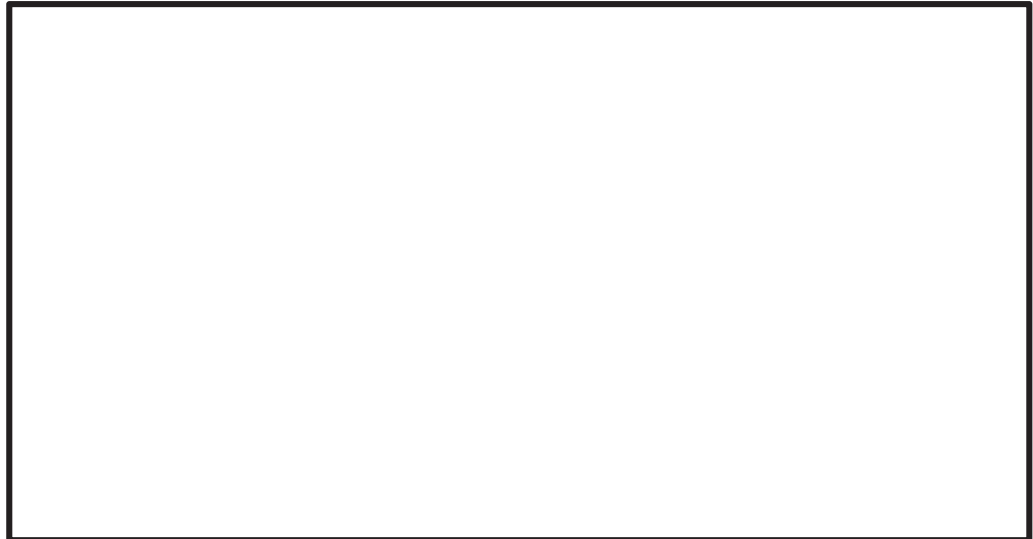


図 4-7 地震荷重による応力の計算モデル

4.6.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の 6 成分を持つが，主応力 σ は，「7. 引用文献」(1) の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (4.6.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (4.6.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (4.6.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (4.6.1.4.4)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.7 計算条件

4.7.1 起動領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【起動領域モニタ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。

4.8 応力の評価

4.8.1 パイプの応力評価

4.6.1 項で求めたパイプの各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	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
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ 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については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

起動領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

起動領域モニタ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。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧(MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S
起動領域モニタ	S	原子炉格納容器内 0.P. 6.00 (0.P. 16.885* ¹)			C _H =1.90 又は*2	C _V =0.86	C _H =3.08 又は*3	C _V =1.48				

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

*3: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ										

1.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ								

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4 結論

1.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
パイプ		一次一般膜応力強さ	P01, P02	33	179	34	284
			P01', P02'	33	179	34	284
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	195	268	345	427
			P01', P02'	198	268	348	427

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	
継手効率	η	—	

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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		流体の最高温度 (°C)	外圧 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	V _{AS}	V _{AS}
起動領域モニタ	常設耐震 / 防止	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)			—	—	C _H =3.08 又は*2	C _V =1.48		

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ										

2.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N) *		δ _D (mm)		w (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	—		—		—		—	

注記* : 各節点の水平力の合計

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	—		—		—		—	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 結論

2.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
パイプ		一次一般膜応力強さ	P01, P02	—	—	42	282
			P01', P02'	—	—	42	282
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	—	—	349	424
			P01', P02'	—	—	352	424

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	
継手効率	η	—	

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

O2 ⑥ VI-2-6-5-1-1 R5E

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-6-5-1-2 出力領域モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
4.2.2 許容応力	12
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	12
4.2.4 溶接部の継手効率	12
4.3 解析モデル及び諸元	16
4.4 固有周期	18
4.5 設計用地震力	20
4.6 計算方法	22
4.6.1 応力の計算方法	22
4.7 計算条件	27
4.7.1 出力領域モニタの応力計算条件	27
4.8 応力の評価	27
4.8.1 出力領域モニタの応力評価	27
6. 評価結果	28
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	28
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
7. 引用文献	28

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、出力領域モニタ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。

出力領域モニタは、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に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

出力領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、カバーチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>カバーチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ(ばね)により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱 (炉心領域に設置されたカバーチューブに内包する構造)</p> <p>(出力領域モニタのカバーチューブは、外径 の長尺円筒形の炉内構造物である。校正用導管はカバーチューブに内蔵された外径 の長尺円筒形構造物である。)</p>	<p>【出力領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

出力領域モニタの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す出力領域モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

出力領域モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

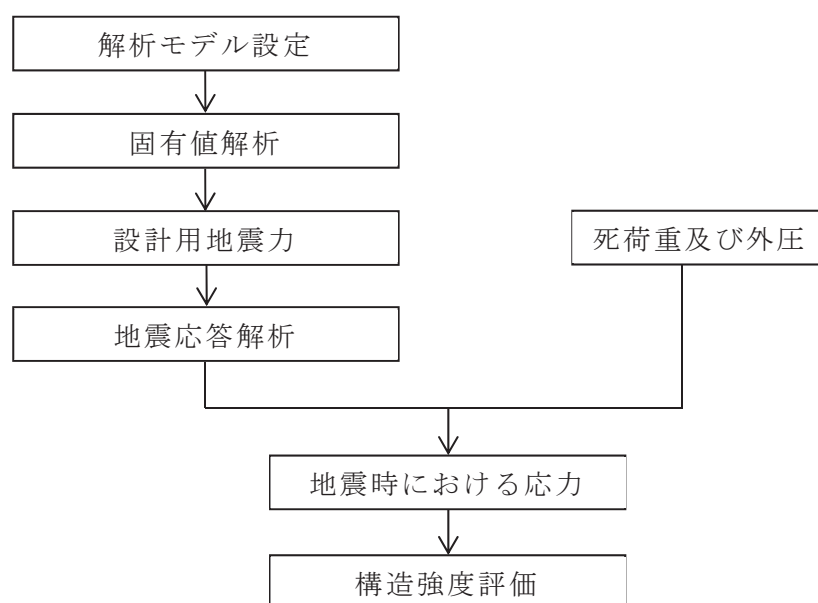


図 2-1 出力領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補 -1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（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	断面積	mm ²
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _o	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は有効数字 6 桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
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	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

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

出力領域モニタの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるカバーチューブと校正用導管について実施する。出力領域モニタの耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して応力の最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は (P01) と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム (') を付けて (P01') と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面 (応力評価面) について行う。

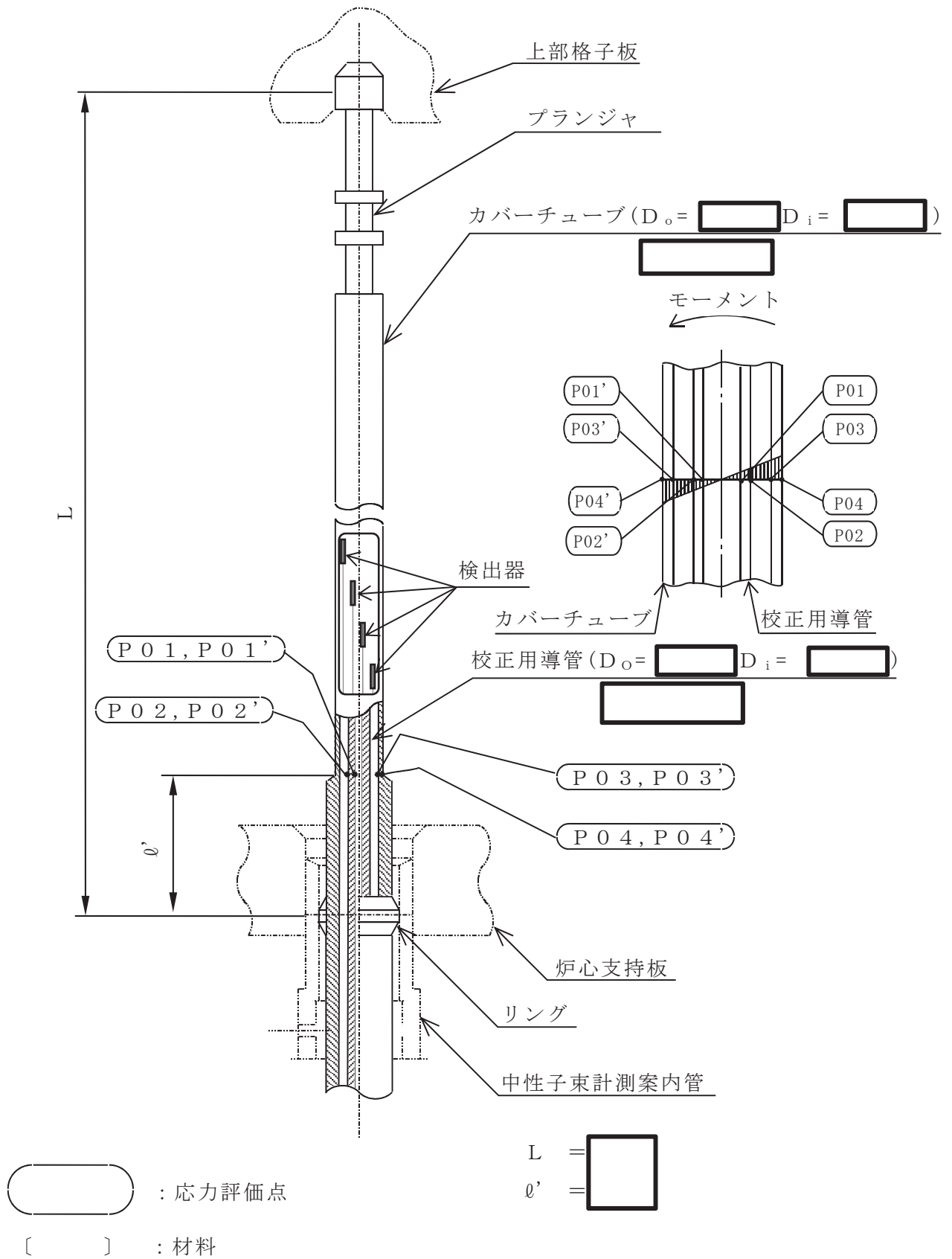


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

(1) 地震力は、出力領域モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)



(3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度(動的加速度と静的加速度の包絡値)を加えて求める。出力領域モニタの動的応答加速度分布図を図 4-1 及び図 4-2 に示す。

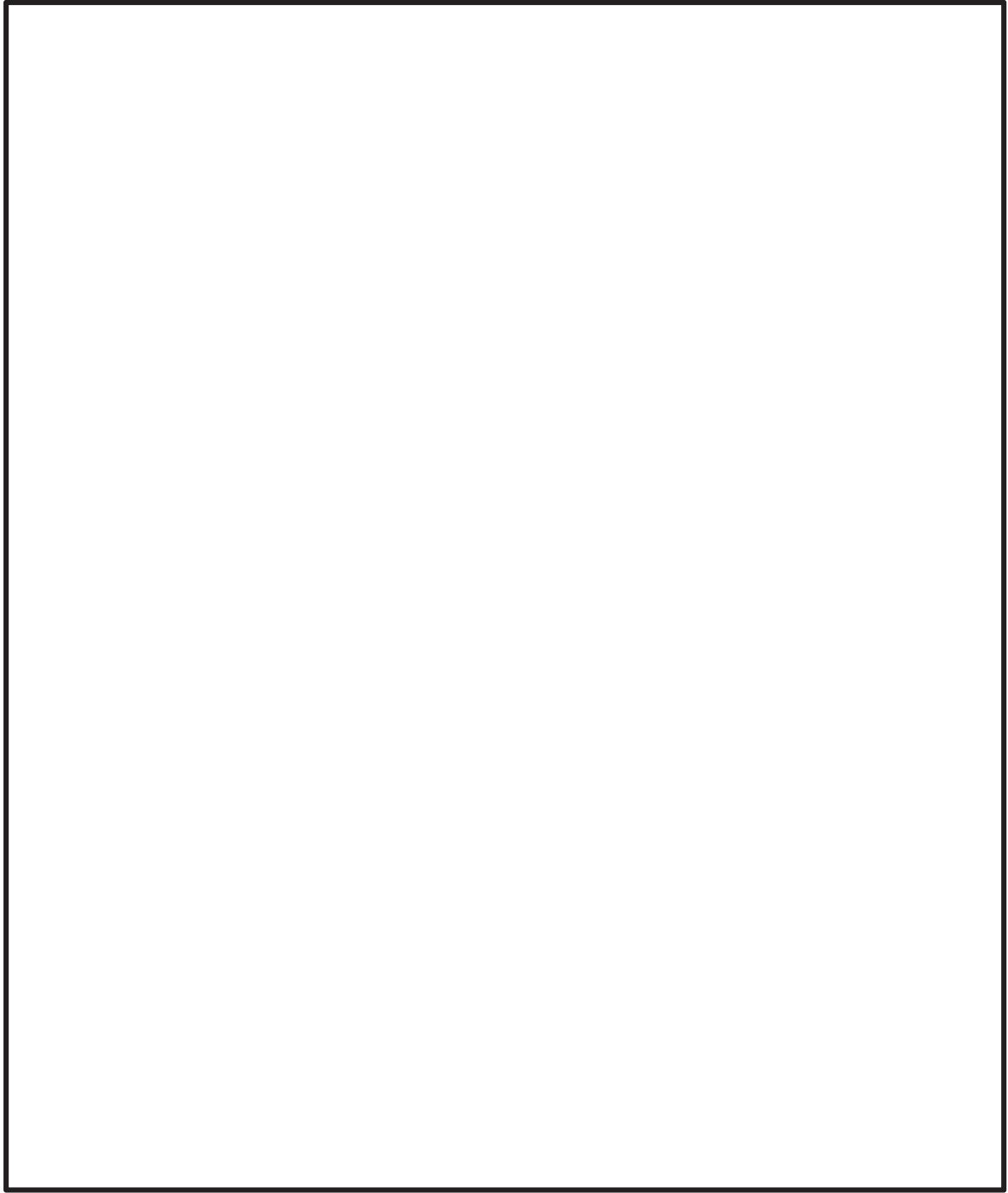


図 4-1 動的応答加速度分布図(弾性設計用地震動 S d)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

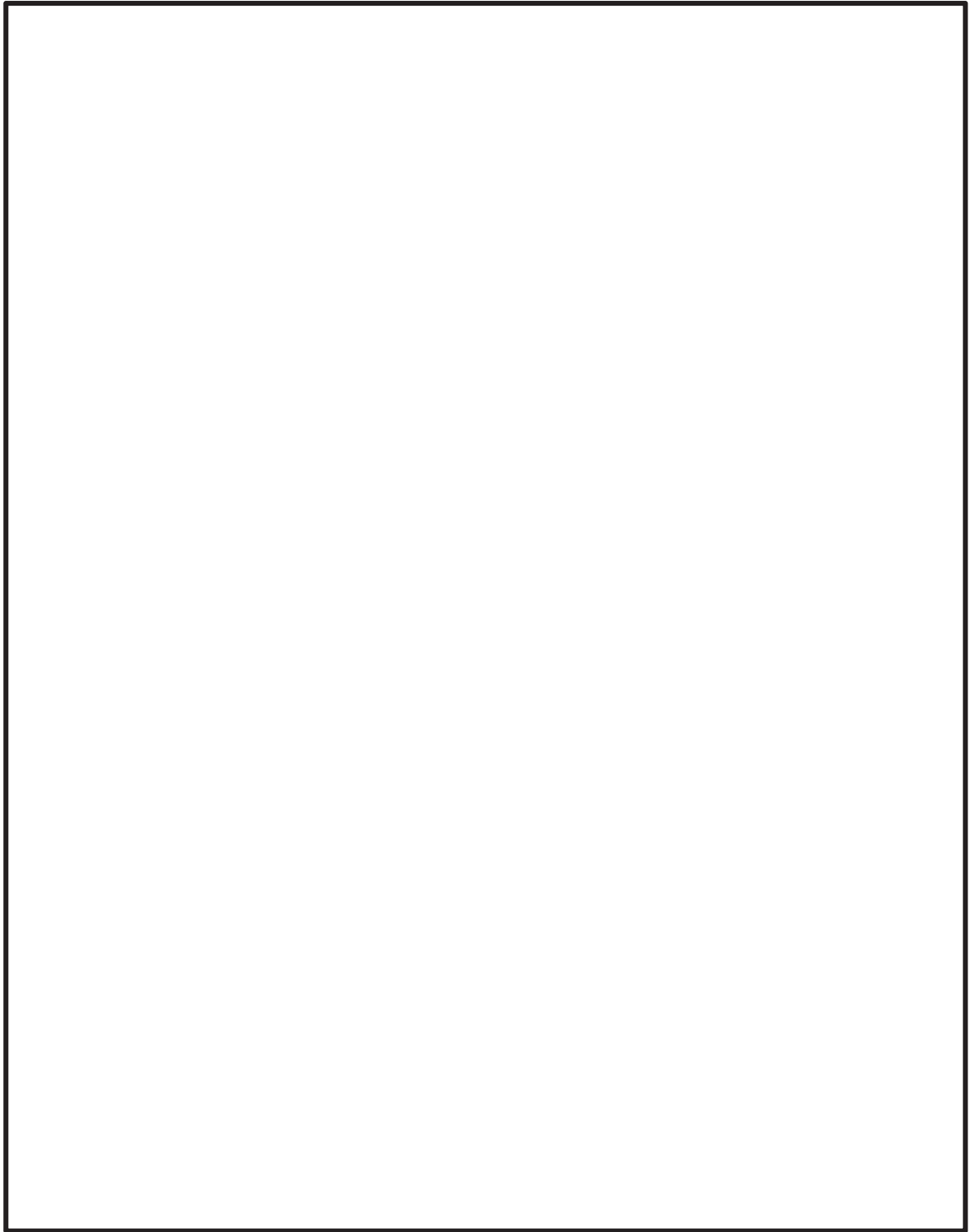


図 4-2 動的応答加速度分布図（基準地震動 S s）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

出力領域モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

出力領域モニタの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.2.4 溶接部の継手効率

応力評価点は，溶接部でないため $\eta = \square$ を用いる。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	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：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内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（炉内構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力
III _{AS}	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
IV _{AS}	$2/3 \cdot S_u$ 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については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	左欄の 1.5 倍の値
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)		

注記 *：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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ		流体の最高温度		
校正用導管		流体の最高温度		

注記 * : 応力評価点の材料を示す。


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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ		流体の最高温度		
校正用導管		流体の最高温度		

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

4.3 解析モデル及び諸元

出力領域モニタの解析モデルを図 4-3 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 出力領域モニタの解析には、三次元はりモデルを用いる。
- (2) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の出力領域モニタをモデル化する。チューブの径の変わる箇所及び検出器の設置位置並びに検出器間の中間点を節点とする。
- (3) 
- (4) 校正用導管は、カバーチューブに内蔵されており、炉心支持板と上部格子板間でカバーチューブと一定の間隔が維持される構造となっている。地震時には、カバーチューブと校正用導管は一体で振動する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

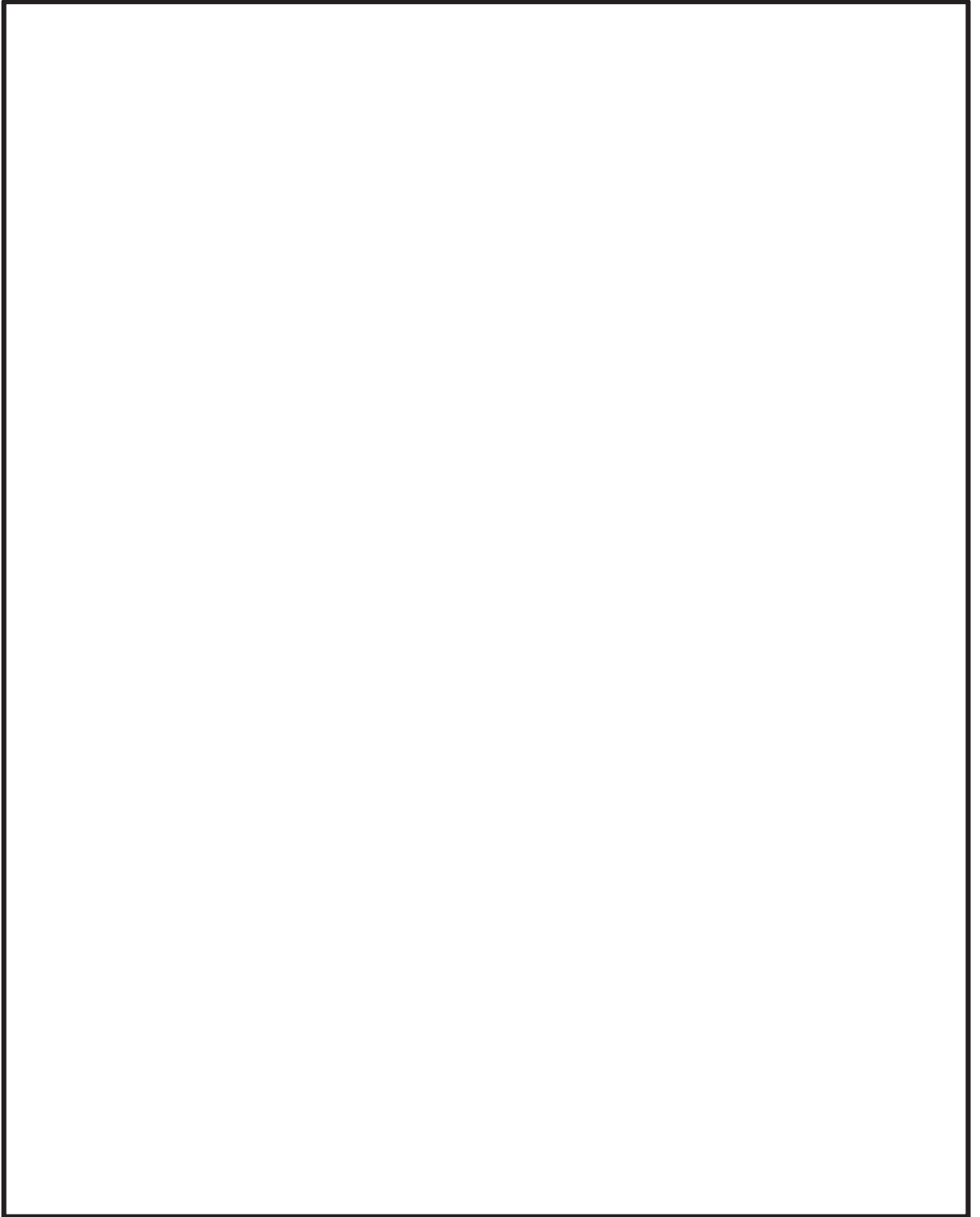


図 4-3 出力領域モニタ解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に、振動モード図を図 4-4、図 4-5 及び図 4-6 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。鉛直方向は、9 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	刺激係数*1	
			水平方向*2	鉛直方向
1 次	水平方向			—
2 次	水平方向			—
3 次	水平方向		—	—
9 次	鉛直方向		—	—

注記 *1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X方向とZ方向は同一である。



図 4-4 振動モード図 (1 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

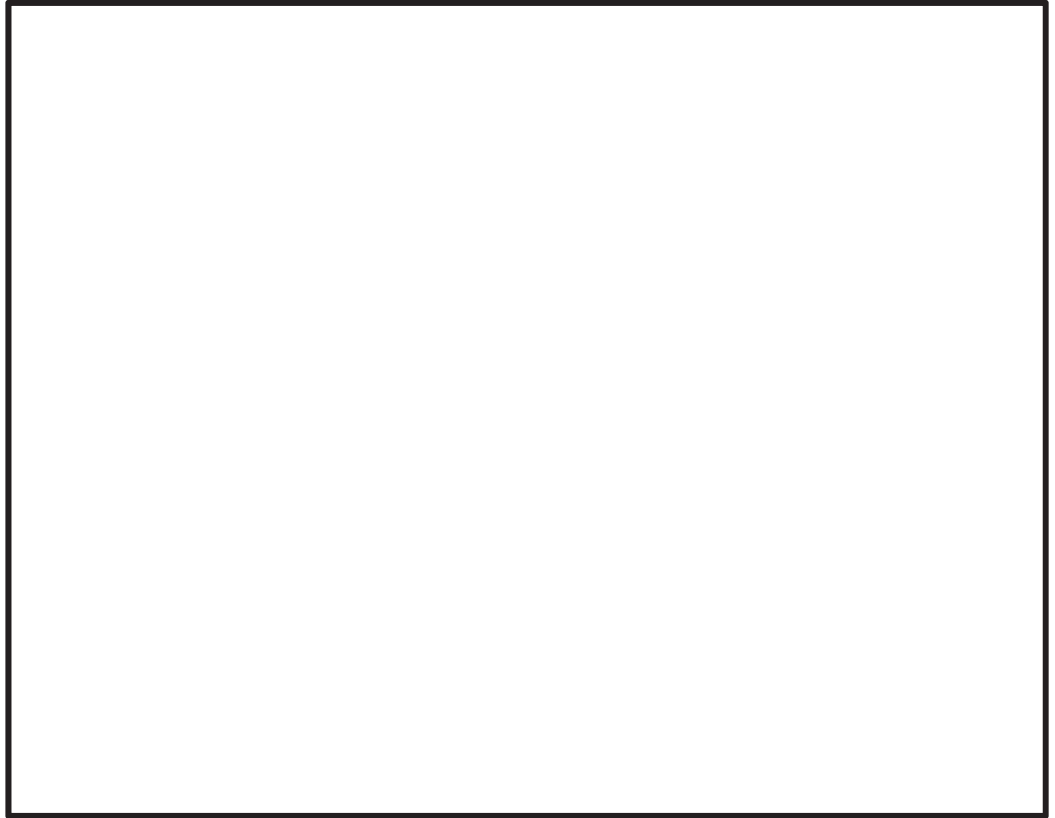


図 4-5 振動モード図 (2次モード 水平方向 s)

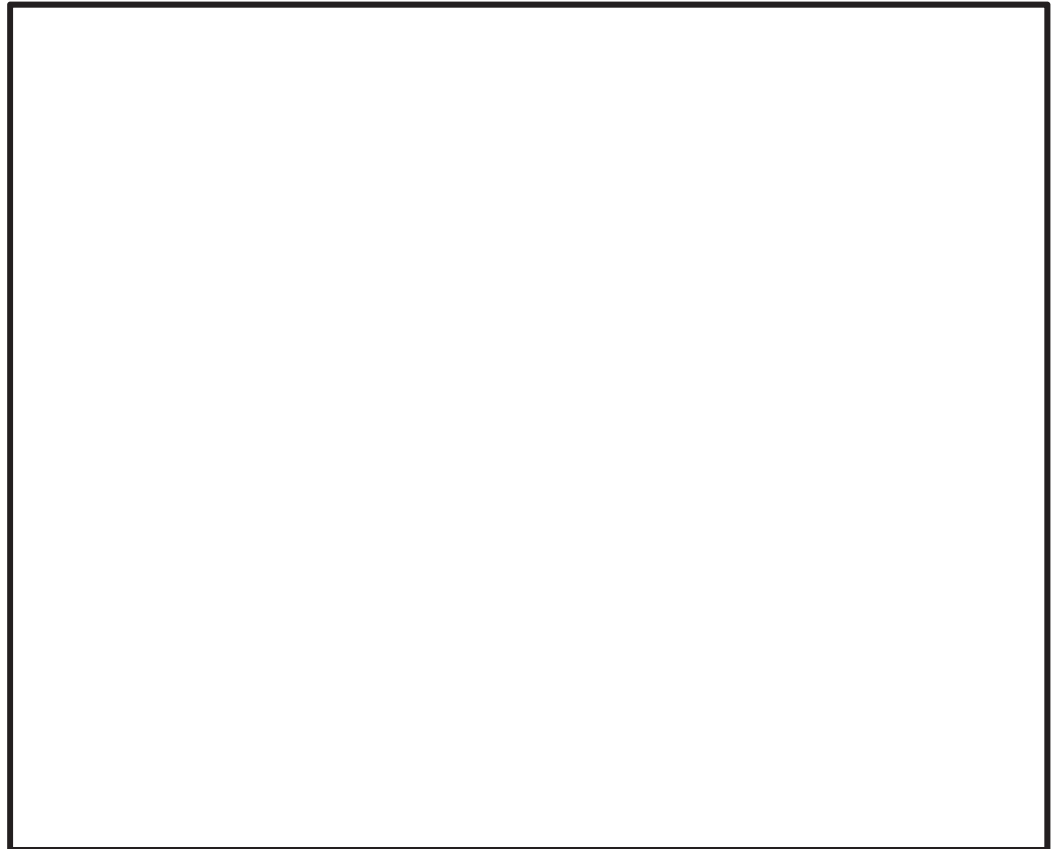


図 4-6 振動モード図 (9次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

表 4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 0.P. 6.00 (0.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平：□		鉛直：□			
減衰定数(%)		水平：1.0		鉛直：—			
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ⁴		応答鉛直 震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1次	□	11.30	11.30	—	24.83	24.83	—
2次		7.70	7.70	—	14.86	14.86	—
3次		—	—	—	—	—	—
9次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁵		1.47	1.90	0.86	2.63	3.08	1.48
静的地震力* ⁶		0.91	0.92	0.29	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載

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

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

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平： <input type="text"/>		鉛直： <input type="text"/>			
減衰定数(%)		水平：1.0		鉛直：—			
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1次	<input type="text"/>	—	—	—	24.83	24.83	—
2次		—	—	—	14.86	14.86	—
3次		—	—	—	—	—	—
9次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁴		—	—	—	2.63	3.08	1.48
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載

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

*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

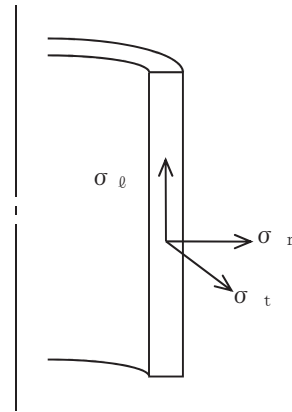
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

出力領域モニタの応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_l : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- τ_{tl} : せん断応力



出力領域モニタに作用する外圧を表 4-9, 死荷重を表 4-10 及び地震荷重を表 4-11 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 4-9 出力領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧	
	P ₀ (MPa)	
Ⅲ _A S		
Ⅳ _A S		
Ⅴ _A S		

表 4-10 出力領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力	
	V _D (N)	
	校正用 導管*1	カバー チューブ*2
死荷重		

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：ばねによる荷重を考慮する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-11 出力領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力		水平力 ^{*1, *2}	地震時 出力領域モニタ 設計たわみ量 ^{*3}
	V _s (N)			
	校正用 導管 ^{*1}	カバー チューブ	H (N)	δ _D (mm)
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				
基準地震動 S _s				

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：水平力Hは出力領域モニタに一樣に加わるものとし、各節点の動的応答加速度の最大値と全節点の質量の積とする。

*3：燃料集合体の相対変位(地震時たわみ量)及び水平移動量と出力領域モニタの移動量の合計。燃料集合体の相対変位は添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.6.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_0 による一次一般膜応力は、下式により計算する。

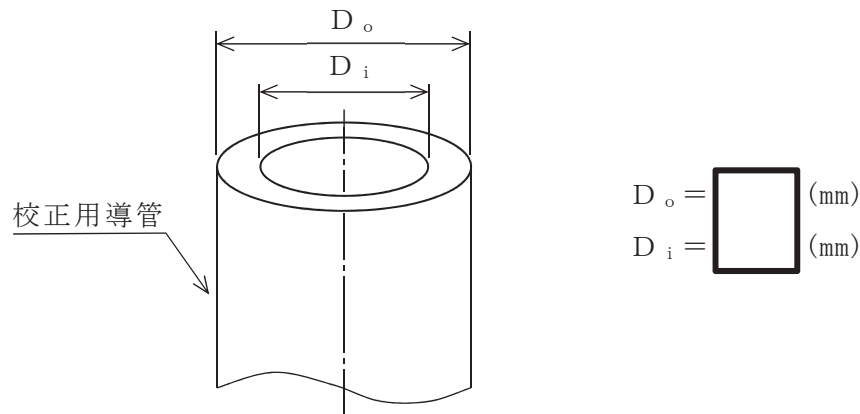
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

ここで、外径と内径の比 Y は次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_0 による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

4.6.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は、下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.6.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力



(表 4-11 参照)

応力計算モデルを，図 4-7 に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E ，せん断力 F_E は下式により

求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.2)$$

ここで， P_B ， w ， ℓ は下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.6)$$

また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3.7)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.3.8)$$



(単位：mm)

図 4-7 地震荷重による応力の計算モデル

4.6.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の 6 成分を持つが，主応力 σ は，「7. 引用文献」(1) の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (4.6.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (4.6.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (4.6.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (4.6.1.4.4)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.7 計算条件

4.7.1 出力領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【出力領域モニタ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。

4.8 応力の評価

4.8.1 出力領域モニタの応力評価

4.6.1項で求めたカバーチューブ及び校正用導管の各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	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
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ 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については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域モニタ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。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧 (MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S
出力領域モニタ	S	原子炉格納容器内 0.P. 6.00 (0.P. 16.885* ¹)			C _H =1.90 又は*2	C _V =0.86	C _H =3.08 又は*3	C _V =1.48				

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

*3: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	φ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ										
校正用導管										

1.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ								
校正用導管								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ								
校正用導管								

1.4 結論

1.4.1 カバーチューブ及び校正用導管の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03, P04	6	173	11	260
			P03', P04'	6	173	11	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	188	259	337	391
			P03', P04'	192	259	342	391
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01, P02	29	146	32	233
			P01', P02'	29	146	32	233
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	87	219	146	350
			P01', P02'	88	219	146	350

注記 *：応力評価点の材料を示す。

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	カバーチューブ	—	—	
	校正用導管	—	—	
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	個	
節点数		—	個	
接手効率		η	—	

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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		流体の最高温度 (°C)	外圧 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	V _A S	V _A S
出力領域モニタ	常設耐震 / 防止	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)			—	—	C _H = 3.08 又は*2	C _V = 1.48		

注記 * 1 : 基準床レベルを示す。

* 2 : 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	φ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ										
校正用導管										

2.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ	—		—		—		—	
校正用導管	—		—		—		—	

部材	ℓ (mm)		P_B (N)		F_E (N)		M_E (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	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ	—		—		—		—	
校正用導管	—		—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 カバーチューブ及び校正用導管の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03, P04	—	—	11	260
			P03', P04'	—	—	11	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	—	—	337	391
			P03', P04'	—	—	342	391
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01, P02	—	—	38	229
			P01', P02'	—	—	39	229
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	—	—	149	344
			P01', P02'	—	—	150	344

注記 *：応力評価点の材料を示す。

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	カバーチューブ	—	—	
	校正用導管	—	—	
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	個	
節点数		—	個	
接手効率		η	—	

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	断面積(mm ²)	断面二次モーメント(mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-6-5-2 原子炉压力容器本体の入口又は出口の原子炉冷却材の圧力、
温度又は流量を計測する装置（常設）の耐震性についての計
算書

目 次

- VI-2-6-5-2-1 一次冷却材圧力計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-2 一次冷却材温度計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3 一次冷却材流量計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-1 一次冷却材圧力計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-2-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-2 高圧代替注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-3 直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-4 代替循環冷却ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-5 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-6 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-7 残留熱除去系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-8 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-9 復水移送ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	5
5.1 電気的機能維持評価方法	5
6. 評価結果	5
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	5

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力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。

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力】</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力 (E51-PT007) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
		動用タービン入口蒸気圧力			$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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*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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi} (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト ($i=1$)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト ($i=2$)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン 入口蒸気圧力 (E51-PT007)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力（E51-PT007）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力 (E51-PT007)	S	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=123^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=95$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

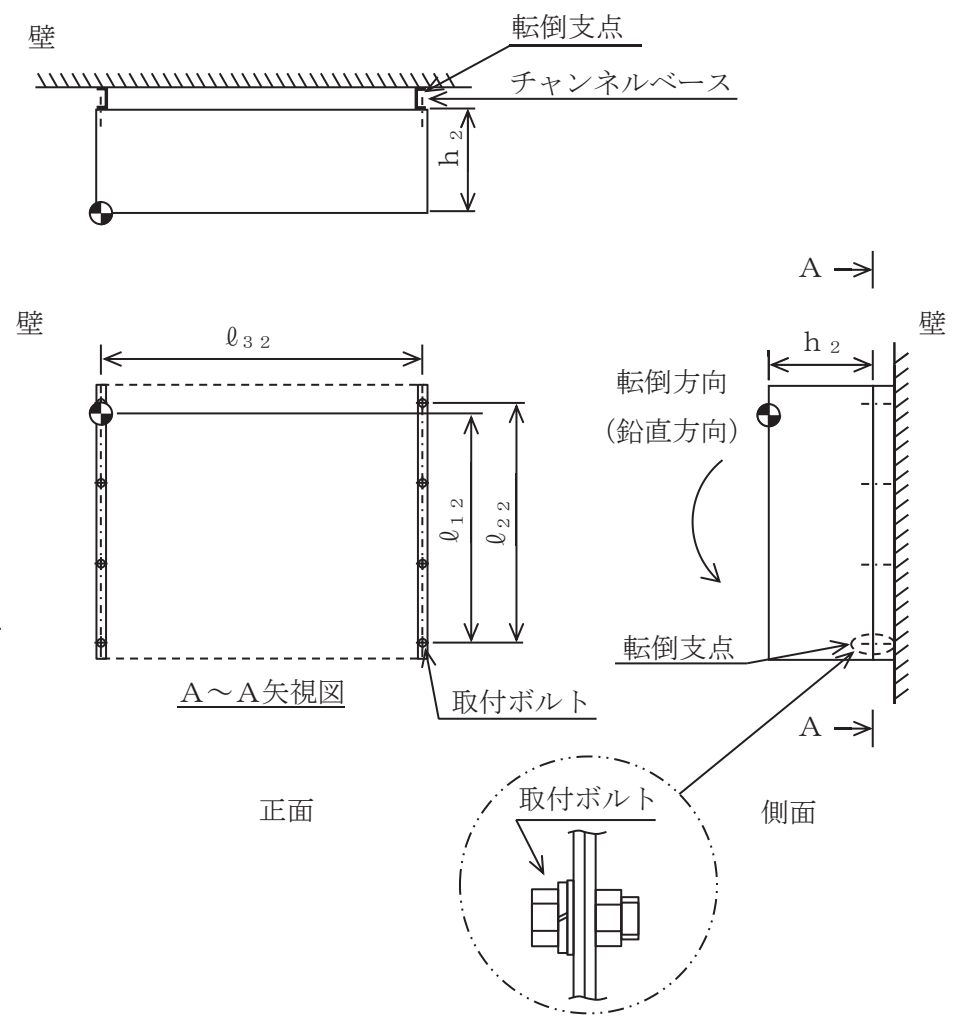
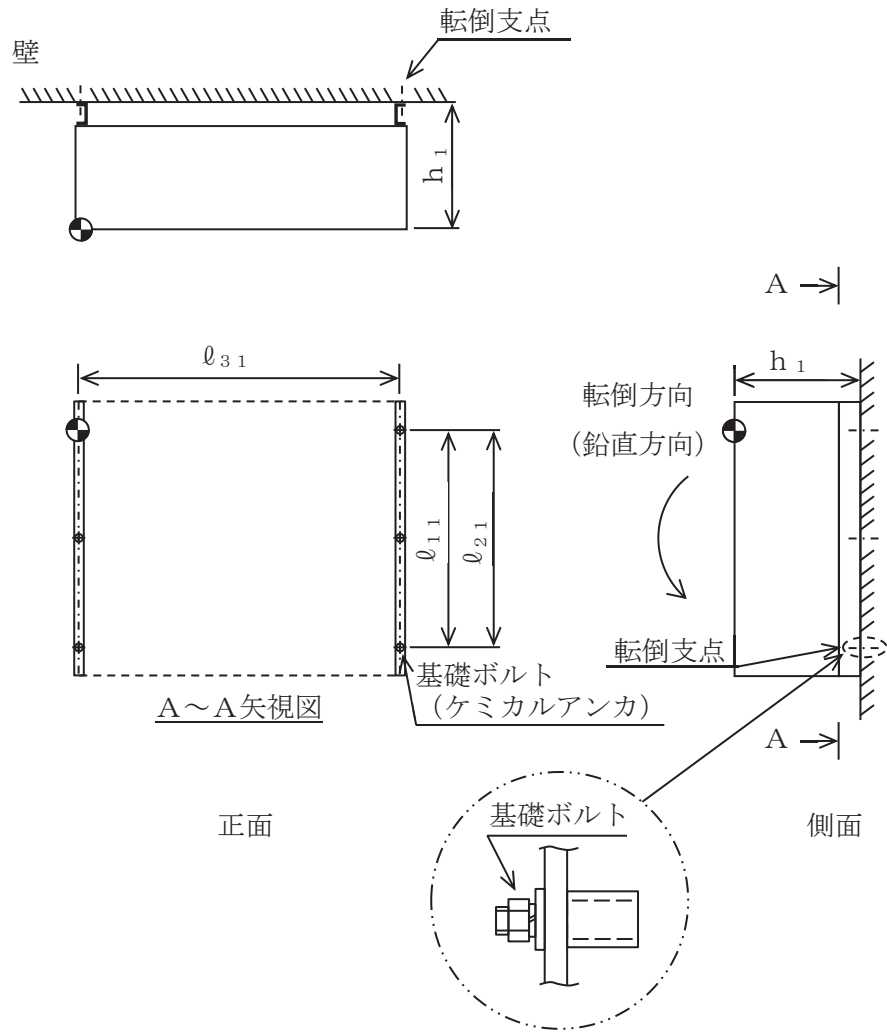
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン 入口蒸気圧力 (E51-PT007)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



VI-2-6-5-2-1-2 高圧代替注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧代替注水系ポンプ出口圧力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。

高圧代替注水系ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧代替注水系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【高圧代替注水系ポンプ出口圧力】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

高圧代替注水系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧代替注水系ポンプ出口圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003) 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	
高圧代替注水系ポンプ 出口圧力 (E61-PT003)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						8	2	4
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	234	385	—	270	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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 ($i=1$)	—		—	
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=16$	$f_{ts1}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=124$
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

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

すべて許容応力以下である。

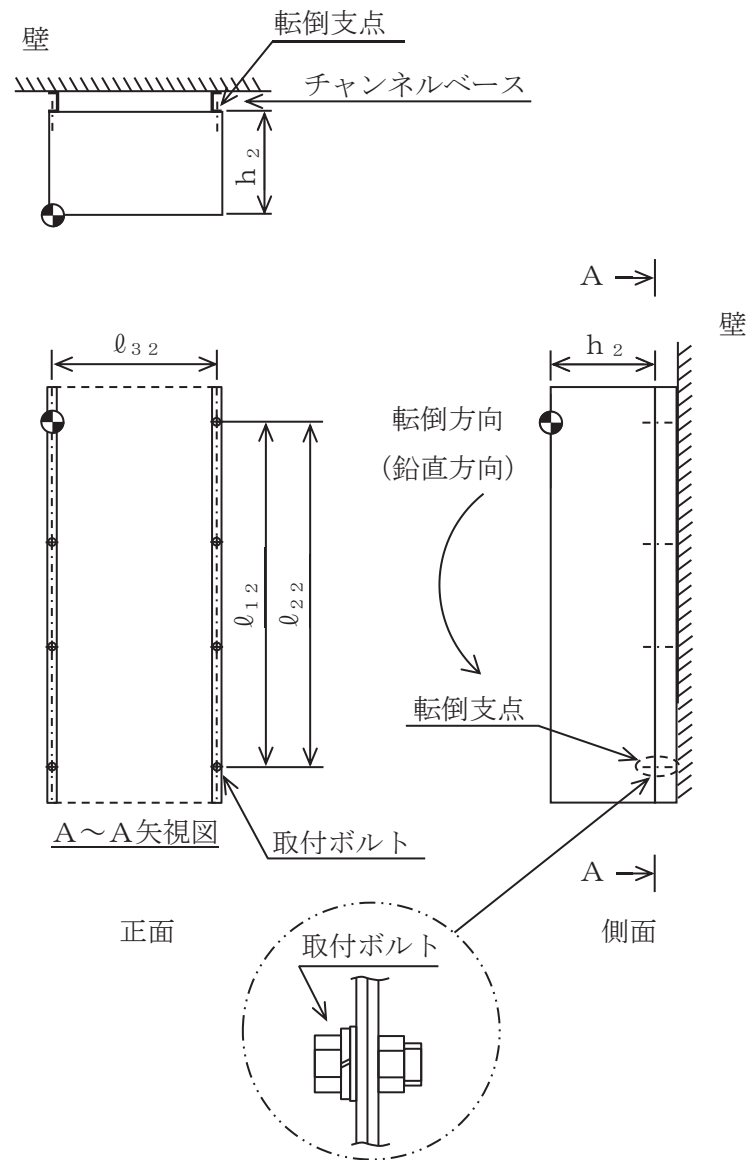
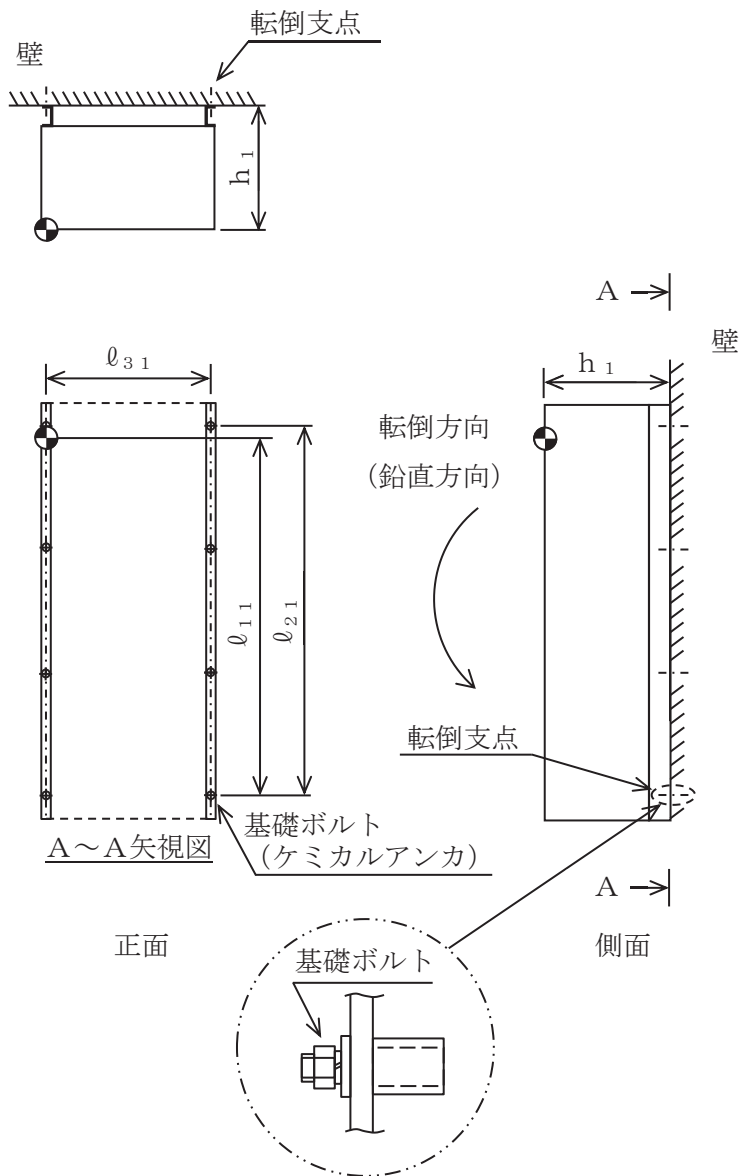
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポン プ出口圧力 (E61-PT003)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



VI-2-6-5-2-1-3 直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力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。

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力】</p> <p>計器スターション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力（E71-PT004）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	直流駆動低圧注水系ポンプ 出口圧力	常設耐震/ 防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	60	208	389	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力（E71-PT004）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	
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	60

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		495						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	208	389	—	249	—	水平方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 149^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 115$

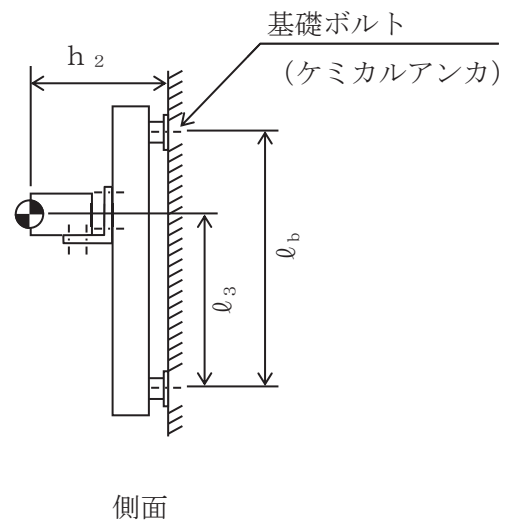
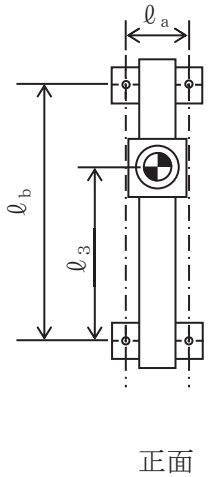
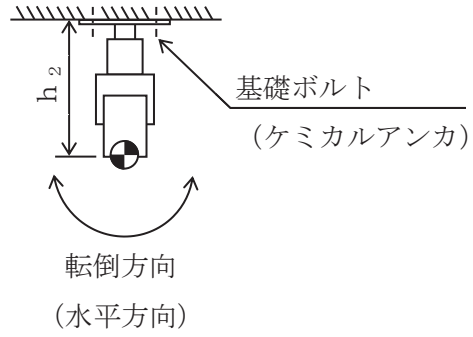
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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



VI-2-6-5-2-1-4 代替循環冷却ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却ポンプ出口圧力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。

代替循環冷却ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、代替循環冷却ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替循環冷却ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【代替循環冷却ポンプ出口圧力】</p> <p>計器スタンション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>250</p> <p>850</p> <p>455</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

代替循環冷却ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

代替循環冷却ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

代替循環冷却ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【代替循環冷却ポンプ出口圧力(E11-PT021)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却ポンプ出口圧力	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

4

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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ出口圧力 (E11-PT021)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【代替循環冷却ポンプ出口圧力 (E11-PT021) 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	
代替循環冷却ポンプ 出口圧力 (E11-PT021)	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		455						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	215	400	—	258	—	水平方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 154^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 119$

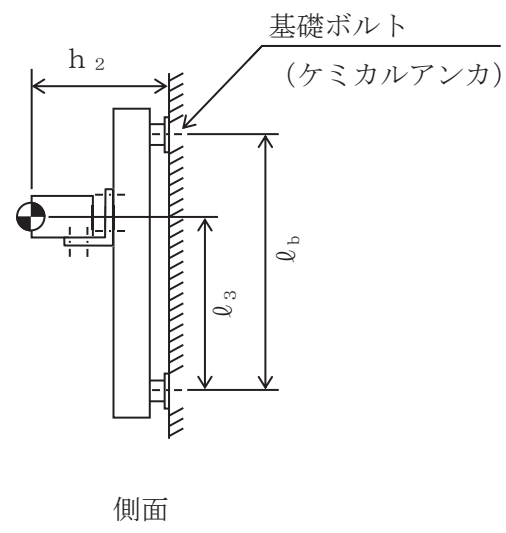
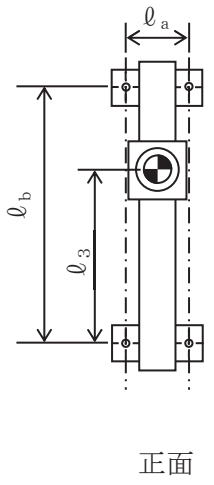
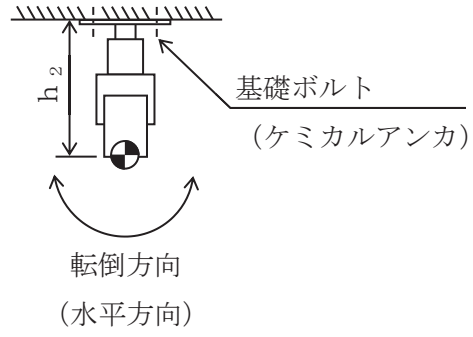
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ 出口圧力 (E11-PT021)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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



VI-2-6-5-2-1-5 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	7
5.1 電気的機能維持評価方法	7
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力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。

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
		出口圧力			$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	S	原子炉建屋 0.P. -8.10 (0.P. -0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=123^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=95$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

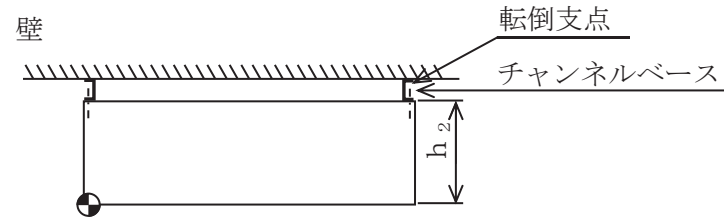
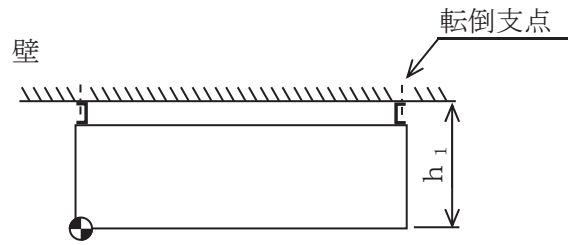
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

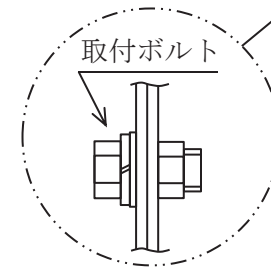
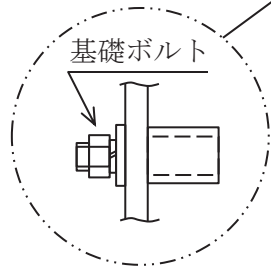
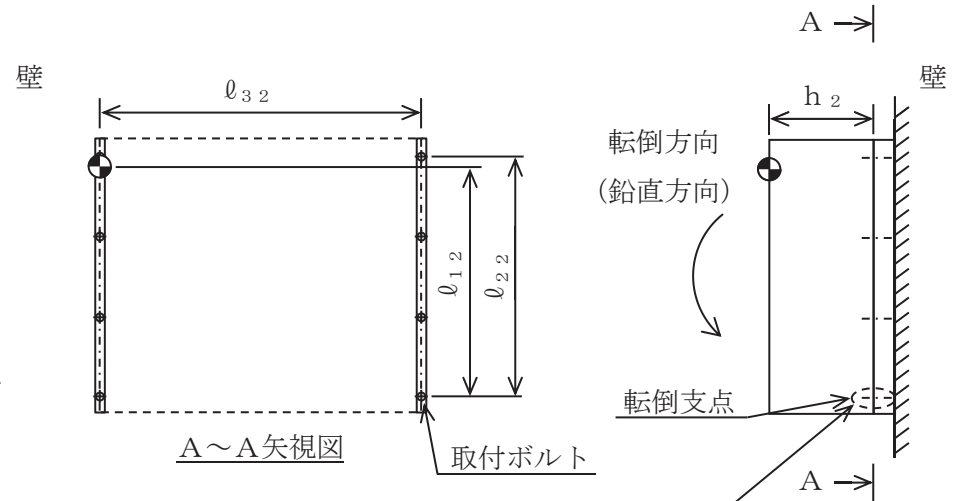
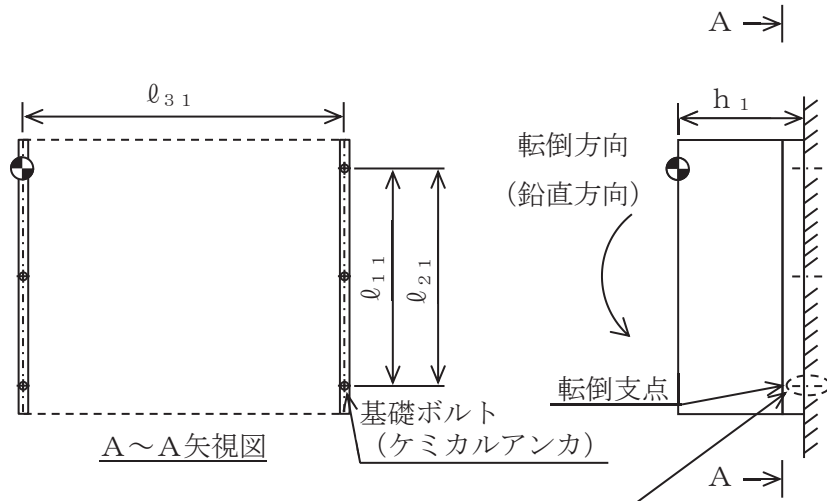
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



10



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

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)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fHi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

11

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	—		—	
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

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

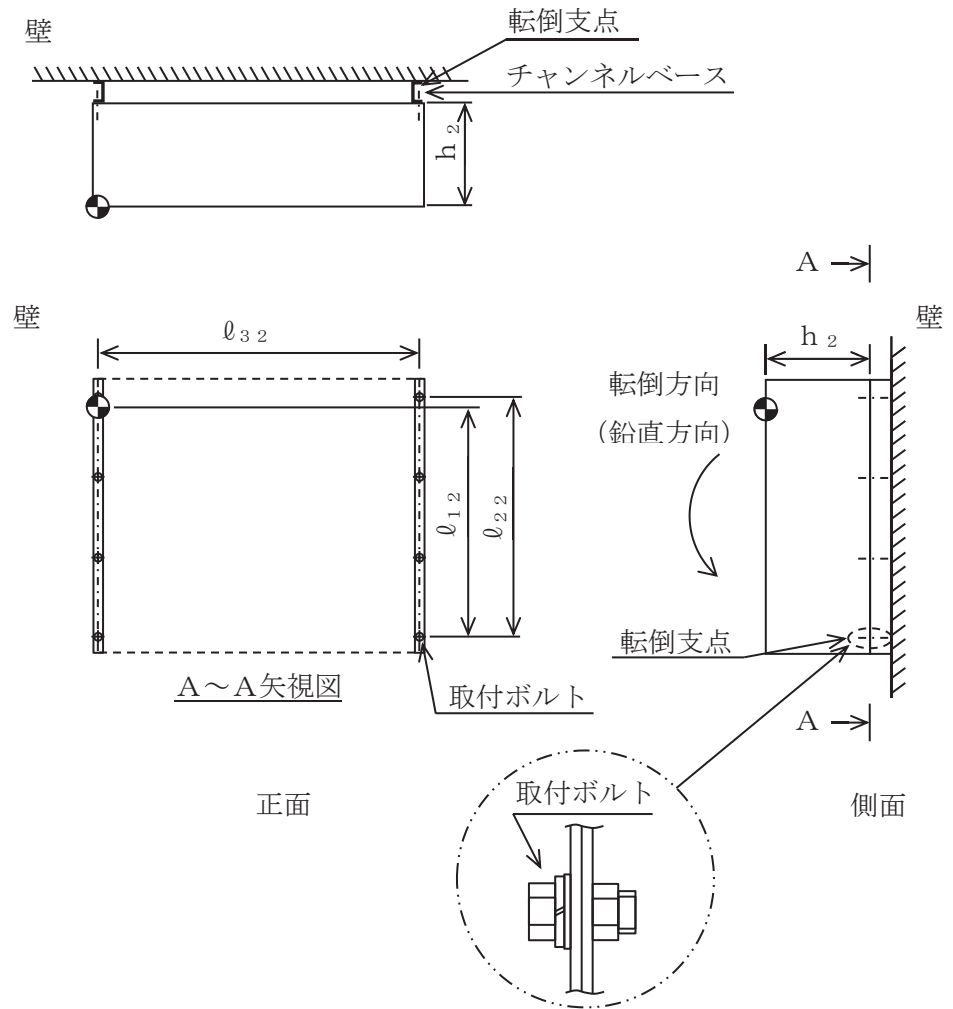
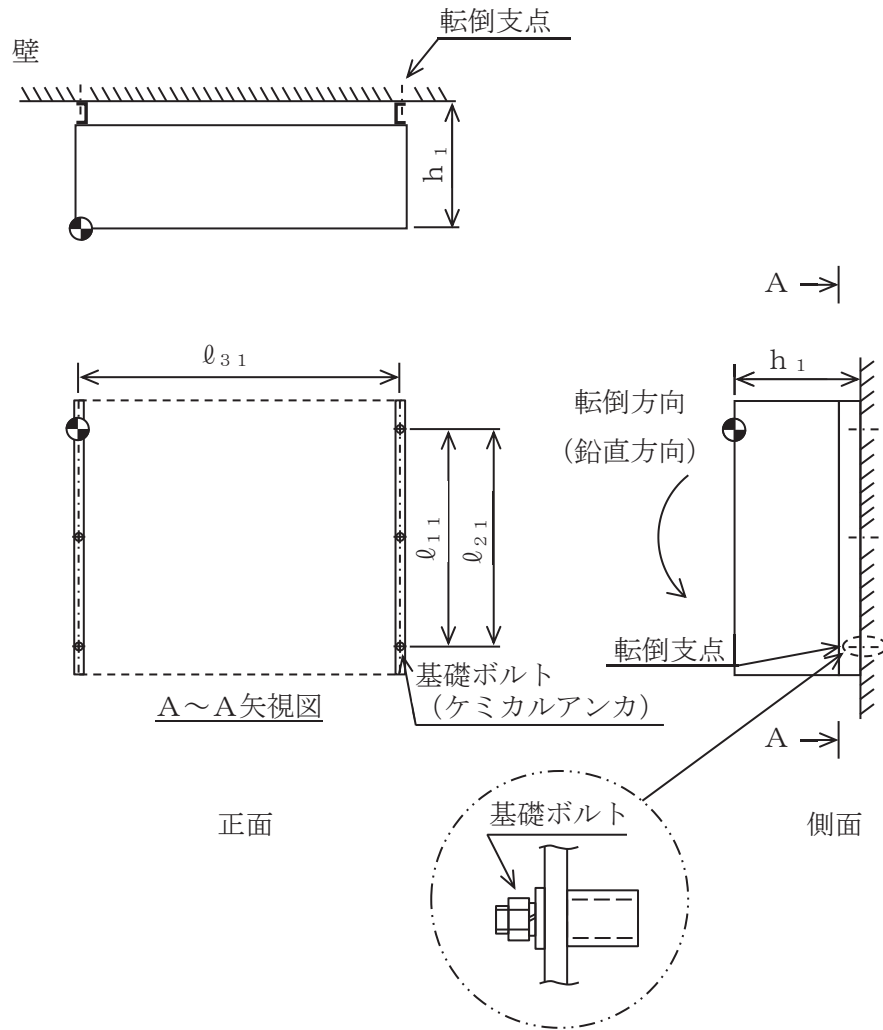
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



VI-2-6-5-2-1-6 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力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。

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験(打振試験)の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力(E22-PT004)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
		出口圧力			$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 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ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力（E22-PT004）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

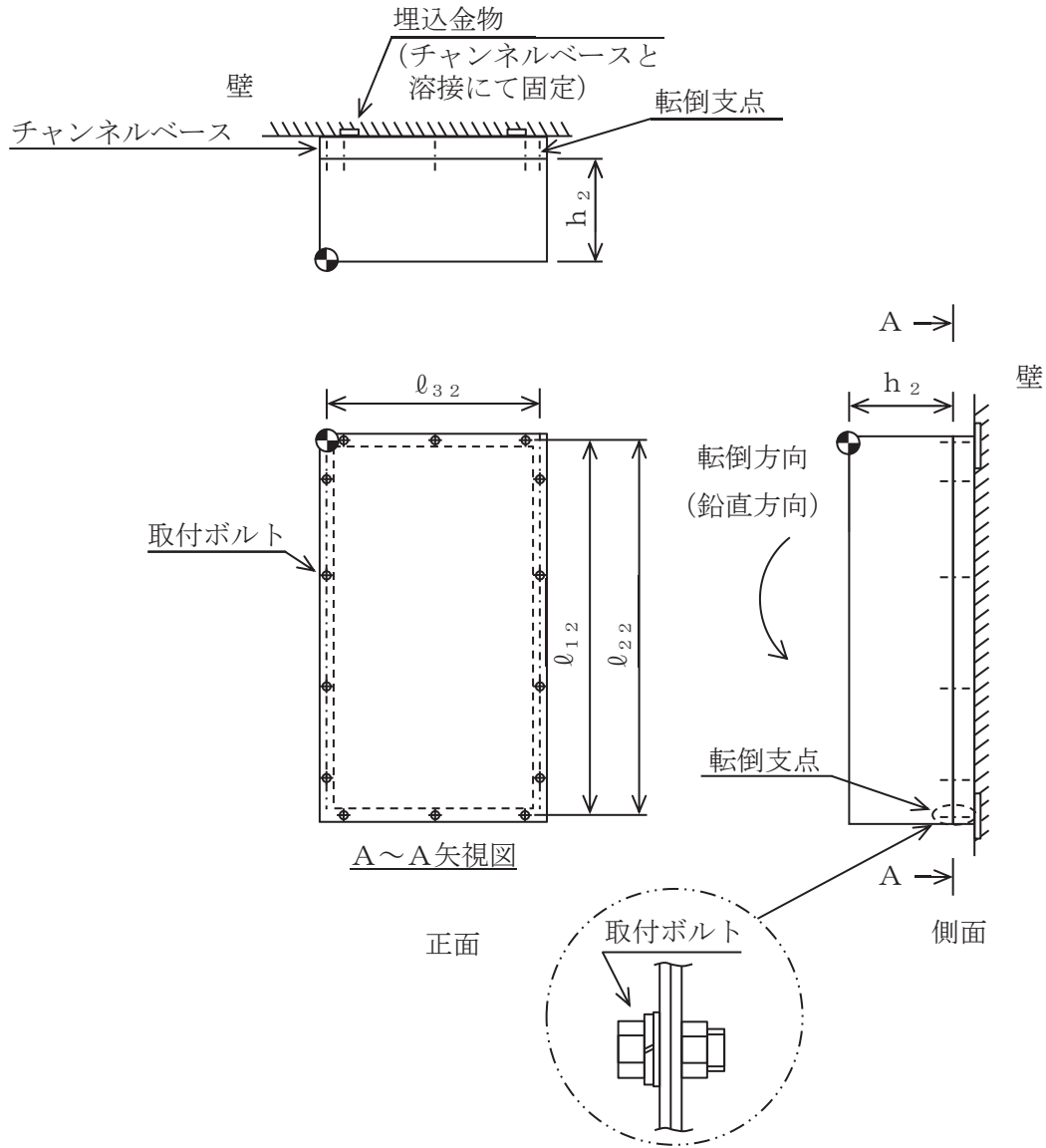
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°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 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

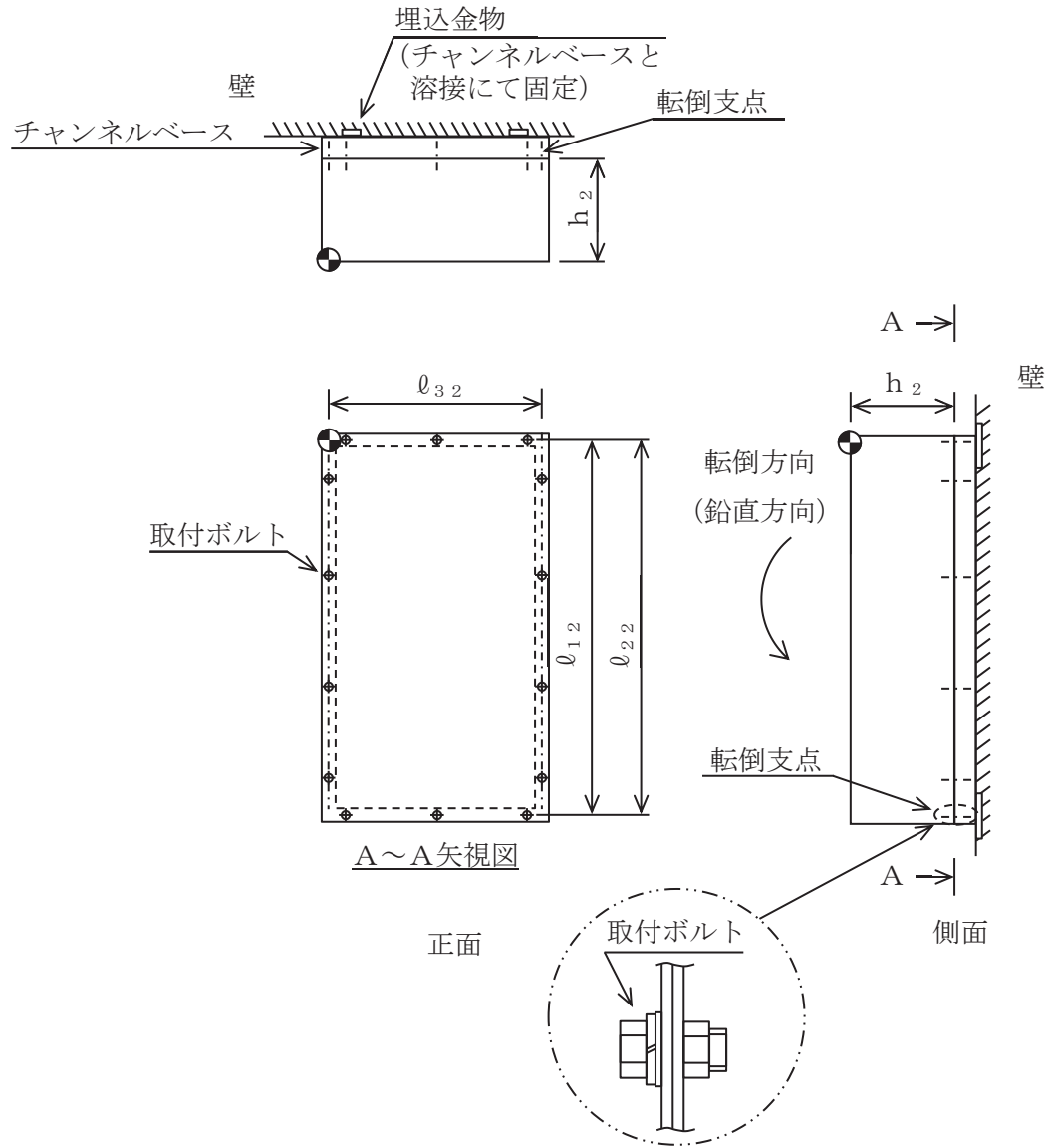
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-2-1-7 残留熱除去系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電気的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口圧力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。

残留熱除去系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
E11-PT005A（代表） E11-PT005B E11-PT005C	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口圧力 H22-P018A (E11-PT005A)】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系ポンプ出口圧力 (H22-P018A (E11-PT005A)) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口圧力 (E11-PT005A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【残留熱除去系ポンプ出口圧力 (H22-P018A (E11-PT005A)) 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	
残留熱除去系ポンプ 出口圧力 (E11-PT005A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1 : 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

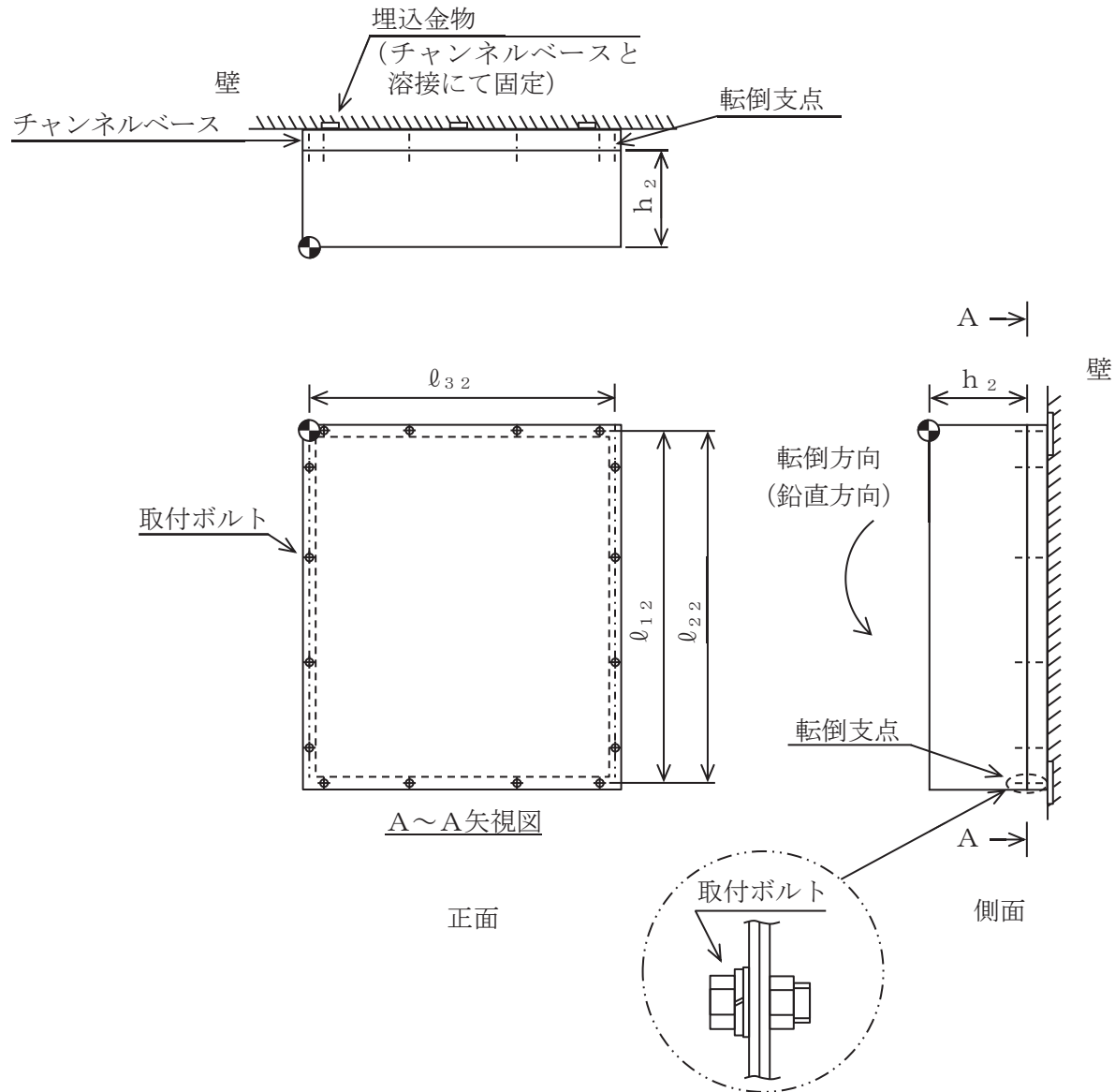
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口圧力 (E11-PT005A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-2-1-8 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力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。

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験(打振試験)の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力(E21-PT005)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力（E21-PT005）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	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

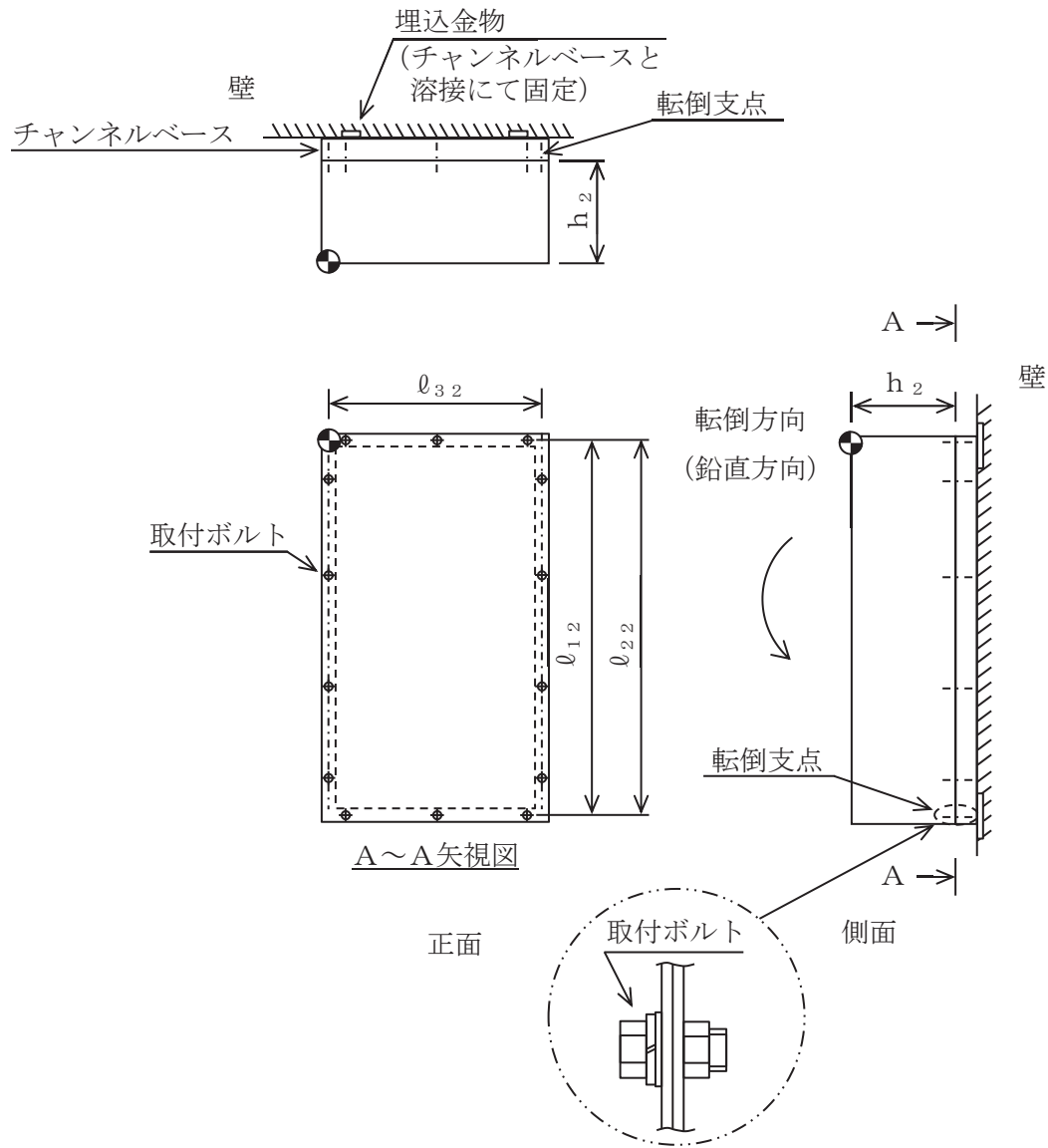
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-2-1-9 復水移送ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水移送ポンプ出口圧力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。

復水移送ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、復水移送ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水移送ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【復水移送ポンプ出口圧力】</p> <p>上面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (メタルアンカ)</p> <p>410.5</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>250</p> <p>850</p> <p>計器スタンション</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

復水移送ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

復水移送ポンプ出口圧力の構造強度評価は添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

復水移送ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

復水移送ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水移送ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	復水移送ポンプ出口圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

復水移送ポンプ出口圧力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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水移送ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011) 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	
復水移送ポンプ出口 圧力 (P13-PT011)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		410.5						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1 : 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 6$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

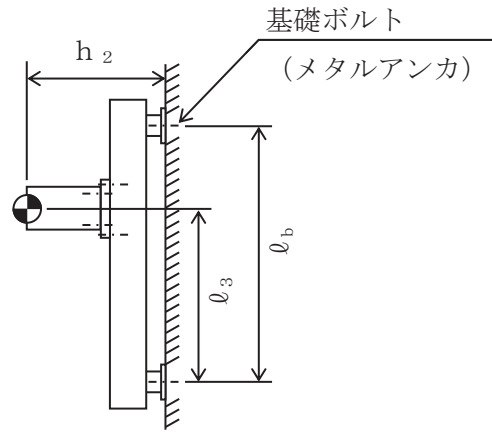
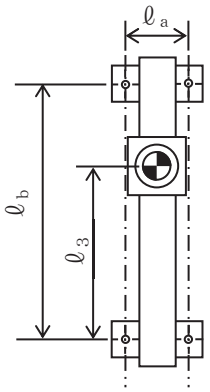
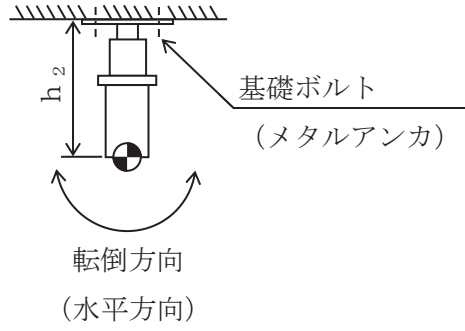
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水移送ポンプ出口 圧力 (P13-PT011)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-2-2 一次冷却材温度計測装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-2-2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての計算書

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

VI-2-6-5-2-2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての
計算書

目次

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

1. 概要

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

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

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定される構造)</p>	<p>【残留熱除去系熱交換器入口温度】</p> <p>(単位 : mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

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

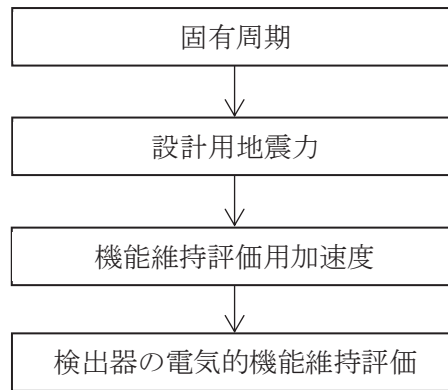


図 2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

3. 評価部位

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

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度又は添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

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

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010A)	残留熱除去系管 (RHR-008) O. P. 17. 27	水平方向	6. 73
		鉛直方向	3. 34
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010B)	残留熱除去系管 (RHR-013) O. P. 17. 27	水平方向	6. 54
		鉛直方向	4. 42

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

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010A) (E11-TE010B)	原子炉建屋 O. P. 15. 00 (O. P. 22. 50*)	水平方向	1. 77
		鉛直方向	1. 30

注記* : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010A)	水平方向	
	鉛直方向	
(E11-TE010B)		

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器入口温度（E11-TE010A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010A)	水平方向	6.73	
	鉛直方向	3.34	
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010B)	水平方向	6.54	
	鉛直方向	4.42	

注記*：基準地震動S_sにより定まる評価部位における応答加速度又は1.0ZPAのいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

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

目次

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

1. 概要

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

残留熱除去系熱交換器出口温度は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定される構造)</p>	<p>【残留熱除去系熱交換器出口温度】</p> <p>(単位 : mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

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

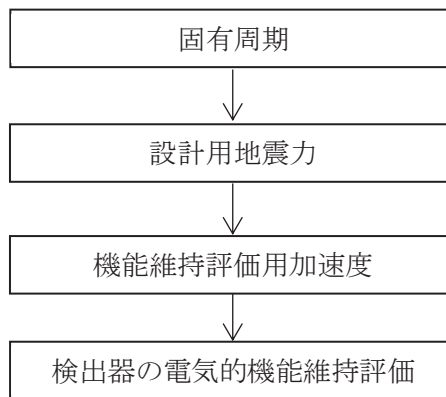


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

3. 評価部位

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

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度又は添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

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

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007A)	残留熱除去系管 (RHR-008) O. P. 15. 73	水平方向	6. 41
		鉛直方向	3. 35
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007B)	残留熱除去系管 (RHR-013) O. P. 15. 73	水平方向	6. 30
		鉛直方向	5. 50

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

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007A) (E11-TE007B)	原子炉建屋 O. P. 15. 00 (O. P. 22. 50*)	水平方向	1. 77
		鉛直方向	1. 30

注記* : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	水平方向	
	鉛直方向	
(E11-TE007B)		

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器出口温度（E11-TE007A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	水平方向	6.41	
	鉛直方向	3.35	
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	水平方向	6.30	
	鉛直方向	5.50	

注記*：基準地震動S_sにより定まる評価部位における応答加速度又は1.0ZPAのいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-2-3 一次冷却材流量計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-2-3-1 原子炉冷却材浄化系入口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-2 高圧代替注水系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-3 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-4 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-5 直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-6 代替循環冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-7 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-8 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-9 残留熱除去系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-10 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-3-1 原子炉冷却材浄化系入口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	5
5.1 電氣的機能維持評価方法	5
6. 評価結果	5
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	5

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉冷却材浄化系入口流量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。

原子炉冷却材浄化系入口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉冷却材浄化系入口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉冷却材浄化系入口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉冷却材浄化系入口流量】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉冷却材浄化系入口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉冷却材浄化系入口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉冷却材浄化系入口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉冷却材浄化系入口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉冷却材浄化系入口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉冷却材浄化系入口流量(G31-FT001A)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉冷却材浄化系 入口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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*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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi} (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト ($i = 2$)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉冷却材浄化系入口流量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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉冷却材浄化系入口流量 (G31-FT001A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉冷却材浄化系入口流量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。

【原子炉冷却材浄化系入口流量（G31-FT001A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉冷却材浄化系 入口流量 (G31-FT001A)	S	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.96	C _V =0.80	C _H =1.97	C _V =1.37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

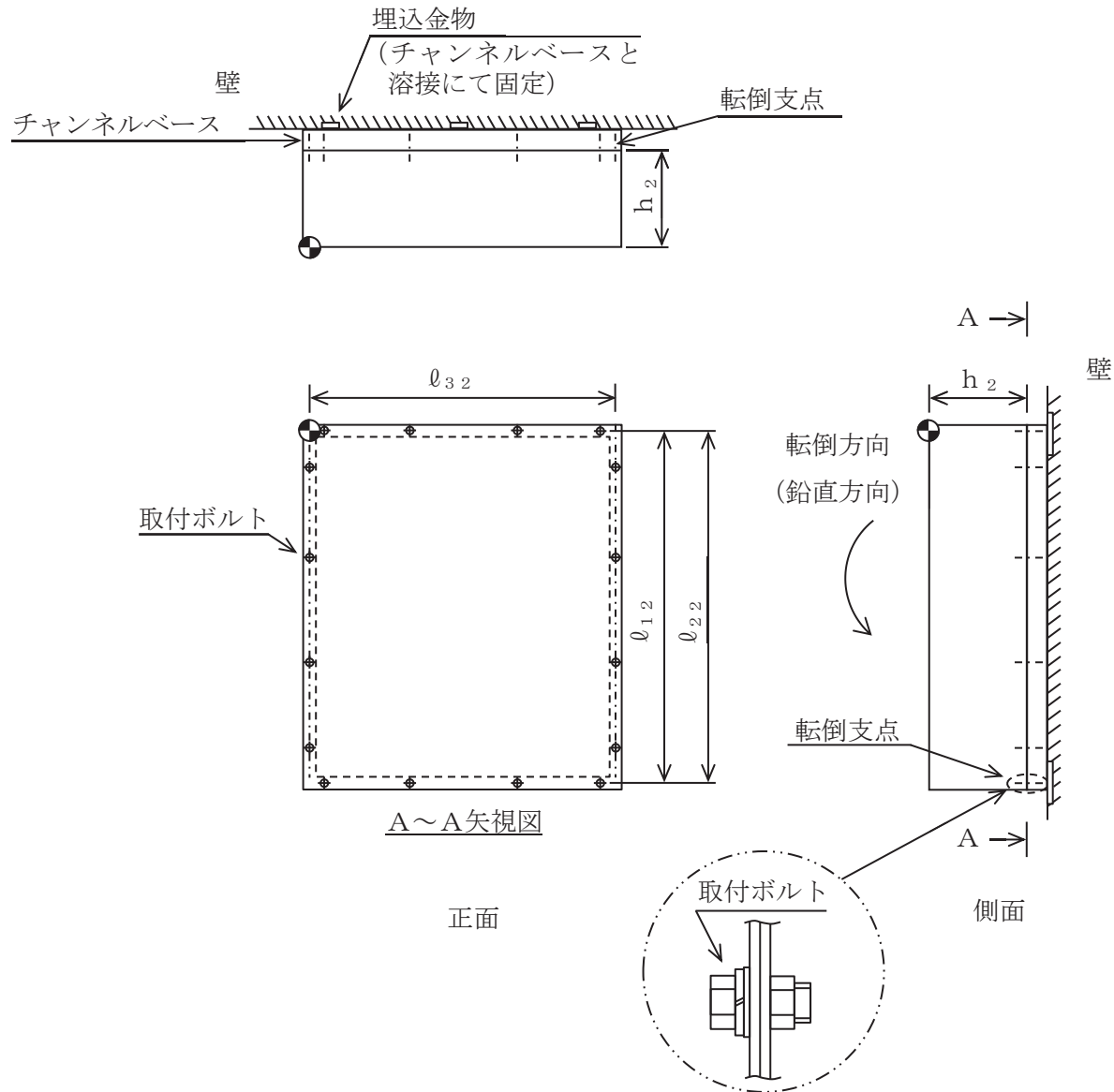
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉冷却材浄化系 入口流量 (G31-FT001A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



VI-2-6-5-2-3-2 高圧代替注水系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期	3
3.1	固有周期の算出方法	3
4.	構造強度評価	3
4.1	構造強度評価方法	3
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2	許容応力	3
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
4.3	計算条件	3
5.	機能維持評価	6
5.1	電氣的機能維持評価方法	6
6.	評価結果	6
6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧代替注水系ポンプ出口流量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。

高圧代替注水系ポンプ出口流量は、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。

なお、高圧代替注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンスと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンスの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧代替注水系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【高圧代替注水系ポンプ出口流量】</p> <p>計器スターション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

高圧代替注水系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧代替注水系ポンプ出口流量(E61-FT004)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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧代替注水系ポンプ 出口流量	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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口流量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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポンプ出口流量 (E61-FT004)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注水系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【高圧代替注水系ポンプ出口流量 (E61-FT004) 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	
高圧代替注水系ポンプ 出口流量 (E61-FT004)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		440						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	234	385	—	270	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 162^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 124$

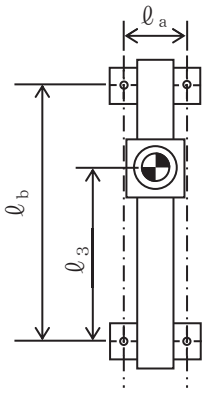
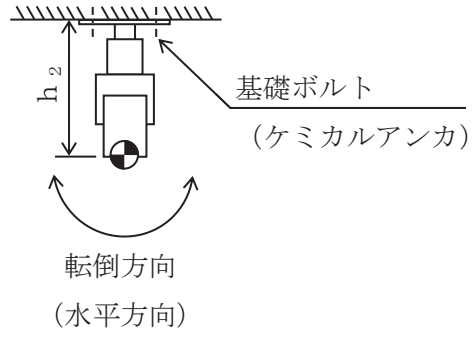
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

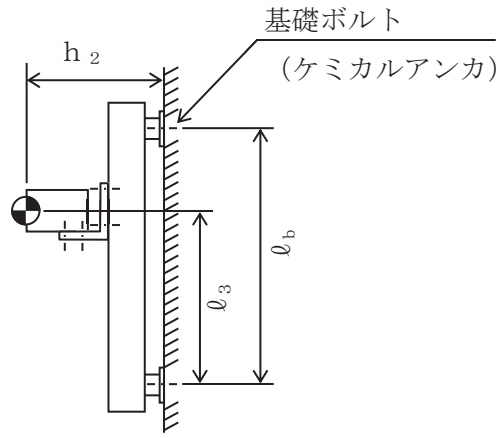
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高压代替注水系 ポンプ出口流量 (E61-FT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



正面



側面

VI-2-6-5-2-3-3 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドス
プレイライン洗浄流量）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）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。

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）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。

なお、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量)】</p> <p>計器スターション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (メタルアンカ)</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）(E11-FT017A) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレ イライン洗浄流量)	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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 ヘッドスプレイライン洗浄流量） (E11-FT017A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）（E11-FT017A）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	
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量） (E11-FT017A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		414						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

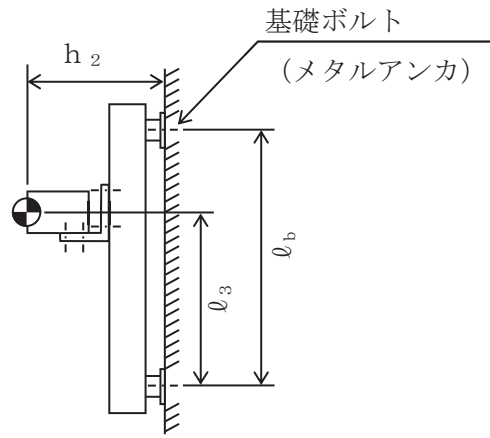
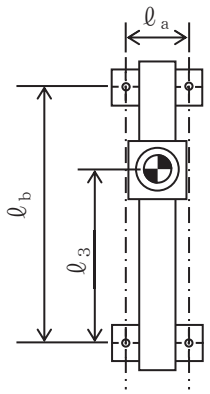
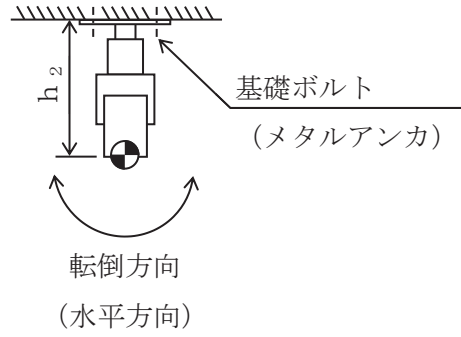
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系洗淨ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗淨流量) (E11-FT017A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-2-3-4 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）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。

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）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。

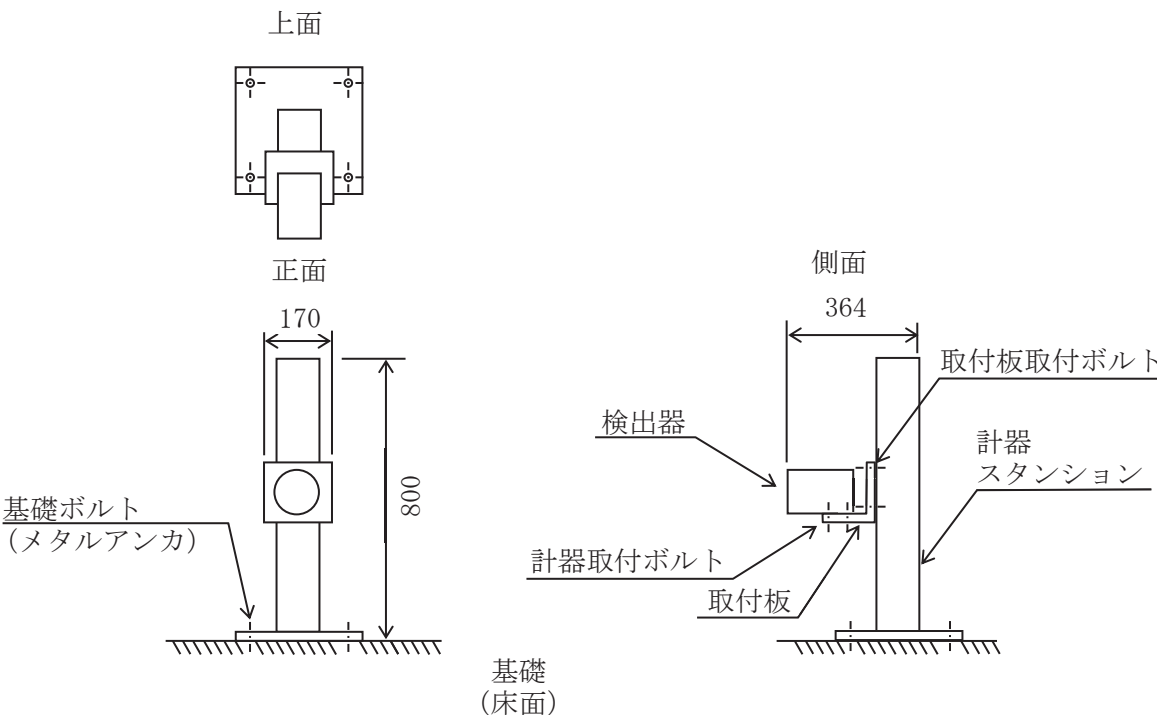
なお、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (床に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量)】</p>  <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）(E11-FT017B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器 冷却ライン洗浄流量)	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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量） (E11-FT017B)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）（E11-FT017B）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	
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量） (E11-FT017B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 15.00*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * ¹	
基礎ボルト		350						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：左右、前後方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

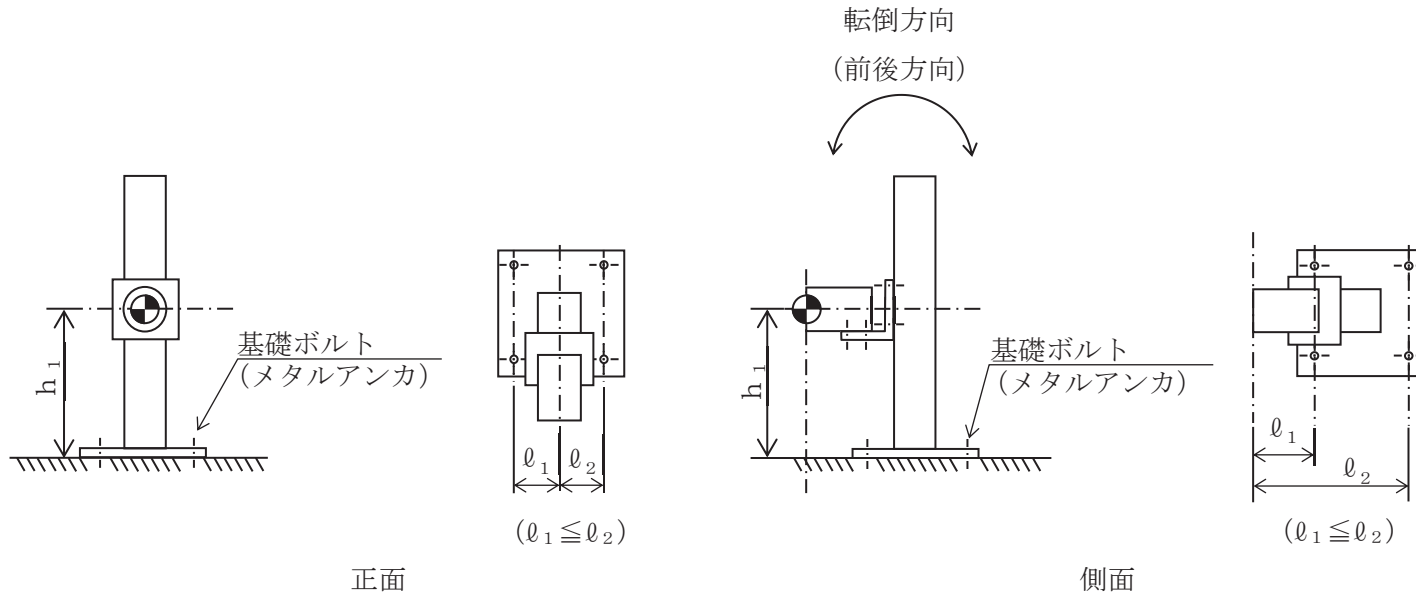
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量) (E11-FT017B)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-2-3-5 直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量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。

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量（E71-FT005）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	直流駆動低圧注水系ポンプ 出口流量	常設耐震／防 止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	60	208	389	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量 (E71-FT005)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量（E71-FT005）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	
直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量 (E71-FT005)	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	60

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		455						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	208	389	—	249	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 149^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 115$

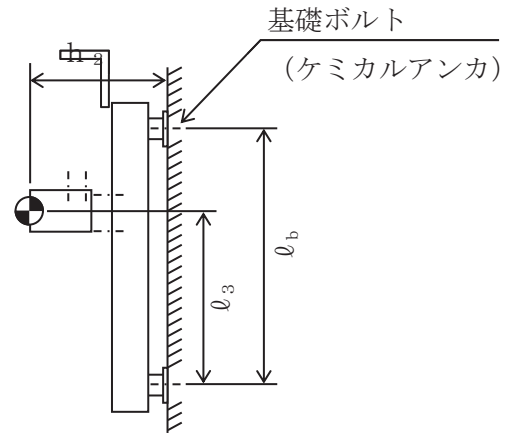
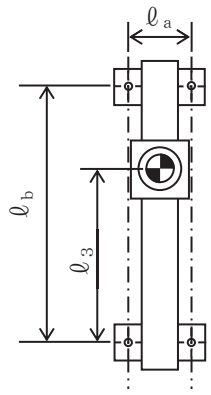
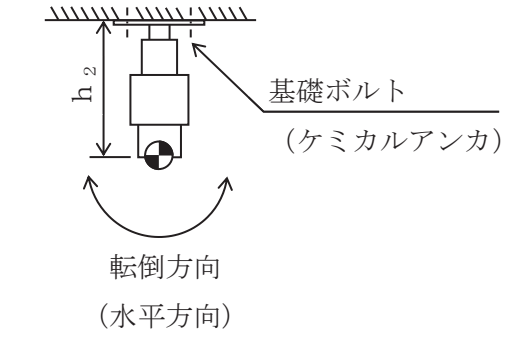
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口流量 (E71-FT005)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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



VI-2-6-5-2-3-6 代替循環冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却ポンプ出口流量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。

代替循環冷却ポンプ出口流量は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、代替循環冷却ポンプ出口流量が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替循環冷却ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【代替循環冷却ポンプ出口流量】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

代替循環冷却ポンプ出口流量が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

代替循環冷却ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

代替循環冷却ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却ポンプ出口流量	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却ポンプ出口流量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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022) 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	
代替循環冷却ポンプ 出口流量 (E11-FT022)	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		455							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	215	400	—	258	—	水平方向

注記*1 : 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 154^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 119$

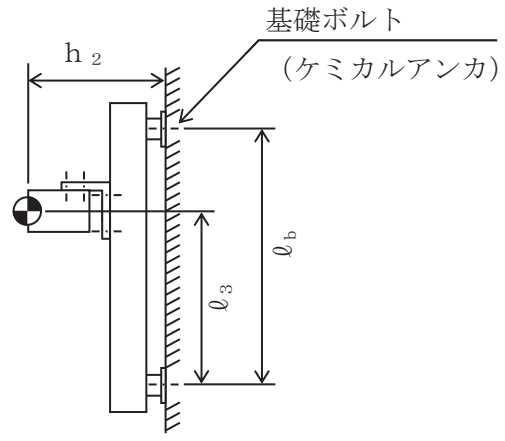
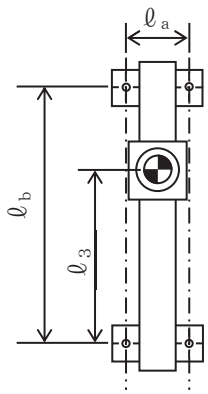
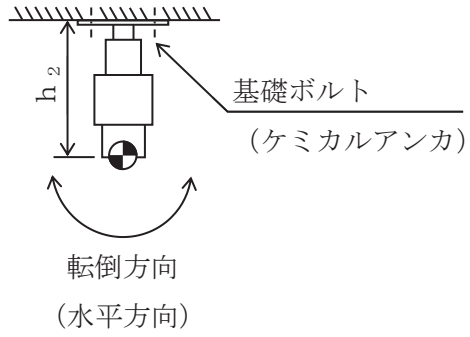
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ 出口流量 (E11-FT022)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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



VI-2-6-5-2-3-7 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	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	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量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。

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量(E51-FT004)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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
		出口流量			$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量（E51-FT004）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	S	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=123^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=95$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

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

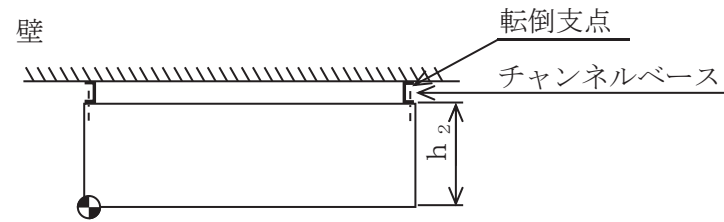
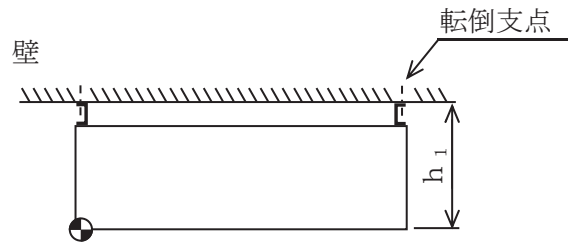
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

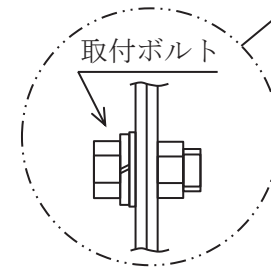
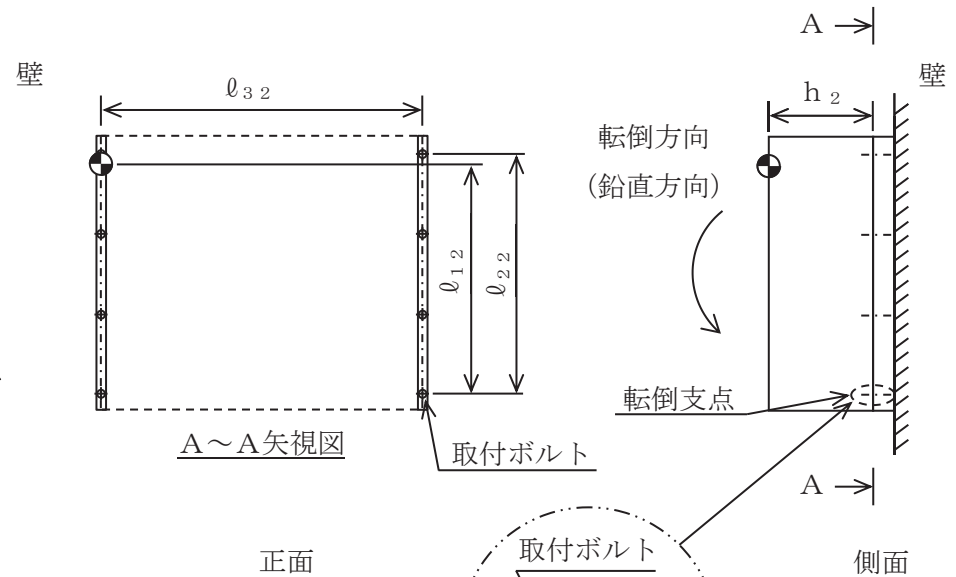
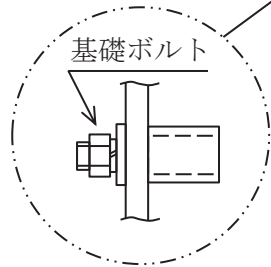
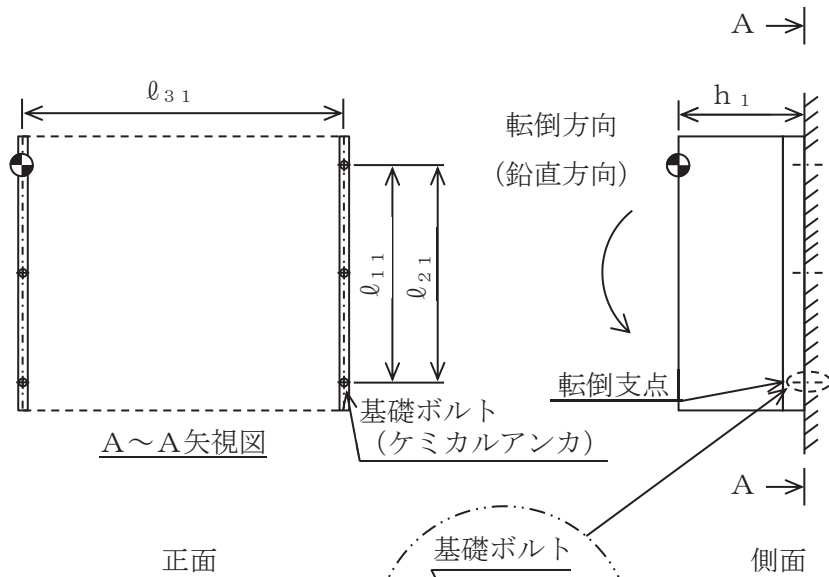
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



10



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

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)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

11

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	—		—	
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

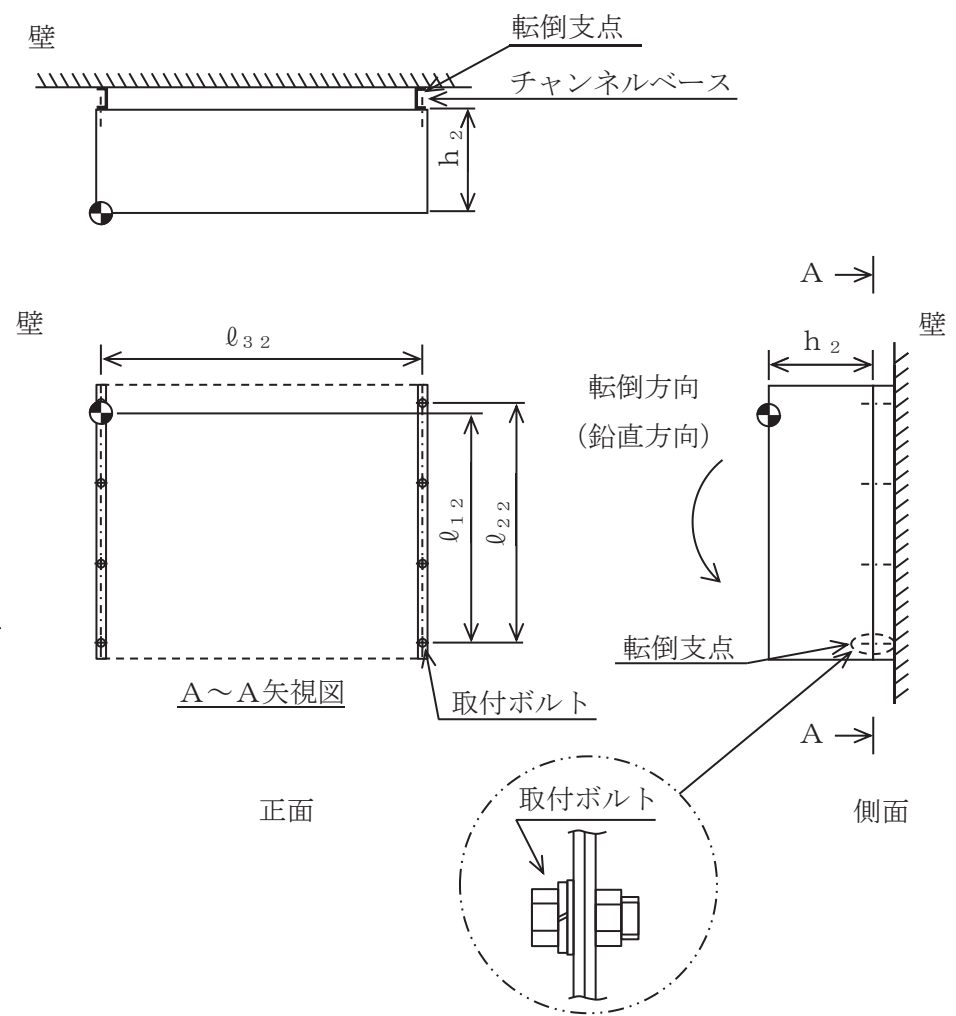
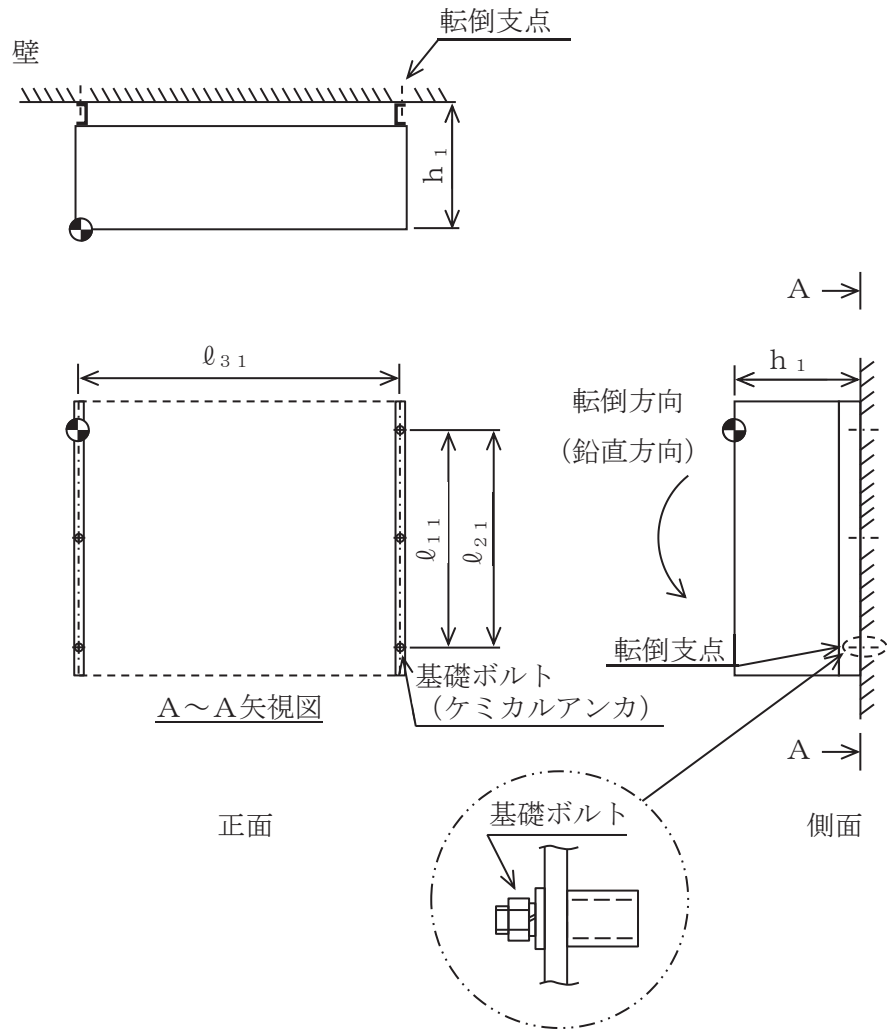
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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



VI-2-6-5-2-3-8 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量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。

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験(打振試験)の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量(E22-FT005B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 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ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E22-FT005B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

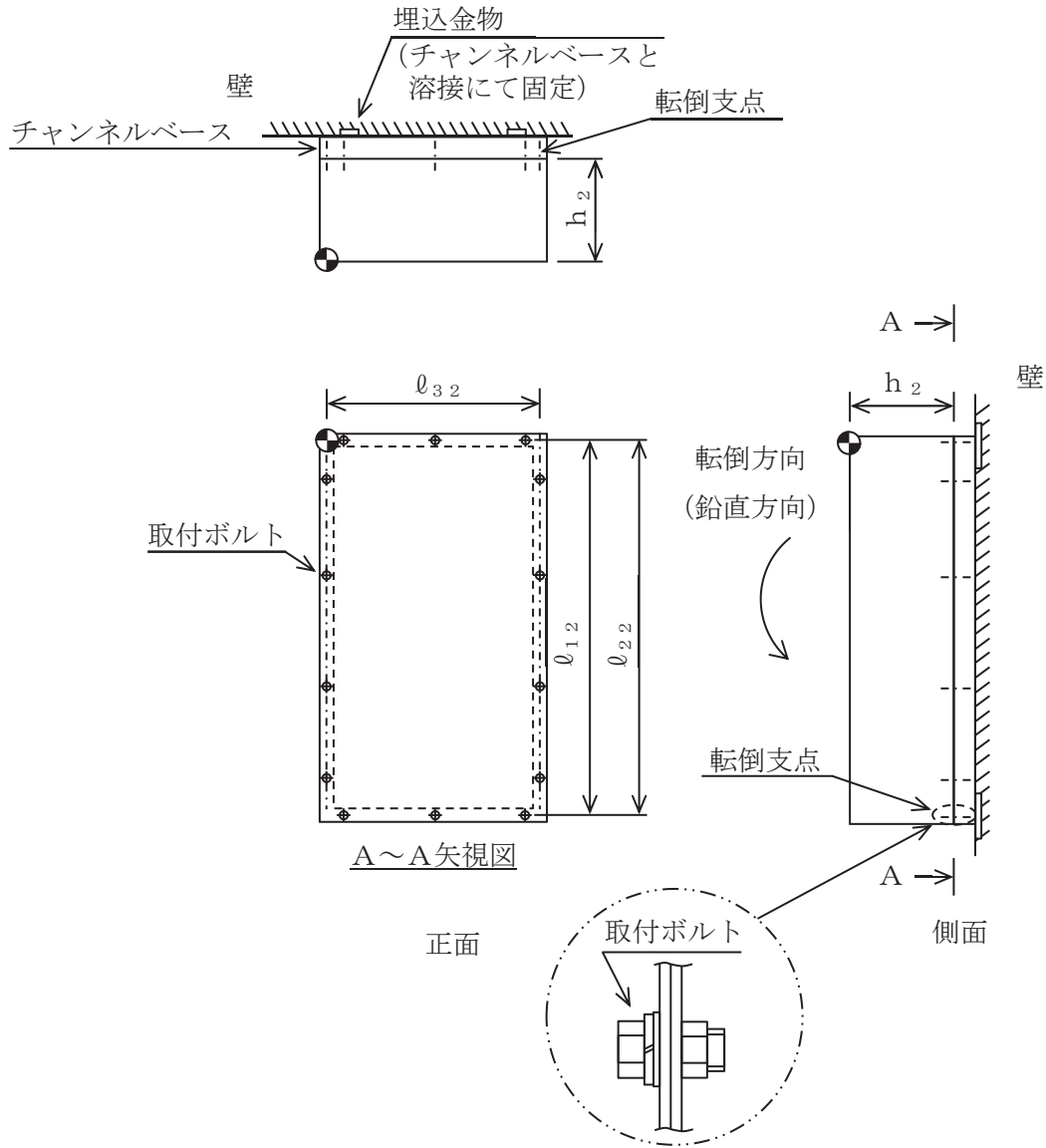
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°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 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

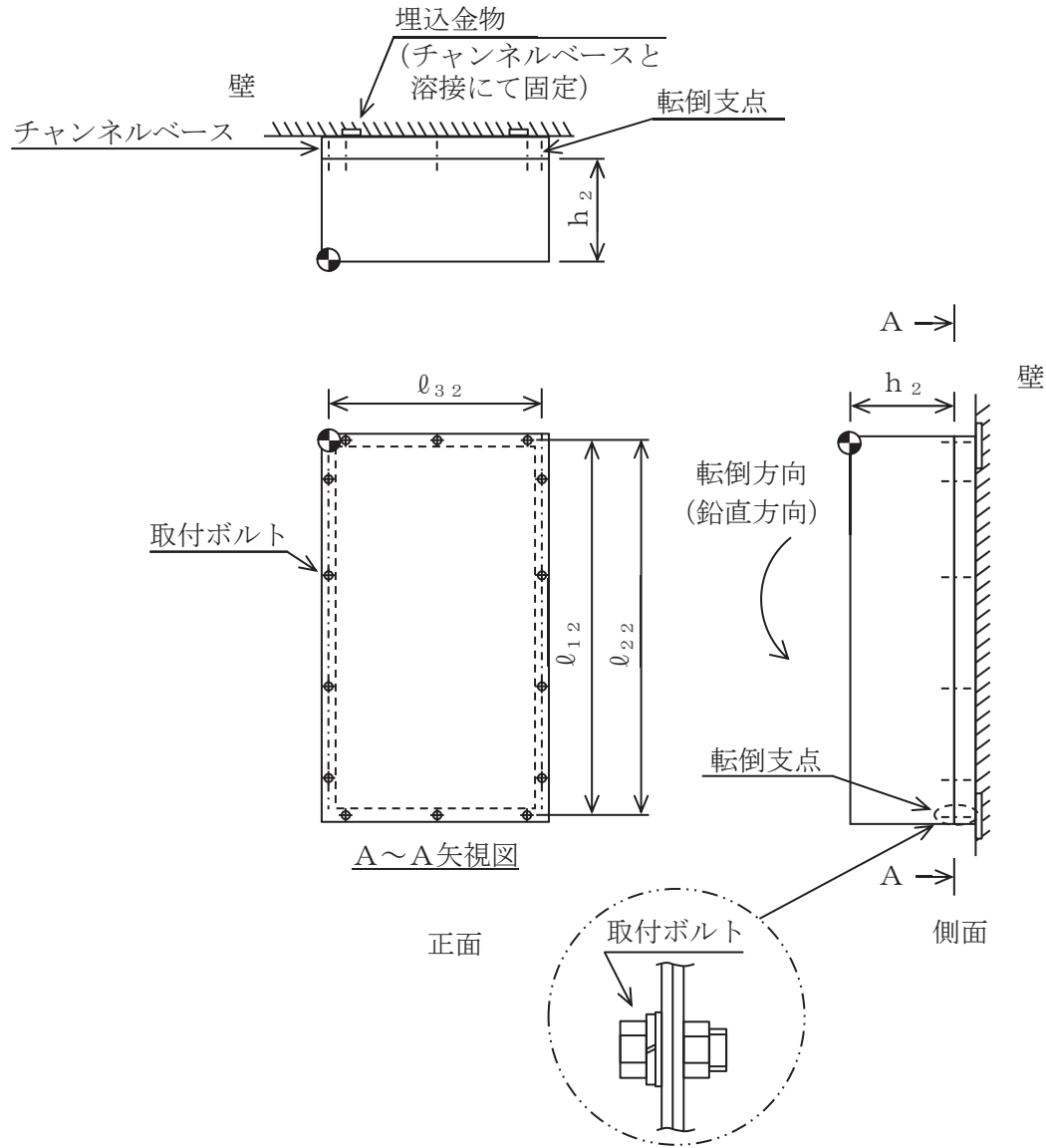
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-2-3-9 残留熱除去系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.3.1 固有周期の算出方法	3
1.4 構造強度評価	3
1.4.1 構造強度評価方法	3
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4.3 計算条件	3
1.5 機能維持評価	6
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	6
1.6 評価結果	6
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6
2. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	13
2.1 概要	13
2.2 一般事項	13
2.2.1 構造計画	13
2.3 固有周期	15
2.3.1 固有周期の算出方法	15
2.4 構造強度評価	15
2.4.1 構造強度評価方法	15
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
2.4.3 計算条件	15
2.5 機能維持評価	19
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	19
2.6 評価結果	19
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) 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。

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
E11-FT006A (代表) E11-FT006B	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 1-2 構造計画

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口流量 (H22-P018A (E11-FT006A))】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

1.3 固有周期

1.3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表1-3に示す。

表 1-3 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-5に示す。

(2) 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表1-6のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1-7に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-8に示す。

1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系ポンプ出口流量(E11-FT006A)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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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 1-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 1-6 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 1-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 1-8 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006A）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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	水平方向	
	鉛直方向	

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006A）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。

1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006A）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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

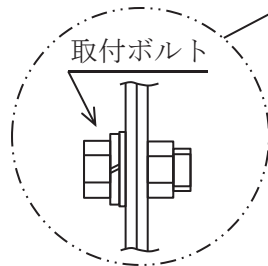
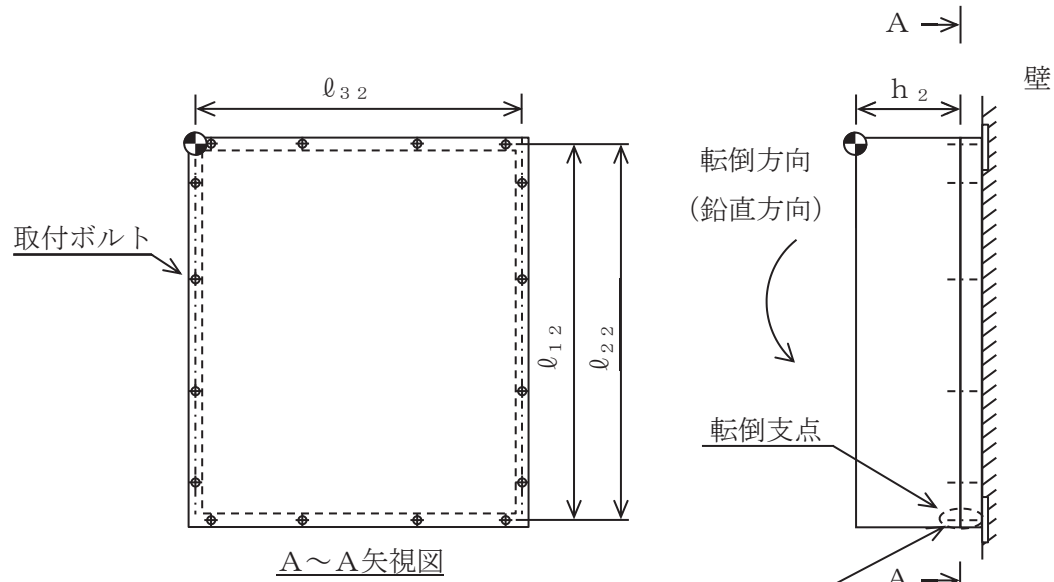
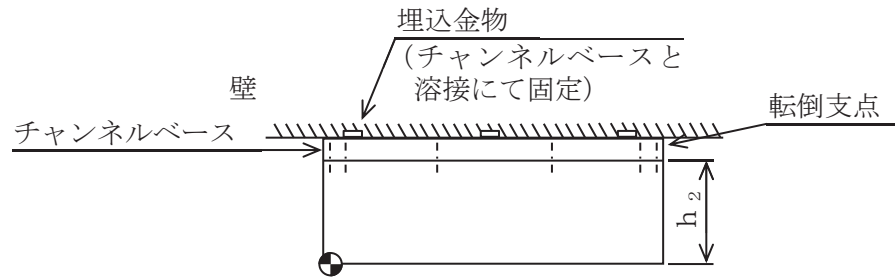
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°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	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fHi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

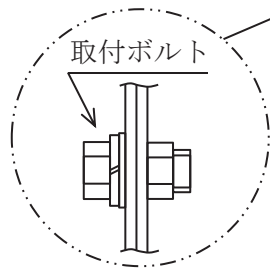
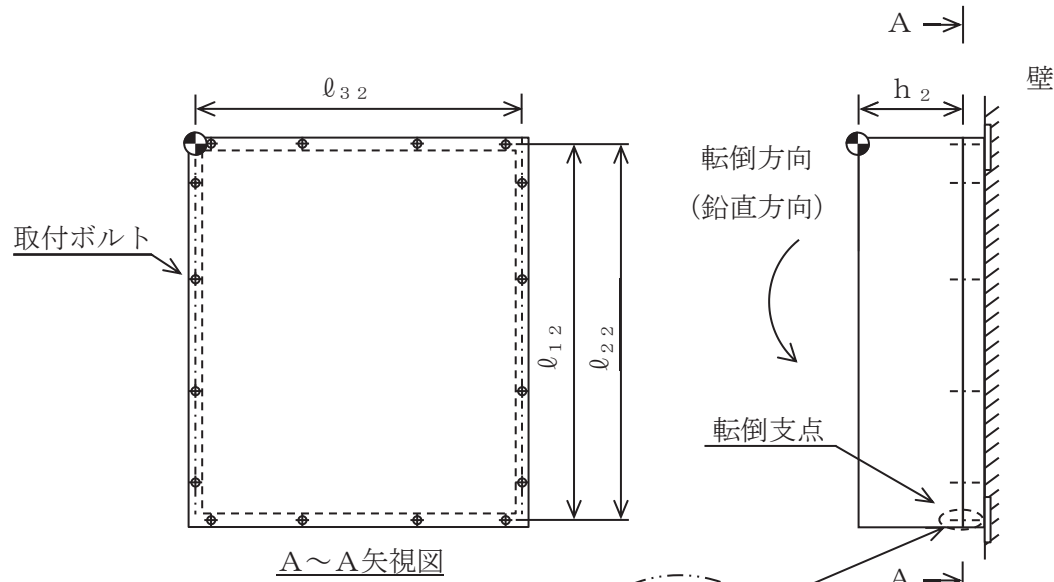
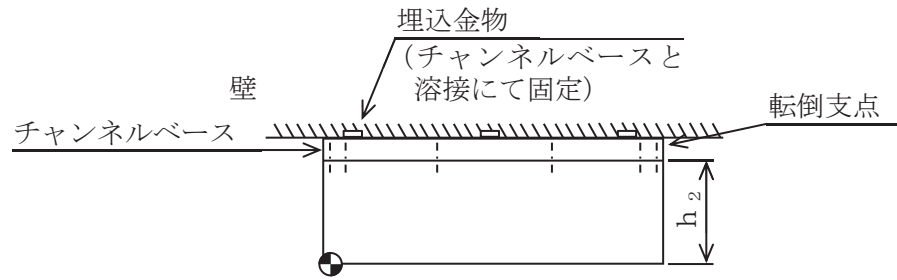
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



2. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口流量 (H22-P614 (E11-FT006C))】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>壁</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>1500</p> <p>400</p> <p>1200</p> <p>(単位：mm)</p>

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表2-2に示す。

表 2-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-3に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-4に示す。

(2) 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表2-5のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-6に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-7に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 2-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 2-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		$S_{y i}$	$S_{u i}$	$S_{y i} (R T)$
				(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)			206	386	—

表 2-7 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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)			206	385	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	水平方向	
	鉛直方向	

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）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。

2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	S	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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 ($i=1$)				
取付ボルト ($i=2$)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=14$	$f_{ts1}=123^*$	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	$\tau_{b1}=6$	$f_{sb1}=95$	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

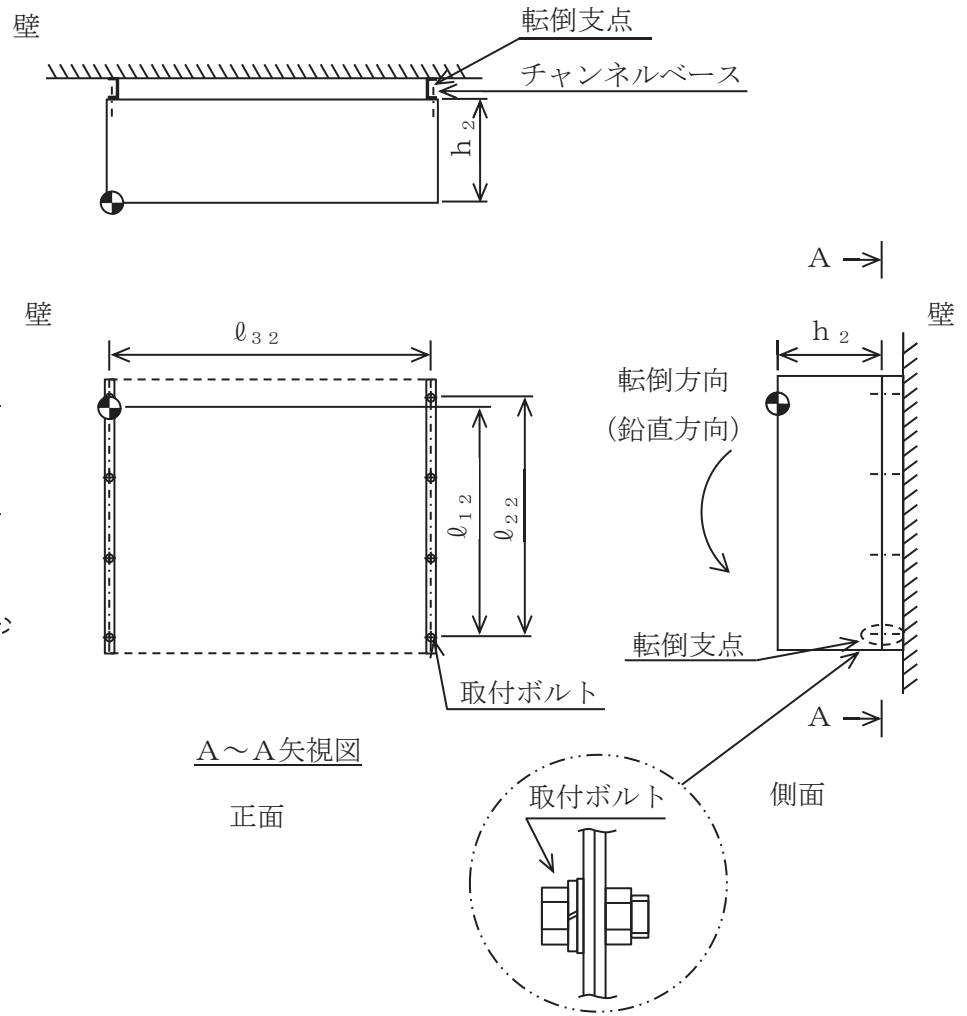
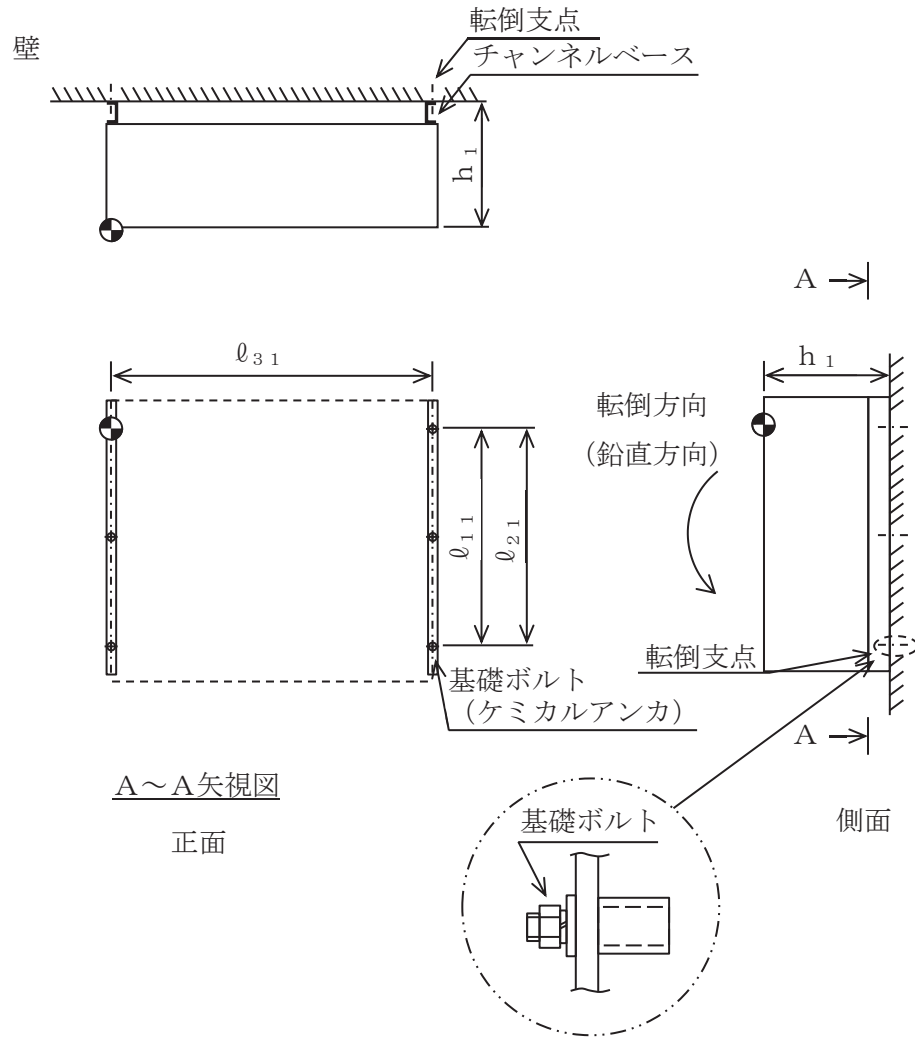
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



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	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 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)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=148^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=114$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

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

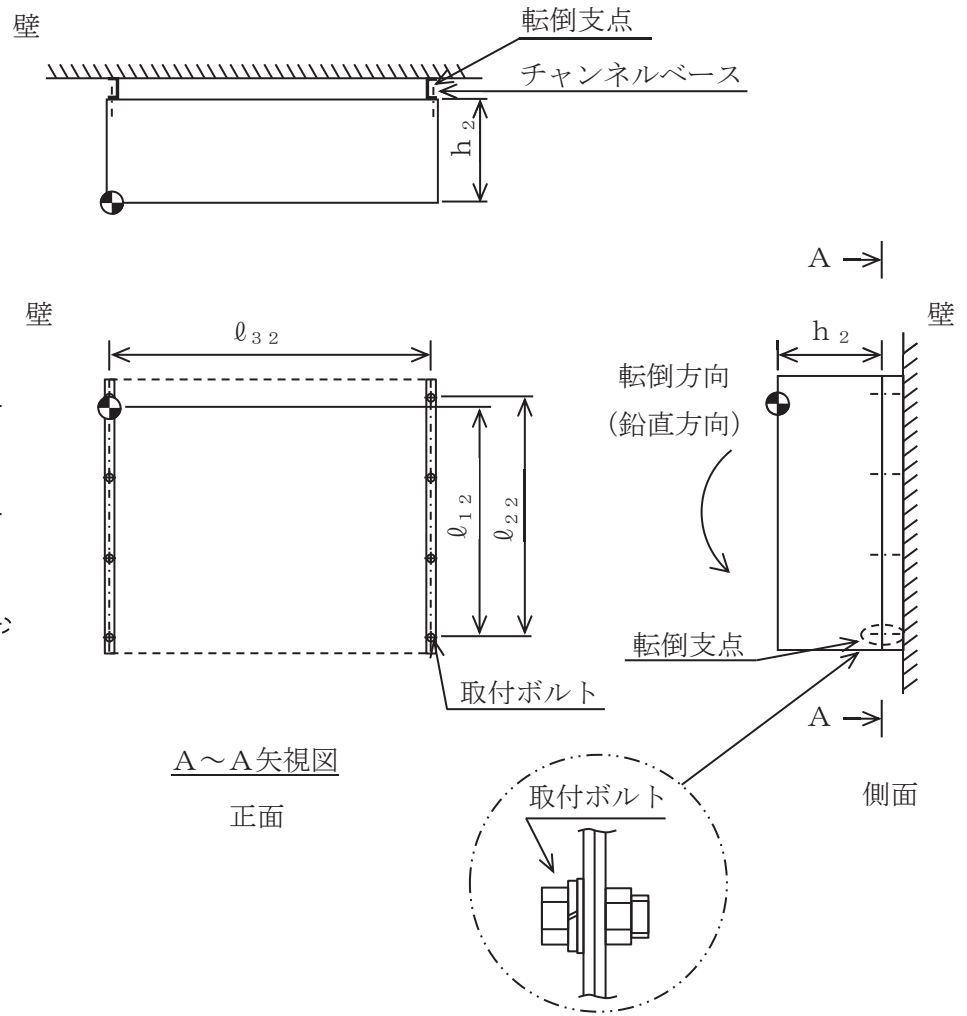
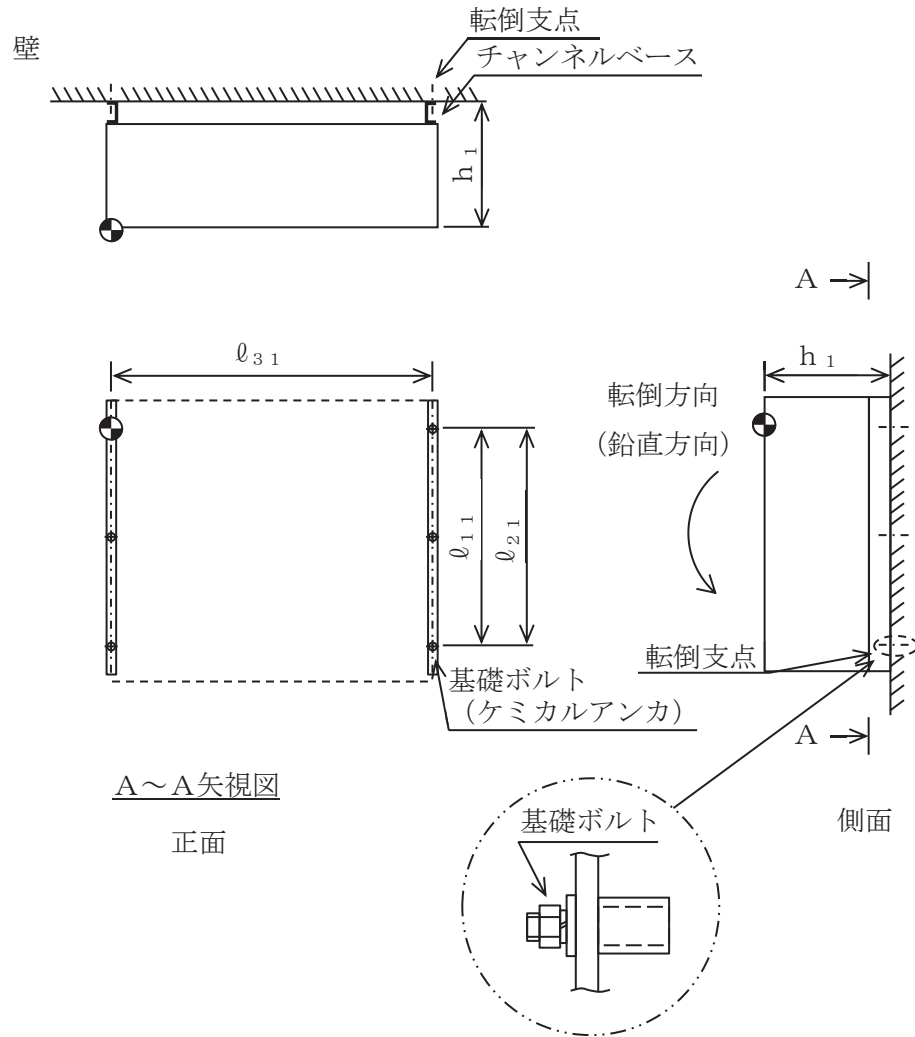
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



VI-2-6-5-2-3-10 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量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。

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量】</p> <p>壁</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1000</p> <p>500</p> <p>壁</p> <p>取付板</p> <p>取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>1700</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量（E21-FT006）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量（E21-FT006）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

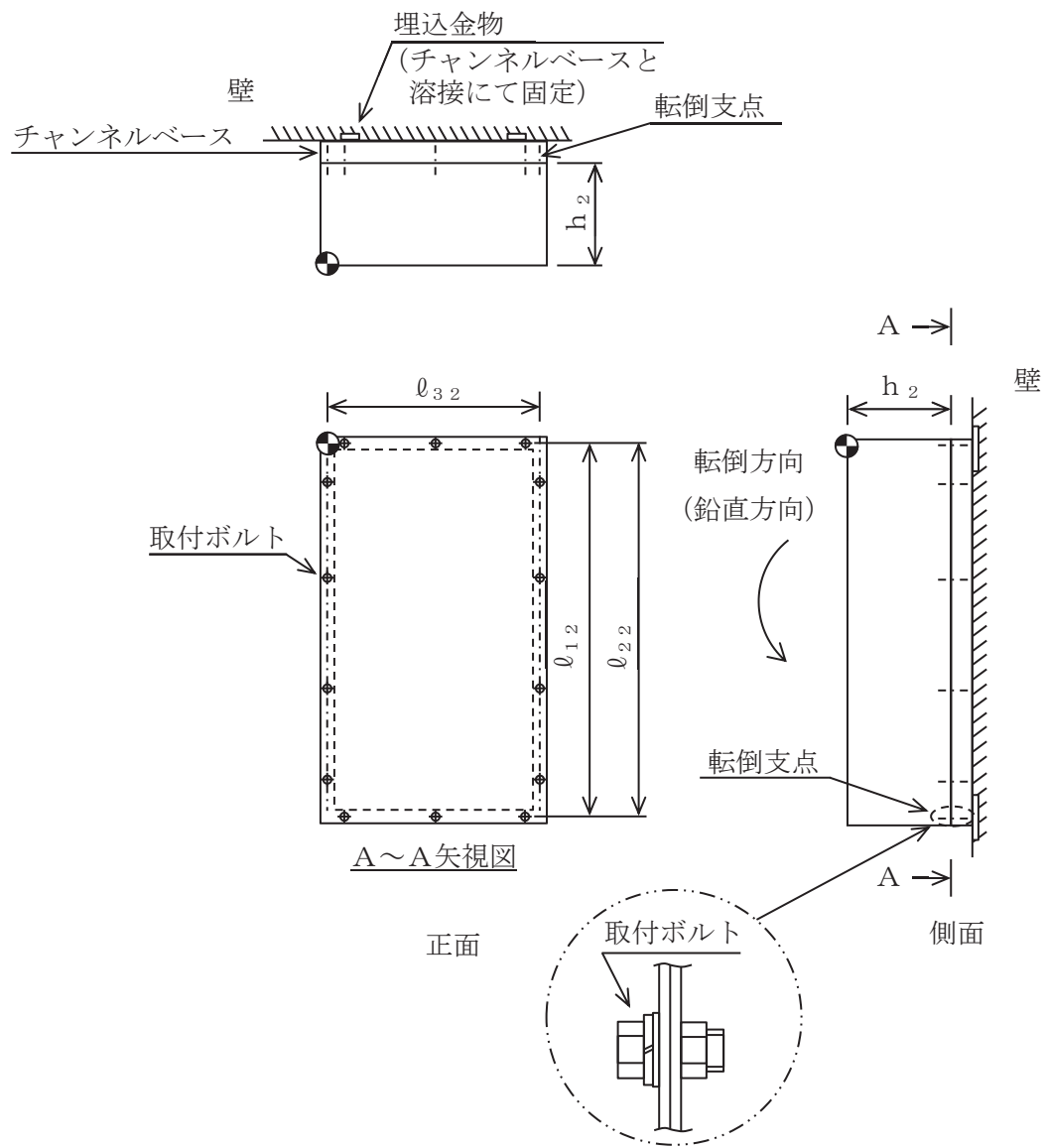
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°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	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

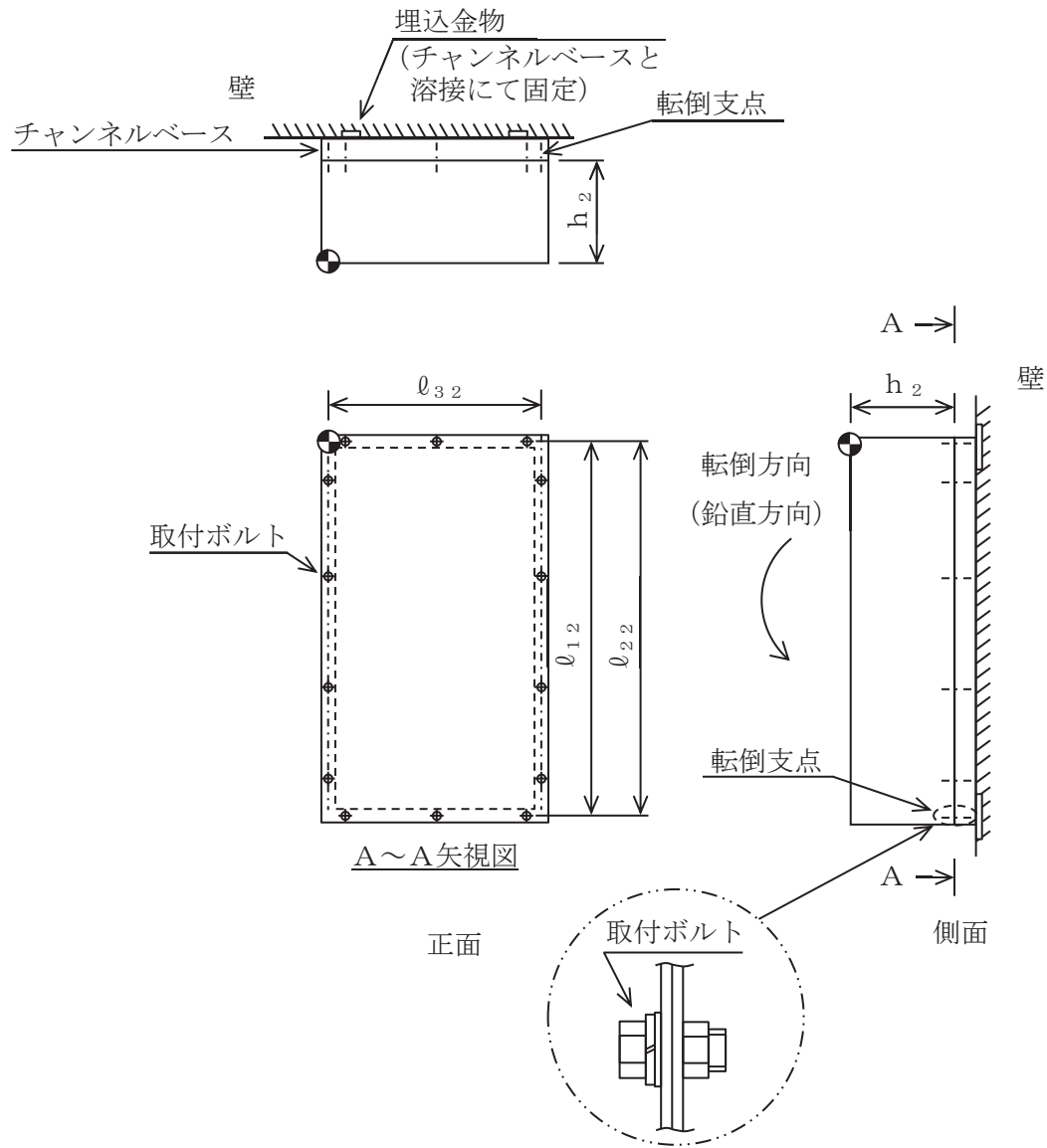
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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



VI-2-6-5-3 原子炉压力容器本体内の圧力又は水位を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-3-1 原子炉压力容器本体内部圧力計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-2 原子炉压力容器本体内部水位計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-1 原子炉压力容器本体内部圧力計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-3-1-1 原子炉圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-1-2 原子炉圧力 (SA) の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-1-1 原子炉圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

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

原子炉圧力 (B21-PT023A, B, C, D) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。原子炉圧力 (B21-PT051A, B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-PT023A (代表) B21-PT023B B21-PT023C B21-PT023D B21-PT051A (代表) B21-PT051B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉圧力 (H22-P005A (B21-PT023A, B21-PT051A))】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>壁</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1500</p> <p>500</p> <p>1700</p> <p>壁</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器*</p> <p>(単位：mm)</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

原子炉圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力（B21-PT023A, B21-PT051A）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (B21-PT051A)	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 4-3 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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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

原子炉圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉圧力（B21-PT023A, B21-PT051A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	S	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.13	C _V =0.91	C _H =2.12	C _V =1.56	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

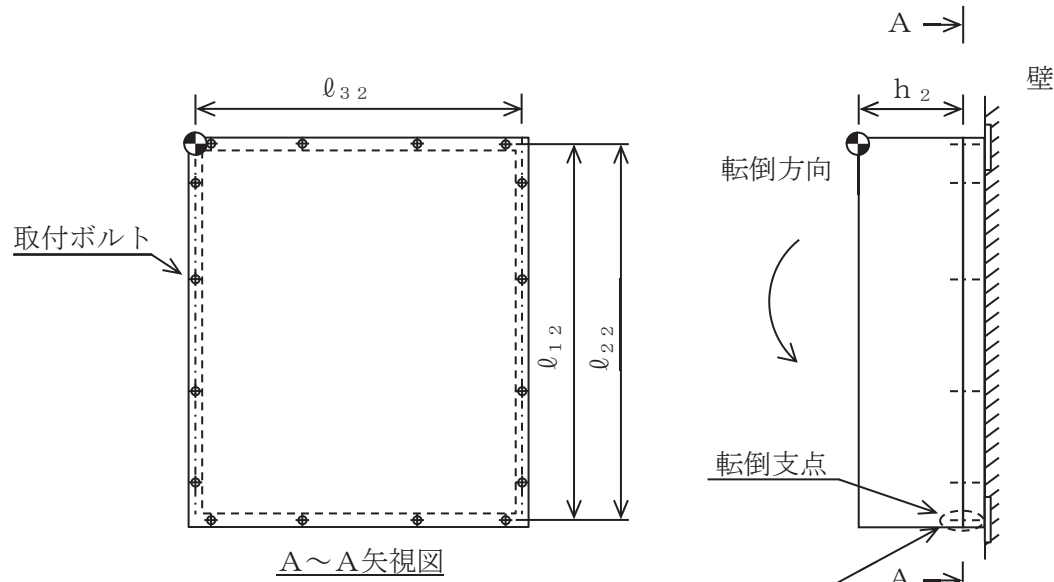
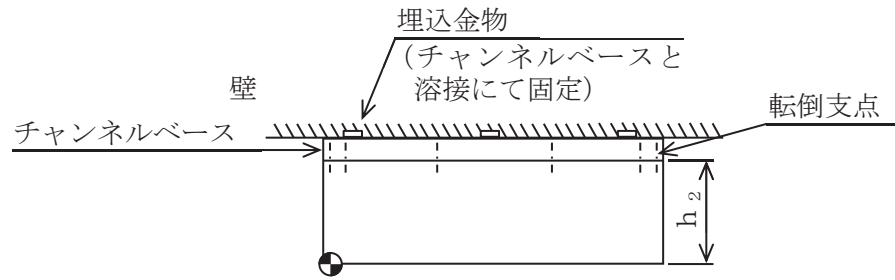
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

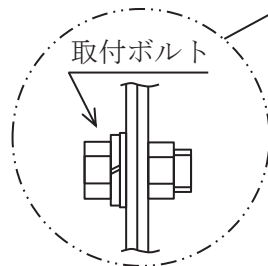
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT051A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$

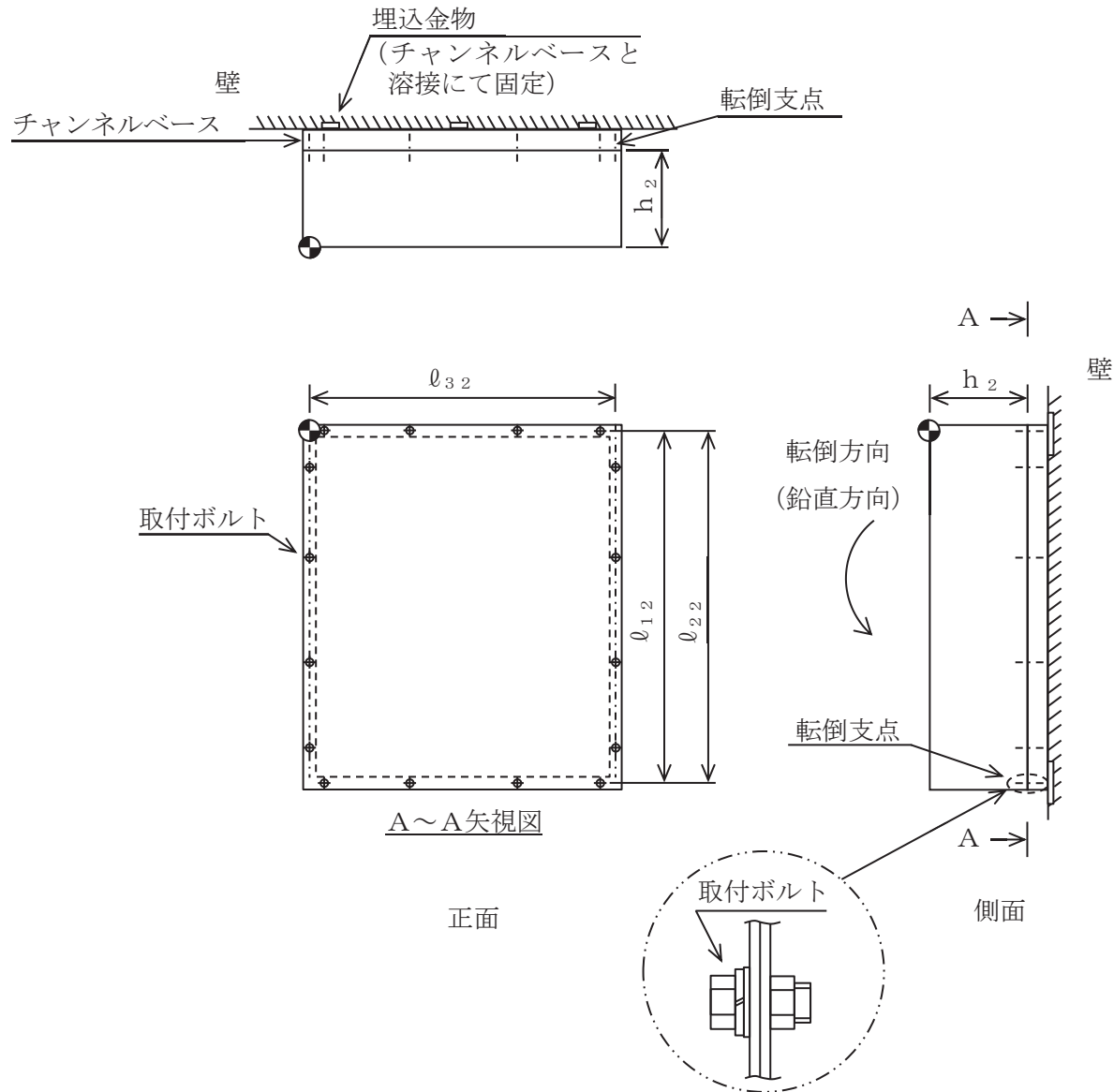
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT051A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

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



VI-2-6-5-3-1-2 原子炉圧力 (SA) の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉圧力 (SA) (計装ラック)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.4 構造強度評価	3
1.4.1 構造強度評価方法	3
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4.3 計算条件	3
1.5 機能維持評価	6
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	6
1.6 評価結果	6
1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6
2. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A))	10
2.1 概要	10
2.2 一般事項	10
2.2.1 構造計画	10
2.3 固有周期	12
2.4 構造強度評価	12
2.4.1 構造強度評価方法	12
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
2.4.3 計算条件	12
2.5 機能維持評価	15
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	15
2.6 評価結果	15
2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15
3. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B))	19
3.1 概要	19
3.2 一般事項	19
3.2.1 構造計画	19
3.3 固有周期	21
3.4 構造強度評価	21
3.4.1 構造強度評価方法	21
3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	21

3.4.3	計算条件	21
3.5	機能維持評価	24
3.5.1	電氣的機能維持評価方法	24
3.6	評価結果	24
3.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 原子炉圧力 (SA) (計装ラック)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計装ラック) 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。

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) 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。

なお、原子炉圧力 (SA) (計装ラック) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。

評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

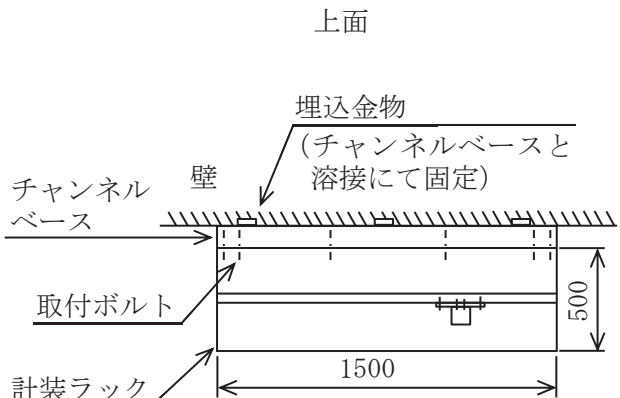
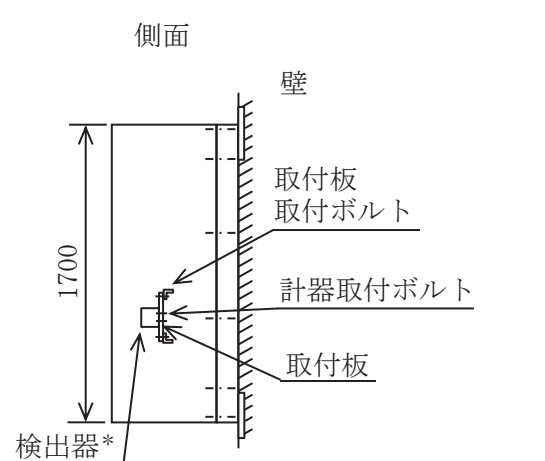
評価部位	評価方法	構造計画
B21-PT045A (代表) B21-PT045B B21-PT045C B21-PT045D	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 1-2 構造計画

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) H22-P005A (B21-PT045A)】</p> <p>上面</p>  <p>側面</p>  <p>(単位 : mm)</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

1.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-3 に示す。

表 1-3 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (SA) (計装ラック) (H22-P005A (B21-PT045A)) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	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 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) 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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-7 に示す。

表 1-7 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	水平方向	
	鉛直方向	

1.6 評価結果

1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) 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。

【原子炉圧力 (SA) (計装ラック) (H22-P005A (B21-PT045A)) 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	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1 : 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$

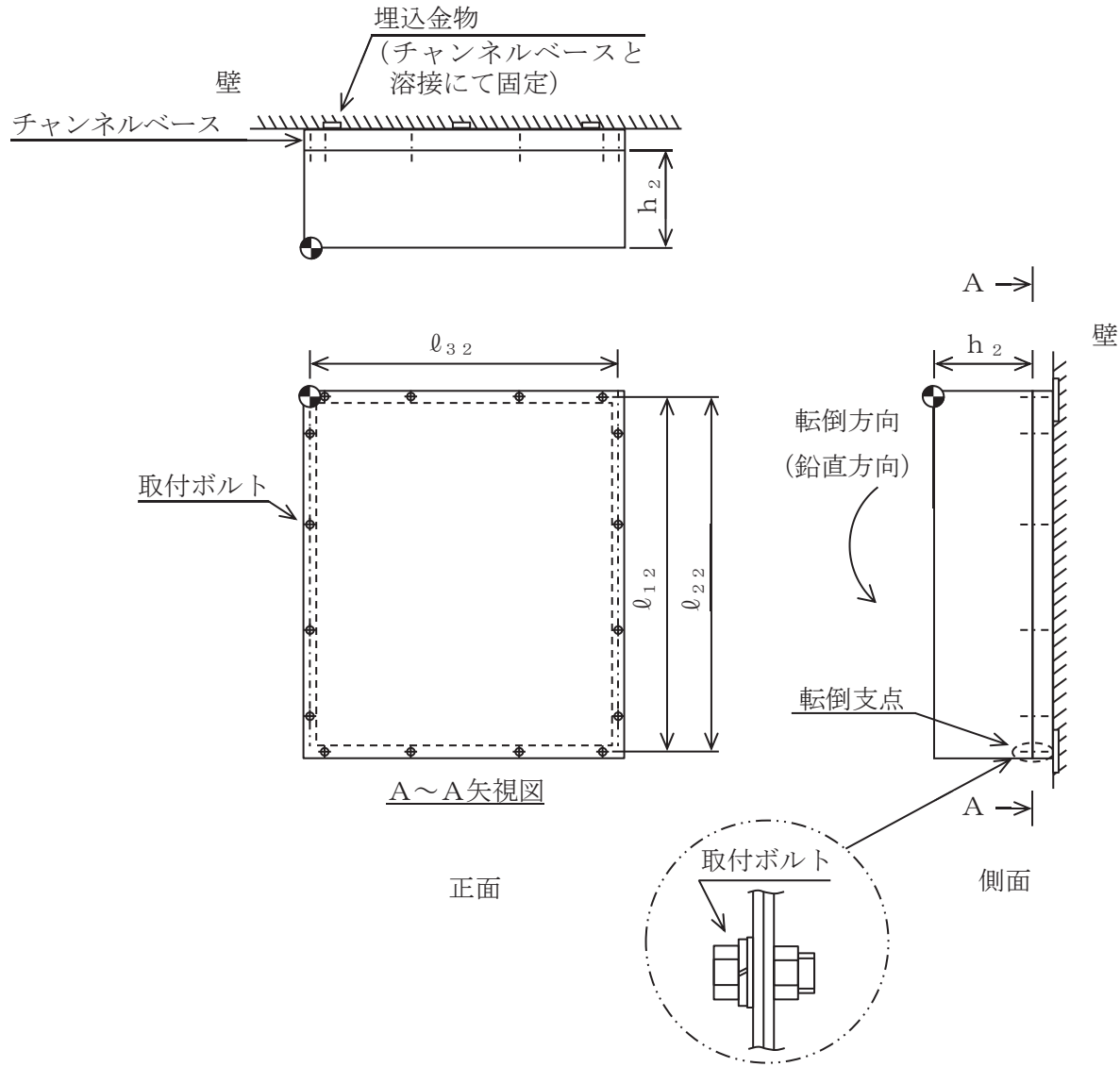
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

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



2. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A))

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) 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。

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) 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。

なお、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計器ステーションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060A))】</p> <p>The diagram illustrates the detector assembly in three views: <ul style="list-style-type: none"> Top View (上面): Shows the detector mounted on a horizontal surface. Front View (正面): Shows the detector (検出器) mounted on a vertical plate (取付板). The width of the plate is 250 mm, and the total height of the assembly is 850 mm. The detector is secured to the plate with instrument mounting bolts (計器取付ボルト). Side View (側面): Shows the vertical plate (取付板) mounted to a wall (基礎 (壁面)). The plate is 455 mm high. It is secured to the wall with foundation bolts (基礎ボルト) using chemical anchors (ケミカルアンカ). The detector is mounted to the plate with instrument mounting bolts (計器取付ボルト). </p> <p>(単位 : mm)</p>

2.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	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 2-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 2-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) 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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	水平方向	
	鉛直方向	

2.6 評価結果

2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) 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。

【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060A)) 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	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		455						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1 : 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

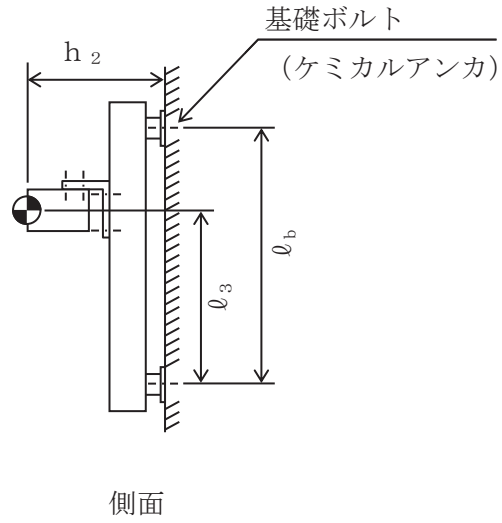
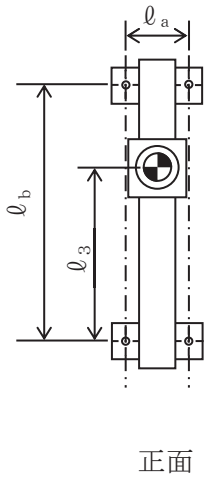
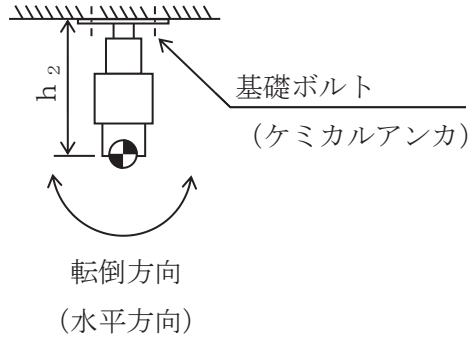
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

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



3. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B))

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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。

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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。

なお、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (床に設置された計器ステーションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060B))】</p> <p>The diagram illustrates the assembly of the detector. It includes three views: a top view showing a square base with four mounting holes; a front view showing a vertical assembly with a width of 160 mm and a total height of 1100 mm, mounted on a base with '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts/chemical anchors); and a side view showing a vertical assembly with a width of 375 mm, including labels for '検出器' (detector), '計器取付ボルト' (instrument mounting bolts), '取付板' (mounting plate), '取付板取付ボルト' (mounting plate mounting bolts), and '計器ステーション' (instrument station). The entire assembly is supported by a '基礎 (床面)' (foundation/floor surface).</p> <p>(単位 : mm)</p>

3.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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 3-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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 3-5 に示す。

3.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	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 3-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
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 3-5 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	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	水平方向	
	鉛直方向	

3.6 評価結果

3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) 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。

【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060B)) 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	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 15.00*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ ^{*1} (mm)	ℓ ₂ ^{*1} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f ^{*1}	
基礎ボルト		920						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向 ^{*2}	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記*1 : 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2 : 左右、前後方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 18$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

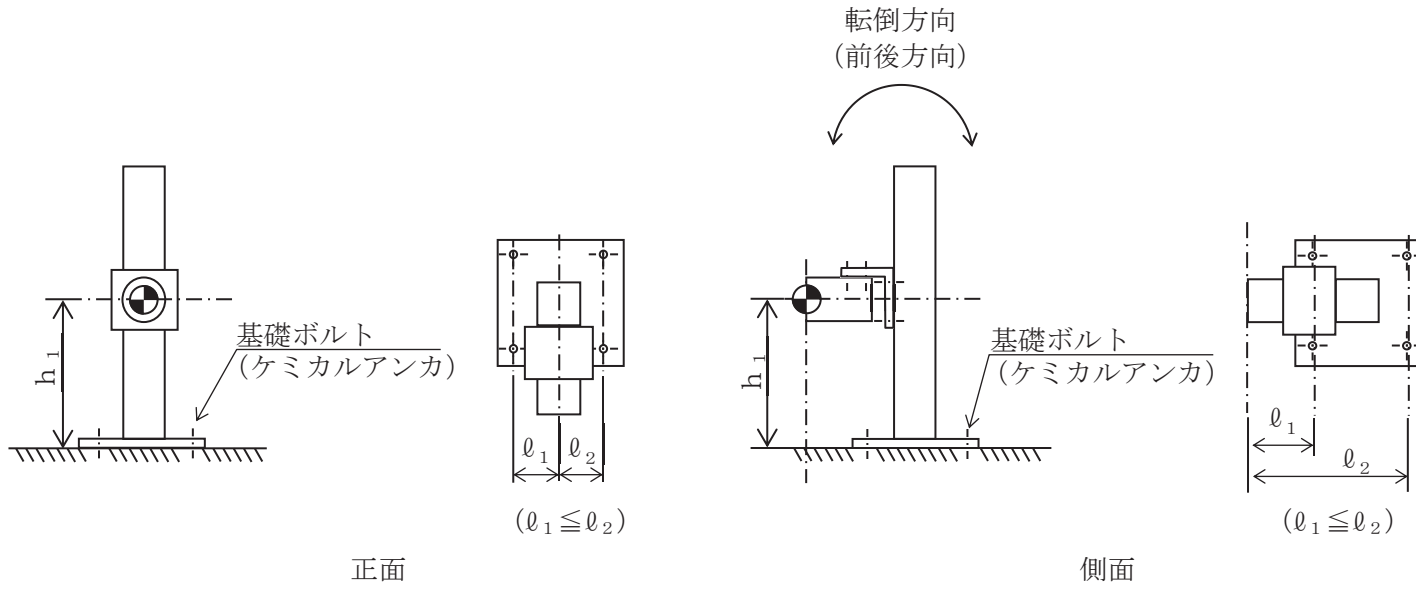
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-3-2 原子炉压力容器本体内部水位計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-3-2-1 原子炉水位の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-2 原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-3 原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-4 原子炉水位（SA 広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-5 原子炉水位（SA 燃料域）の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-2-1 原子炉水位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
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2	許容応力	3
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
4.3	計算条件	3
5.	機能維持評価	5
5.1	電氣的機能維持評価方法	5
6.	評価結果	5
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	5

1. 概要

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

原子炉水位は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT024A (代表)	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
B21-LT024B		
B21-LT024C		
B21-LT024D		
B21-LT026A		
B21-LT026B		
B21-LT026C		
B21-LT026D		
B21-LT031A		
B21-LT031B		
B21-LT031C		
B21-LT031D		
B21-LT038A		
B21-LT038B		
B21-LT054		

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉水位 (H22-P005A (B21-LT024A))】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（B21-LT024A）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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*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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi} (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト ($i = 2$)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (B21-LT024A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位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。

【原子炉水位（B21-LT024A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (B21-LT024A)	S	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.13	C _V =0.91	C _H =2.12	C _V =1.56	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

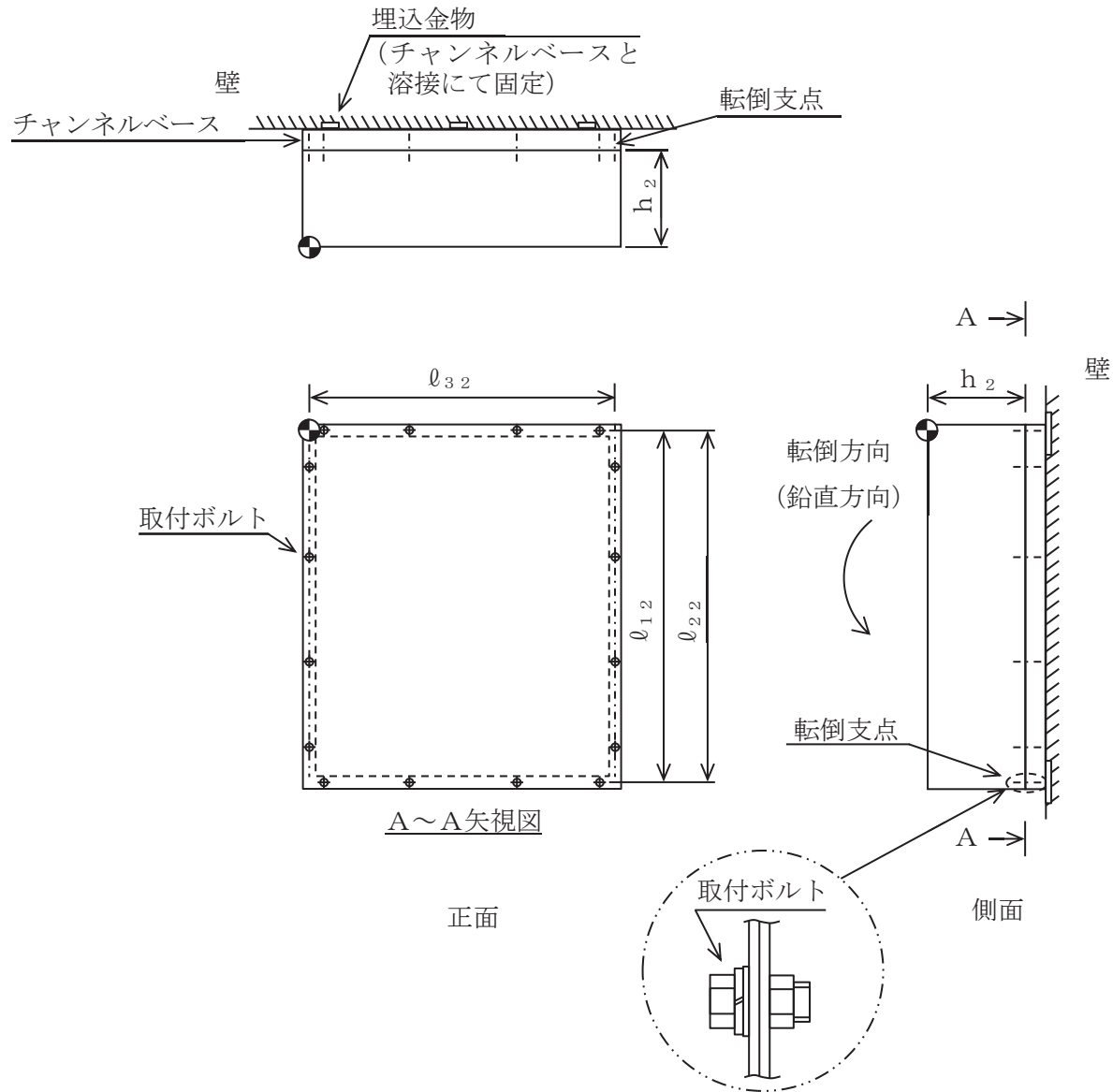
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (B21-LT024A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



VI-2-6-5-3-2-2 原子炉水位（広帯域）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
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2	許容応力	3
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
4.3	計算条件	3
5.	機能維持評価	6
5.1	電氣的機能維持評価方法	6
6.	評価結果	6
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（広帯域）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。

原子炉水位（広帯域）（B21-LT036A, B, C, D, LT037A, B, C, D）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。原子炉水位（広帯域）（B21-LT052A, B）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。

なお、原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT036A（代表） B21-LT036B B21-LT036C B21-LT036D B21-LT037A B21-LT037B B21-LT037C B21-LT037D B21-LT052A（代表） B21-LT052B	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉水位 (広帯域) (H22-P004A (B21-LT036A, LT052A))】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>壁</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1000</p> <p>500</p> <p>1700</p> <p>検出器*</p> <p>取付板</p> <p>取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>(単位 : mm)</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

3. 固有周期

原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（広帯域）(B21-LT036A, LT052A)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域） （B21-LT036A, LT052A）	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域） （B21-LT036A, LT052A）	常設耐震／防止 常設／緩和*2	—*3	$D + P_D + M_D + S_s^{*4}$	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：B21-LT036A は常設耐震／防止，B21-LT052A は常設耐震／防止及び常設／緩和に分類される。

*3：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。

*4：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (B21-LT036A, LT052A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT036A, LT052A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） （B21-LT036A, LT052A）	S	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.96	C _V =0.80	C _H =1.97	C _V =1.37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

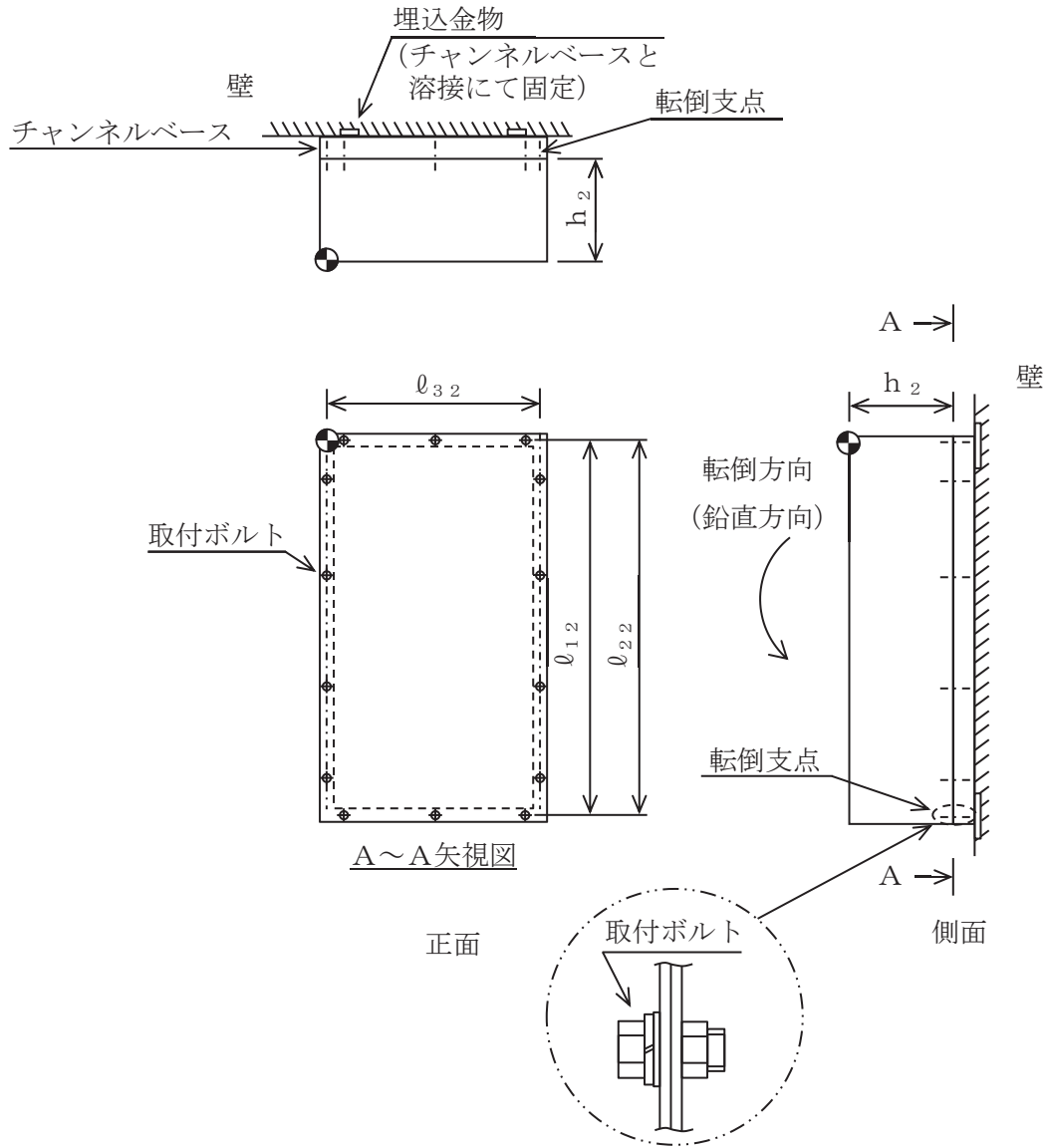
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	常設耐震/防止 常設/緩和*1	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*2)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*1: B21-LT036A は常設耐震/防止, B21-LT052A は常設耐震/防止及び常設/緩和に分類される。

注記*2: 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)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1: 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

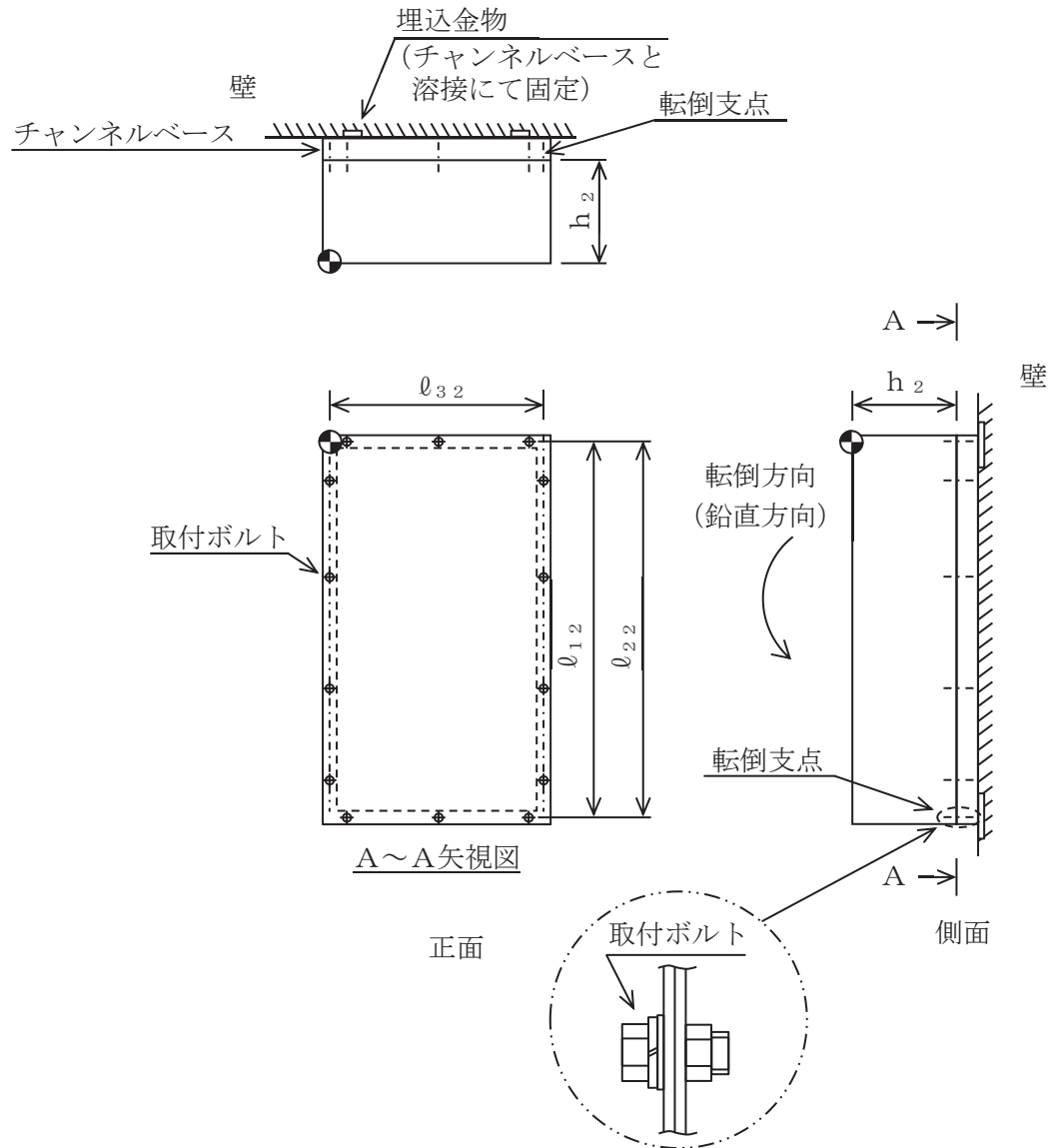
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-3-2-3 原子炉水位（燃料域）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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（燃料域）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。

原子炉水位（燃料域）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。

なお、原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT044A（代表） B21-LT044B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉水位 (燃料域) H22-P009-1 (B21-LT044A)】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

3. 固有周期

原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（燃料域）(B21-LT044A) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	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 4-3 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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（燃料域） (B21-LT044A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（燃料域）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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉水位（燃料域）（B21-LT044A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (B21-LT044A)	S	原子炉建屋 O. P. 6. 00 (O. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 96	C _V =0. 80	C _H =1. 97	C _V =1. 37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

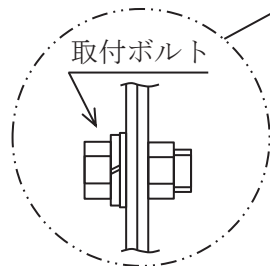
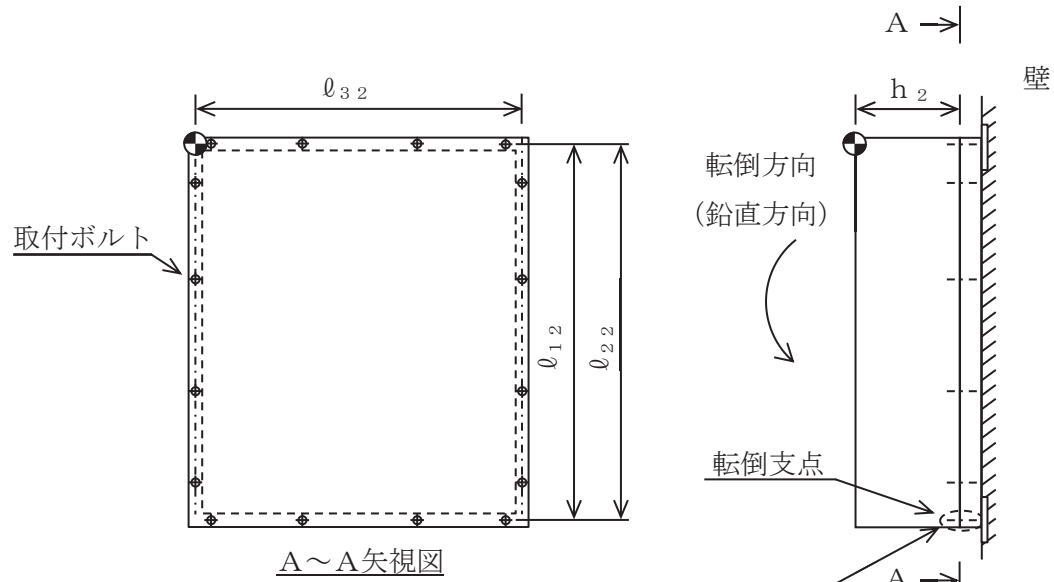
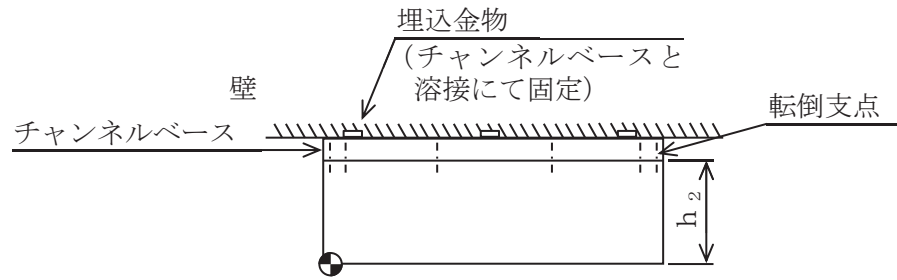
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

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)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1 : 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=155$

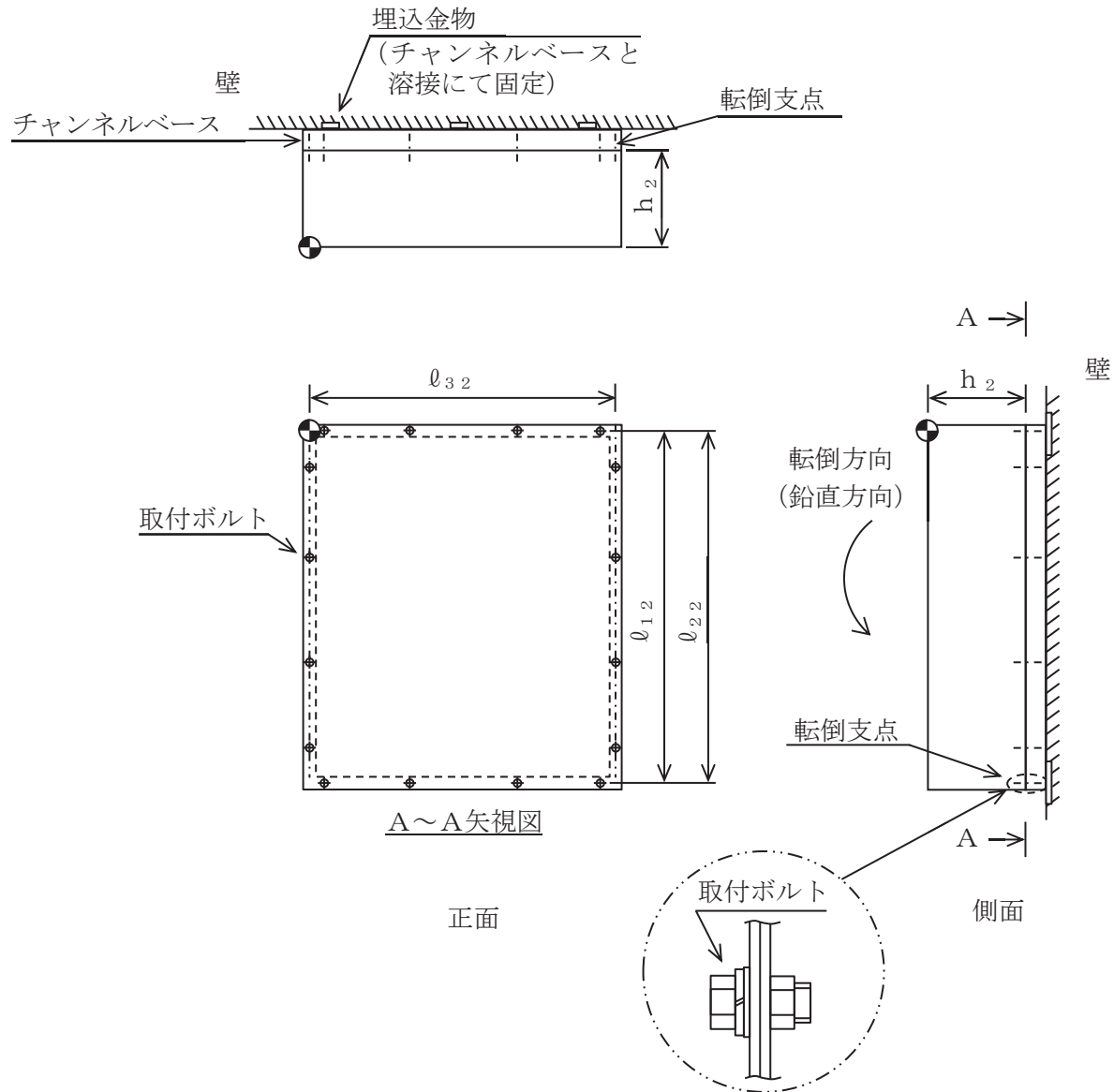
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-3-2-4 原子炉水位 (SA 広帯域) 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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（SA 広帯域）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。

原子炉水位（SA 広帯域）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。

なお、原子炉水位（SA 広帯域）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（SA 広帯域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉水位 (SA 広帯域)】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位（SA 広帯域）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（SA 広帯域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（SA 広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（SA 広帯域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（SA 広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（SA 広帯域）(B21-LT058) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（SA 広帯域）	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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（SA 広帯域）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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（SA 広帯域） (B21-LT058)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位 (SA 広帯域) 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。

【原子炉水位（SA広帯域）（B21-LT058）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	
原子炉水位 (SA広帯域) (B21-LT058)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		460						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

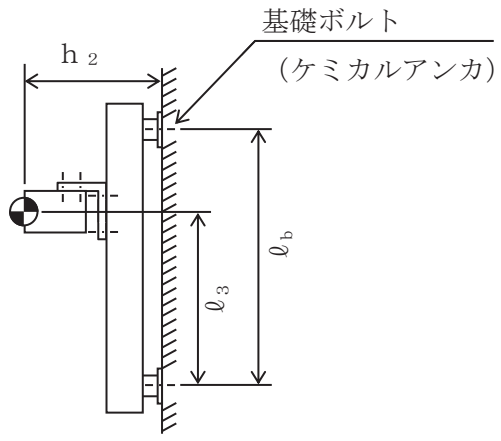
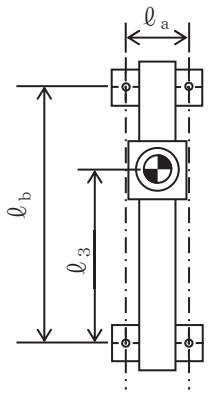
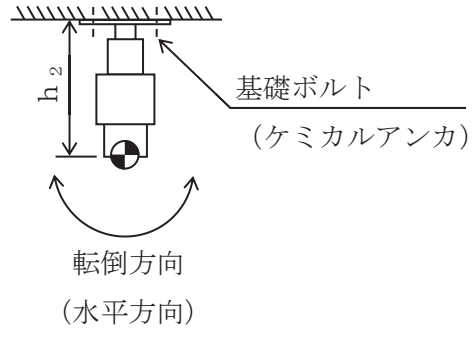
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA 広帯域) (B21-LT058)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-3-2-5 原子炉水位 (SA 燃料域) 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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（SA 燃料域）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。

原子炉水位（SA 燃料域）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。

なお、原子炉水位（SA 燃料域）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（SA 燃料域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉水位 (SA 燃料域)】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位（SA 燃料域）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（SA 燃料域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（SA 燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（SA 燃料域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（SA 燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（SA 燃料域）(B21-LT059) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（SA 燃料域）	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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（SA 燃料域）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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（SA 燃料域） (B21-LT059)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位 (SA 燃料域) 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。

【原子炉水位（SA 燃料域）（B21-LT059）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	
原子炉水位 (SA 燃料域) (B21-LT059)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O. P. 6. 00 (O. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 97	C _V =1. 37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		460						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

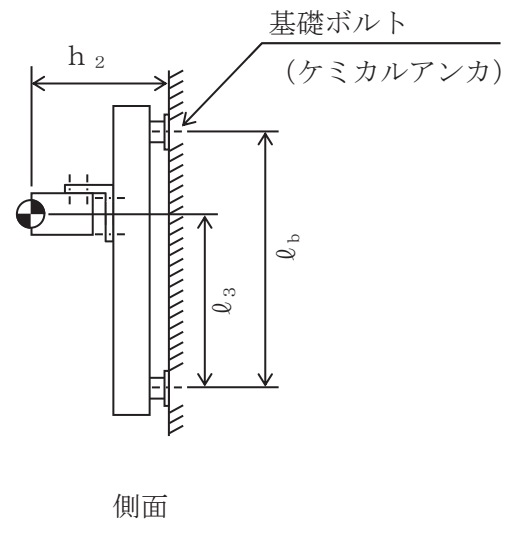
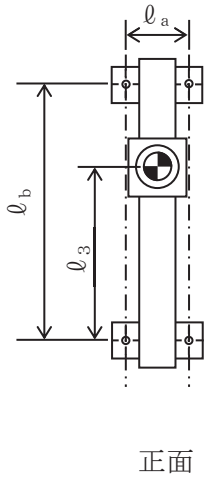
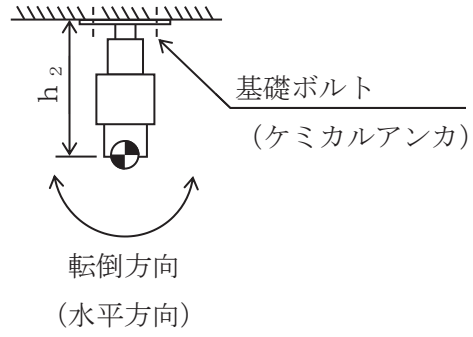
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA 燃料域) (B21-LT059)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-4 原子炉格納容器本体内の圧力，温度，酸素ガス濃度又は水素
ガス濃度を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-4-1 原子炉格納容器内圧力計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-2 原子炉格納容器内温度計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-3 原子炉格納容器内酸素ガス濃度計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-4 原子炉格納容器内水素ガス濃度計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-1 原子炉格納容器内圧力計測装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-4-1-1 ドライウェル圧力の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-1-2 圧力抑制室圧力の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-1-1 ドライウェル圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 構造計画	2
3. 固有周期	5
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
4.2.2 許容応力	5
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	5
4.3 計算条件	5
5. 機能維持評価	9
5.1 電氣的機能維持評価方法	9
6. 評価結果	10
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	10
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	10

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル圧力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。

ドライウェル圧力 (B21-PT047A, B, C, D, PT048A, B, C, D, PT055A, B, C, D, T48-PT014, PT017) は、設計基準対象施設においては S クラス施設に分類される。ドライウェル圧力 (T48-PT034) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、ドライウェル圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-PT047A	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画 表 2-2 構造計画
B21-PT047B (代表)		
B21-PT047C		
B21-PT047D (代表)		
B21-PT048A		
B21-PT048B (代表)		
B21-PT048C		
B21-PT048D (代表)		
B21-PT055A		
B21-PT055B		
B21-PT055C (代表)		
B21-PT055D (代表)		
T48-PT014		
T48-PT017 (代表)		
T48-PT034 (代表)		

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【ドライウエル圧力 H22-P006C (B21-PT047B, D, PT055C, T48-PT017)】</p> <p>(単位 : mm)</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【ドライウエル圧力 H22-P006D (B21-PT048B, D, PT055D, T48-PT034)】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>壁</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>500</p> <p>1000</p> <p>1700</p> <p>壁</p> <p>取付板</p> <p>取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器*</p> <p>(単位：mm)</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

ドライウエル圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ドライウエル圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウエル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウエル圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウエル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル圧力 (H22-P006C (B21-PT047B, D, PT055C, T48-PT017)) の耐震性についての計算結果】、【ドライウエル圧力 (H22-P006D (B21-PT048B, D, PT055D)) の耐震性についての計算結果】及び【ドライウエル圧力 (H22-P006D (T48-PT034)) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル圧力	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
		(B21-PT047B B21-PT047D B21-PT048B B21-PT048D B21-PT055C B21-PT055D T48-PT017)			$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：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。

9

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル圧力 (T48-PT034)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	40	40	215	400	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)		40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウェル圧力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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度	
ドライウェル圧力 (B21-PT055C B21-PT055D T48-PT034)	水平方向		
	鉛直方向		
ドライウェル圧力 (B21-PT047B B21-PT047D B21-PT048B B21-PT048D T48-PT017)	水平方向		
	鉛直方向		

O 2 ⑥ VI-2-6-5-4-1-1 R 2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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

ドライウェル圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【ドライウエル圧力 (H22-P006C (B21-PT047B, D, PT055C, T48-PT017)) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力 (B21-PT047B, D, PT055C, T48-PT017)	S	原子炉建屋 O.P. 22.50 (O.P. 33.20*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.57	C _V =1.03	C _H =2.65	C _V =1.77	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		600							4	2	2
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	215	400	215	258	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=29$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=46$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

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

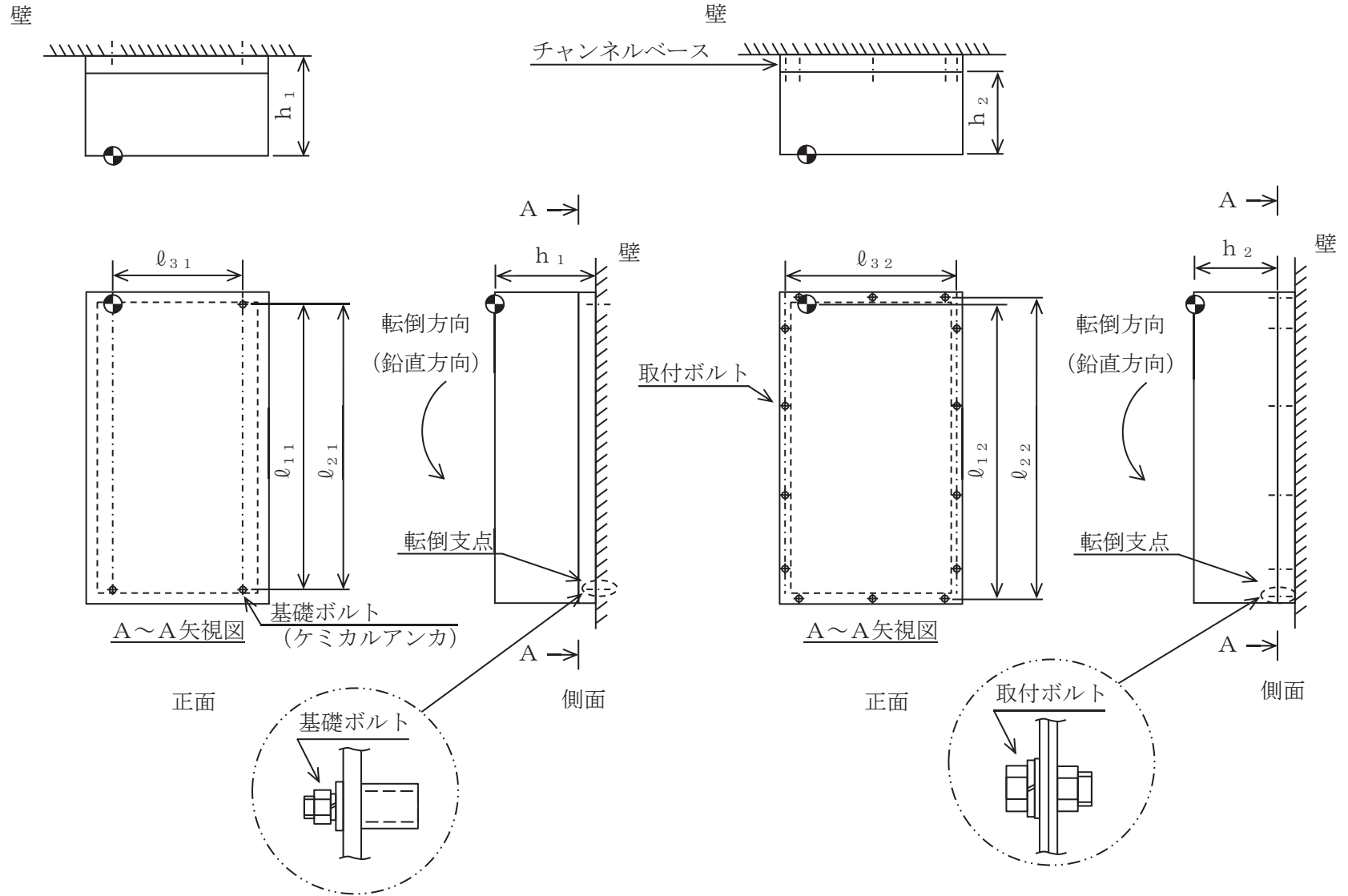
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (B21-PT047B, D, T48-PT017)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	
ドライウエル圧力 (B21-PT055C)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



【ドライウエル圧力 (H22-P006D (B21-PT048B, D, PT055D)) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力 (B21-PT048B, D, PT055D)	S	原子炉建屋 O.P. 22.50 (O.P. 33.20*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.57	C _V =1.03	C _H =2.65	C _V =1.77	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

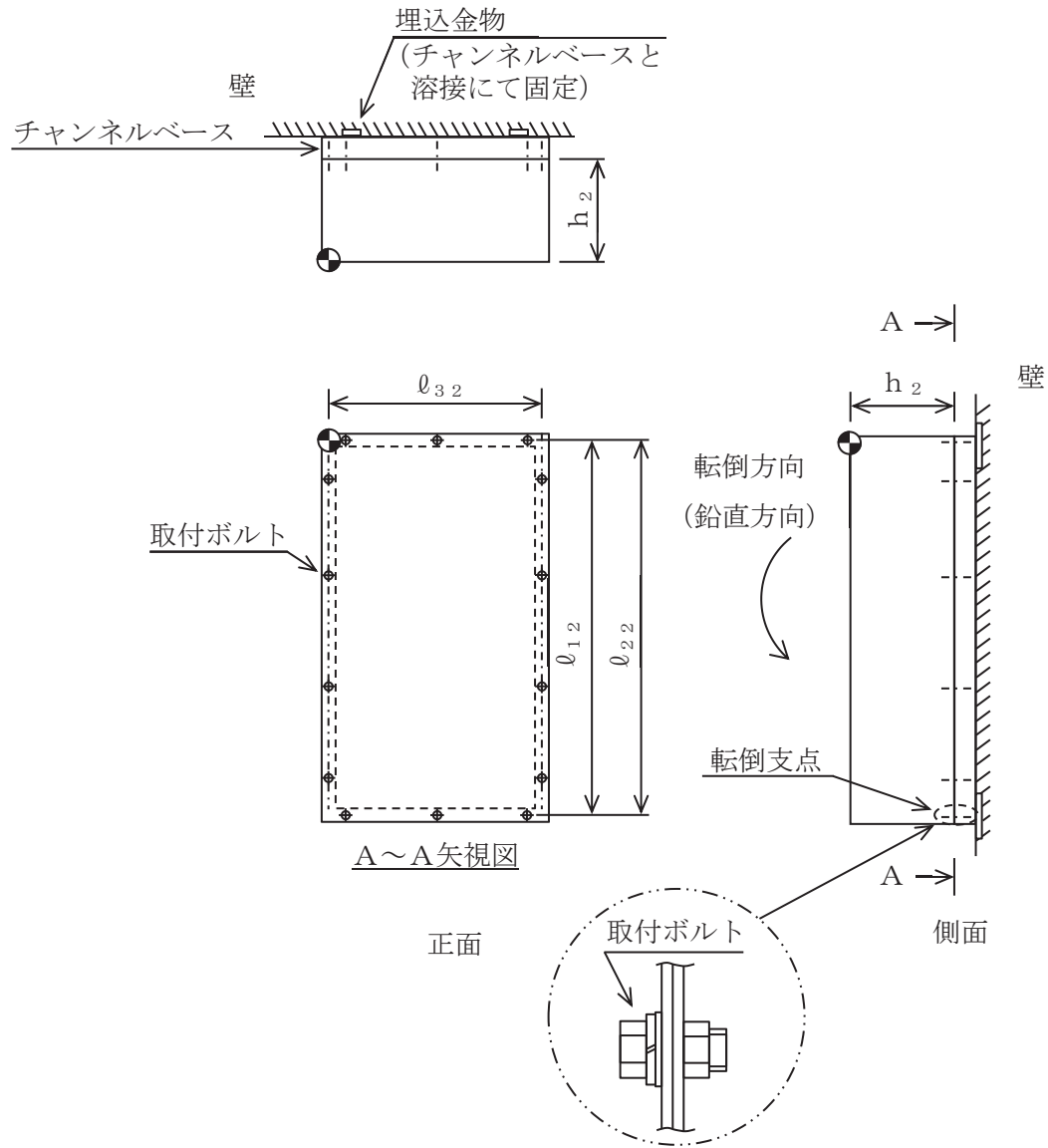
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (B21-PT048B, D)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	
ドライウエル圧力 (B21-PT055D)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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

15



【ドライウエル圧力 (H22-P006D (T48-PT034)) 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	
ドライウエル圧力 (T48-PT034)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 22.50 (O.P. 33.20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	66

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)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

注記*1 : 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

17

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=155$

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

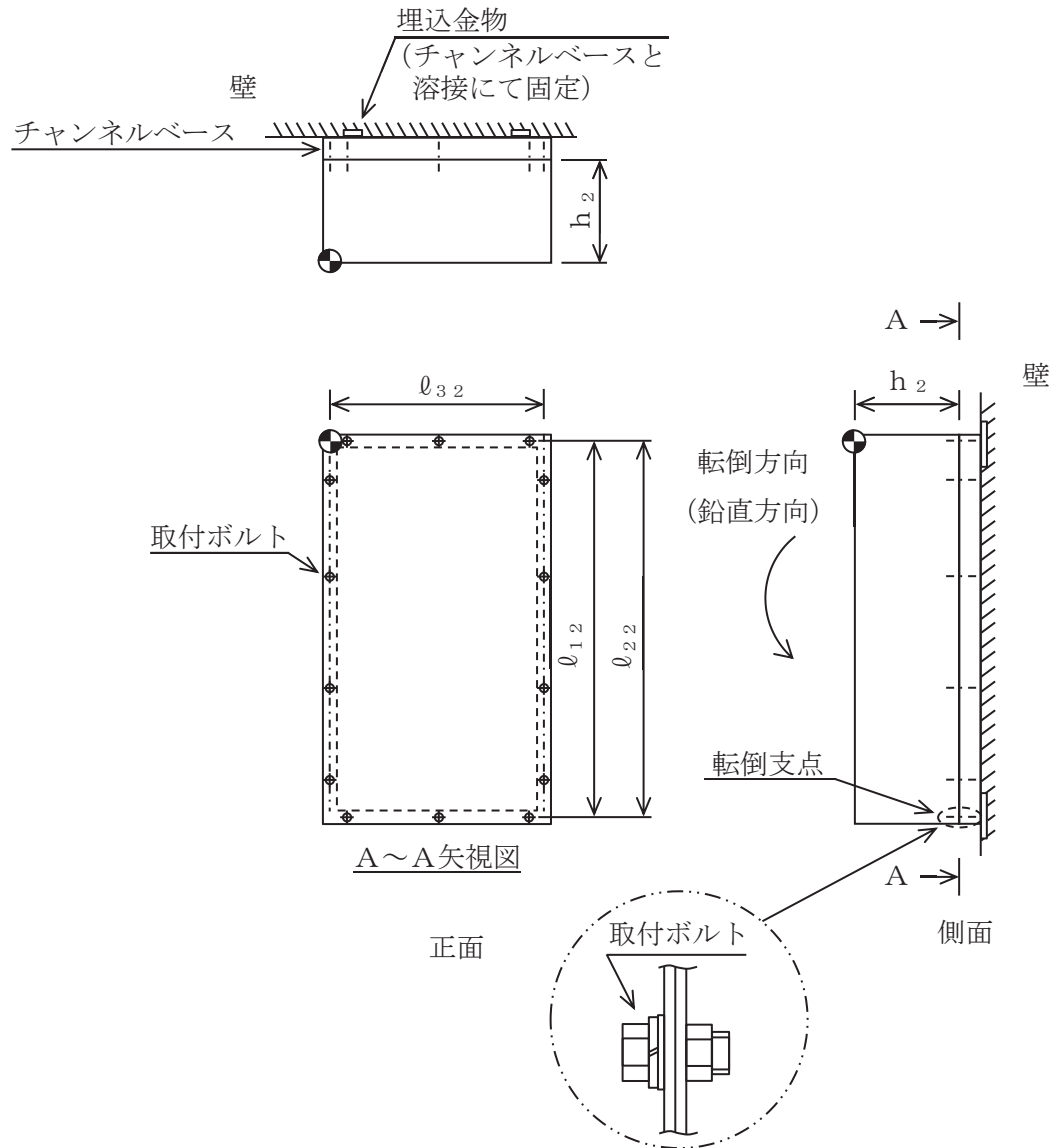
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル圧力 (T48-PT034)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

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

18



VI-2-6-5-4-1-2 圧力抑制室圧力の耐震性についての計算書

目次

1.	圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））	1
1.1	概要	1
1.2	一般事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.3	固有周期	3
1.4	構造強度評価	3
1.4.1	構造強度評価方法	3
1.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4.3	計算条件	3
1.5	機能維持評価	5
1.5.1	電氣的機能維持評価方法	5
1.6	評価結果	5
1.6.1	設計基準対象施設としての評価結果	5
2.	圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））	9
2.1	概要	9
2.2	一般事項	9
2.2.1	構造計画	9
2.3	固有周期	11
2.4	構造強度評価	11
2.4.1	構造強度評価方法	11
2.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	11
2.4.3	計算条件	11
2.5	機能維持評価	13
2.5.1	電氣的機能維持評価方法	13
2.6	評価結果	13
2.6.1	設計基準対象施設としての評価結果	13
3.	圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））	17
3.1	概要	17
3.2	一般事項	17
3.2.1	構造計画	17
3.3	固有周期	19
3.4	構造強度評価	19
3.4.1	構造強度評価方法	19
3.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	19

3.4.3	計算条件	19
3.5	機能維持評価	22
3.5.1	電氣的機能維持評価方法	22
3.6	評価結果	22
3.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））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。

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のある壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室圧力 (計装ラック (T48-PT018A))】</p> <p>(単位 : mm)</p>

1.3 固有周期

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-3 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室圧力	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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 1-4 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 1-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	$S_{yi} (RT)$ (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト ($i = 2$)	SS400 ($40\text{mm} < \text{径} \leq 100\text{mm}$)	周囲環境温度	40	215	400	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-6 に示す。

表 1-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT018A)	水平方向	
	鉛直方向	

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））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。

【圧力抑制室圧力（計装ラック（T48-PT018A））の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
圧力抑制室圧力 (T48-PT018A)	S	原子炉建屋 0. P. 6. 00 (0. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 96	C _V =0. 80	C _H =1. 97	C _V =1. 37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	215	258	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=148$

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

すべて許容応力以下である。

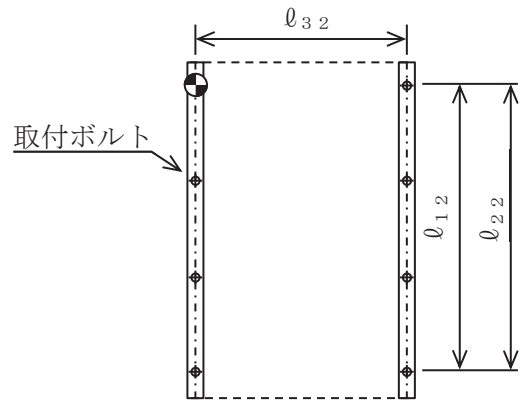
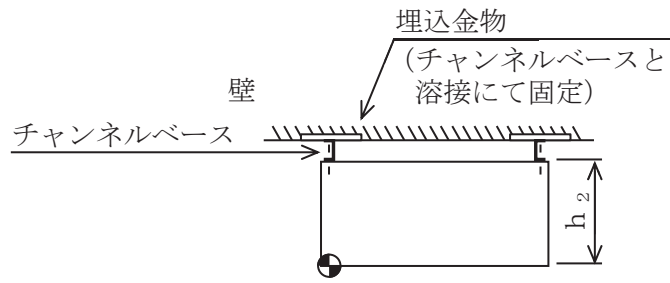
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT018A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

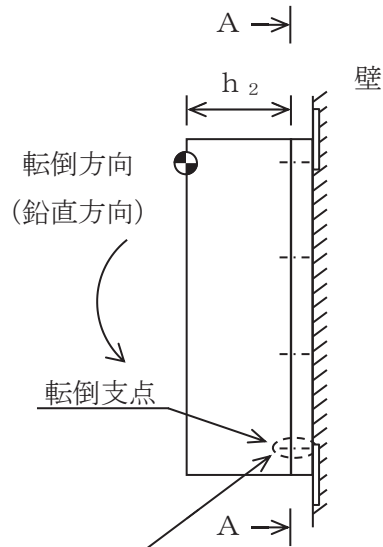
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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

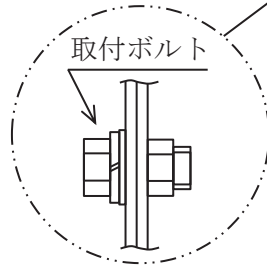


A ~ A 矢視図

正面



側面



2. 圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））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。

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のある直立形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (床に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室圧力 (計器スタンション (T48-PT018B))】</p> <p>上面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>150</p> <p>1100</p> <p>374</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器スタンション</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>基礎 (床面)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.3 固有周期

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室圧力	S	—*1	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*1：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 2-4 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 2-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

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

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT018B)	水平方向	
	鉛直方向	

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT018B））の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
圧力抑制室圧力 (T48-PT018B)	S	原子炉建屋 O.P. 6.00*	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ ^{*1} (mm)	ℓ ₂ ^{*1} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f ^{*1}	
基礎ボルト		984						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向 ^{*2}	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	215	400	215	258	前後方向	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：左右、前後方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 129^*$	$\sigma_b = 14$	$f_{ts} = 154^*$
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 99$	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 119$

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。

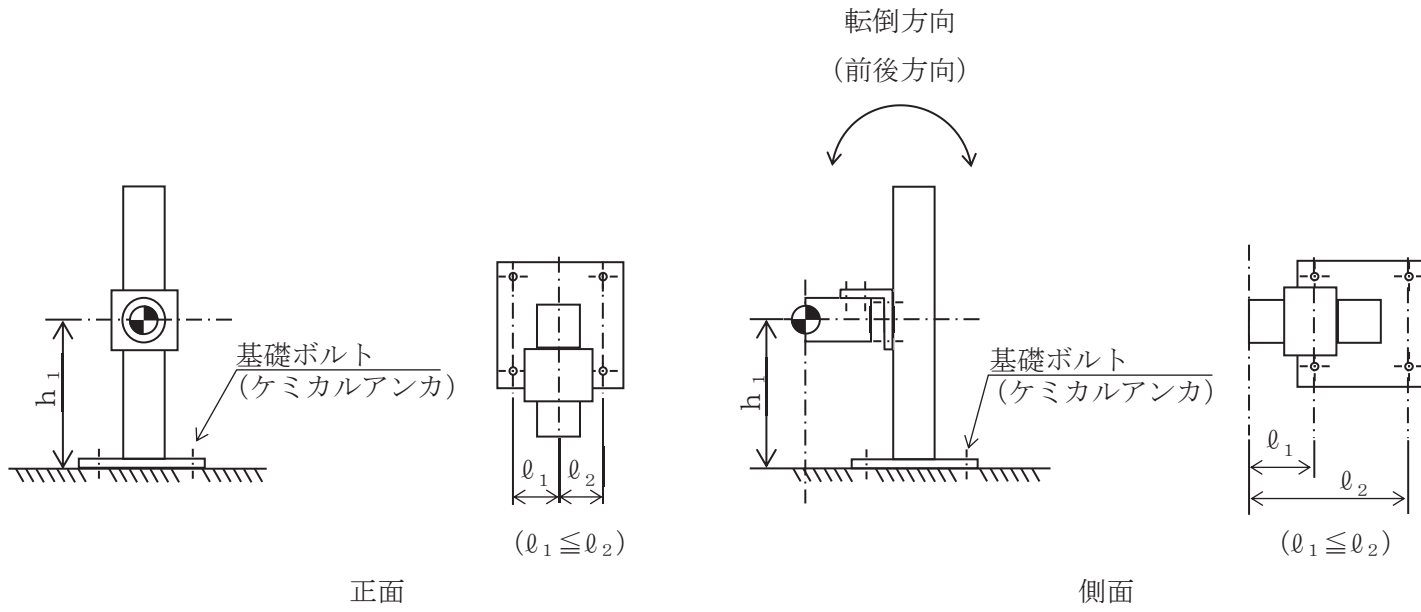
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT018B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



3. 圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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。

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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。

なお、圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のある壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器 (壁に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室圧力 (計器スタンション (T48-PT019))】</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

3.3 固有周期

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-2に示す。

表 3-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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3-3に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-4のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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3-5に示す。

3.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 3-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
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 3-5 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	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT019)	水平方向	
	鉛直方向	

3.6 評価結果

3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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。

【圧力抑制室圧力（計器スタンション（T48-PT019））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	
圧力抑制室圧力 (T48-PT019)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		414						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 7$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

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。

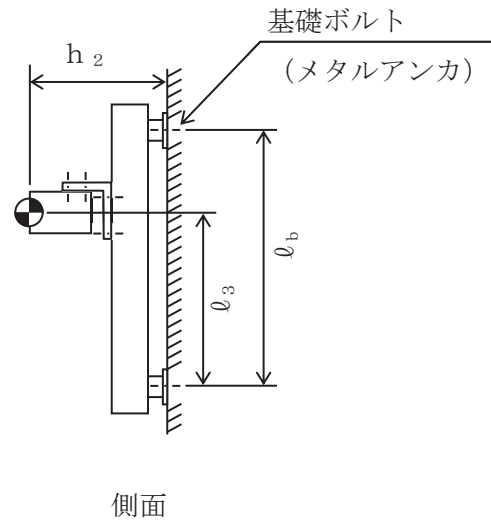
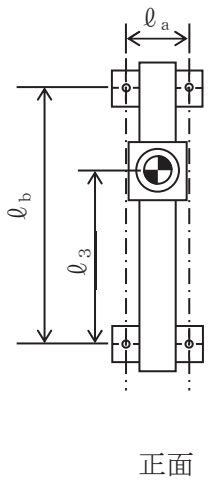
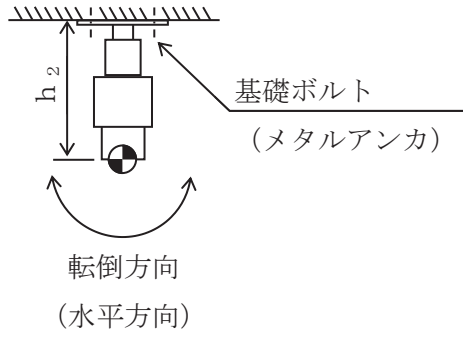
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室圧力 (T48-PT019)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



VI-2-6-5-4-2 原子炉格納容器内温度計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-4-2-1 ドライウェル温度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-2-2 圧力抑制室内空気温度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-2-3 サプレッションプール水温度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-2-4 原子炉格納容器下部温度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-2-1 ドライウェル温度の耐震性についての計算書

目次

1.	ドライウェル温度 (T48-TE012A, B, C, D, E, F)	1
1.1	概要	1
1.2	一般事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.2.2	評価方針	3
1.2.3	適用規格・基準等	3
1.2.4	記号の説明	4
1.2.5	計算精度と数値の丸め方	5
1.3	評価部位	5
1.4	地震応答解析及び構造強度評価	6
1.4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	6
1.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	6
1.4.3	解析モデル及び諸元	8
1.4.4	固有周期	8
1.4.5	設計用地震力	11
1.4.6	計算方法	11
1.4.7	計算条件	14
1.4.8	応力の評価	14
1.5	機能維持評価	14
1.5.1	電氣的機能維持評価方法	14
1.6	評価結果	15
1.6.1	設計基準対象施設としての評価結果	15
2.	ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J)	21
2.1	概要	21
2.2	一般事項	21
2.2.1	構造計画	21
2.2.2	評価方針	24
2.2.3	適用規格・基準等	24
2.3	評価部位	24
2.4	機能維持評価	25
2.4.1	機能維持評価用加速度	25
2.4.2	機能確認済加速度	25
2.5	評価結果	26
2.5.1	設計基準対象施設としての評価結果	26

2.5.2	重大事故等対処設備としての評価結果	26
3.	ドライウエル温度 (T48-TE012N, P, R, S, T)	28
3.1	概要	28
3.2	一般事項	28
3.2.1	構造計画	28
3.2.2	評価方針	30
3.2.3	適用規格・基準等	30
3.2.4	記号の説明	31
3.2.5	計算精度と数値の丸め方	32
3.3	評価部位	32
3.4	地震応答解析及び構造強度評価	33
3.4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	33
3.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	33
3.4.3	解析モデル及び諸元	35
3.4.4	固有周期	35
3.4.5	設計用地震力	38
3.4.6	計算方法	38
3.4.7	計算条件	41
3.4.8	応力の評価	41
3.5	機能維持評価	41
3.5.1	電氣的機能維持評価方法	41
3.6	評価結果	42
3.6.1	設計基準対象施設としての評価結果	42
4.	ドライウエル温度 (T48-TE026A, B, K, L)	48
4.1	概要	48
4.2	一般事項	48
4.2.1	構造計画	48
4.2.2	評価方針	50
4.2.3	適用規格・基準等	50
4.2.4	記号の説明	51
4.2.5	計算精度と数値の丸め方	52
4.3	評価部位	52
4.4	地震応答解析及び構造強度評価	53
4.4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	53
4.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	53
4.4.3	解析モデル及び諸元	56

4.4.4	固有周期	56
4.4.5	設計用地震力	58
4.4.6	計算方法	59
4.4.7	計算条件	62
4.4.8	応力の評価	62
4.5	機能維持評価	63
4.5.1	電氣的機能維持評価方法	63
4.6	評価結果	63
4.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	63
5.	ドライウェル温度 (T48-TE026C, D, E, F, G, H)	69
5.1	概要	69
5.2	一般事項	69
5.2.1	構造計画	69
5.2.2	評価方針	71
5.2.3	適用規格・基準等	71
5.2.4	記号の説明	72
5.2.5	計算精度と数値の丸め方	73
5.3	評価部位	73
5.4	地震応答解析及び構造強度評価	74
5.4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	74
5.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	74
5.4.3	解析モデル及び諸元	77
5.4.4	固有周期	77
5.4.5	設計用地震力	80
5.4.6	計算方法	81
5.4.7	計算条件	84
5.4.8	応力の評価	84
5.5	機能維持評価	85
5.5.1	電氣的機能維持評価方法	85
5.6	評価結果	85
5.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	85

1. ドライウェル温度 (T48-TE012A, B, C, D, E, F)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル温度 (T48-TE012A, B, C, D, E, F) 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。

ドライウェル温度 (T48-TE012A, B, C, D, E, F) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、計器取付金具の溶接部に作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる設置床高さの計器について代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T48-TE012A (代表)	1.4 地震応答解析及び構造強度評価 1.5 機能維持評価	表 1-2 構造計画
T48-TE012B		
T48-TE012C		
T48-TE012D		
T48-TE012E		
T48-TE012F		

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により基礎に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、溶接により基礎に設置された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE012A)】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>計器取付金具</p> <p>溶接部</p> <p>基礎 (床面)</p> <p>(単位：mm)</p>

1.2.2 評価方針

ドライウエル温度 (T48-TE012A) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示すドライウエル温度 (T48-TE012A) の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4.3 解析モデル及び諸元」及び「1.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.4 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、ドライウエル温度 (T48-TE012A) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.5 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.6 評価結果」に示す。

ドライウエル温度 (T48-TE012A) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

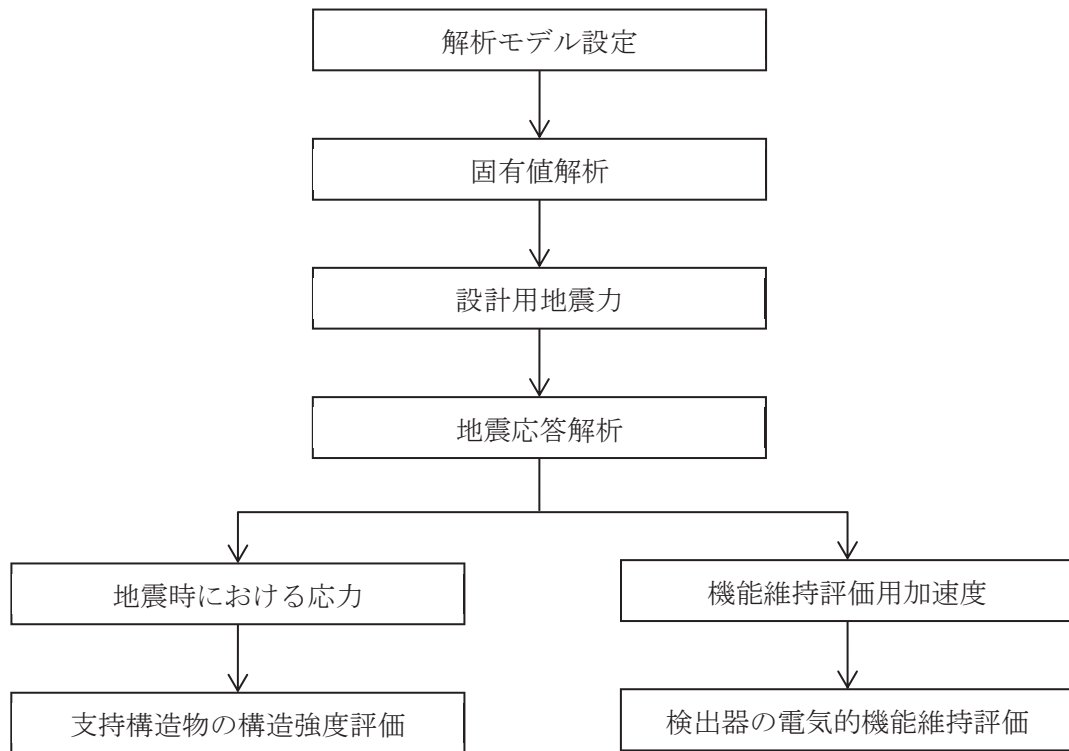


図 1-1 ドライウエル温度 (T48-TE012A) の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wX}	溶接部の F_x に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (X方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°C に おける値	MPa
Z_p	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_x	溶接全断面における断面係数 (X軸)	mm ³
Z_z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-3 に示すとおりである。

表 1-3 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

1.3 評価部位

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の耐震評価は、「1.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度 (T48-TE012A) の耐震評価部位については、表 1-2 の概略構造図に示す。

1.4 地震応答解析及び構造強度評価

1.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE012A) は、溶接によりドライウェル内のプラットフォームに固定されており、固定端とする。
- (2) ドライウェル温度 (T48-TE012A) の質量は検出器及び計器取付金具を考慮する。
- (3) 地震力は、ドライウェル温度 (T48-TE012A) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

1.4.2.2 許容応力

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 システム施設	計測装置	ドライウェル温度 (T48-TE012A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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 1-5 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

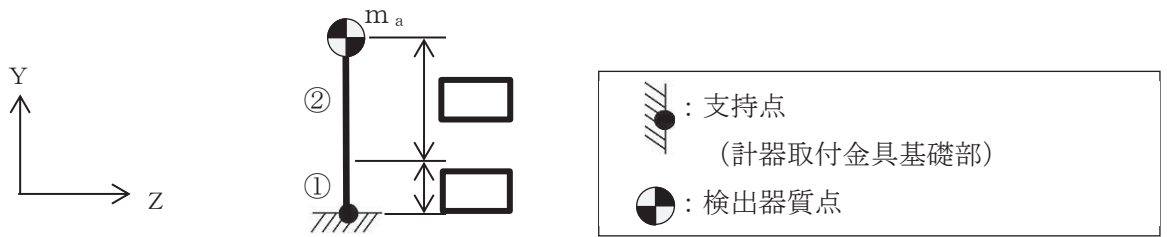
評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	171	150	413	205
溶接部						

1.4.3 解析モデル及び諸元

ドライウェル温度 (T48-TE012A) の解析モデルを図 1-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度 (T48-TE012A) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE012A) は三次元はりモデルを用いる。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
 なお、計器取付金具は、ドライウェル内のプラットフォームに固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具は①及び②の部材で組まれた直線とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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



(単位 : mm)

図 1-2 ドライウェル温度 (T48-TE012A) 解析モデル

1.4.4 固有周期

固有値解析結果を表 1-7 に、振動モード図を図 1-3 及び図 1-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 1-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
4 次	鉛直方向		—	—	—

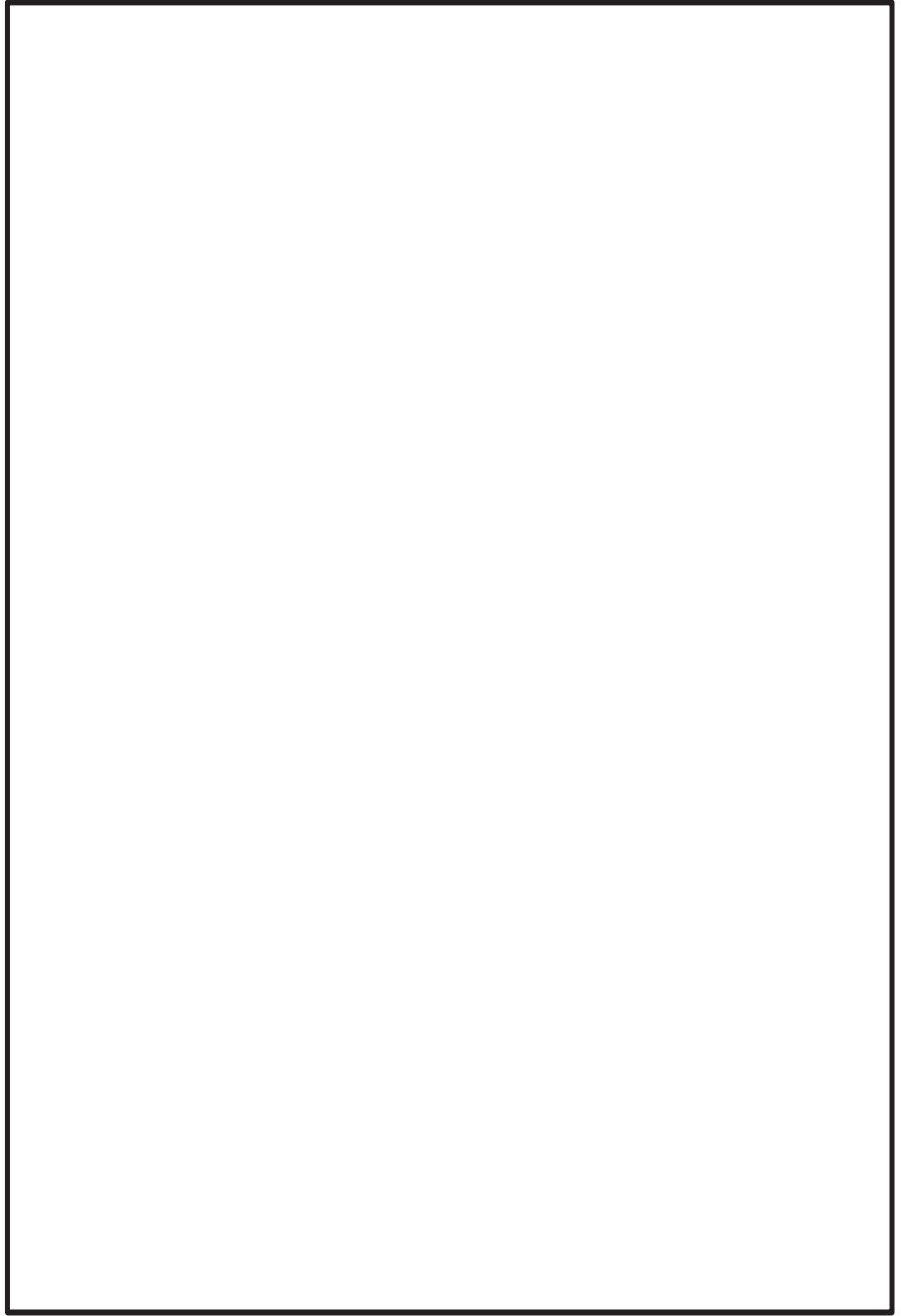


図 1-3 振動モード図 (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

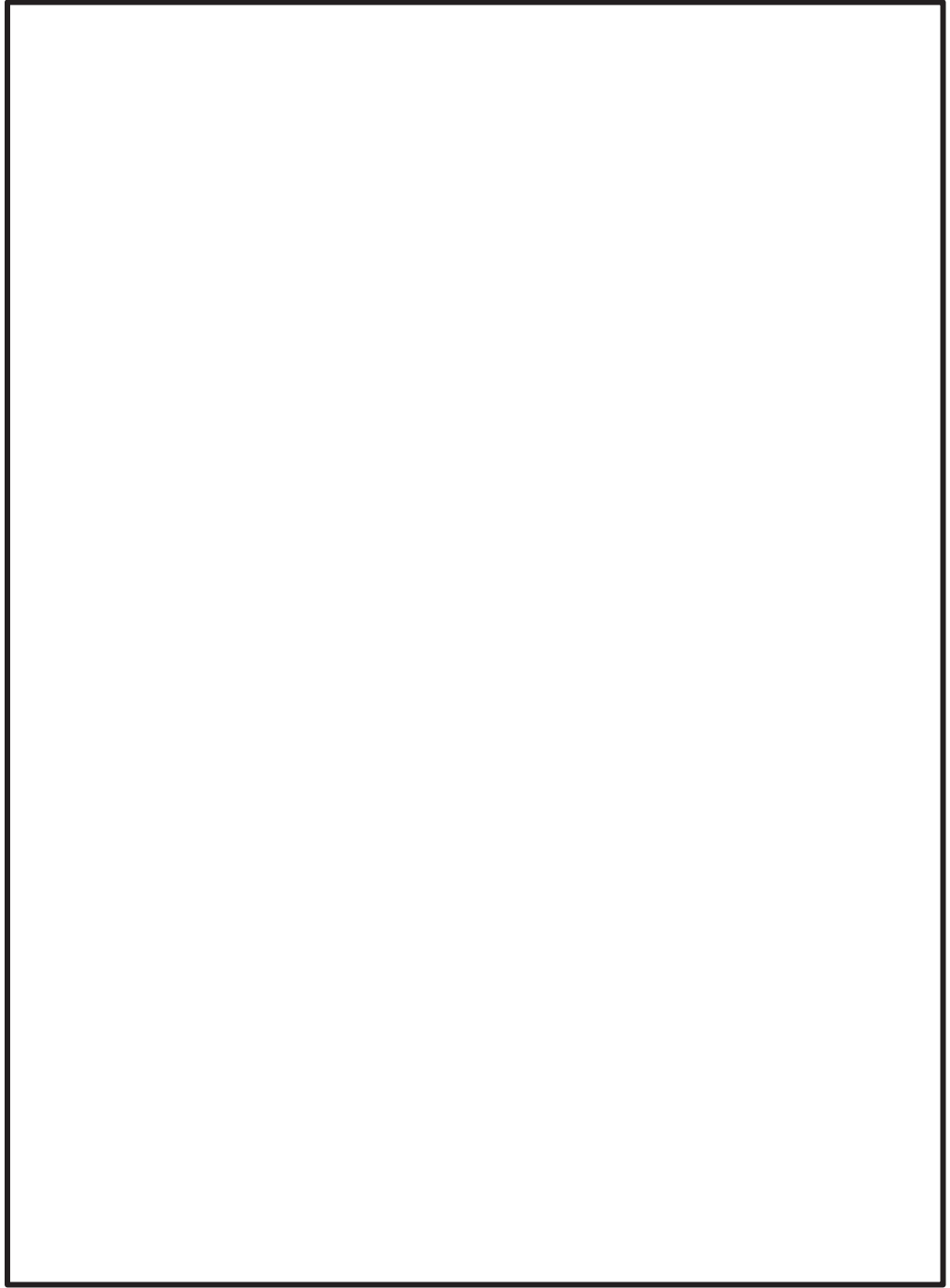


図 1-4 振動モード図 (4 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 1-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉しゃへい壁 O.P. 15.950* ¹			C _H =1.25	C _V =1.04	C _H =1.99	C _V =1.78

注記*1：基準床レベルを示す。

1.4.6 計算方法

1.4.6.1 応力の計算方法

1.4.6.1.1 溶接部の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

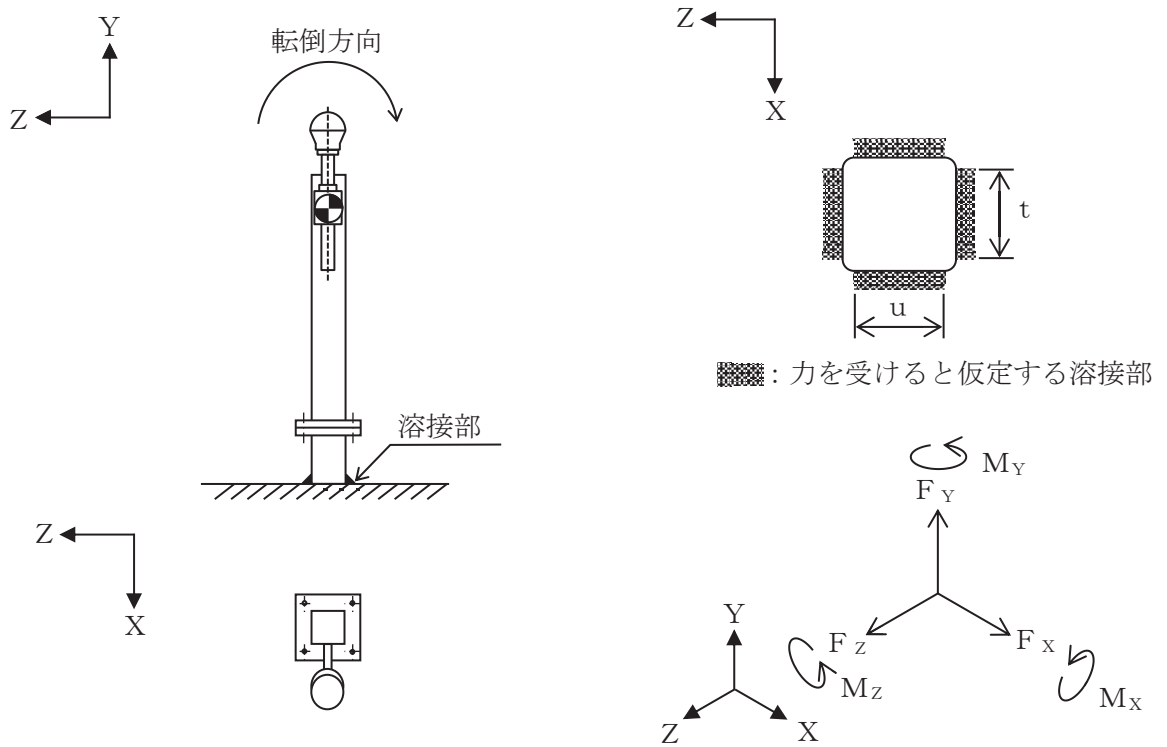


図 1-5 計算モデル（左右方向転倒）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

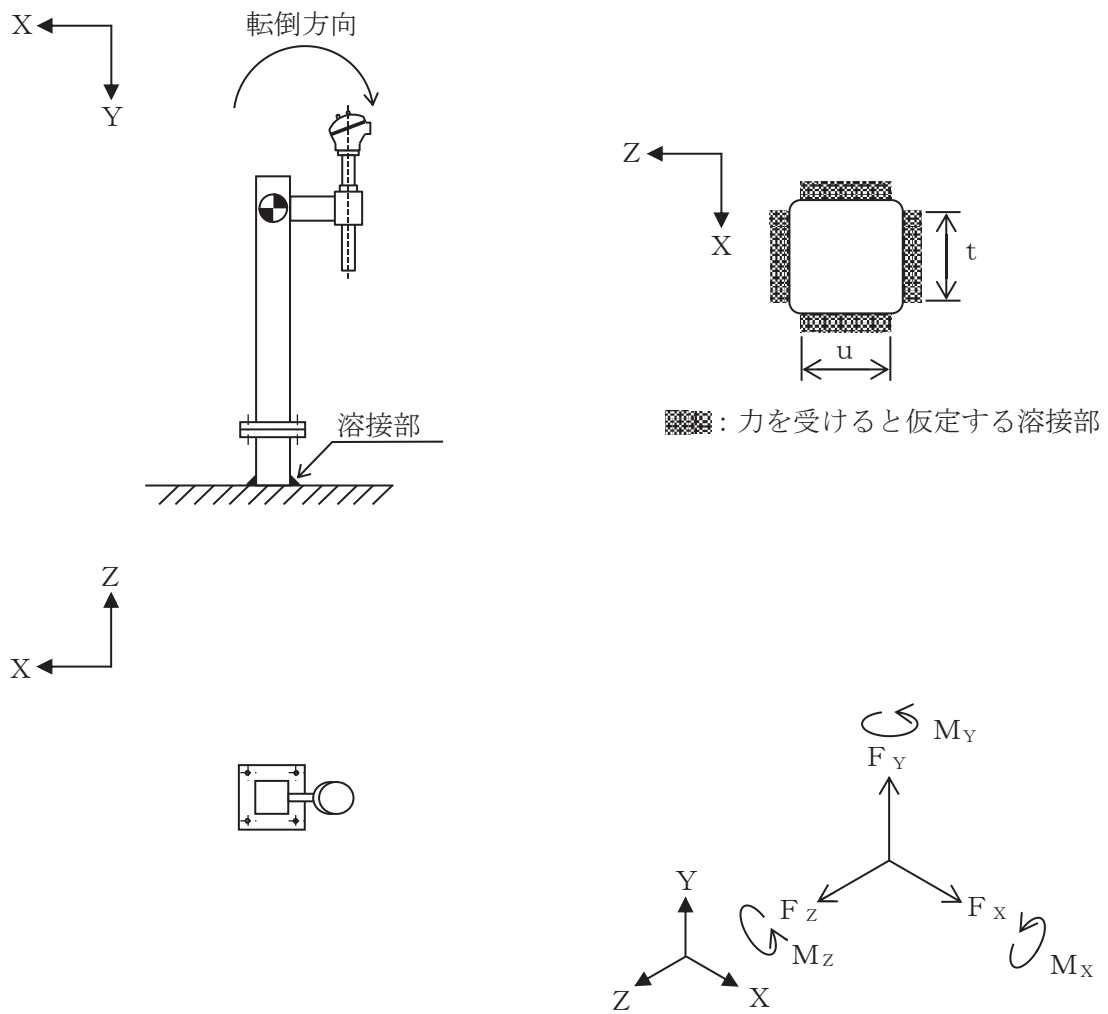


図 1-6 計算モデル（前後方向転倒）

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 1-9 に示す。

表 1-9 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	許容応力状態	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T48-TE012A	C (Ⅲ _A S)						
	D (Ⅳ _A S)						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.1)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a(t + u) \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.4)$$

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

A_{wX} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wX} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.5)$$

$$A_{wZ} = 2 \cdot a \cdot u \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 1-5 及び図 1-6 でX軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_X}{Z_X} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.7)$$

Z_X 、 Z_Z は溶接断面のX軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (1.4.6.1.1.8)$$

1.4.7 計算条件

1.4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル温度 (T48-TE012A) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.4.8 応力の評価

1.4.8.1 溶接部の応力評価

1.4.6.1.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

f_s	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 $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合 $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

1.5 機能維持評価

1.5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウエル温度 (T48-TE012A) の電気的機能維持評価について以下に示す。

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

ドライウエル温度 (T48-TE012A) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 1-10 に示す。

表 1-10 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE012A)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル温度(T48-TE012A)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。

【ドライウエル温度 (T48-TE012A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル温度 (T48-TE012A)	S	原子炉しゃへい壁 O.P. 15.950 ^{*1}			C _H =1.25	C _V =1.04	C _H =1.99	C _V =1.78	171

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	A _w (mm ²)	A _{wX} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _X (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部										

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向 ^{*1}	
						弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	150	413	205	203	203	前後方向	前後方向

注記*1：前後、左右方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	$\sigma_t = 1$	$f_s = 117$	$\sigma_t = 1$	$f_s = 117$
		せん断	$\tau = 1$	$f_s = 117$	$\tau = 1$	$f_s = 117$
		曲げ	$\sigma_b = 9$	$f_s = 117$	$\sigma_b = 14$	$f_s = 117$
		組合せ	$\sigma_w = 9$	$f_s = 117$	$\sigma_w = 14$	$f_s = 117$

すべて許容応力以下である。

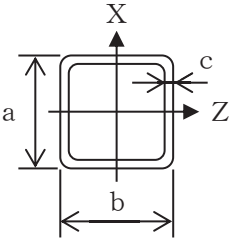
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

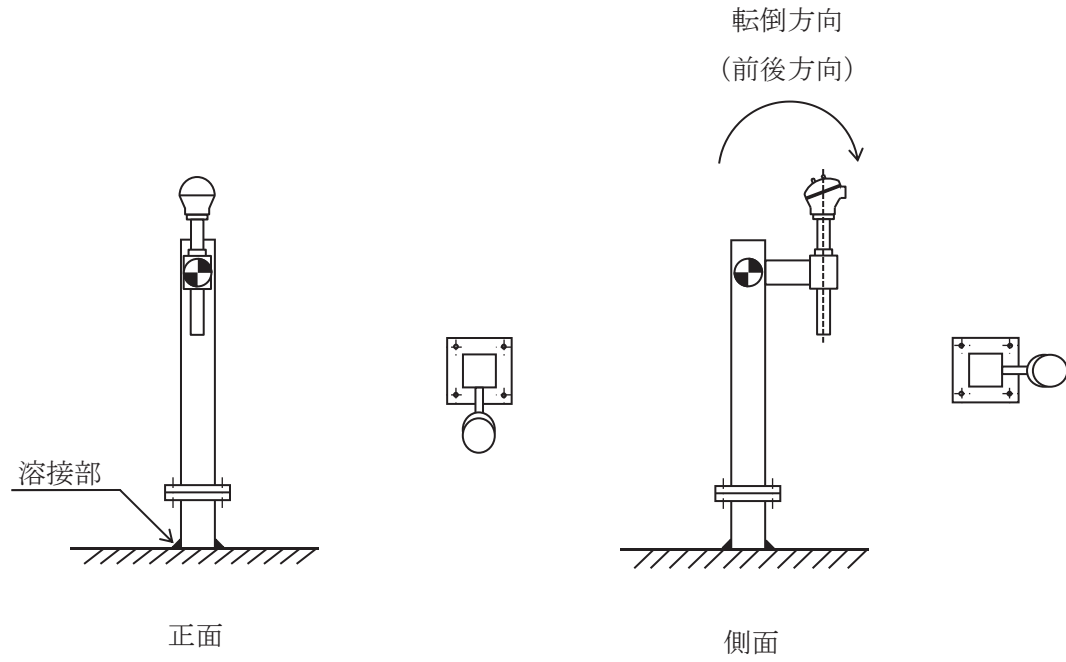
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル温度 (T48-TE012A)	水平方向	1.66	
	鉛直方向	1.49	

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

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	171
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

材料	
対象要素	①-②
A (mm ²)	
I _X (mm ⁴)	
I _Z (mm ⁴)	
I _P (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	
寸法	



2. ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。ドライウェル温度 (T48-TE026J) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接によりドライウェル冷却系ダクトに設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、ドライウェル冷却系ダクトに設置された保護管に溶接により固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M)】</p> <p>ドライウェル冷却系ダクト 保護管 溶接部 検出器</p> <p>27.2 270</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接によりドライウェル内の架構に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、ドライウェル内の架構に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE026J)】</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2.2 評価方針

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.4 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.5 評価結果」に示す。

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

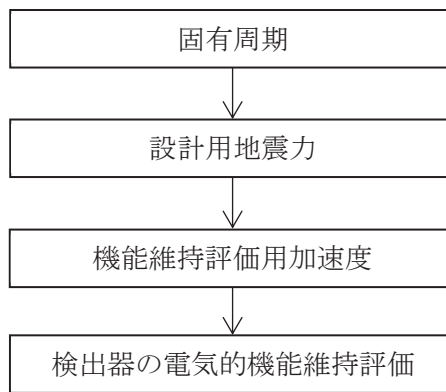


図 2-1 ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

2.3 評価部位

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M) は、ドライウエル冷却系ダクトに直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、ドライウエルが支持している。ドライウエル温度 (T48-TE026J) は、溶接によりドライウエル内の架構に設置することから、ドライウエルが支持している。ドライウエルの構造強度評価は、添付書類「VI-2-9-2-1-1 ドライウエルの耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の電氣的機能維持評価について示す。

2.4 機能維持評価

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

2.4.1 機能維持評価用加速度

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) はドライウエル冷却系ダクトに直接取り付けられた保護管又はドライウエル内の架構に固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度の値とする。機能維持評価用加速度を表 2-3 に示す。

表 2-3 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J)	原子炉しゃへい壁 O. P. 15. 950 (O. P. 18. 790*)	水平方向	1. 71
		鉛直方向	1. 58
ドライウエル温度 (T48-TE012K, L, M, TE026J)	原子炉格納容器 O. P. 2. 600 (O. P. 4. 600*)	水平方向	1. 09
		鉛直方向	0. 67

注記* : 基準床レベルを示す。

2.4.2 機能確認済加速度

ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。機能確認済加速度を表 2-4 に示す。

表 2-4 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J, K, L, M)	水平方向	
	鉛直方向	
ドライウエル温度 (T48-TE026J)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 評価結果

2.5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウエル温度（T48-TE012G, H, J, K, L, M）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

2.5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエル温度（T48-TE026J）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ドライウエル温度（T48-TE012G, H, J, K, L, M, TE026J）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE012G, H, J)	水平方向	1.71	
	鉛直方向	1.58	
ドライウエル温度 (T48-TE012K, L, M)	水平方向	1.09	
	鉛直方向	0.67	

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウエル温度（T48-TE026J）	水平方向	1.09	
	鉛直方向	0.67	

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

3. ドライウェル温度 (T48-TE012N, P, R, S, T)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル温度 (T48-TE012N, P, R, S, T) 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。

ドライウェル温度 (T48-TE012N, P, R, S, T) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、計器取付金具の溶接部に作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計器取付金具が剛構造の場合と同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 3-1 に示す。

表 3-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T48-TE012N T48-TE012P T48-TE012R T48-TE012S (代表) T48-TE012T	3.4 地震応答解析及び構造強度評価 3.5 機能維持評価	表 3-2 構造計画

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の構造計画を表 3-2 に示す。

表 3-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接によりバルクヘッド補強部材に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、バルクヘッド補強部材に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE012S)】</p> <p>(単位：mm)</p>

3.2.2 評価方針

ドライウエル温度 (T48-TE012S) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.2.1 構造計画」にて示すドライウエル温度 (T48-TE012S) の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4.3 解析モデル及び諸元」及び「3.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「3.4 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、ドライウエル温度 (T48-TE012S) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3.5 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.6 評価結果」に示す。

ドライウエル温度 (T48-TE012S) の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

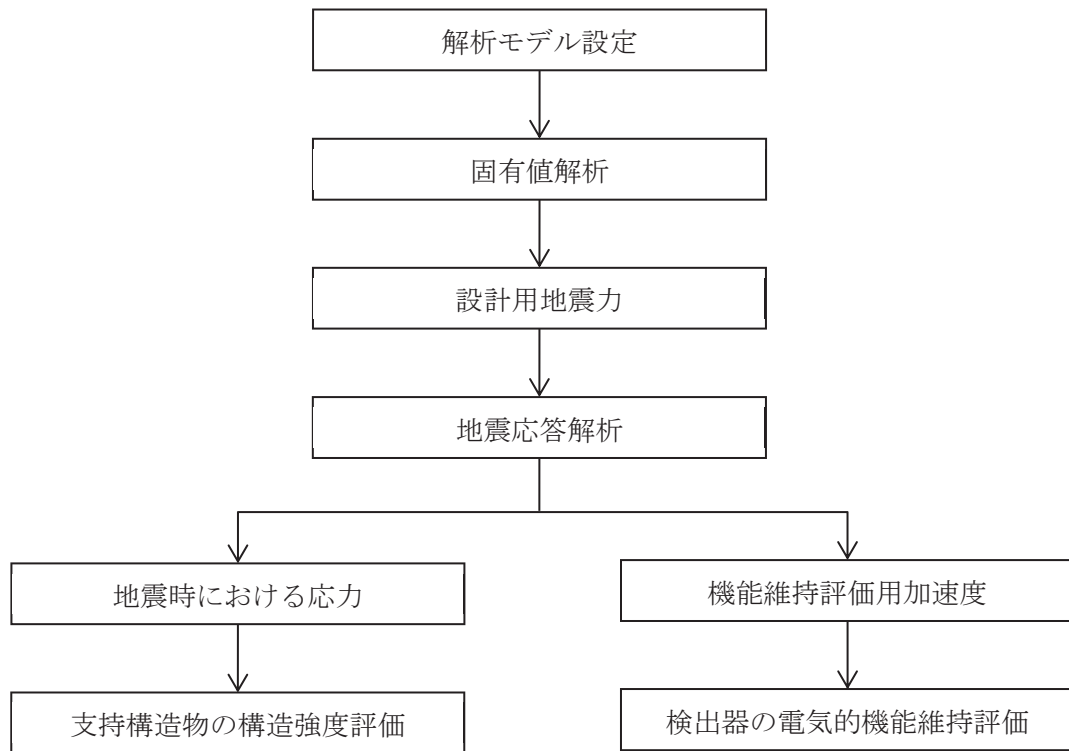


図 3-1 ドライウエル温度 (T48-TE012S) の耐震評価フロー

3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wY}	溶接部の F_Y に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_Z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_X	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_Y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_Z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
M_X	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_Y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_Z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°C に おける値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_Y	溶接全断面における断面係数 (Y軸)	mm ³
Z_Z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

3.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 3-3 に示すとおりである。

表 3-3 表示する数値の丸め方

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

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。

3.3 評価部位

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の耐震評価は、「3.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度 (T48-TE012S) の耐震評価部位については、表 3-2 の概略構造図に示す。

3.4 地震応答解析及び構造強度評価

3.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE012S) は、溶接によりバルクヘッド補強部材に固定されており、固定端とする。
- (2) ドライウェル温度 (T48-TE012S) の質量は検出器及び計器取付金具を考慮する。
- (3) 地震力は、ドライウェル温度 (T48-TE012S) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

3.4.2.2 許容応力

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-5 のとおりとする。

3.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウェル温度 (T48-TE012S)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：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 3-5 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	171	150	413	205
溶接部						

3.4.3 解析モデル及び諸元

ドライウェル温度 (T48-TE012S) の解析モデルを図 3-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度 (T48-TE012S) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE012S) は三次元はりモデルを用いる。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点(計器取付金具基礎部)の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
 なお、計器取付金具は、バルクヘッド補強部材に固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具を直線とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

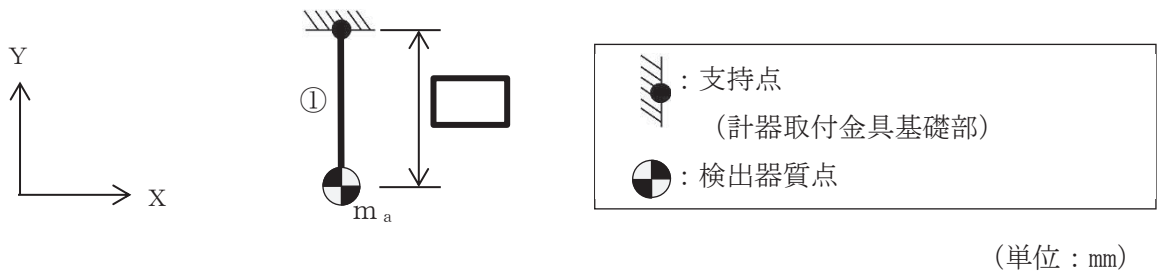


図 3-2 ドライウェル温度 (T48-TE012S) 解析モデル

3.4.4 固有周期

固有値解析結果を表 3-7 に、振動モード図を図 3-3 及び図 3-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
3 次	鉛直方向		—	—	—

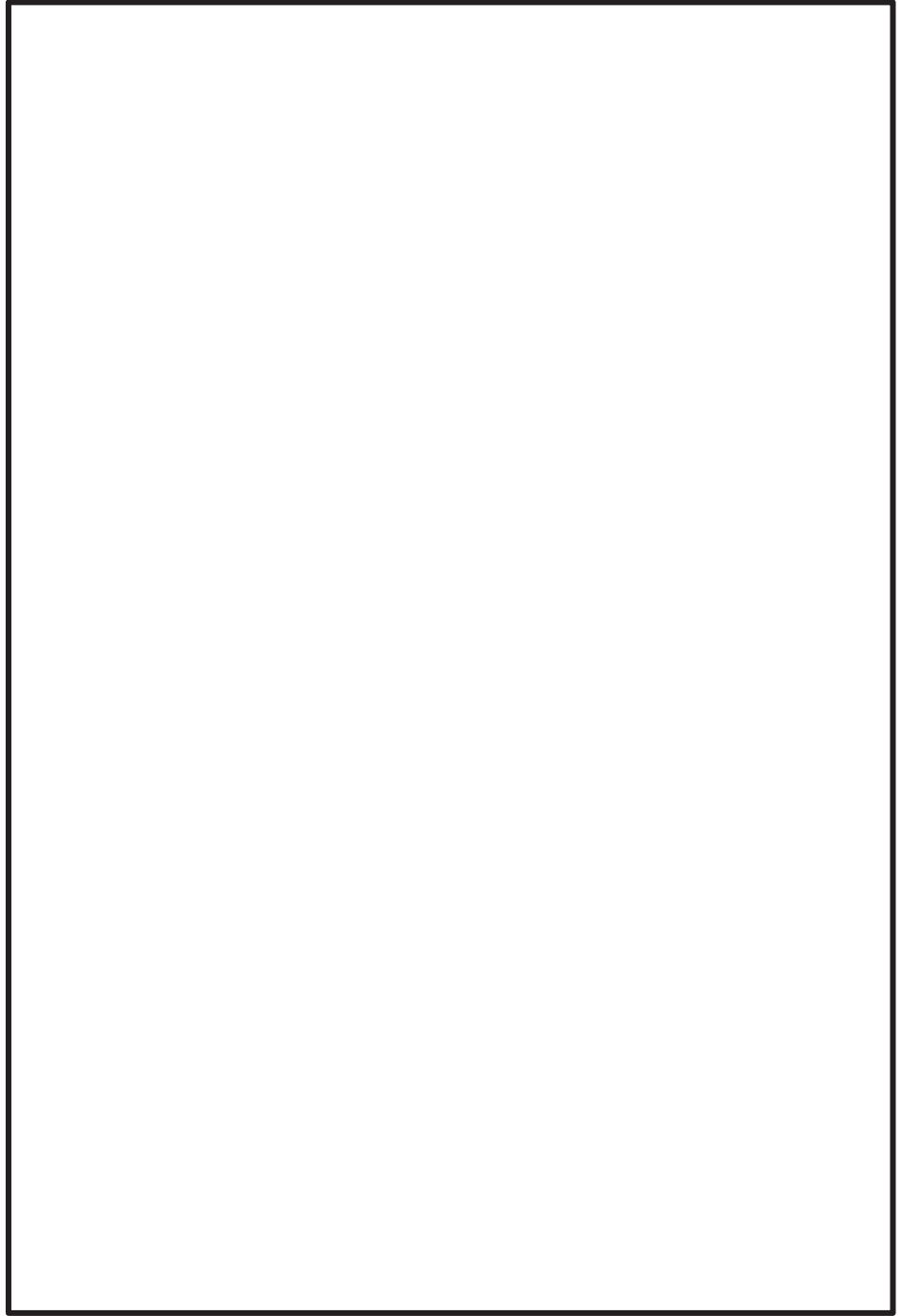


図 3-3 振動モード図 (1 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

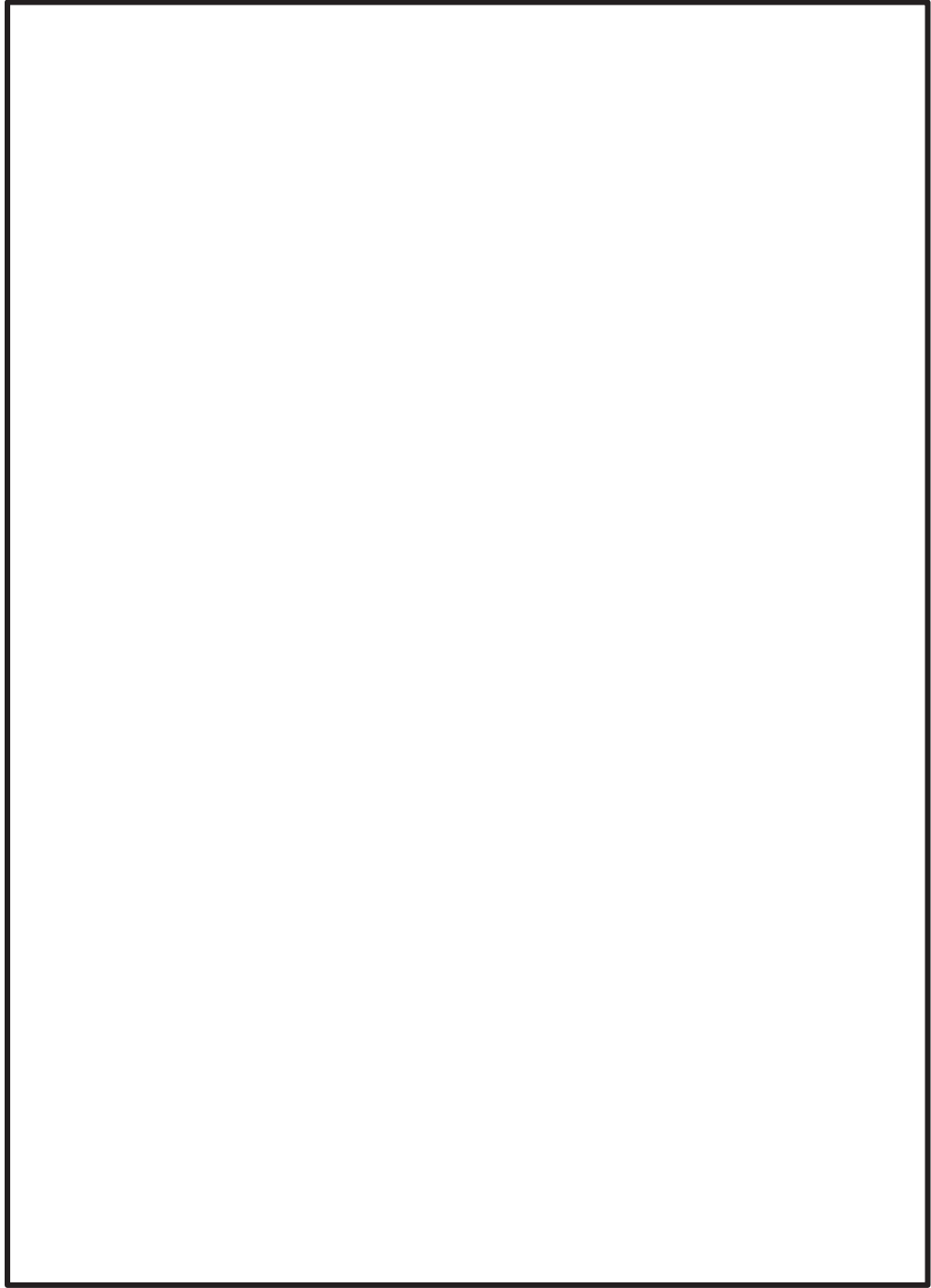


図 3-4 振動モード図 (3 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」又は「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉圧力容器 O.P. 23.667 (O.P. 25.858 ^{*1})			$C_H=2.61$	$C_V=0.84$	$C_H=3.35$	$C_V=1.44$

注記*1：基準床レベルを示す。

3.4.6 計算方法

3.4.6.1 応力の計算方法

3.4.6.1.1 溶接部の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

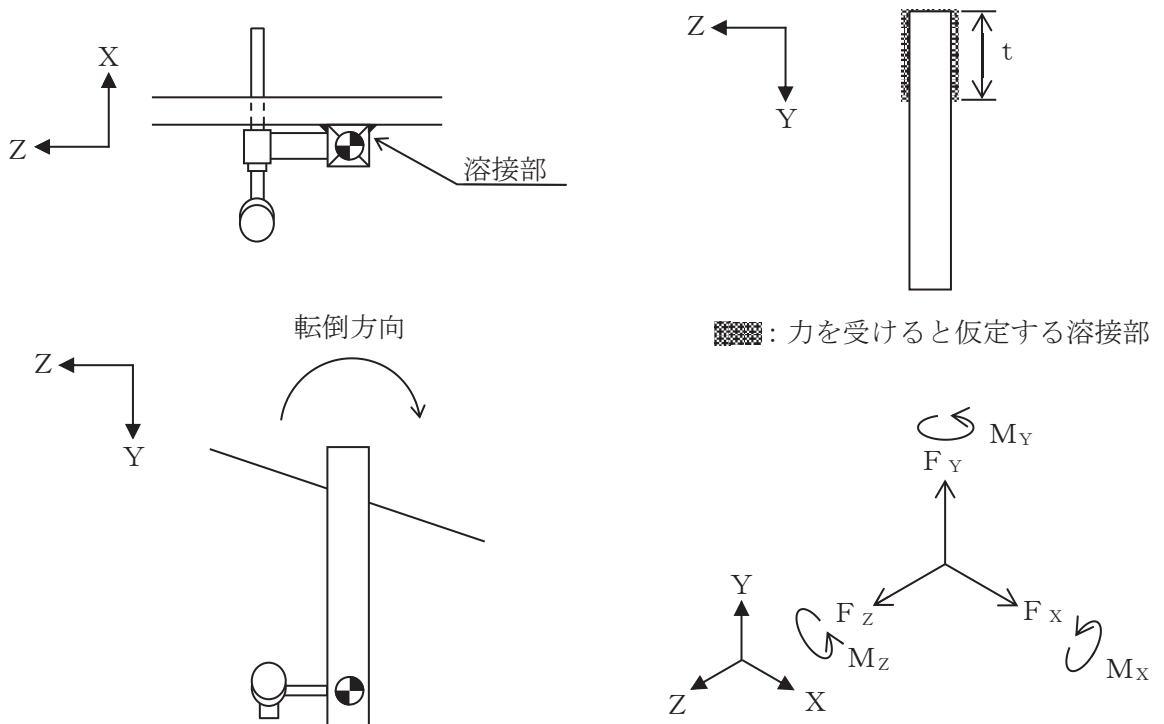


図 3-5 計算モデル（水平方向転倒）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

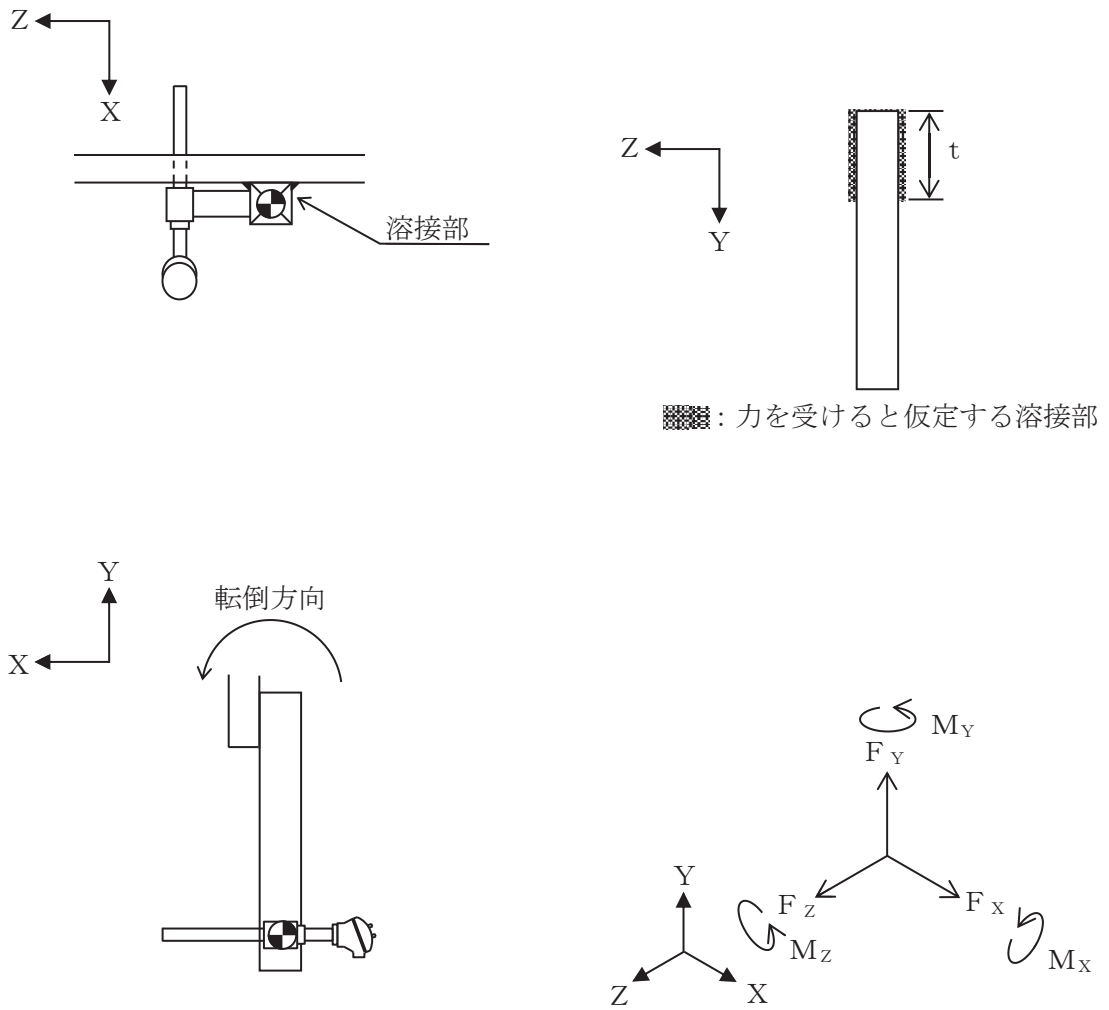


図 3-6 計算モデル (鉛直方向転倒)

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 3-9 に示す。

表 3-9 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	許容応力状態	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T48-TE012S	C (Ⅲ _{AS})						
	D (Ⅳ _{AS})						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.1)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.4)$$

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

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.5)$$

$$A_{wz} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 3-5 及び図 3-6 でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (3.4.6.1.1.8)$$

3.4.7 計算条件

3.4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル温度 (T48-TE012S) 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。

3.4.8 応力の評価

3.4.8.1 溶接部の応力評価

3.4.6.1.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

3.5 機能維持評価

3.5.1 電気的機能維持評価方法

ドライウエル温度 (T48-TE012S) の電気的機能維持評価について以下に示す。

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

ドライウエル温度 (T48-TE012S) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 3-10 に示す。

表 3-10 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE012S)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.6 評価結果

3.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル温度（T48-TE012S）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。

【ドライウエル温度 (T48-TE012S) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル温度 (T48-TE012S)	S	原子炉圧力容器 O.P. 23.667 (O.P. 25.858* ¹)			C _H =2.61	C _V =0.84	C _H =3.35	C _V =1.44	171

注記*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	t (mm)	A _w (mm ²)	A _{wY} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _Y (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部									

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ¹	
						弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	150	413	205	203	203	鉛直方向	鉛直方向

注記*1: 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	$\sigma_t=1$	$f_s=117$	$\sigma_t=1$	$f_s=117$
		せん断	$\tau=1$	$f_s=117$	$\tau=1$	$f_s=117$
		曲げ	$\sigma_b=39$	$f_s=117$	$\sigma_b=51$	$f_s=117$
		組合せ	$\sigma_w=40$	$f_s=117$	$\sigma_w=52$	$f_s=117$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

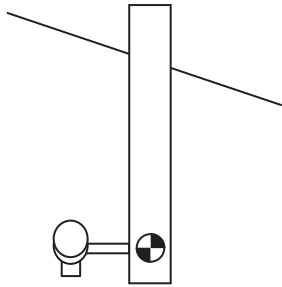
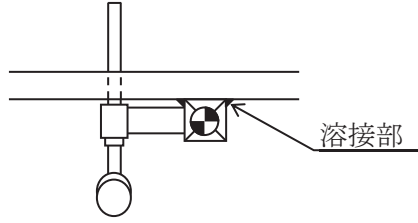
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル温度 (T48-TE012S)	水平方向	2.80	
	鉛直方向	1.20	

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

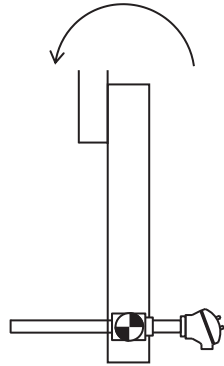
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	171
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

材料	
対象要素	①
A (mm ²)	
I _X (mm ⁴)	
I _Z (mm ⁴)	
I _P (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	



正面

転倒方向
(鉛直方向)



側面

4. ドライウェル温度 (T48-TE026A, B, K, L)

4.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル温度 (T48-TE026A, B, K, L) 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。

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B, K, L) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、計器取付金具の溶接部に作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる設置床高さの計器について代表として評価する。評価対象を表 4-1 に示す。

表 4-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T48-TE026A (代表)	4.4 地震応答解析及び構造強度評価 4.5 機能維持評価	表 4-2 構造計画
T48-TE026B (代表)		
T48-TE026K		
T48-TE026L		

4.2 一般事項

4.2.1 構造計画

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の構造計画を表 4-2 に示す。

表 4-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付金具に固定され、計器取付金具は、溶接によりドライウェル内の架構に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、ドライウェル内の架構に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE026A, B)】</p> <p>ドライウェル内の架構</p> <p>溶接部</p> <p>計器取付金具</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>上面</p> <p>150</p> <p>40</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>185</p> <p>(単位 : mm)</p>

4.2.2 評価方針

ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「4.2.1 構造計画」にて示すドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の部位を踏まえ「4.3 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4.4 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4.5 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「4.6 評価結果」に示す。

ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の耐震評価フローを図 4-1 に示す。

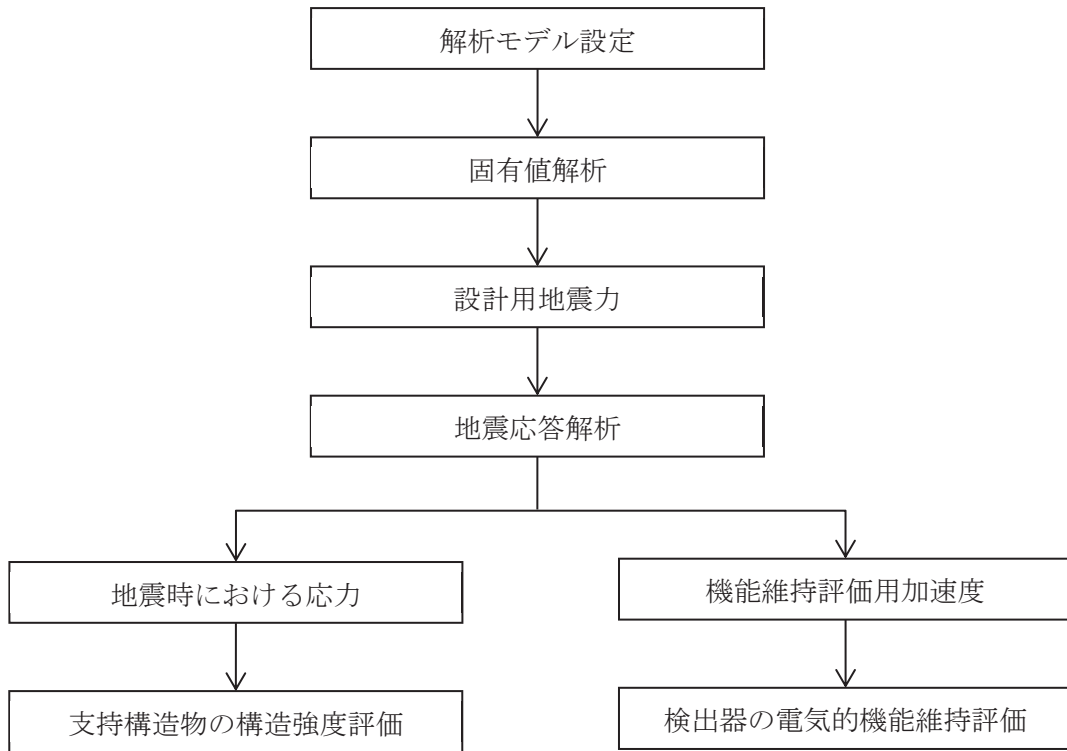


図 4-1 ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の耐震評価フロー

4.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

4.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wY}	溶接部の F_Y に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_Z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_X	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_Y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_Z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
M_X	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_Y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_Z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t_1	溶接の有効長さ (短辺)	mm
t_2	溶接の有効長さ (長辺)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°C に おける値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_Y	溶接全断面における断面係数 (Y軸)	mm ³
Z_Z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

4.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 4-3 に示すとおりである。

表 4-3 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

4.3 評価部位

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の耐震評価は、「4.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の耐震評価部位については、表 4-2 の概略構造図に示す。

4.4 地震応答解析及び構造強度評価

4.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) は、溶接によりドライウェル内の架構に固定されており、固定端とする。
- (2) ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の質量は検出器及び計器取付金具を考慮する。
- (3) 地震力は、ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

4.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

4.4.2.2 許容応力

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-5 のとおりとする。

4.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル温度 (T48-TE026A, B)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 4-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
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 4-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		溶接部		周囲環境温度	200	144

4.4.3 解析モデル及び諸元

ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の解析モデルを図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) は三次元はりモデルを用いる。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
 なお、計器取付金具は、ドライウェル内の架構に固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具は①及び②の部材で組まれた L 字とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

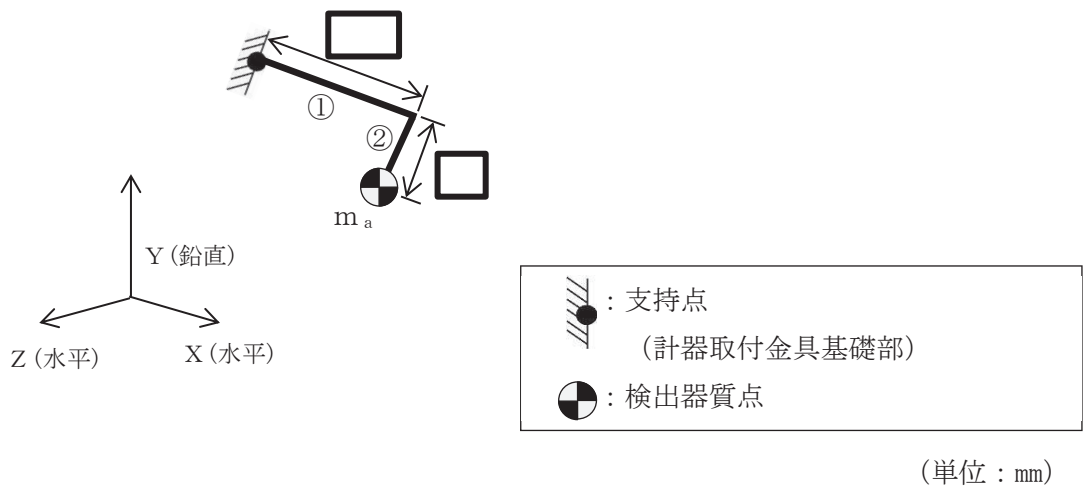


図 4-2 ドライウェル温度 (T48-TE026A, B) 解析モデル

4.4.4 固有周期

固有値解析結果を表 4-7 に、振動モード図を図 4-3 及び図 4-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	鉛直方向		—	—	—
2 次	水平方向		—	—	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

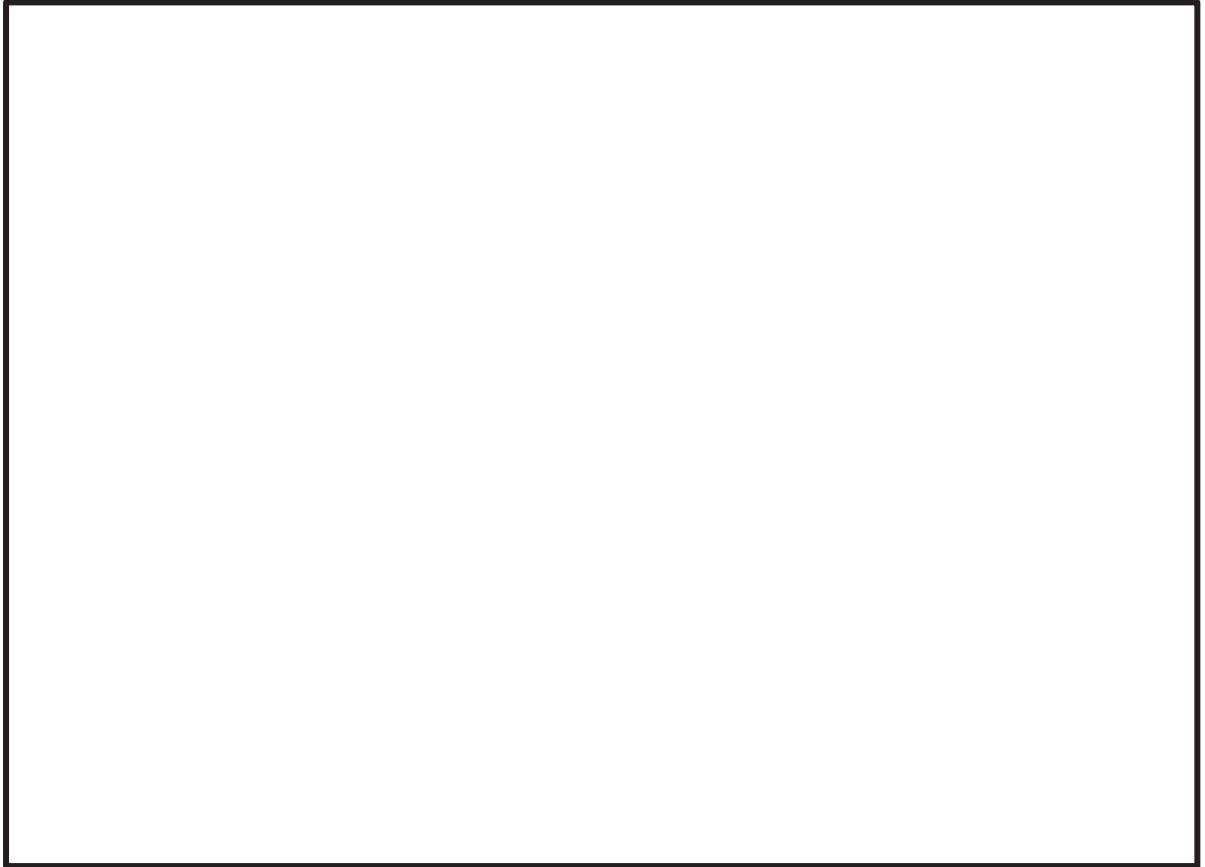


図 4-3 振動モード図 (1次モード 鉛直方向 s)

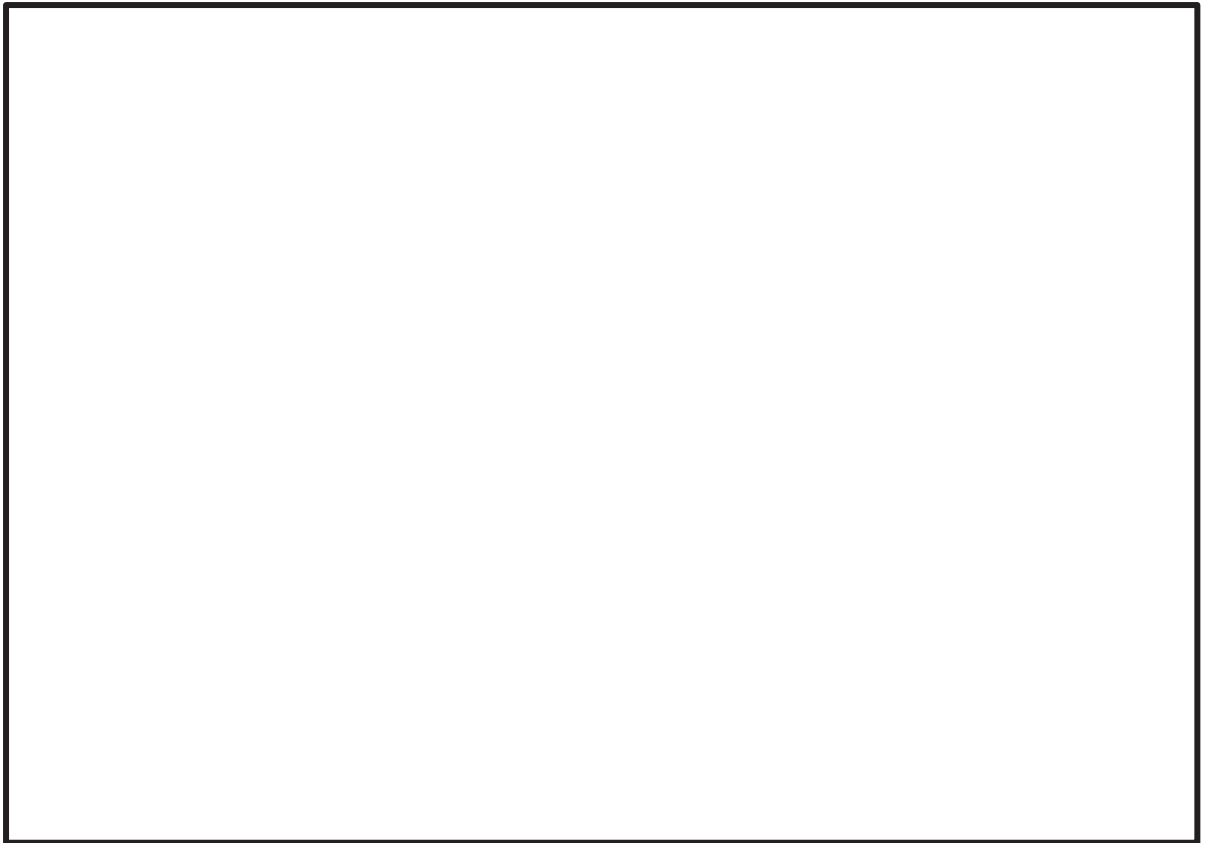


図 4-4 振動モード図 (2次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-8 に示す。

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

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉圧力容器 O.P. 25.858 (O.P. 28.600* ¹)			—	—	$C_H=4.03$	$C_V=1.44$

注記*1：基準床レベルを示す。

4.4.6 計算方法

4.4.6.1 応力の計算方法

4.4.6.1.1 溶接部の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

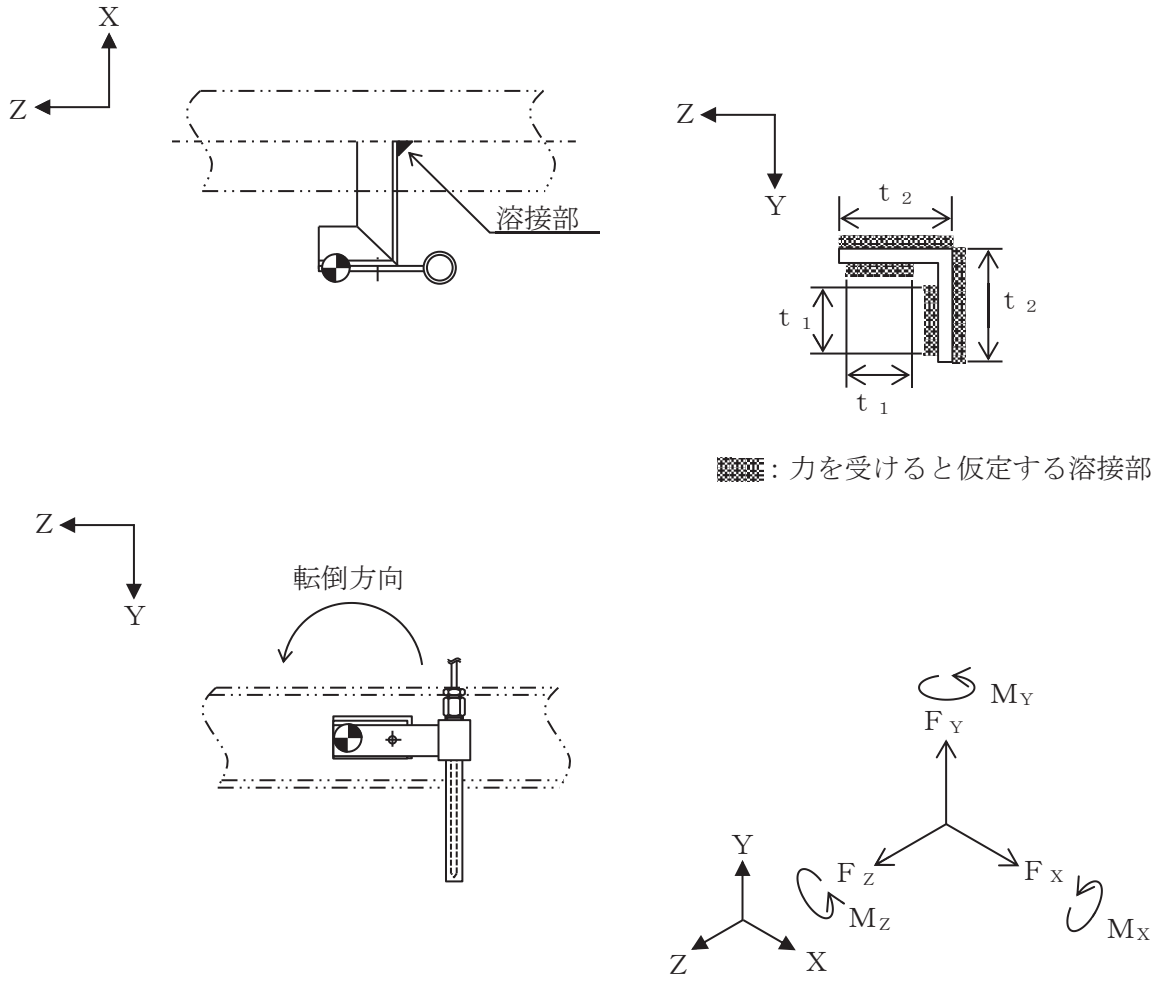


図 4-5 計算モデル (水平方向転倒)

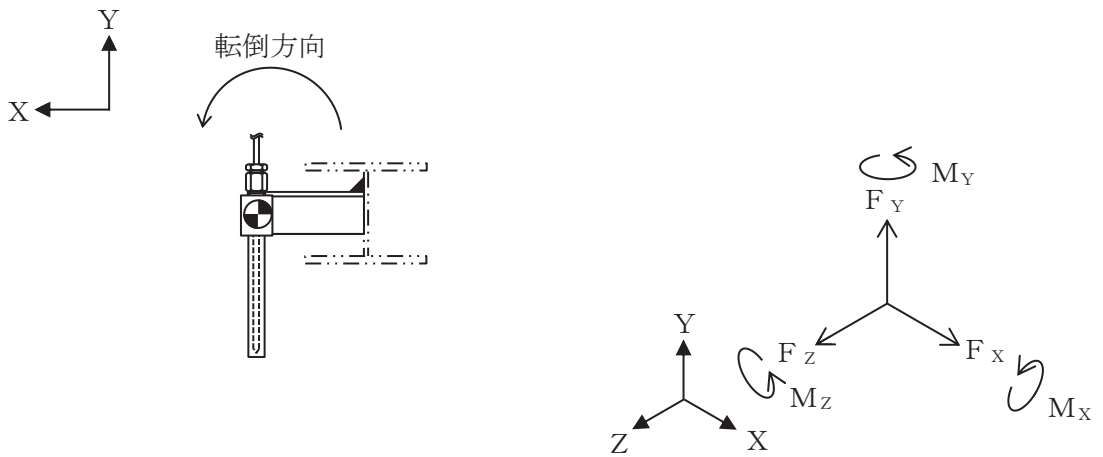
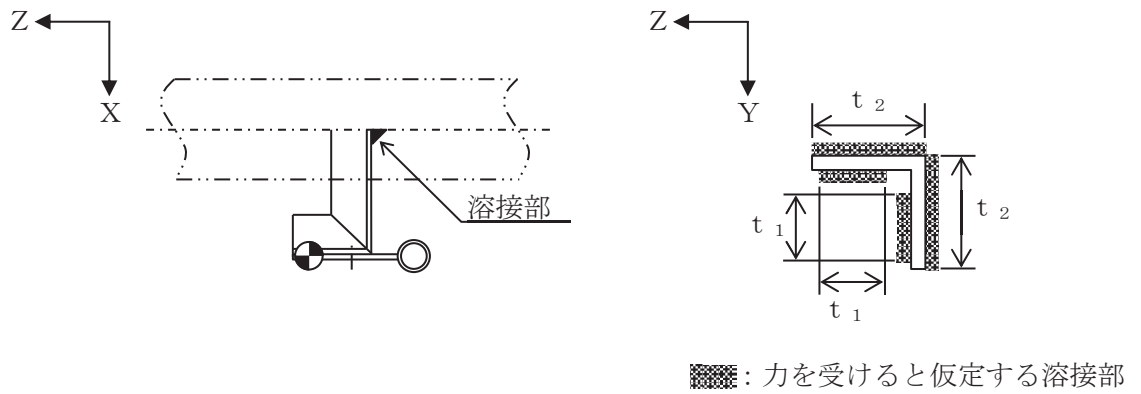


図 4-6 計算モデル（鉛直方向転倒）

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 4-9 に示す。

表 4-9 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	許容応力状態	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T48-TE026A, B	D (IV _{AS})						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.1)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a \cdot t_1 + 2 \cdot a \cdot t_2 \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.4)$$

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

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot t_1 + a \cdot t_2 \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot t_1 + a \cdot t_2 \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 4-5 及び図 4-6 でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (4.4.6.1.1.8)$$

4.4.7 計算条件

4.4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) 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。

4.4.8 応力の評価

4.4.8.1 溶接部の応力評価

4.4.6.1.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

f_s	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
-------	---------------------------------------------------------------------------------

4.5 機能維持評価

4.5.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-10 に示す。

表 4-10 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE026A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

4.6 評価結果

4.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエル温度 (T48-TE026A, B) 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。

【ドライウエル温度 (T48-TE026A, 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	
ドライウエル温度 (T48-TE026A, B)	常設/防止 常設/緩和	原子炉圧力容器 O.P. 25.858 (O.P. 28.600*1)			—	—	C _H =4.03	C _V =1.44	200

注記*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wY} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _Y (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部										

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
						弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	144	402	205	—	194	—	水平方向

注記*1: 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	—	—	$\sigma_t = 0$	$f_s = 112$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_s = 112$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_s = 112$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 3$	$f_s = 112$

すべて許容応力以下である。

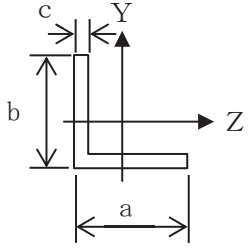

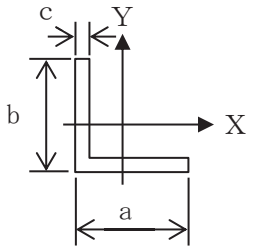

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

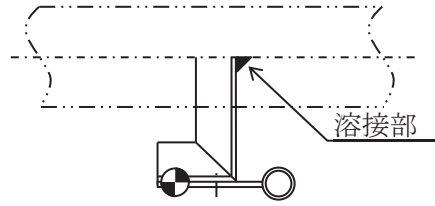
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE026A, B)	水平方向	3.36	
	鉛直方向	1.20	

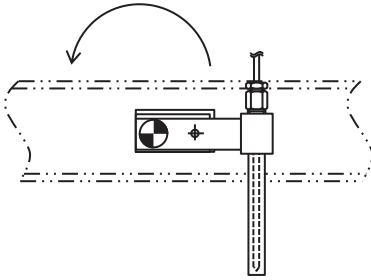
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

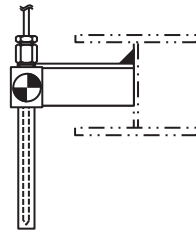
材料		
対象要素	①	②
A (mm ²)		
I _X (mm ⁴)		
I _Y (mm ⁴)		
I _Z (mm ⁴)		
I _P (mm ⁴)		
I _P (mm ⁴)		
断面形状 (mm)	  <p>(a × b × c)</p>	  <p>(a × b × c)</p>



転倒方向
(水平方向)



正面



側面

5. ドライウェル温度 (T48-TE026C, D, E, F, G, H)

5.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル温度 (T48-TE026C, D, E, F, G, H) 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。

ドライウェル温度 (T48-TE026C, D, E, F, G, H) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、計器取付金具の溶接部に作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるドライウェル温度 (T48-TE026F) を代表として評価する。

また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となるドライウェル温度 (T48-TE026D) を代表として評価する。評価対象を表 5-1 に示す。

表 5-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T48-TE026C T48-TE026D (代表) (電氣的機能維持評価) T48-TE026E T48-TE026F (代表) (構造強度評価) T48-TE026G T48-TE026H	5.4 地震応答解析及び 構造強度評価 5.5 機能維持評価	表 5-2 構造計画

5.2 一般事項

5.2.1 構造計画

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の構造計画を表 5-2 に示す。

表 5-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接によりドライウェル内の架構に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、ドライウェル内の架構に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル温度 (T48-TE026F)】</p> <p>上面</p> <p>溶接部</p> <p>検出器</p> <p>185</p> <p>正面</p> <p>ドライウェル内の架構</p> <p>計器取付金具</p> <p>175</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

5.2.2 評価方針

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「5.2.1 構造計画」にて示すドライウェル温度 (T48-TE026F) の部位を踏まえ「5.3 評価部位」にて設定する箇所において、「5.4.3 解析モデル及び諸元」及び「5.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5.4 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、ドライウェル温度 (T48-TE026D) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5.5 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.6 評価結果」に示す。

ドライウェル温度 (T48-TE026D, F) の耐震評価フローを図 5-1 に示す。

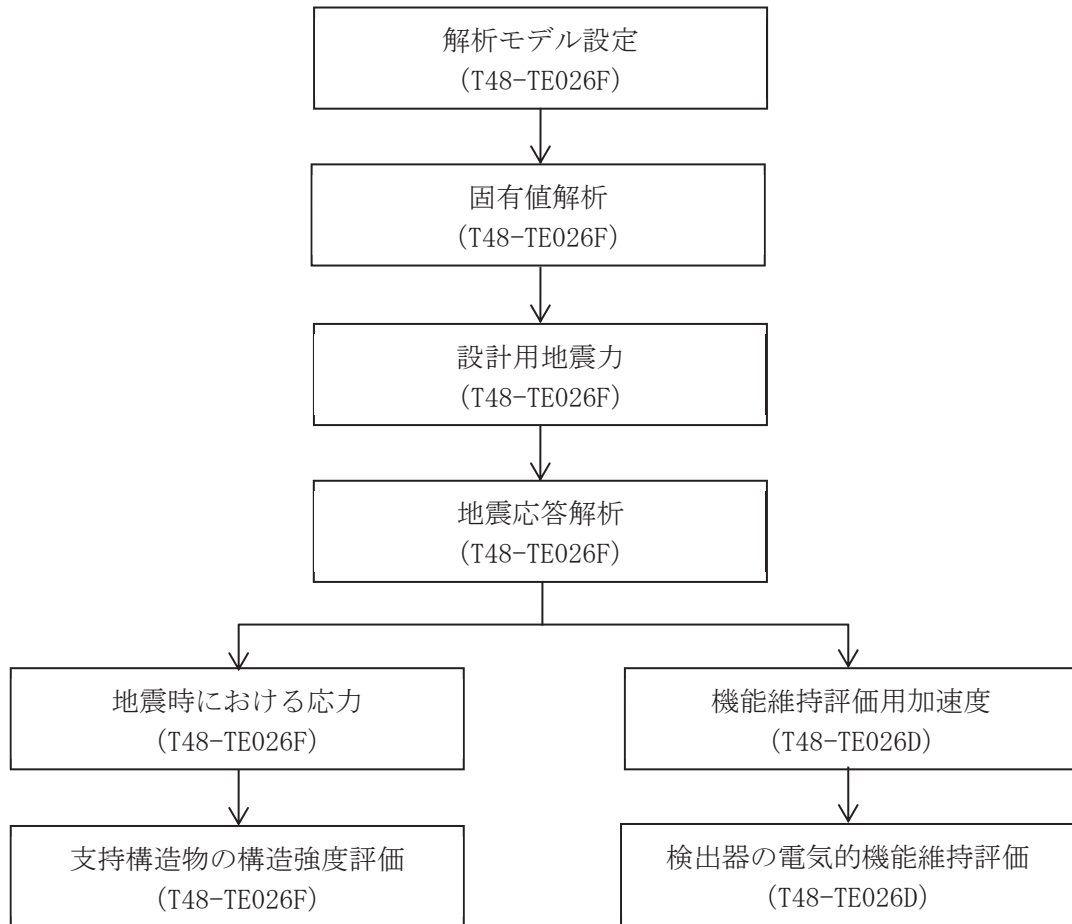


図 5-1 ドライウェル温度 (T48-TE026D, F) の耐震評価フロー

5.2.3 適用規格・基準等

本評価について適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

- (4) J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

5.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wX}	溶接部の F_x に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (X方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°C における値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_x	溶接全断面における断面係数 (X軸)	mm ³
Z_z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

5.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 5-3 に示すとおりである。

表 5-3 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

5.3 評価部位

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の耐震評価は、「5.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。ドライウェル温度 (T48-TE026F) の耐震評価部位については、表 5-2 の概略構造図に示す。

5.4 地震応答解析及び構造強度評価

5.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

5.4.2 項(1)から(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE026F) は、溶接によりドライウェル内の架構に固定されており、固定端とする。
- (2) ドライウェル温度 (T48-TE026F) の質量は検出器及び計器取付金具を考慮する。
- (3) 地震力は、ドライウェル温度 (T48-TE026F) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

5.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル温度 (T48-TE026F) 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 5-4 に示す。

5.4.2.2 許容応力

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-5 のとおりとする。

5.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-6 に示す。

表 5-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル温度 (T48-TE026F)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 5-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
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 5-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部		周囲環境温度	200	144	402	205

5.4.3 解析モデル及び諸元

ドライウェル温度 (T48-TE026F) の解析モデルを図 5-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【ドライウェル温度 (T48-TE026F) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ドライウェル温度 (T48-TE026F) は三次元はりモデルを用いる。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
 なお、計器取付金具は、ドライウェル内の架構に固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具を直線とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

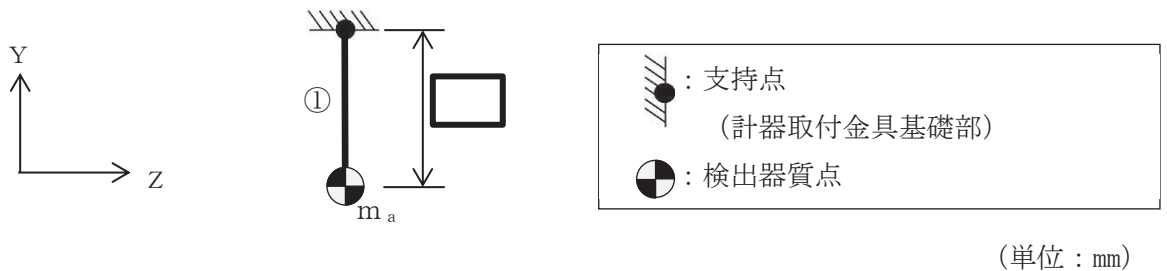


図 5-2 ドライウェル温度 (T48-TE026F) 解析モデル

5.4.4 固有周期

固有値解析結果を表 5-7 に、振動モード図を図 5-3 及び図 5-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 5-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
4 次	鉛直方向		—	—	—

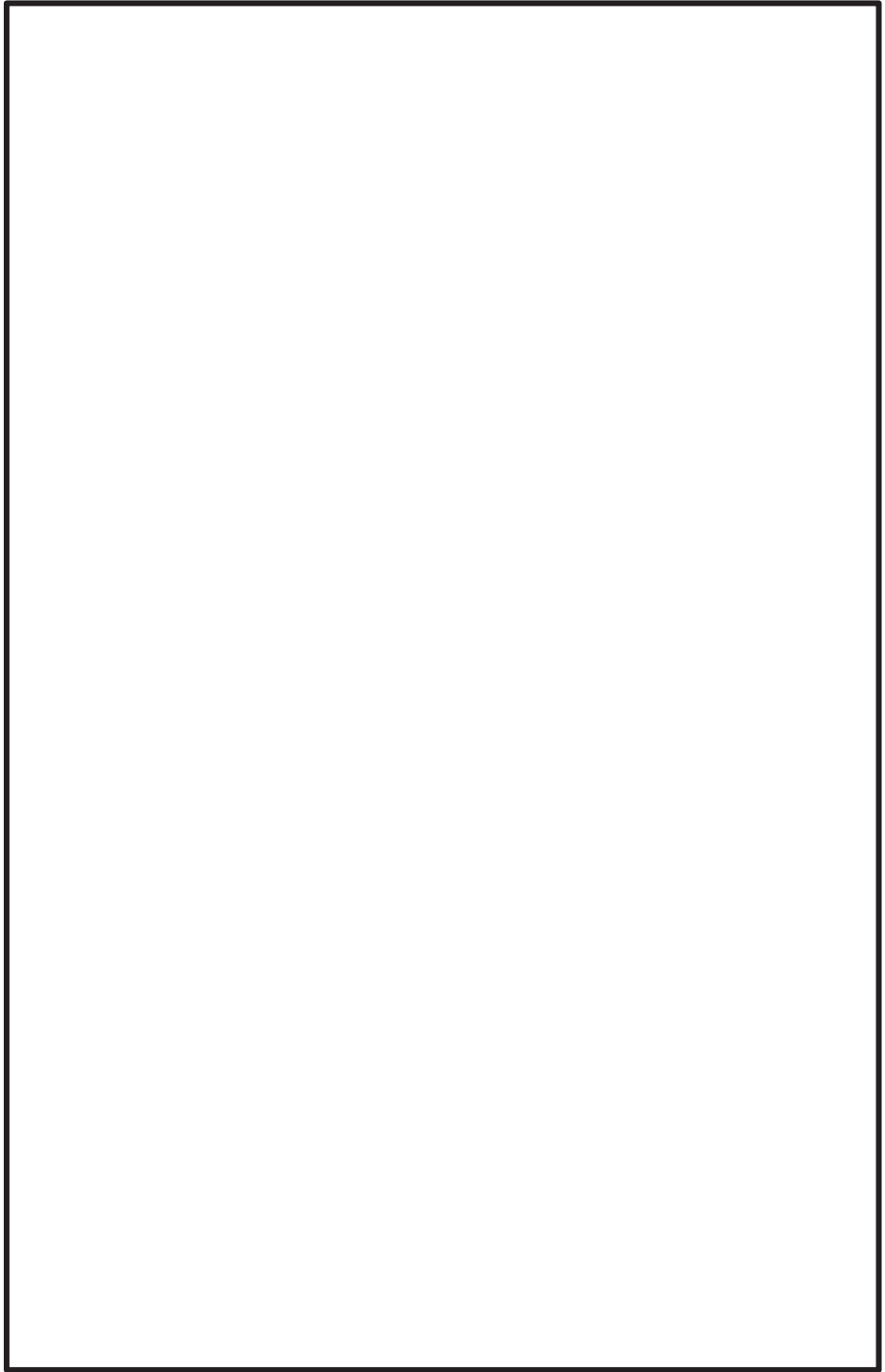


図 5-3 振動モード図 (1 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

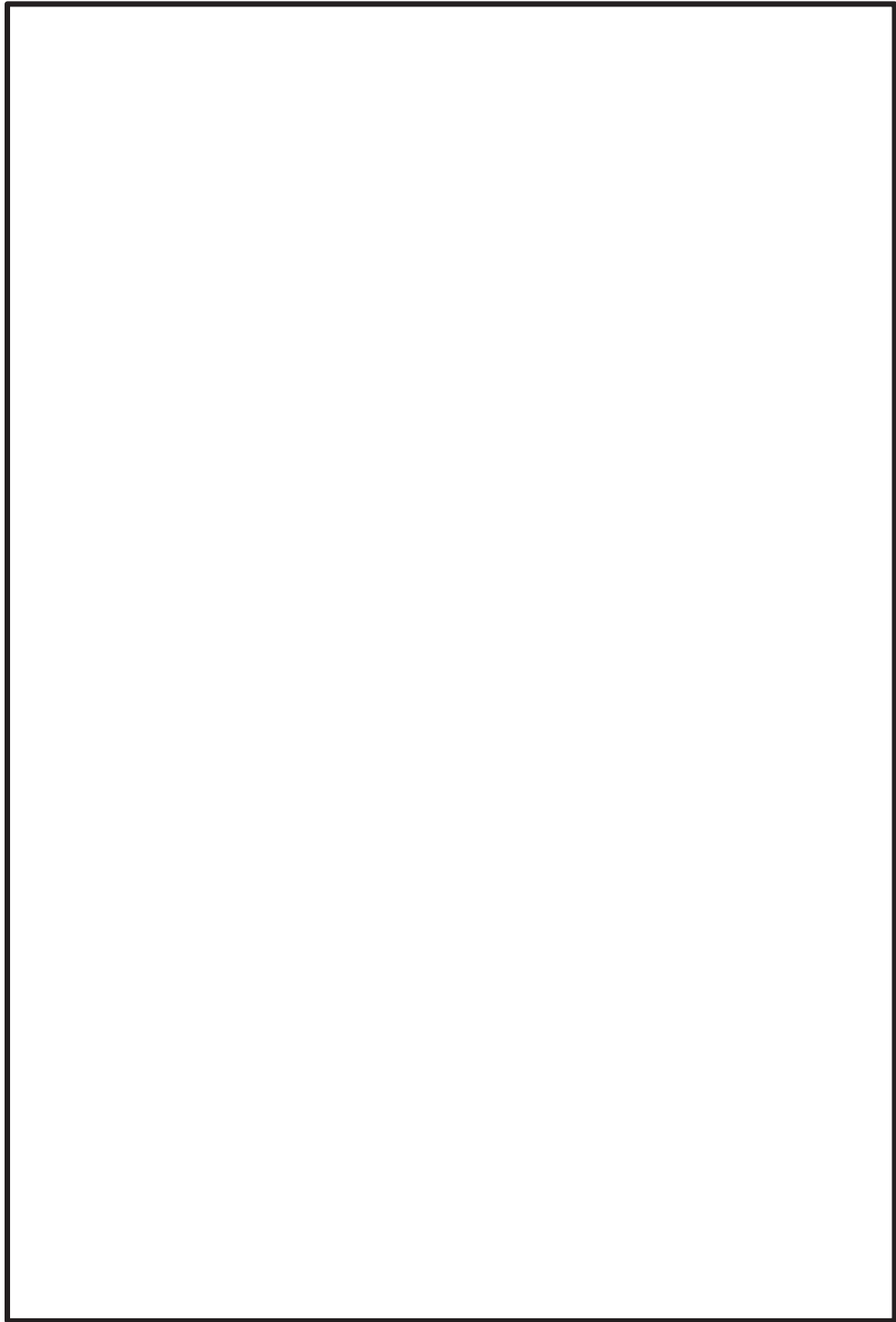


図 5-4 振動モード図 (4 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-8 に示す。

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

表 5-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉しゃへい壁 O. P. 9. 448 (O. P. 10. 600* ¹)			—	—	$C_H=1.82$	$C_V=1.33$

注記*1：基準床レベルを示す。

5.4.6 計算方法

5.4.6.1 応力の計算方法

5.4.6.1.1 溶接部の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

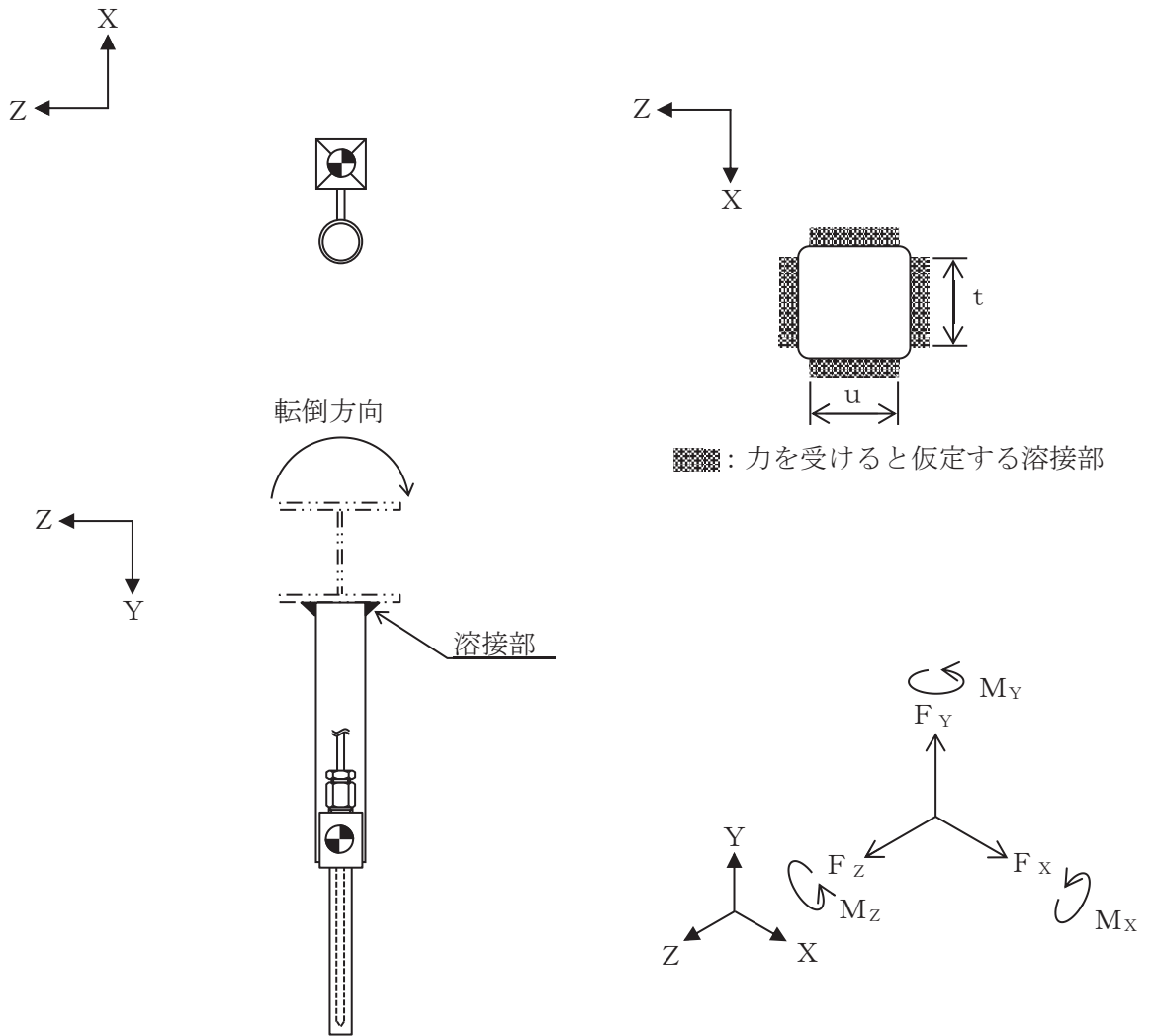


図 5-5 計算モデル (水平方向転倒)

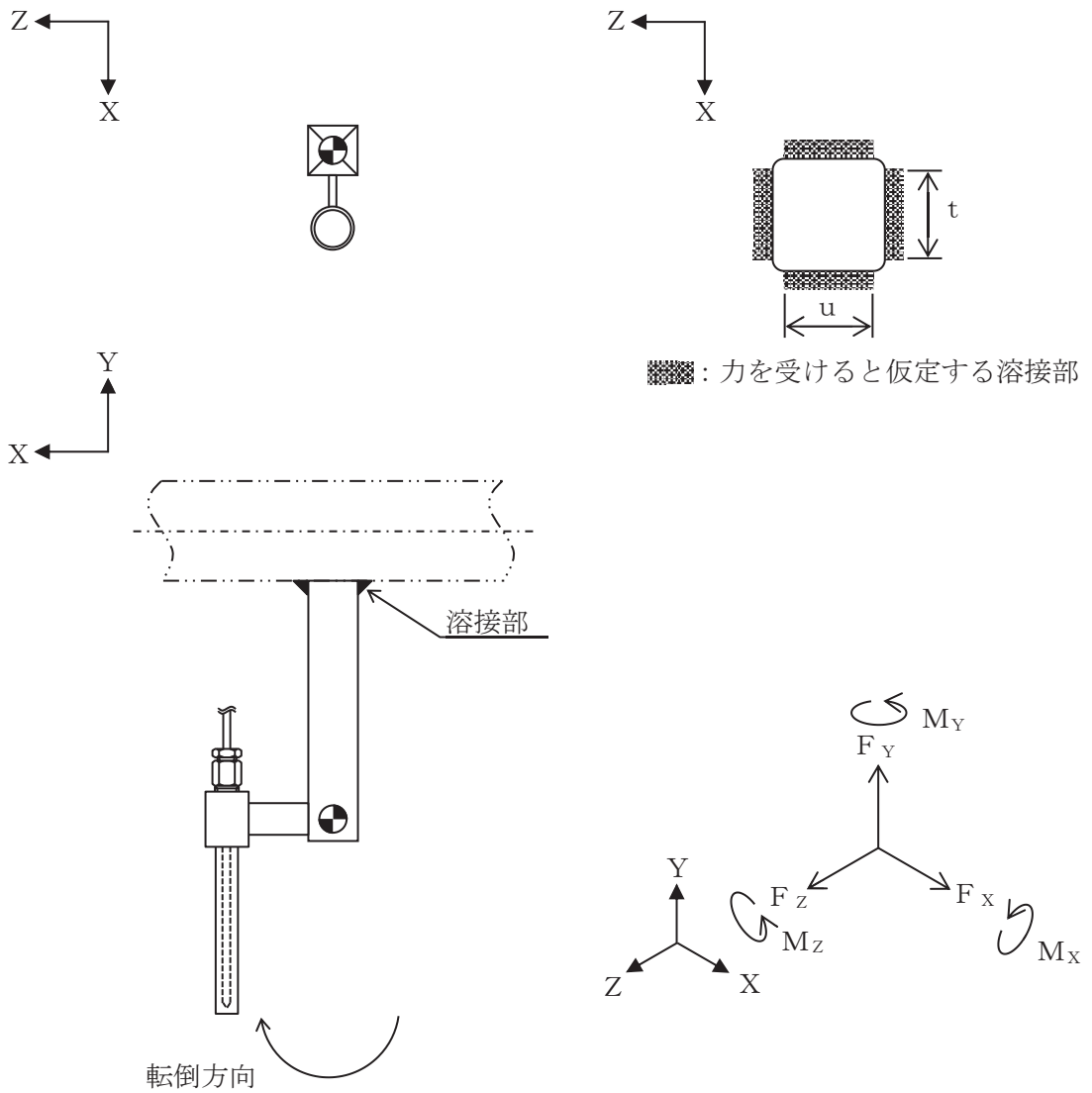


図 5-6 計算モデル（鉛直方向転倒）

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 5-9 に示す。

表 5-9 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	許容応力状態	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T48-TE026F	D (IV _{AS})						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.1)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a(t + u) \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.4)$$

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

A_{wX} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wX} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.5)$$

$$A_{wZ} = 2 \cdot a \cdot u \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 5-5 及び図 5-6 でX軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_X}{Z_X} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.7)$$

Z_X 、 Z_Z は溶接断面のX軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.6.1.1.8)$$

5.4.7 計算条件

5.4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル温度 (T48-TE026D, F) 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。

5.4.8 応力の評価

5.4.8.1 溶接部の応力評価

5.4.6.1.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

5.5 機能維持評価

5.5.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル温度 (T48-TE026D) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。機能維持評価用加速度を表 5-10 に示す。

ドライウエル温度 (T48-TE026D) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-11 に示す。

表 5-10 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動 S_s
			機能維持評価用加速度
ドライウエル温度 (T48-TE026D)	原子炉しゃへい壁 O.P. 18.790 (O.P. 21.550*)	水平方向	1.95
		鉛直方向	1.61

注記*：基準床レベルを示す。

表 5-11 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル温度 (T48-TE026D)	水平方向	
	鉛直方向	

5.6 評価結果

5.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエル温度 (T48-TE026D, F) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【ドライウエル温度 (T48-TE026D, F) 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	
ドライウエル温度 (T48-TE026F)	常設/防止 常設/緩和	原子炉しゃへい壁 O.P. 9. 448 (O.P. 10. 600*1)			—	—	C _H =1. 82	C _V =1. 33	200

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	A _w (mm ²)	A _{wX} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _X (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部										

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
						弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	144	402	205	—	194	—	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_s = 112$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_s = 112$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_s = 112$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 3$	$f_s = 112$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル温度 (T48-TE026D)	水平方向	1.95	
	鉛直方向	1.61	

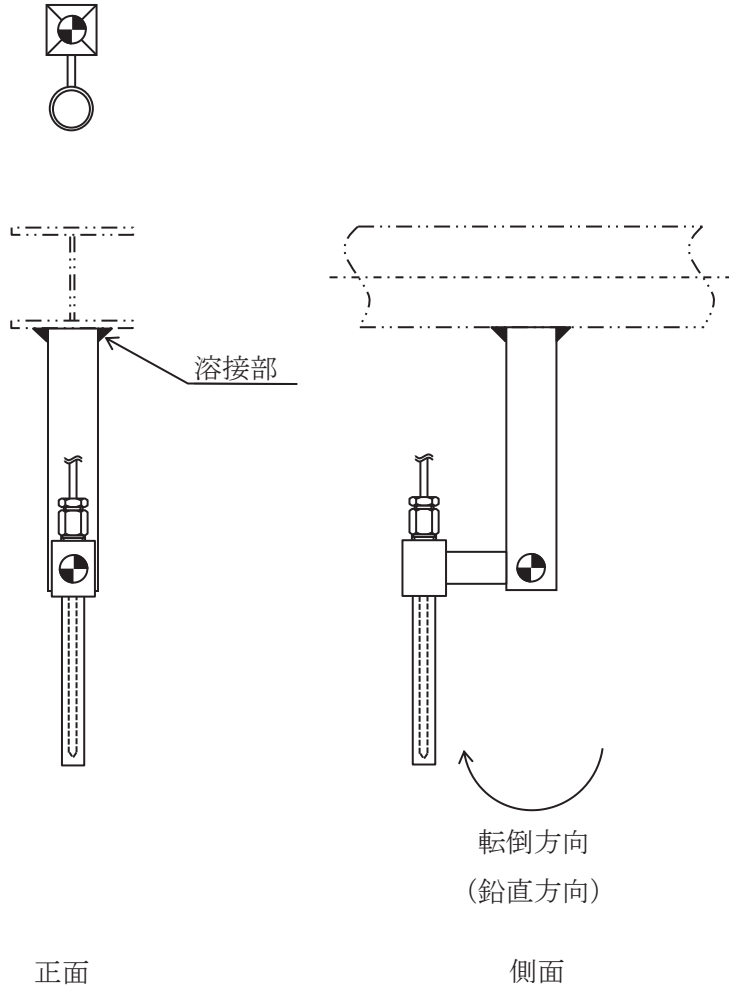
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

材料	
対象要素	①
A (mm ²)	
I _X (mm ⁴)	
I _Z (mm ⁴)	
I _P (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	

68

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



VI-2-6-5-4-2-2 圧力抑制室内空気温度の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室内空気温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

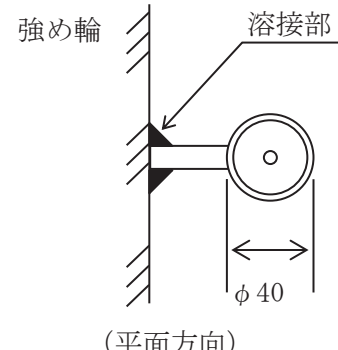
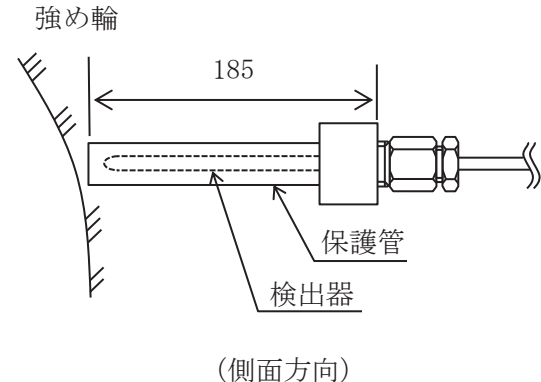
圧力抑制室内空気温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

圧力抑制室内空気温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接によりサプレッションチェンバ内の強め輪に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、サプレッションチェンバ内の強め輪に溶接により固定される構造)</p>	<p>【圧力抑制室内空気温度】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p>  <p>(平面方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p>  <p>(側面方向)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

圧力抑制室内空気温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

圧力抑制室内空気温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、圧力抑制室内空気温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

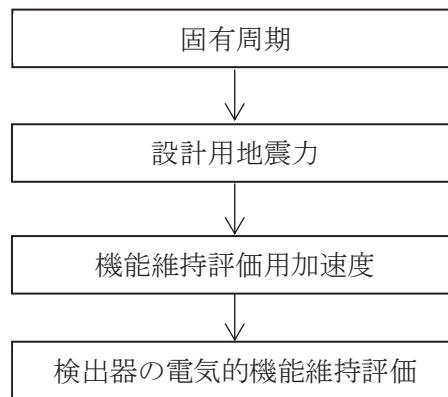


図 2-1 圧力抑制室内空気温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

3. 評価部位

圧力抑制室内空気温度は、溶接によりサプレッションチェンバ内の強め輪に設置することから、サプレッションチェンバが支持している。サプレッションチェンバの構造強度評価は、添付書類「VI-2-9-2-1-2 サプレッションチェンバの耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、サプレッションチェンバ内の地震応答解析結果を用いた圧力抑制室内空気温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

圧力抑制室内空気温度の電氣的機能維持評価については、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

圧力抑制室内空気温度はサプレッションチェンバ内の強め輪に固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度又は基準地震動 S_s により定まる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1、表 4-2 及び表 4-3 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度（サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度）（設計基準対象施設） $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	原子炉格納容器 O. P. -0.60	水平方向	3.37
		鉛直方向	3.82

表 4-2 機能維持評価用加速度（サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度）（重大事故等対処設備） $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	原子炉格納容器 O. P. -0.60	水平方向	3.64
		鉛直方向	5.32

表 4-3 機能維持評価用加速度（基準地震動 S_s により定まる応答加速度） $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	原子炉建屋 O. P. -0.80 (O. P. -8.10*)	水平方向	0.82
		鉛直方向	0.57

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

圧力抑制室内空気温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-4 に示す。

表 4-4 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	水平方向	
	鉛直方向	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

圧力抑制室内空気温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

圧力抑制室内空気温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【圧力抑制室内空気温度（T48-TE013A, B, C, D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	水平方向	3.37	
	鉛直方向	3.82	

注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度（1.0ZPA）の値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室内空気温度 (T48-TE013A, B, C, D)	水平方向	3.64	
	鉛直方向	5.32	

注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度（1.0ZPA）の値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

9

VI-2-6-5-4-2-3 サプレッションプール水温度の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	3
2.1	構造計画	3
2.2	評価方針	6
2.3	適用規格・基準等	7
2.4	記号の説明	7
2.5	計算精度と数値の丸め方	8
3.	評価部位	8
4.	固有周期	8
4.1	固有値解析方法	8
4.2	解析モデル及び諸元	9
4.3	固有値解析結果	11
5.	構造強度評価	16
5.1	構造強度評価方法	16
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	16
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	16
5.2.2	許容応力	16
5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	16
5.3	設計用地震力	19
5.4	計算方法	20
5.4.1	応力の計算方法	20
5.5	計算条件	23
5.5.1	Uボルトの応力計算条件	23
5.6	応力の評価	23
5.6.1	Uボルトの応力評価	23
6.	機能維持評価	23
6.1	電氣的機能維持評価方法	23
7.	評価結果	24
7.1	設計基準対象施設としての評価結果	24
7.2	重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、サプレッションプール水温度が設計用地震力に対して十分な構造強度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。

サプレッションプール水温度 (T11-TE001A, TE002A, TE003A, TE004A, TE005A, TE006A, TE007A, TE008A, TE009A, TE010A, TE011A, TE012A, TE013A, TE014A, TE015A, TE016A) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。サプレッションプール水温度 (T11-TE001B, TE002B, TE003B, TE004B, TE005B, TE006B, TE007B, TE008B, TE009B, TE010B, TE011B, TE012B, TE013B, TE014B, TE015B, TE016B) 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。

なお、構造強度評価については、計器取付金具のUボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、据付場所及び床面高さが同じで計器取付金具のUボルトが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T11-TE001A		
T11-TE002A		
T11-TE003A (代表)		
T11-TE004A		
T11-TE005A		
T11-TE006A		
T11-TE007A		
T11-TE008A		
T11-TE009A		
T11-TE010A		
T11-TE011A		
T11-TE012A		
T11-TE013A		
T11-TE014A		
T11-TE015A		
T11-TE016A		
T11-TE001B	5. 構造強度評価	表 2-1 構造計画
T11-TE002B		表 2-2 構造計画
T11-TE003B		
T11-TE004B		
T11-TE005B		
T11-TE006B		
T11-TE007B		
T11-TE008B		
T11-TE009B (代表)		
T11-TE010B		
T11-TE011B		
T11-TE012B		
T11-TE013B		
T11-TE014B		
T11-TE015B		
T11-TE016B		

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションプール水温度の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管内に收容され、保護管は計器取付金具にUボルトで固定する。また、Uボルトと保護管の接触面は溶接にて固定する。</p>	<p>測温抵抗体 (検出器は、サプレッションチェンバ内の強め輪に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【サプレッションプール水温度 (T11-TE003A)】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管内に收容され、保護管は計器取付金具に U ボルトで固定する。また、U ボルトと保護管の接触面は溶接にて固定する。</p>	<p>測温抵抗体 (検出器は、サプレッションチェンバ内の強め輪に溶接により固定される構造)</p>	<p>【サプレッションプール水温度 (T11-TE009B)】</p> <p>U ボルト 溶接部 上面</p> <p>計器取付金具 検出器 保護管 強め輪</p> <p>正面</p> <p>2570 溶接部 強め輪 側面</p>

(単位：mm)

2.2 評価方針

サプレッションプール水温度の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッションプール水温度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、サプレッションプール水温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッションプール水温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

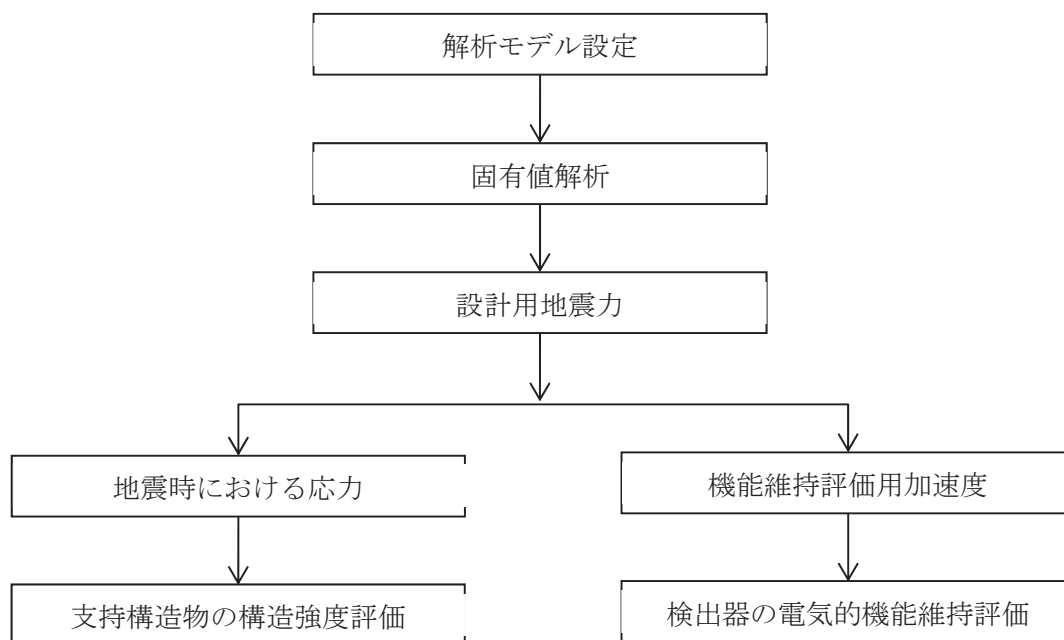


図 2-1 サプレッションプール水温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (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_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_0	Uボルトの径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_a	組合せ応力	MPa
F_t	ボルトに生じる引張応力	MPa
F_s	ボルトに生じるせん断応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
m	検出器の質量	kg
P_2, P_3, P_4	Uボルトに作用する荷重	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	—

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-3 に示すとおりである。

表 2-3 表示する数値の丸め方

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

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

サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) 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 U ボルトについて実施する。サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の耐震評価部位については、表 2-1 及び表 2-2 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

4.2 解析モデル及び諸元

サブプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【サブプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) サブプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の質量は質点に集中するものとし、質点は保護管上端に設置する。また、保護管及び計器取付金具の質点はUボルトに設置する。
- (2) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。また、計器取付金具は、サブプレッションプールの強め輪に固定されることから、図 4-1 の①から⑦及び図 4-2 の⑧から⑱の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 3 点で固定される。なお、保護管はUボルトにより計器取付金具に固定し、Uボルトと保護管の接触面は溶接にて固定する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

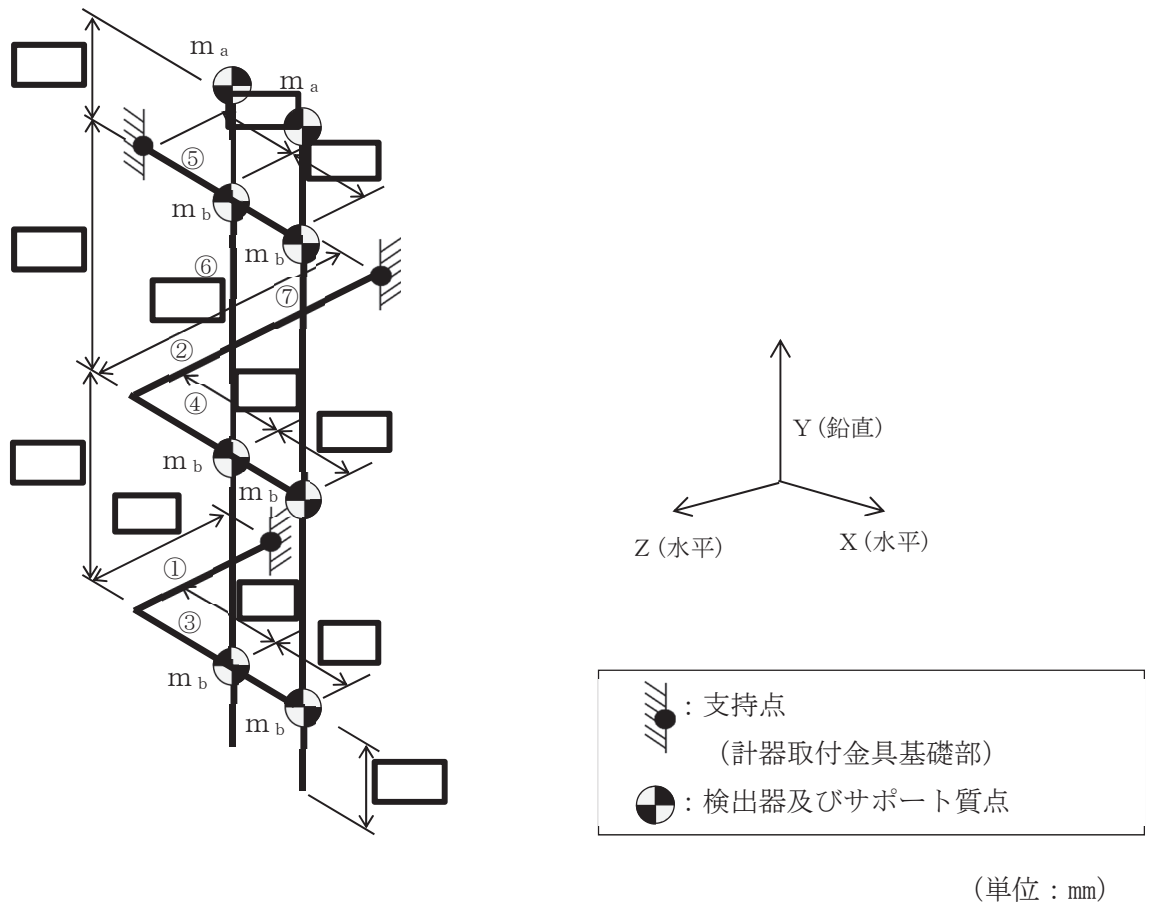
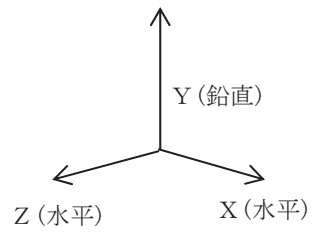
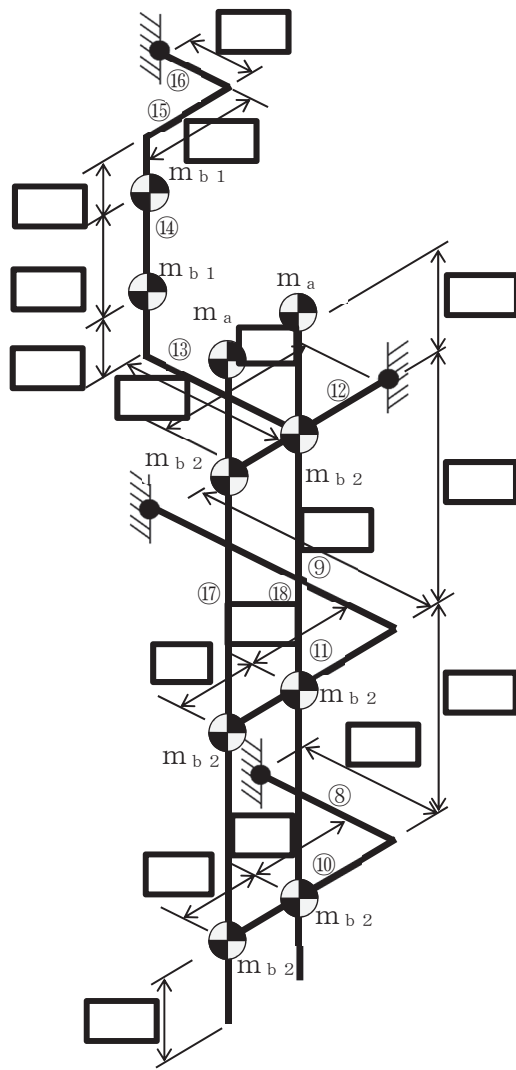


図 4-1 サブプレッションプール水温度 (T11-TE003A) 解析モデル



	: 支持点 (計器取付金具基礎部)
	: 検出器及びサポート質点

(単位 : mm)

図 4-2 サプレッションプール水温度 (T11-TE009B) 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 及び表 4-2 に、振動モード図を図 4-3, 図 4-4, 図 4-5 及び図 4-6 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果 (T11-TE003A)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
13 次	鉛直方向		—	—	—

表 4-2 固有値解析結果 (T11-TE009B)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
13 次	鉛直方向		—	—	—

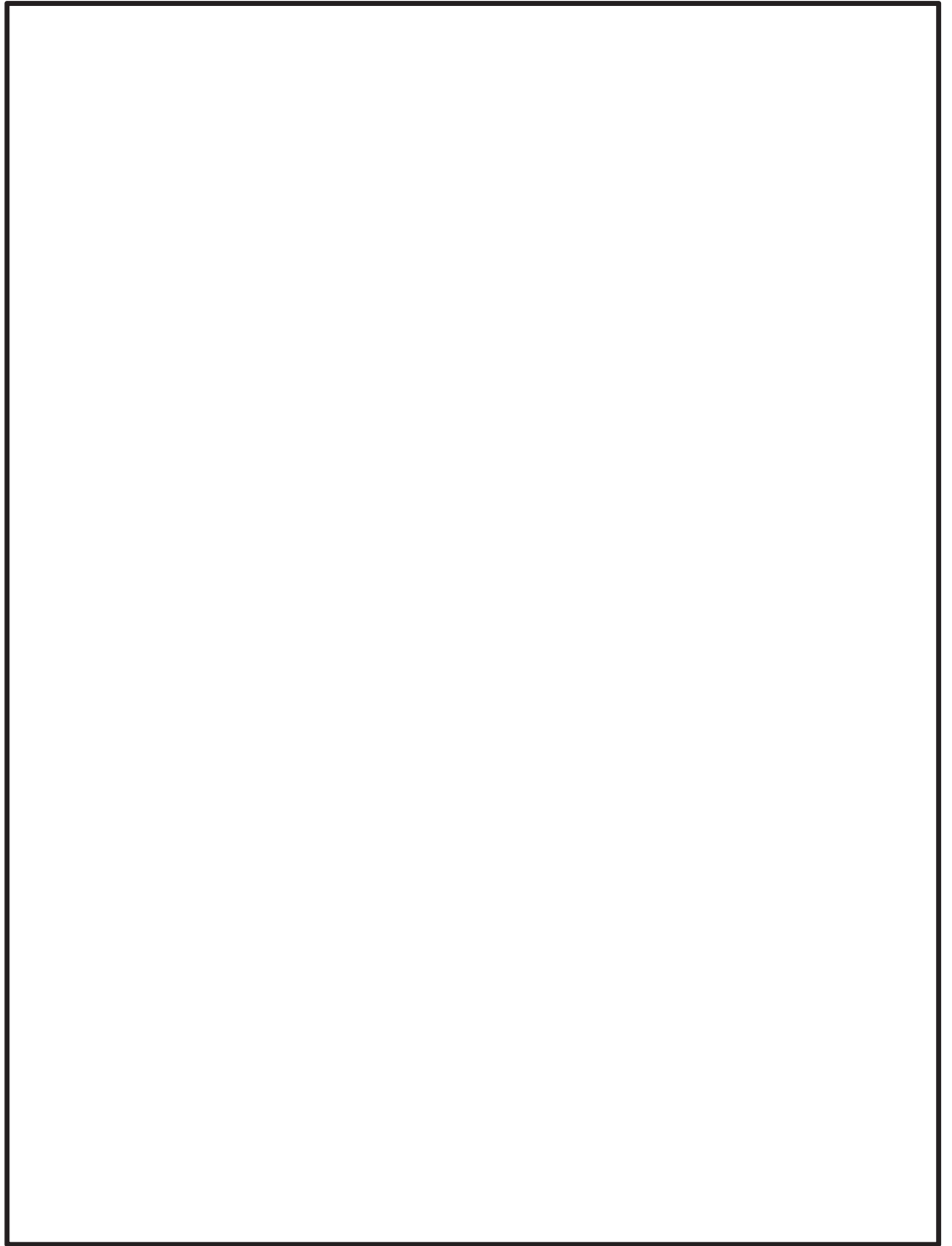


図 4-3 振動モード図 (T11-TE003A) (1 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

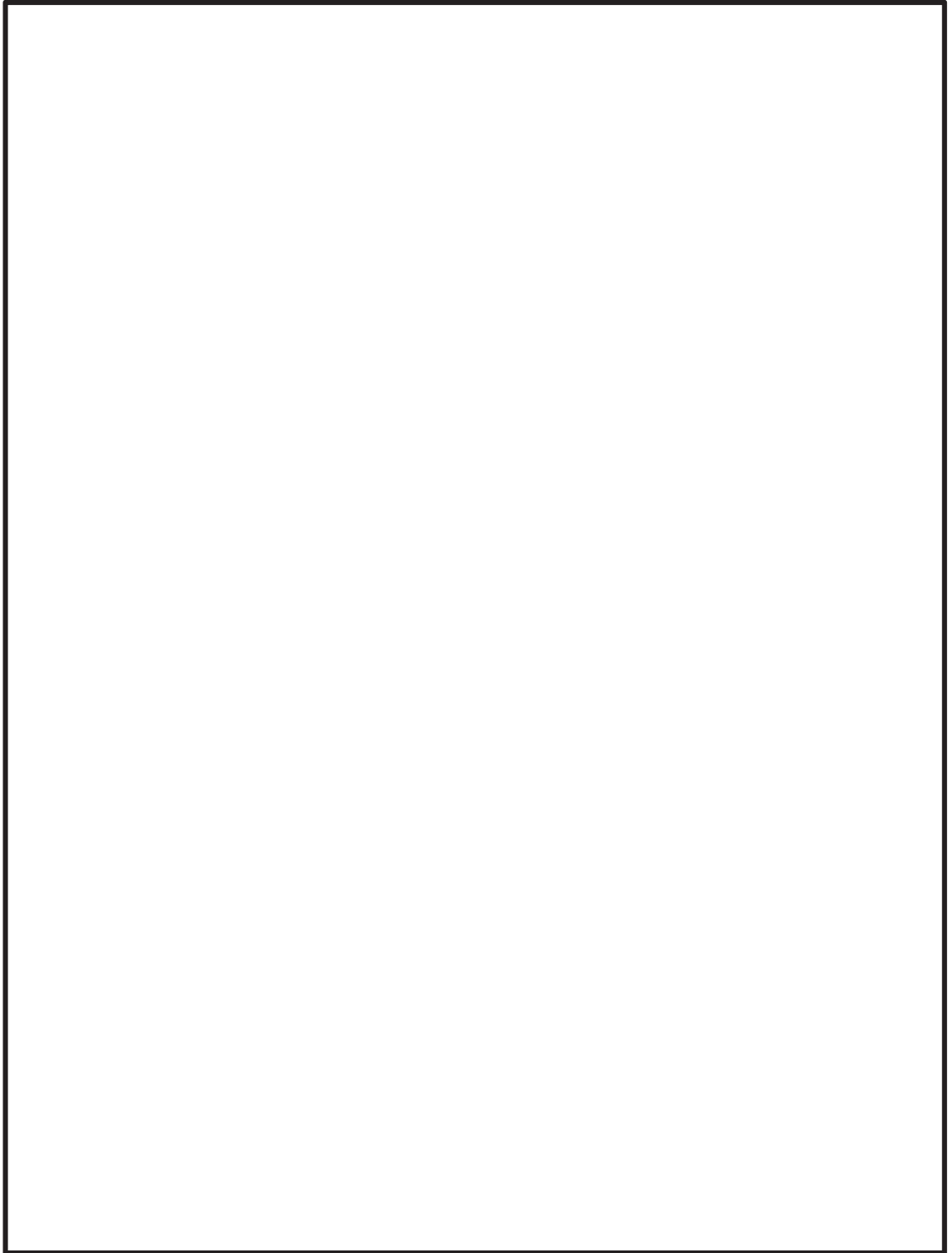


図 4-4 振動モード図 (T11-TE003A) (13 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

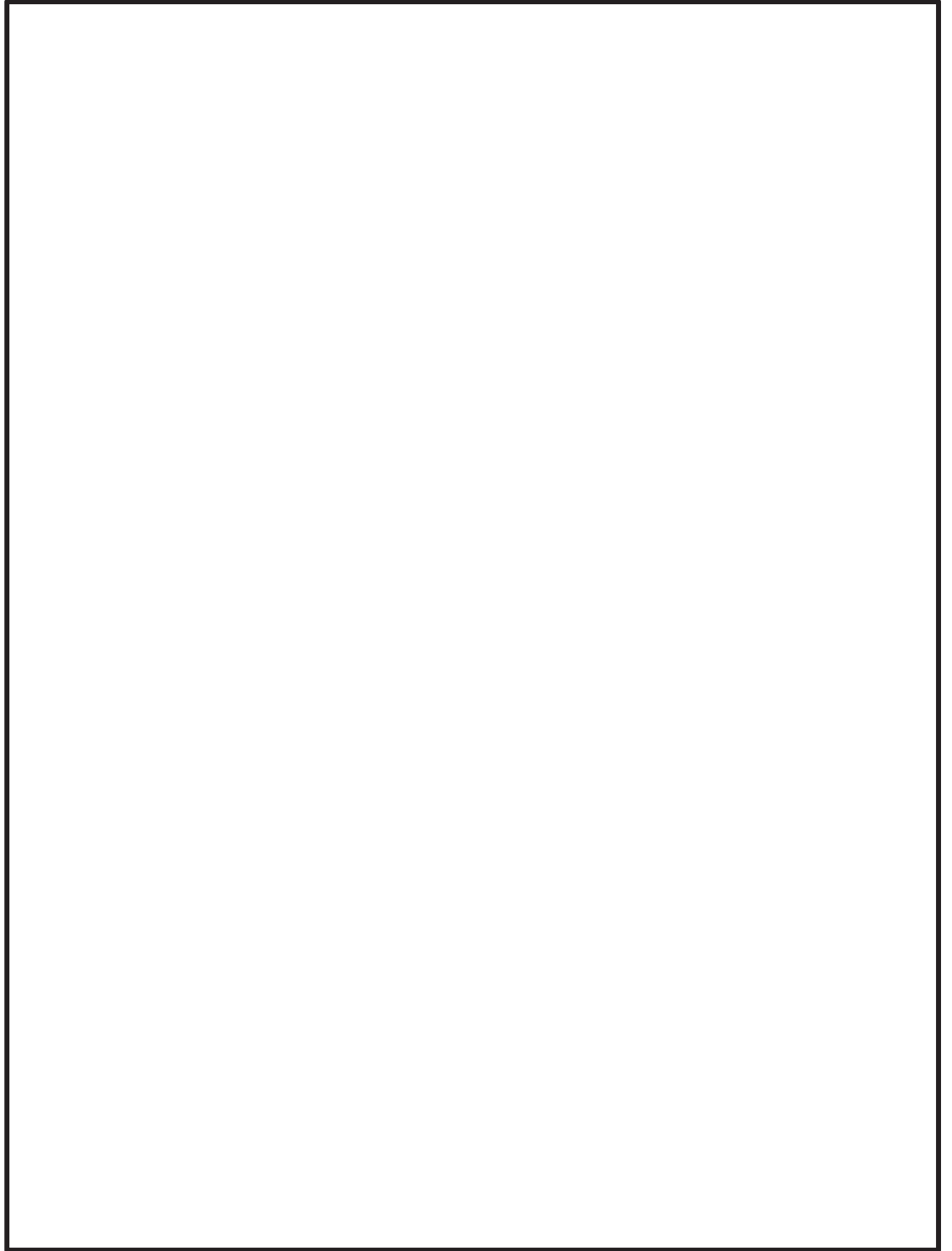


図 4-5 振動モード図 (T11-TE009B) (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

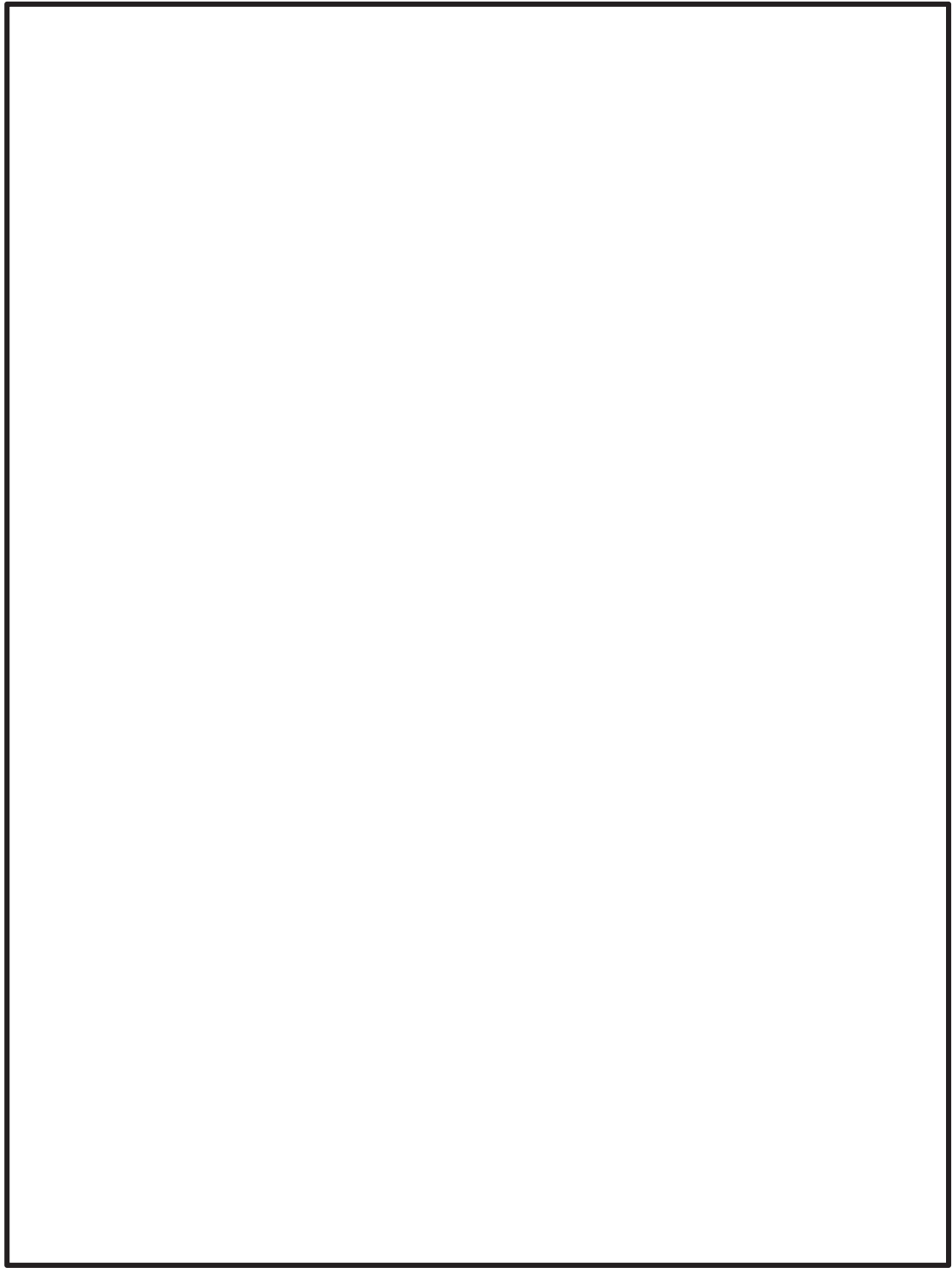


図 4-6 振動モード図 (T11-TE009B) (13 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)から(3)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）に対して、水平方向から作用するものとする。
- (2) サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）は、Uボルトに固定される。
- (3) サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）の質量は検出器、保護管及び計器取付金具を考慮する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションプール水温度（T11-TE003A, TE009B）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, T11-TE009B)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションプール水温度 (T11-TE009B)	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 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		U ボルト		周囲環境温度	104	169

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		U ボルト		周囲環境温度	200	144

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 及び表 5-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力 (T11-TE003A) (設計基準対象施設)

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 O.P. -7.40～2.00* ¹ (O.P. -4.60)			C _H =2.33	C _V =2.58	C _H =4.04	C _V =4.58

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

表 5-7 設計用地震力 (T11-TE009B) (設計基準対象施設)

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 O.P. -7.40～2.00* ¹ (O.P. -4.60)			C _H =2.33	C _V =2.58	C _H =4.04	C _V =4.58

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

表 5-8 設計用地震力 (T11-TE009B) (重大事故等対処設備)

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 O.P. -7.40～2.00* ¹ (O.P. -4.60)			—	—	C _H =4.36	C _V =6.38

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 Uボルトの計算方法

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

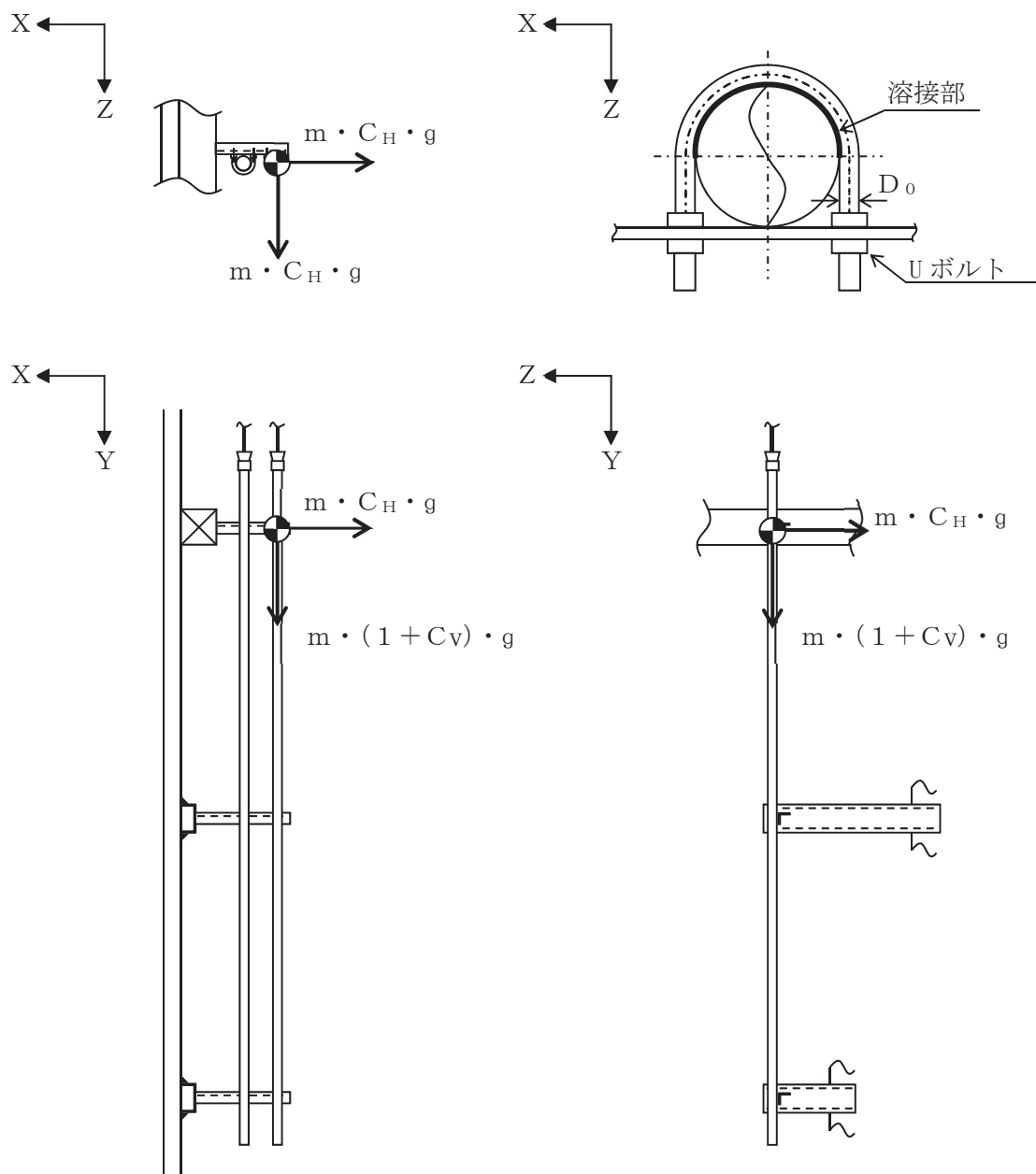


図 5-1 計算モデル (T11-TE003A)

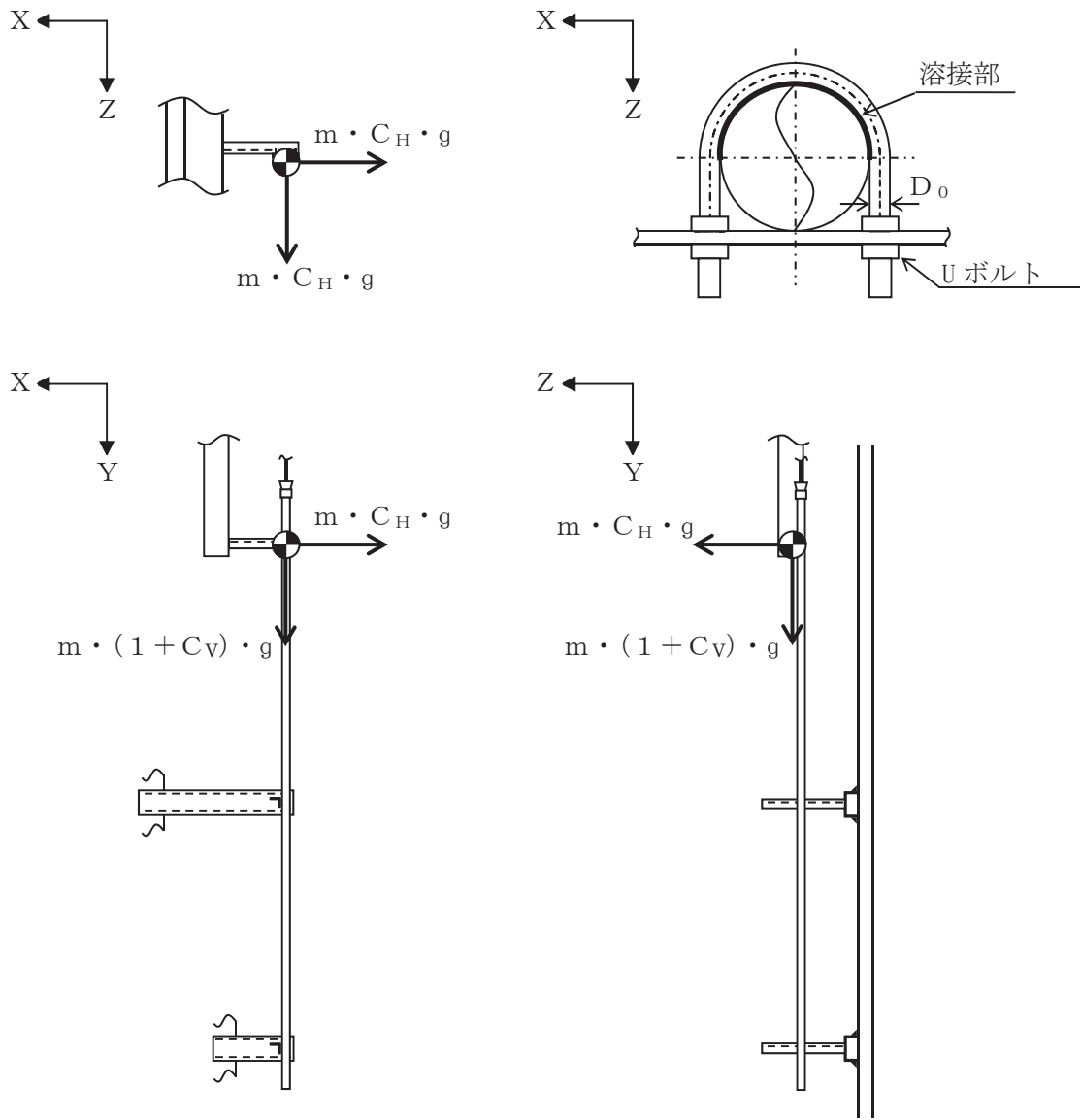


図 5-2 計算モデル (T11-TE009B)

(1) 引張応力

Uボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$P_2 = m \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$F_t = \frac{P_2}{(2 \cdot A_t)} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、Uボルトの軸断面積 A_t は次式により求める。

$$A_t = \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断力

$$P_3 = m \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

$$P_4 = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$F_s = \frac{\sqrt{(P_3)^2 + (P_4)^2}}{A_s} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

ここで、Uボルトの軸断面積 A_s は次式により求める。

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

(3) 組合せ応力

Uボルトに対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$F_a = \text{MAX} \left(\frac{(F_t + 1.6 \cdot F_s)}{1.4}, F_t \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

5.5 計算条件

5.5.1 Uボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) 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 Uボルトの応力評価

5.4.1 項で求めた U ボルトの組合せ応力 F_a は次式より求めた許容引張応力 f_t 以下であること。ただし、 f_t 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_t	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$ $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度を設定する。

サプレッションプール水温度 (T11-TE003A, TE009B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッションプール水温度 (T11-TE003A)	水平方向	
	鉛直方向	
サプレッションプール水温度 (T11-TE009B)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションプール水温度（T11-TE003A, T11-TE009B）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。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションプール水温度（T11-TE009B）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。

【サブプレッションプール水温度 (T11-TE003A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション プール水温度 (T11-TE003A)	S	原子炉格納容器 0. P. -7. 40~2. 00*1 (0. P. -4. 60)			C _H =2. 33	C _V =2. 58	C _H =4. 04	C _V =4. 58	104

注記*1: 添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサブプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	A _s (mm ²)	A _t (mm ²)	D ₀ (mm)
Uボルト				

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
Uボルト	169	439	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	P ₂		P ₃		P ₄	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _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
Uボルト						

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
Uボルト		引張り	F _t =2	—	F _t =2	—
		せん断	F _s =5	—	F _s =7	—
		組合せ	F _a =6	f _t =153	F _a =9	f _t =153

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッション プール水温度 (T11-TE003A)	水平方向	3.37	
	鉛直方向	3.82	

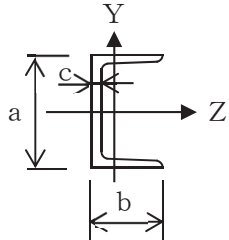
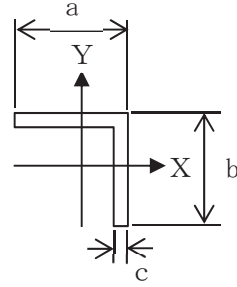
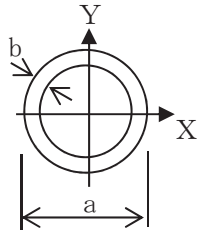
注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

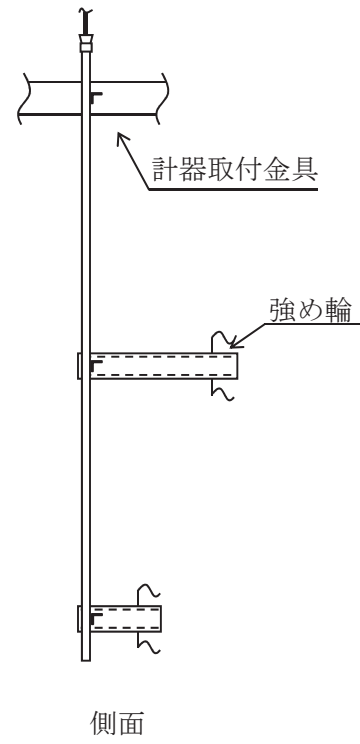
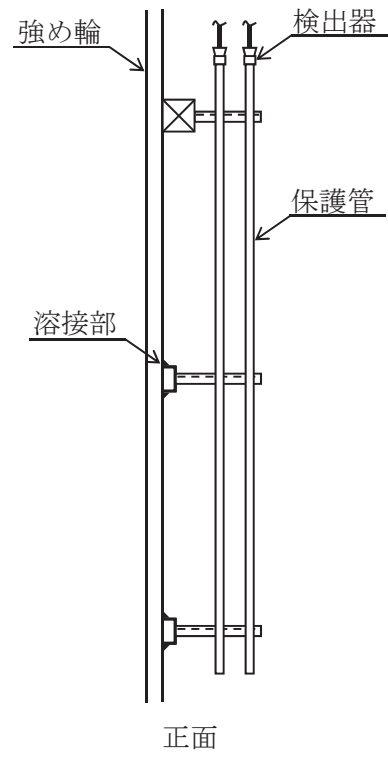
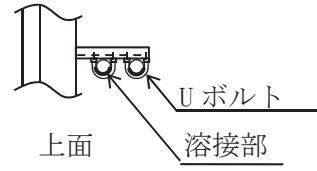
1.5 その他の機器要目

(1)機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
	m_b		
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	104
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料			
対象要素	①-②	③-④-⑤	⑥-⑦
A (mm ²)			
断面形状 (mm)	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b)</p>



【サブプレッションプール水温度 (T11-TE009B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション プール水温度 (T11-TE009B)	S	原子炉格納容器 0. P. -7. 40~2. 00*1 (0. P. -4. 60)			C _H =2. 33	C _V =2. 58	C _H =4. 04	C _V =4. 58	104

注記*1: 添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサブプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	A _s (mm ²)	A _t (mm ²)	D ₀ (mm)
Uボルト				

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
Uボルト	169	439	205	205	205

30

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	P ₂		P ₃		P ₄	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _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
Uボルト						

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
Uボルト		引張り	F _t =2	—	F _t =2	—
		せん断	F _s =5	—	F _s =7	—
		組合せ	F _a =6	f _t =153	F _a =9	f _t =153

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッション プール水温度 (T11-TE009B)	水平方向	3.37	
	鉛直方向	3.82	

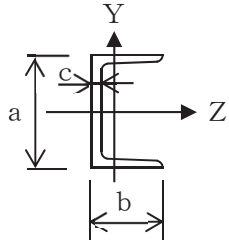
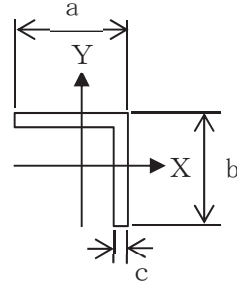
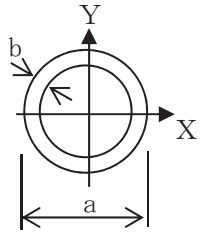
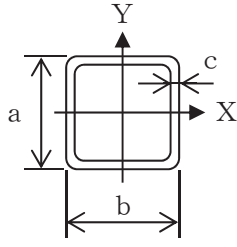
注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

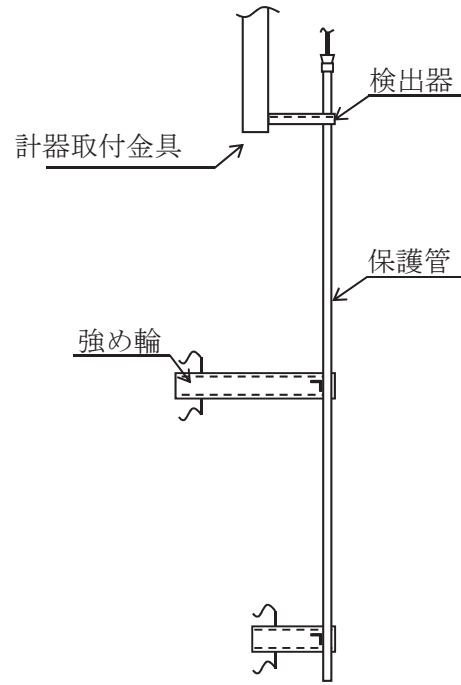
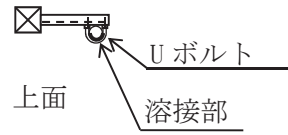
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

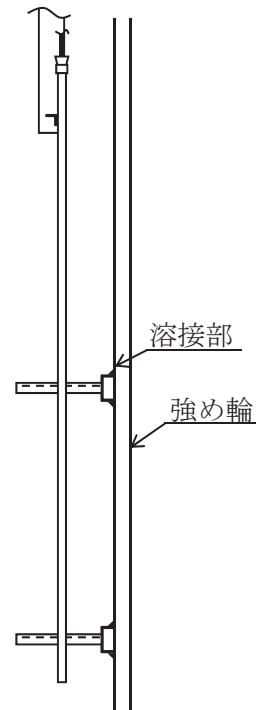
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
	m_{b1}		
	m_{b2}		
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料				
対象要素	⑧-⑨	⑩-⑪-⑫	⑰-⑱	⑲-⑳-㉑-㉒
A (mm ²)				
断面形状 (mm)	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>



正面



側面

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	
サプレッション プール水温度 (T11-TE009B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 0. P. -7. 40~2. 00*1 (0. P. -4. 60)			—	—	C _H =4. 36	C _V =6. 38	200

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

2.2 機器要目

部 材	m (kg)	A _s (mm ²)	A _t (mm ²)	D ₀ (mm)
Uボルト				

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
Uボルト	144	402	205	—	194

35

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	P ₂		P ₃		P ₄	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _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
Uボルト	—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
Uボルト		引張り	—	—	F _t = 3	—
		せん断	—	—	F _s = 9	—
		組合せ	—	—	F _a = 11	f _t = 145

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッション プール水温度 (T11-TE009B)	水平方向	3.64	
	鉛直方向	5.32	

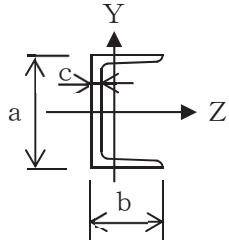
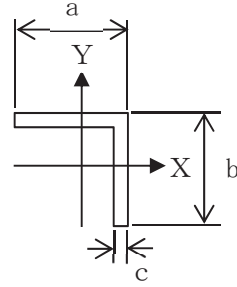
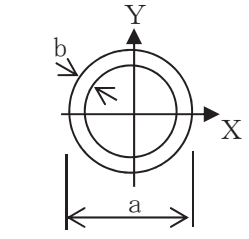
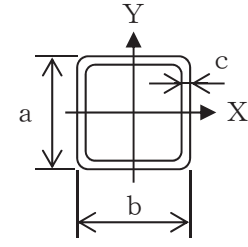
注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

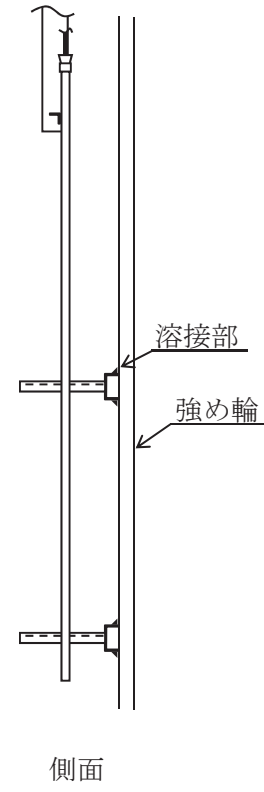
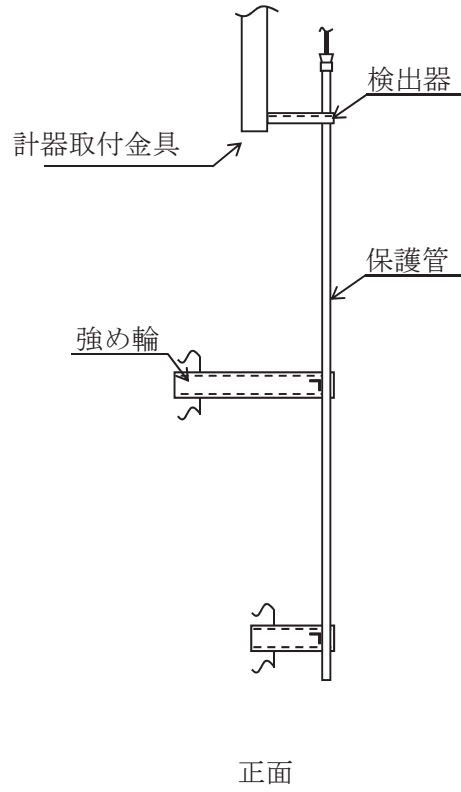
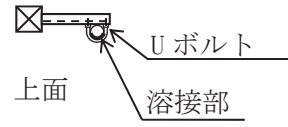
2.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
	m_{b1}		
	m_{b2}		
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料				
対象要素	⑧-⑨	⑩-⑪-⑫	⑰-⑱	⑲-⑳-㉑-㉒
A (mm ²)				
断面形状 (mm)	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b)</p>	 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(a × b × c)</p>



VI-2-6-5-4-2-4 原子炉格納容器下部温度の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用規格・基準等	3
1.3 評価部位	3
1.4 機能維持評価	3
1.4.1 機能維持評価用加速度	4
1.4.2 機能確認済加速度	4
1.5 評価結果	4
1.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	4
2. 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	6
2.1 概要	6
2.2 一般事項	6
2.2.1 構造計画	6
2.2.2 評価方針	8
2.2.3 適用規格・基準等	8
2.2.4 記号の説明	9
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	10
2.3 評価部位	11
2.4 固有周期	12
2.4.1 固有値解析方法	12
2.4.2 解析モデル及び諸元	12
2.4.3 固有値解析結果	13
2.5 構造強度評価	15
2.5.1 構造強度評価方法	15
2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
2.5.3 設計用地震力	18
2.5.4 計算方法	19
2.5.5 計算条件	23
2.5.6 応力の評価	23
2.6 機能維持評価	23
2.6.1 電氣的機能維持評価方法	23

2.7	評価結果	24
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	24
3.	原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	30
3.1	概要	30
3.2	一般事項	30
3.2.1	構造計画	30
3.2.2	評価方針	32
3.2.3	適用規格・基準等	32
3.2.4	記号の説明	33
3.2.5	計算精度と数値の丸め方	34
3.3	評価部位	34
3.4	固有周期	34
3.4.1	固有値解析方法	34
3.4.2	解析モデル及び諸元	35
3.4.3	固有値解析結果	36
3.5	構造強度評価	38
3.5.1	構造強度評価方法	38
3.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	38
3.5.3	設計用地震力	41
3.5.4	計算方法	42
3.5.5	計算条件	46
3.5.6	応力の評価	46
3.6	機能維持評価	46
3.6.1	電氣的機能維持評価方法	46
3.7	評価結果	47
3.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	47

1. 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) 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電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、原子炉本体基礎に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>(単位：mm)</p>

1.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.4 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.5 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

なお、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

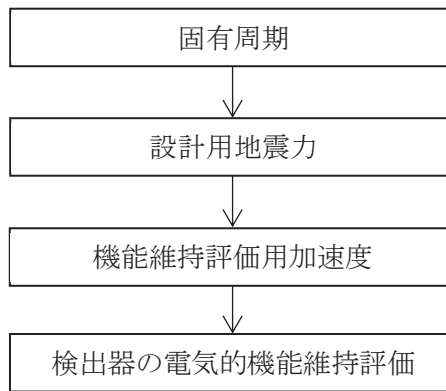


図 2-1 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (3) 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)

1.3 評価部位

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に設置することから、原子炉本体基礎が支持している。原子炉本体基礎の構造強度評価は、添付書類「VI-2-9-2-1-1 ドライウェルの耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉本体基礎の地震応答解析結果を用いた原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の電氣的機能維持評価について示す。

1.4 機能維持評価

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

1.4.1 機能維持評価用加速度

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) は原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度の値とする。機能維持評価用加速度を表 1-2 に示す。

表 1-2 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)	原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150*)	水平方向	1.15
		鉛直方向	0.59

注記* : 基準床レベルを示す。

1.4.2 機能確認済加速度

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 1-3 に示す。

表 1-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

1.5 評価結果

1.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE045A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE045A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) 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。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接により設置された計器取付金具に取付ボルトで設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)】</p> <p>(単位 : mm)</p>

2.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

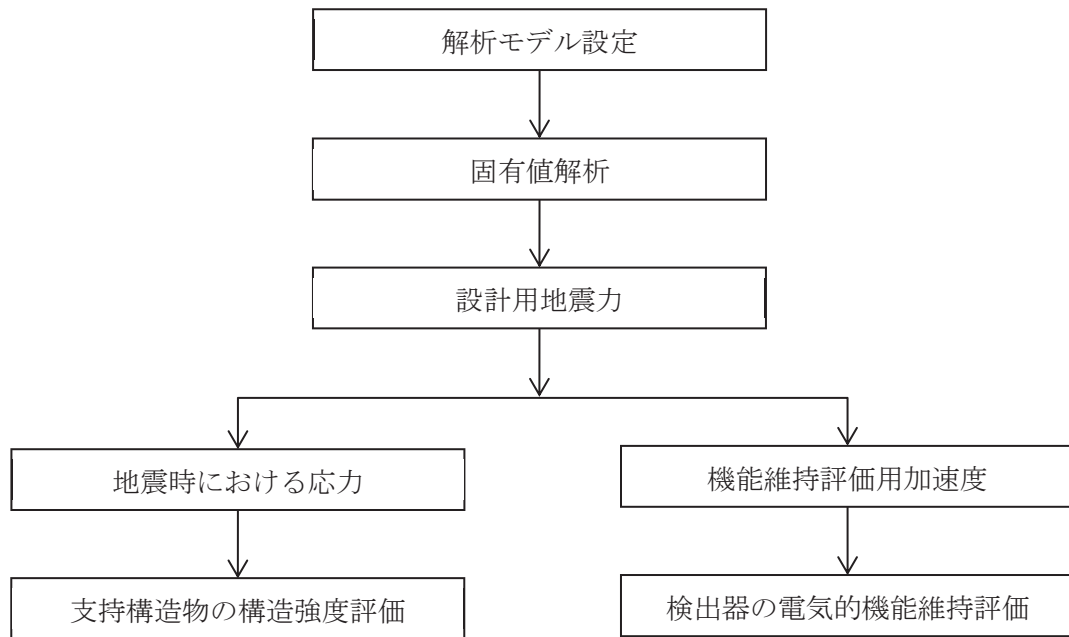


図 2-1 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	ボルト取付面から重心までの距離	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
l_3	重心と上側ボルト間の距離	mm
l_4	重心と下側ボルト間の距離	mm
m	検出器及び計器取付金具の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fv}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH}	水平方向転倒モデルにおけるボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH1}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH2}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH3}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH4}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
Q_{bV}	鉛直方向転倒モデルにおけるボルトに作用するせん断力	N
Q_{bV1}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bV2}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記*1： $l_1 \leq l_2$

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

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

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。

2.3 評価部位

原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

2.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (2) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。なお、計器取付金具は原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、①～③の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

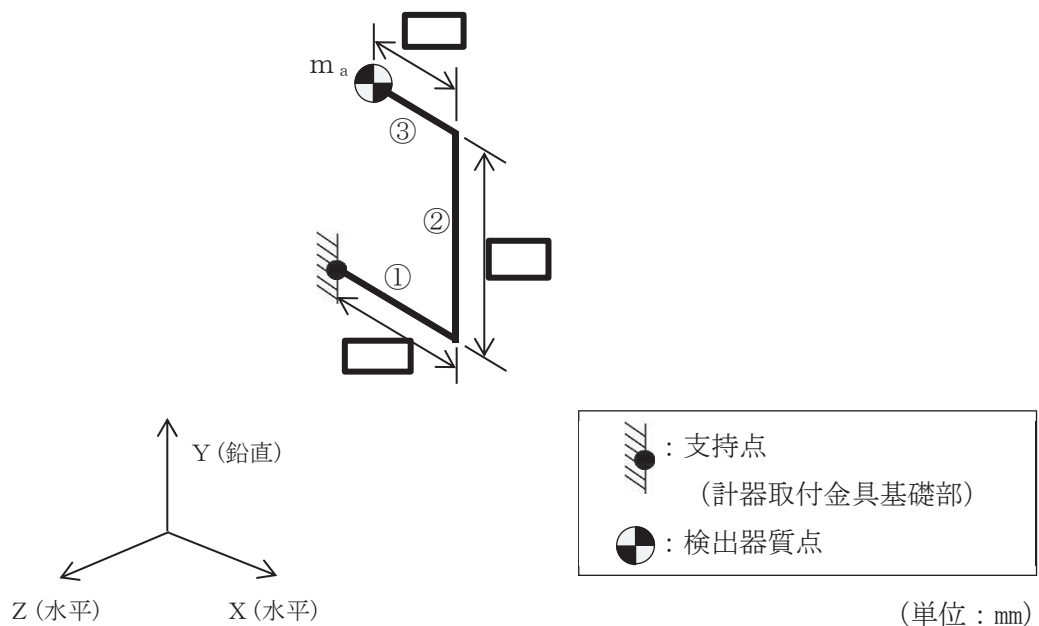


図 2-2 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) 解析モデル

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3 に、振動モード図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		—	—	—
3次	鉛直方向		—	—	—

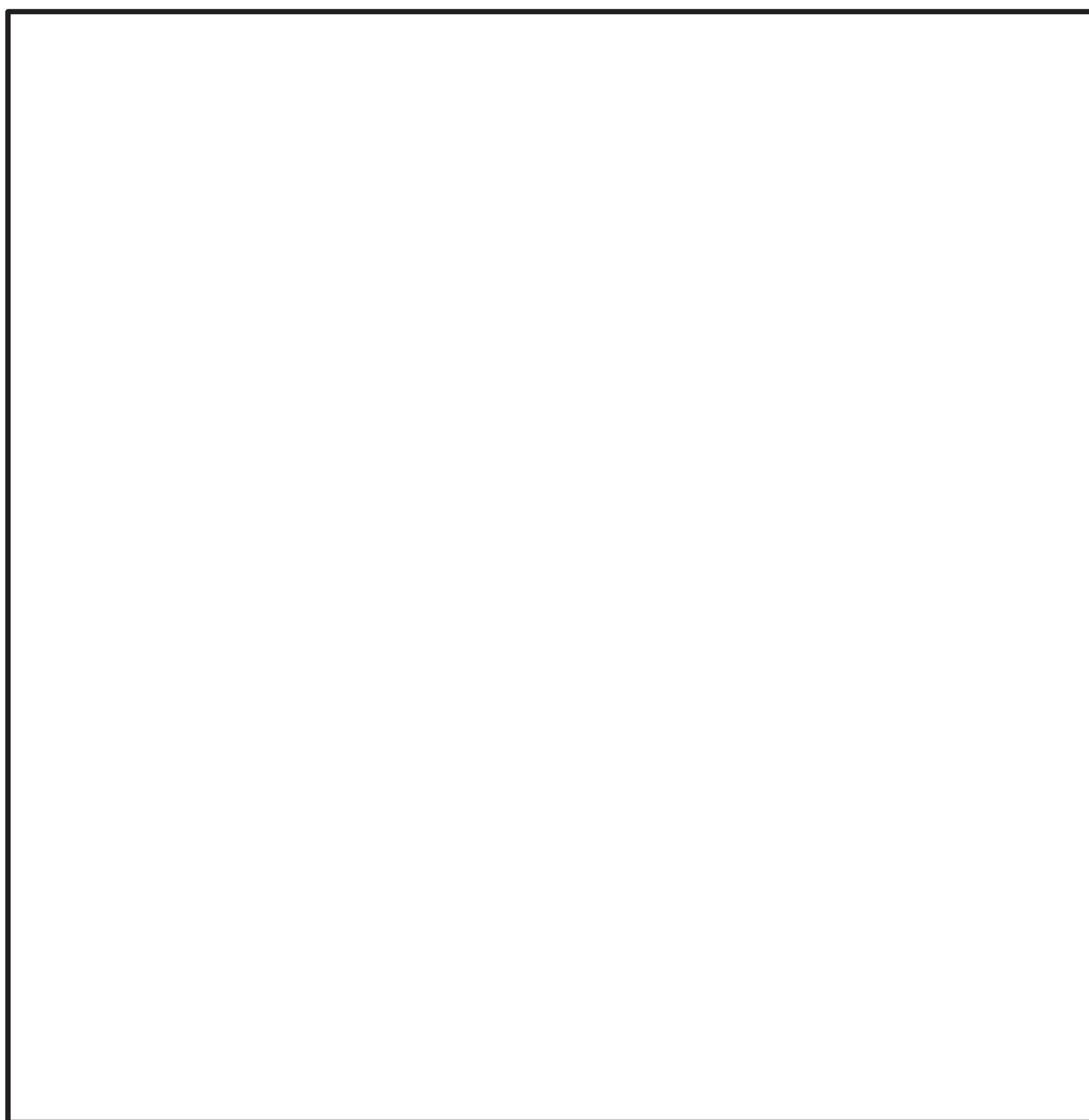


図 2-3 振動モード図 (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

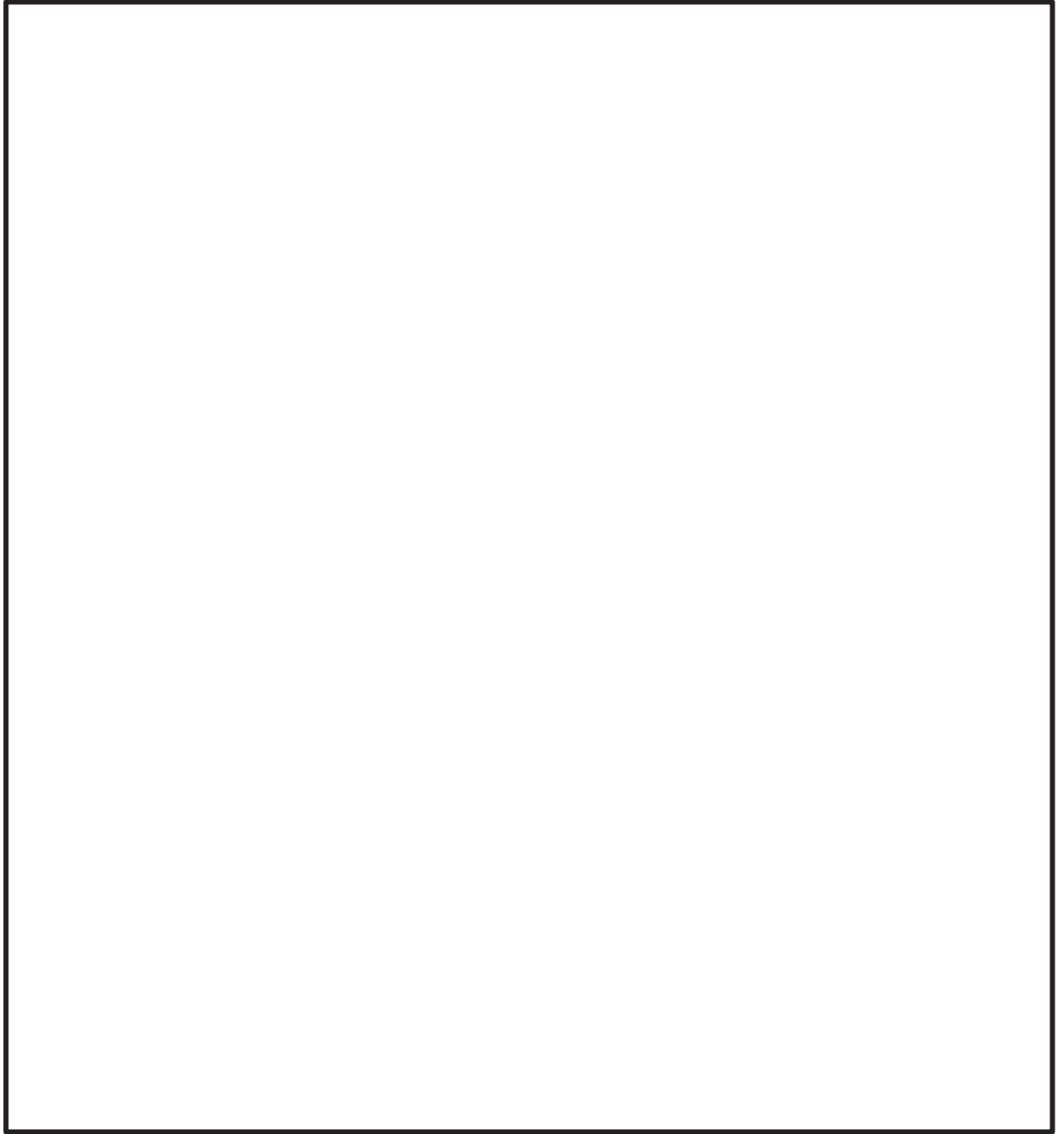


図 2-4 振動モード図 (3 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2項(1)～(3)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、取付ボルトにより原子炉本体基礎の壁面に固定される。
- (3) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の質量は、検出器及び計器取付金具を考慮する。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	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 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _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 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト		周囲環境温度	200	144	402	205

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

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

表 2-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150* ¹)			—	—	$C_H=1.38$	$C_V=0.70$

注記*1：基準床レベルを示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

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

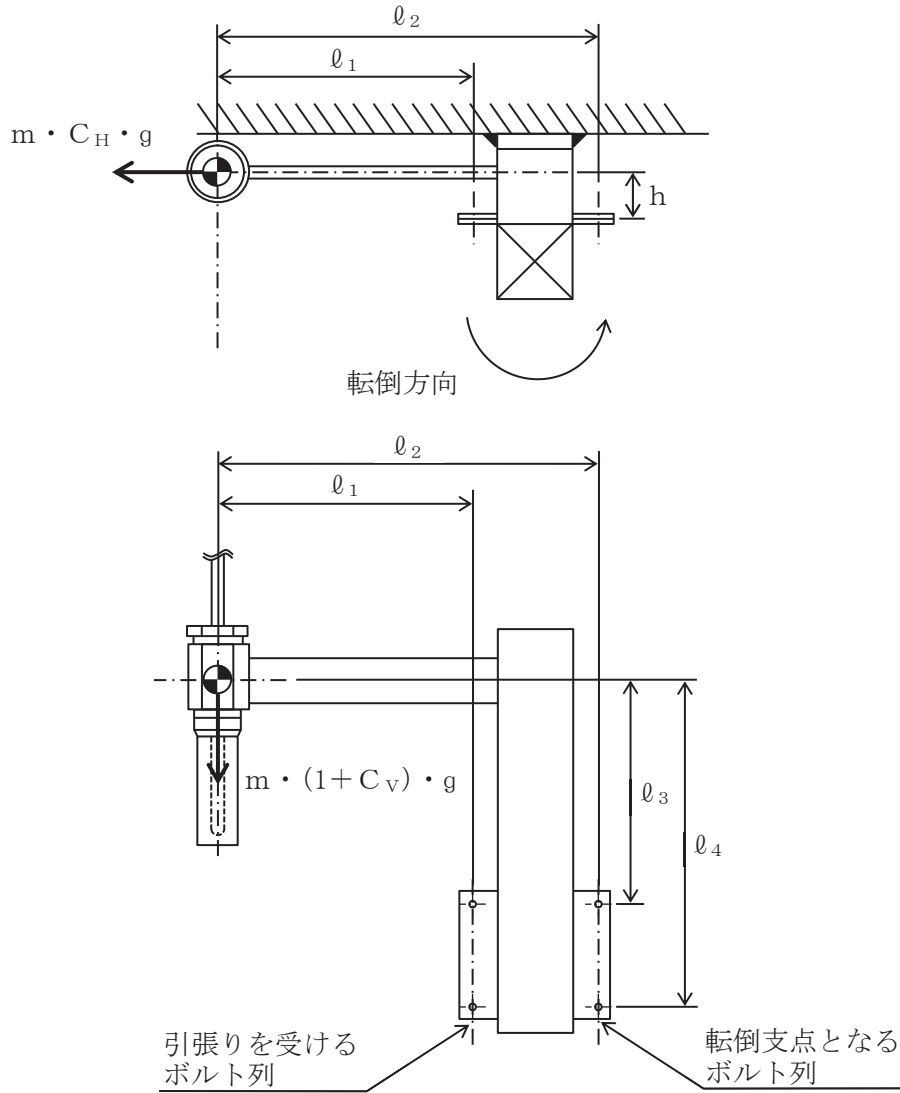


図 2-5 計算モデル (水平方向転倒)

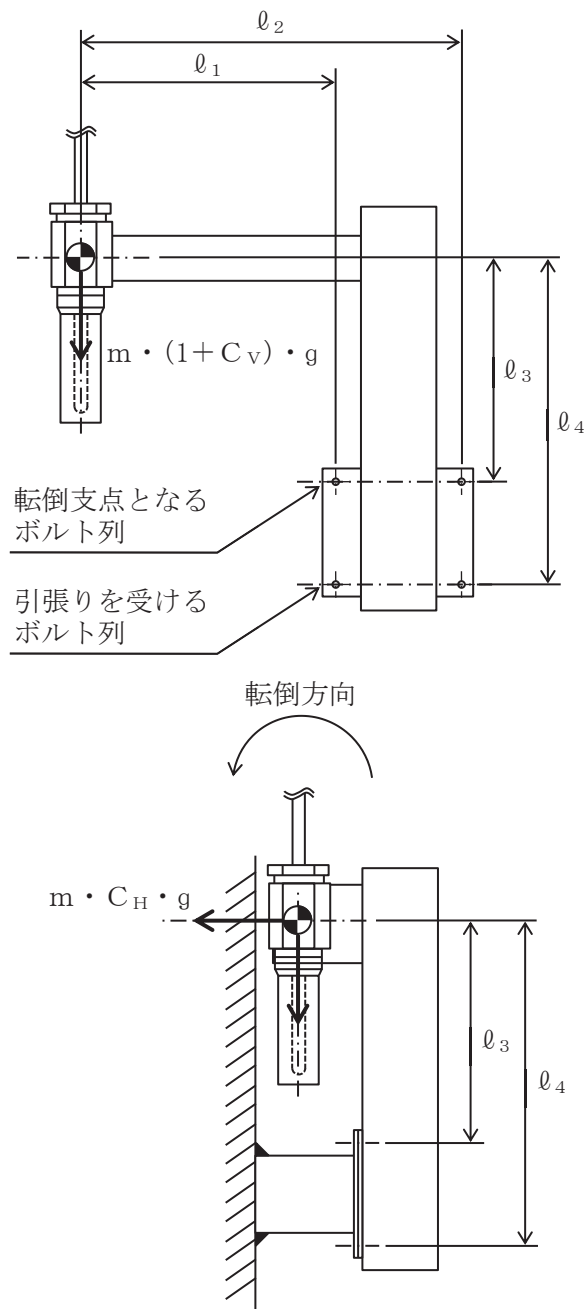


図 2-6 計算モデル (鉛直方向転倒)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 2-5 及び図 2-6 で片側の列の取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h}{(\ell_2 - \ell_1) \cdot n_{fH}} + \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h}{(\ell_4 - \ell_3) \cdot n_{fV}} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_3 + m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h}{(\ell_4 - \ell_3) \cdot n_{fV}} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、重心位置の偏心を考慮して固定部の取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bH1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{bH2} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_4}{\ell_4 - \ell_3} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{bH3} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.8)$$

$$Q_{bH4} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell_2}{\ell_2 - \ell_1} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.9)$$

$$Q_{bH} = \sqrt{(Q_{bH1} + Q_{bH2})^2 + (Q_{bH3} + Q_{bH4})^2} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.10)$$

$$Q_{bV1} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.11)$$

$$Q_{bV2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell_2}{\ell_2 - \ell_1} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.12)$$

$$Q_{bV} = Q_{bV1} + Q_{bV2} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.13)$$

$$Q_b = \text{Max} (Q_{bH}, Q_{bV}) \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.14)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.15)$$

注記*：本計算式のみ取付ボルト1本に作用するせん断力であり、全本数n本分に換算するためn倍とする。

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 取付ボルトの応力評価

2.5.4.1.1 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。

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

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。

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

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8m/s^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）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。

【原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, 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	
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	常設/緩和	原子炉本体基礎 O. P. -2. 500 (O. P. 1. 150* ¹)			—	—	C _H =1. 38	C _V =0. 70	200

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
取付ボルト		50								4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ¹	
						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	144	402	205	—	194	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	

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	—	—	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 145^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 13$	$f_{sb} = 112$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器 下部温度 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

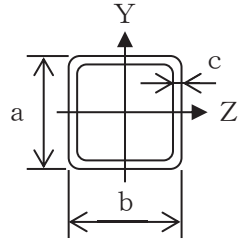
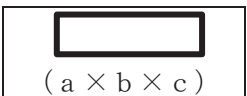
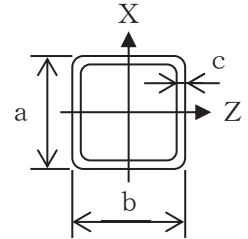

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

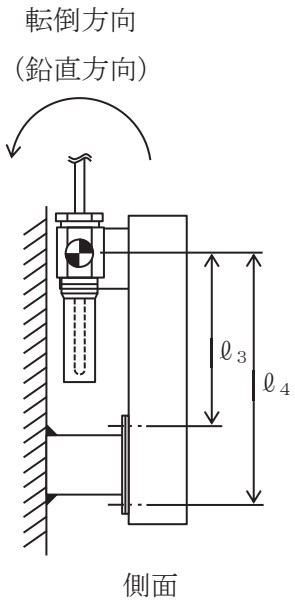
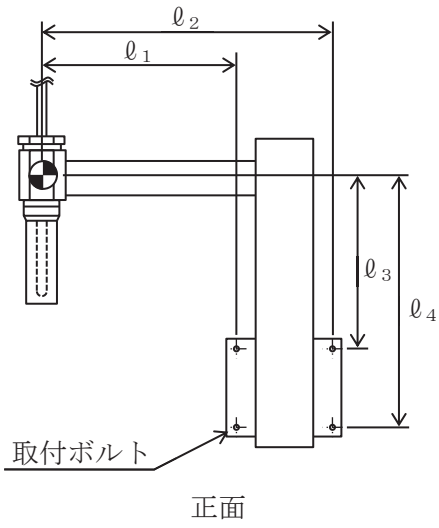
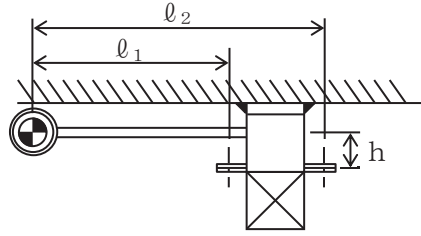
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料		
対象要素	①-③	②
A (mm ²)		
I _Y (mm ⁴)		
I _Z (mm ⁴)		
I _P (mm ⁴)		
断面形状 (mm)	 	 



3. 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に設置された計器取付金具に設置する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)】</p> <p>計器取付金具</p> <p>125</p> <p>上面</p> <p>保護管</p> <p>検出器</p> <p>308</p> <p>正面</p> <p>溶接部</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>193</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

3.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.2.1 構造計画」にて示す原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「3.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.7 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

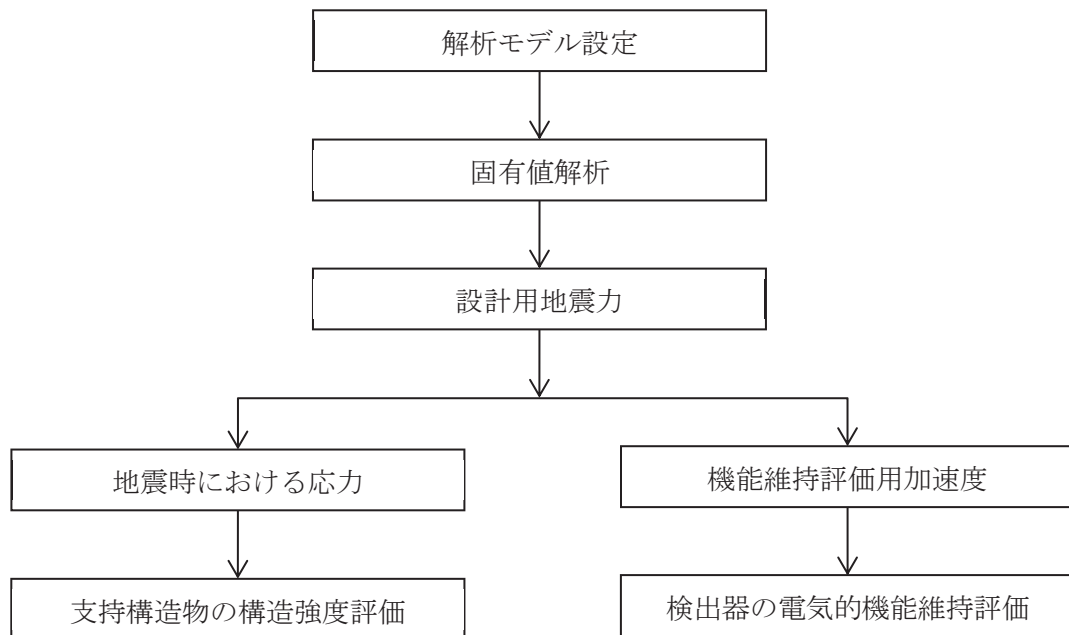


図 3-1 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価フロー

3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wY}	溶接部の F_Y に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_Z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_X	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_Y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_Z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ	重心と溶接部中心間の水平方向距離	mm
m	検出器及び計器取付金具の質量	kg
M_X	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_Y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_Z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°Cに おける値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_Y	溶接全断面における断面係数 (Y軸)	mm ³
Z_Z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

3.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 3-2 に示すとおりである。

表 3-2 表示する数値の丸め方

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

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。

3.3 評価部位

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価は、「3.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価部位については、表 3-1 の概略構造図に示す。

3.4 固有周期

3.4.1 固有値解析方法

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、「3.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

3.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の解析モデルを図 3-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (2) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。なお、計器取付金具は、原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具を直線とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

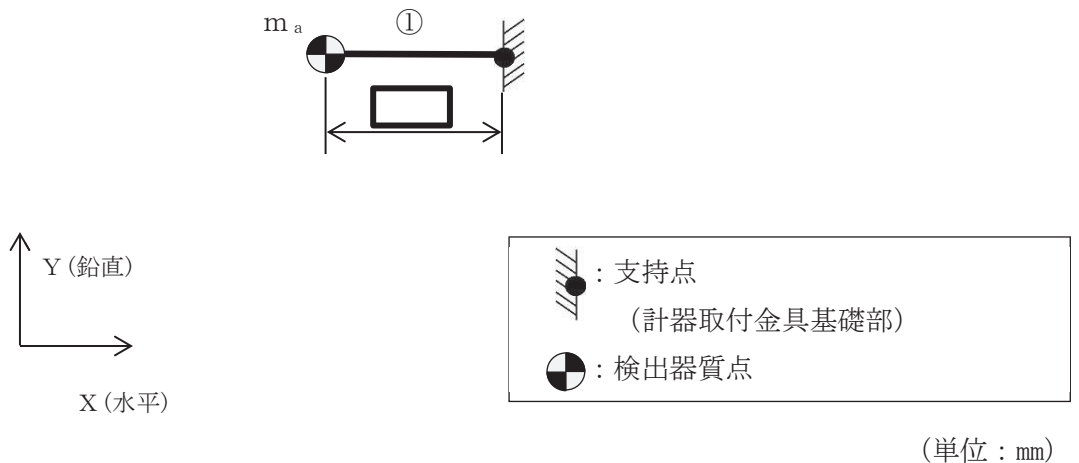


図 3-2 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 解析モデル

3.4.3 固有値解析結果

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

表 3-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	鉛直方向		—	—	—
2次	水平方向		—	—	—

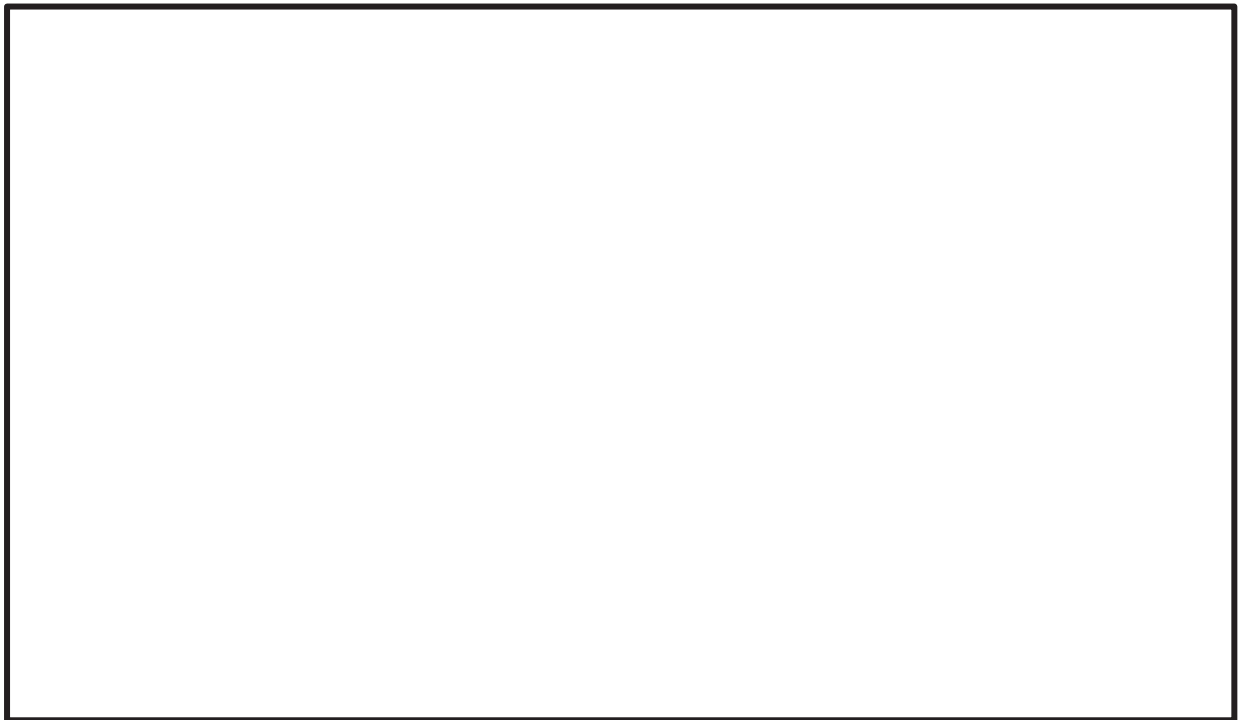


図 3-3 振動モード図 (1次モード 鉛直方向 s)

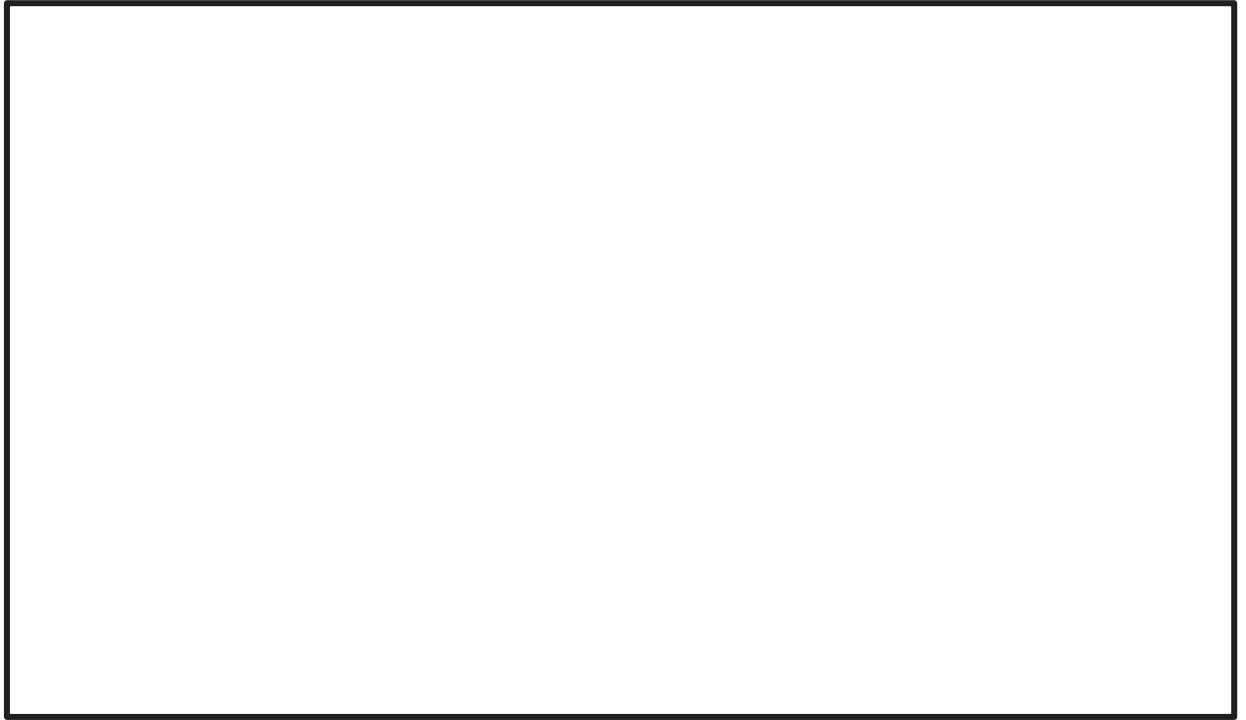


図 3-4 振動モード図 (2 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5 構造強度評価

3.5.1 構造強度評価方法

3.4.2項(1)～(3)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に固定される。
- (3) 原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の質量は、検出器及び計器取付金具を考慮する。

3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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 3-4 に示す。

3.5.2.2 許容応力

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-5 に示す。

3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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 3-6 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 3-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
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 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部		周囲環境温度	200	144	402	205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-7 に示す。

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

表 3-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150* ¹)			—	—	$C_H=1.38$	$C_V=0.70$

注記*1：基準床レベルを示す。

3.5.4 計算方法

3.5.4.1 応力の計算方法

3.5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

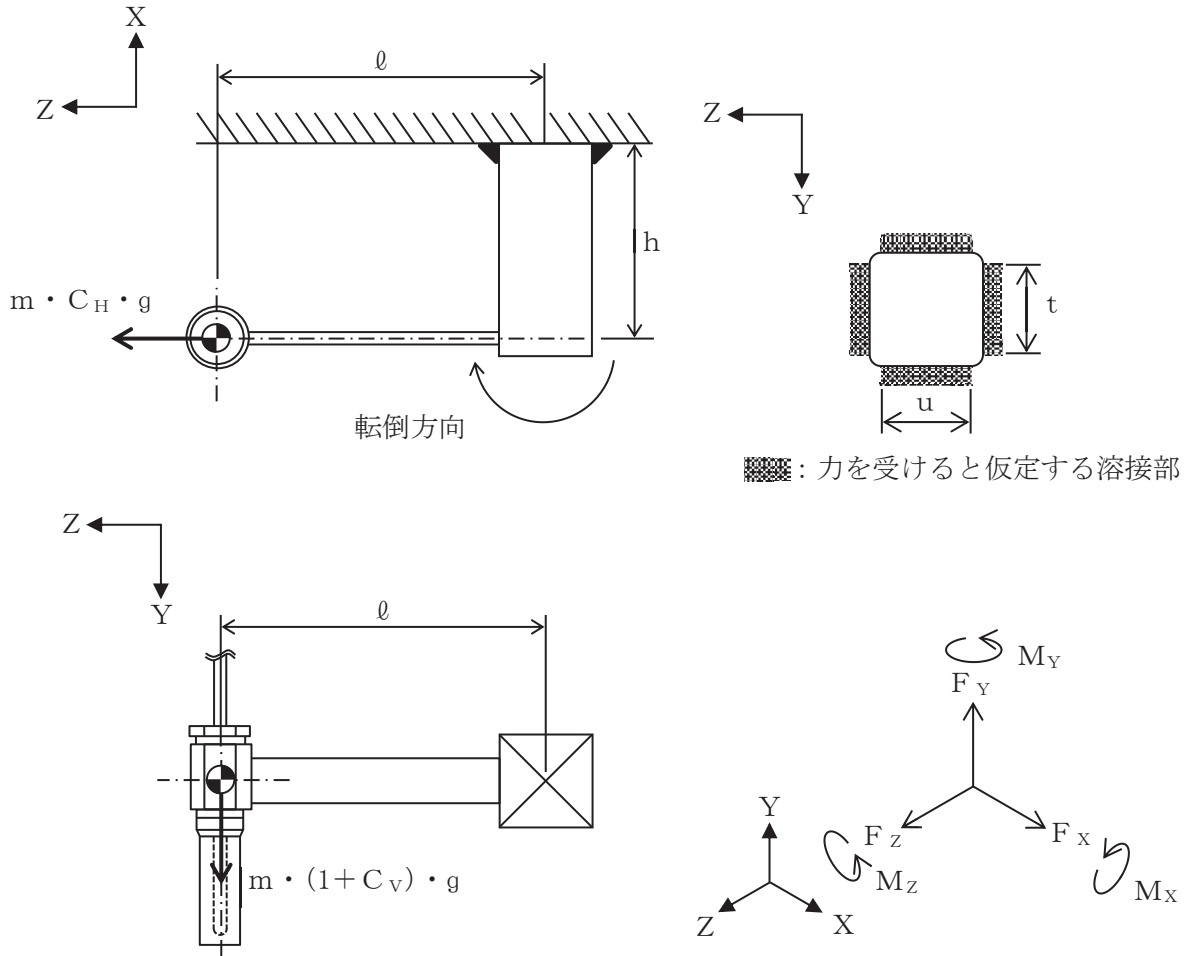
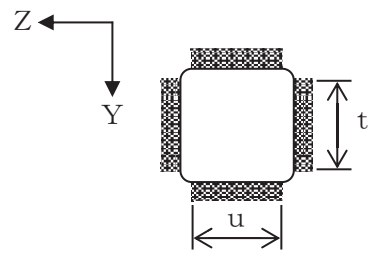
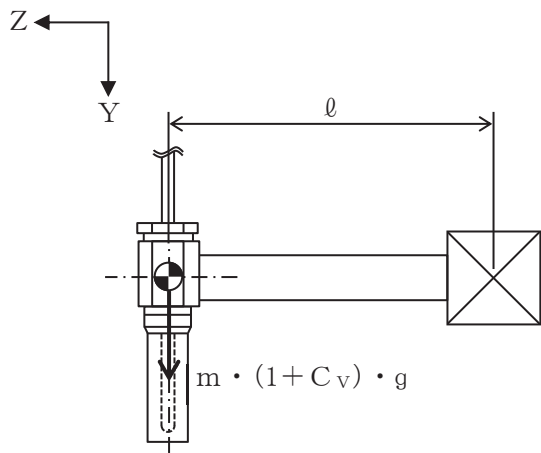


図 3-5 計算モデル（水平方向転倒）



▨: 力を受けると仮定する溶接部

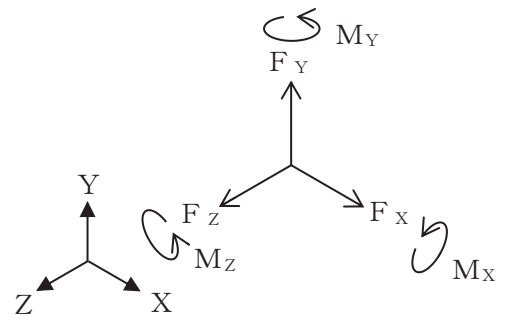
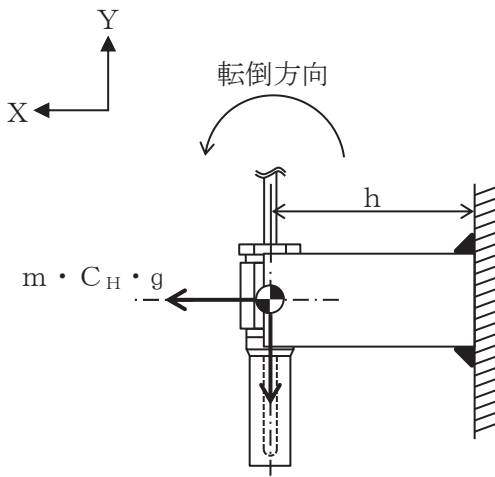


図 3-6 計算モデル (鉛直方向転倒)

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、図 3-6 で X 軸方向に対する引張力を全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

$$F_X = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_X}{A_w} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.2)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a(t + u) \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.3)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.4)$$

(2) せん断応力

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

せん断力

計算モデル図 3-5 の場合のせん断力

$$F_Y = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.5)$$

$$F_Z = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.6)$$

計算モデル図 3-6 の場合のせん断力

$$F_Y = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.7)$$

計算モデル図 3-5 及び図 3-6 の場合のねじりモーメント

$$M_X = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

計算モデル図 3-5 の場合のせん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.9)$$

計算モデル図 3-6 の場合のせん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{M_X}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.10)$$

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

A_{wY} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wY} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.11)$$

$$A_{wZ} = 2 \cdot a \cdot u \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.12)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 3-5 及び図 3-6 で Y 軸方向、Z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げモーメント

計算モデル図 3-5 の場合の曲げモーメント

$$M_Y = m \cdot C_H \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.13)$$

$$M_Z = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.14)$$

計算モデル図 3-6 の場合の曲げモーメント

$$M_Y = m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.15)$$

$$M_Z = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.16)$$

曲げ応力

計算モデル図 3-5 及び図 3-6 の場合の曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_Y}{Z_Y} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.17)$$

Z_Y 、 Z_Z は溶接断面の Y 軸及び Z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.18)$$

3.5.5 計算条件

3.5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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。

3.5.6 応力の評価

3.5.6.1 溶接部の応力評価

3.5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

3.6 機能維持評価

3.6.1 電気的機能維持評価方法

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の電気的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 3-8 に示す。

表 3-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.7 評価結果

3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部温度（T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B）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。

【原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, 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	
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	常設/緩和	原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150* ¹)			—	—	C _H =1.38	C _V =0.70	200

注記*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	φ (mm)	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	A _w (mm ²)	A _{wY} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _Y (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部													

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ¹	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	144	402	205	—	194	—	鉛直方向

注記*1: 水平, 鉛直方向のうち, 評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	—	—	$\sigma_t = 0$	$f_s = 112$
		せん断	—	—	$\tau = 3$	$f_s = 112$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_s = 112$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 4$	$f_s = 112$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部温度 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

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

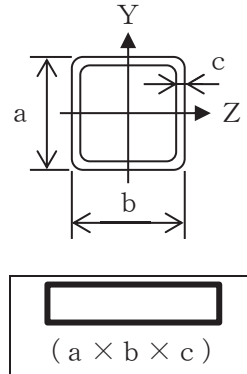
1.5 その他の機器要目

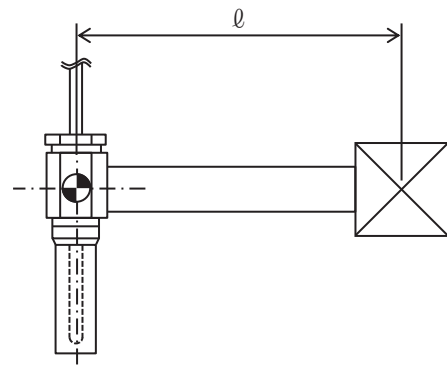
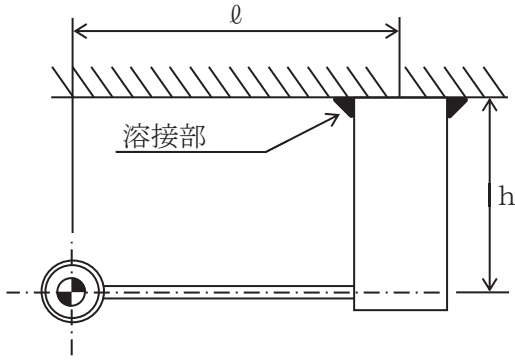
(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

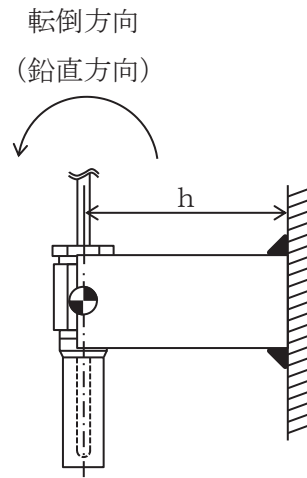
50

(2) 部材の機器要目

材料	
対象要素	①
A (mm ²)	
I _Y (mm ⁴)	
I _Z (mm ⁴)	
I _P (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	



正面



側面

VI-2-6-5-4-3 原子炉格納容器内酸素ガス濃度計測装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-4-3-1 格納容器内雰囲気酸素濃度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-3-1 格納容器内雰囲気酸素濃度の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期	3
3.1	固有周期の算出方法	3
4.	構造強度評価	3
4.1	構造強度評価方法	3
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2	許容応力	3
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
4.3	計算条件	3
5.	機能維持評価	6
5.1	電氣的機能維持評価方法	6
6.	評価結果	7
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内雰囲気酸素濃度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。

格納容器内雰囲気酸素濃度 (D23-O₂T003A, B) は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、格納容器内雰囲気酸素濃度が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックと類似の構造*であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

注記*：格納容器内雰囲気酸素濃度が設置される計装ラックは、壁面からサポートが設置されるが、チャンネルベースへの取付ボルトのみに応力を受けるものとして評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
D23-O ₂ T003A (代表) D23-O ₂ T003B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内雰囲気酸素濃度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付金具に固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>熱磁気風式酸素検出器 (床に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【格納容器内雰囲気酸素濃度 (H22-P382A (D23-O₂T003A))】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振振動数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

格納容器内雰囲気酸素濃度の構造強度評価は，添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内雰囲気酸素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器内雰囲気酸素濃度の許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内雰囲気酸素濃度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器内雰囲気酸素濃度 (D23-O₂T003A) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内雰囲気酸素濃度	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内雰囲気酸素濃度	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状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
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 4-4 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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

格納容器内雰囲気酸素濃度の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気酸素濃度 (D23-O ₂ T003A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気酸素濃度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度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

格納容器内雰囲気酸素濃度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【格納容器内雰囲気酸素濃度 (D23-O₂T003A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 酸素濃度 (D23-O ₂ T003A)	S	原子炉建屋 OP. 22.50 (OP. 33.20*)			C _H =1.57	C _V =1.03	C _H =2.65	C _V =1.77	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} * ¹ (mm)	ℓ _{2i} * ¹ (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} * ¹	
取付ボルト (i=2)		1850						18	9
									2

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記*1 : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2 : 短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=80$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=173$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

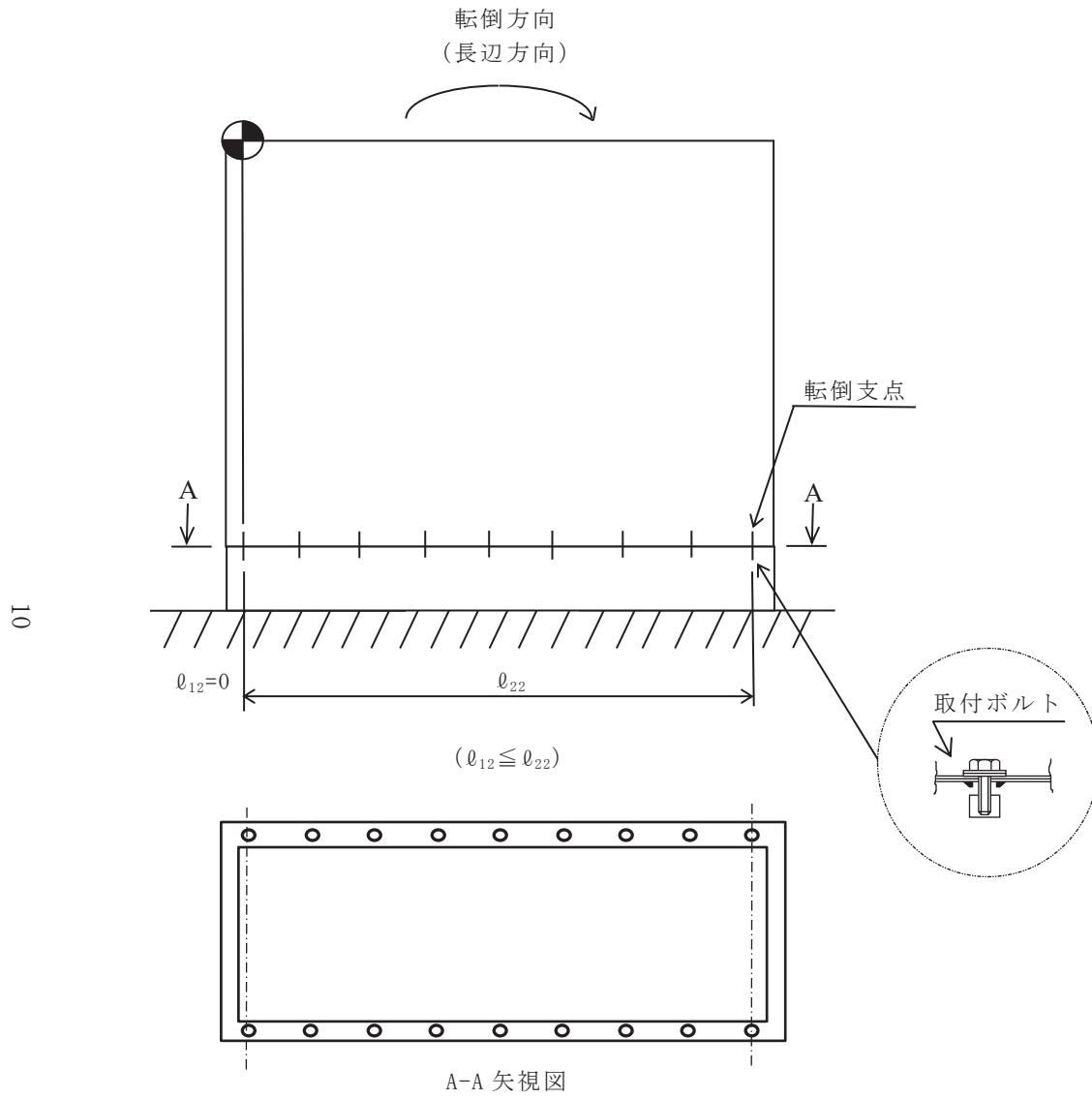
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

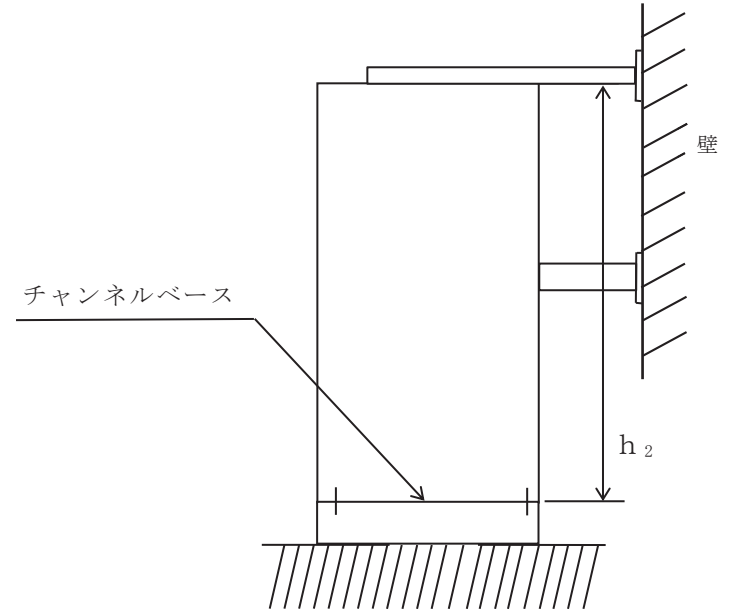
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 酸素濃度 (D23-O ₂ T003A)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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



正面



側面

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	
格納容器内雰囲気 酸素濃度 (D23-O ₂ T003A)	常設/緩和	原子炉建屋 OP. 22.50 (OP. 33.20*)			—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	66

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)	φ _{1i} * ¹ (mm)	φ _{2i} * ¹ (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} * ¹
取付ボルト (i=2)		1850					18	9 2

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=173$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=155$

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

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

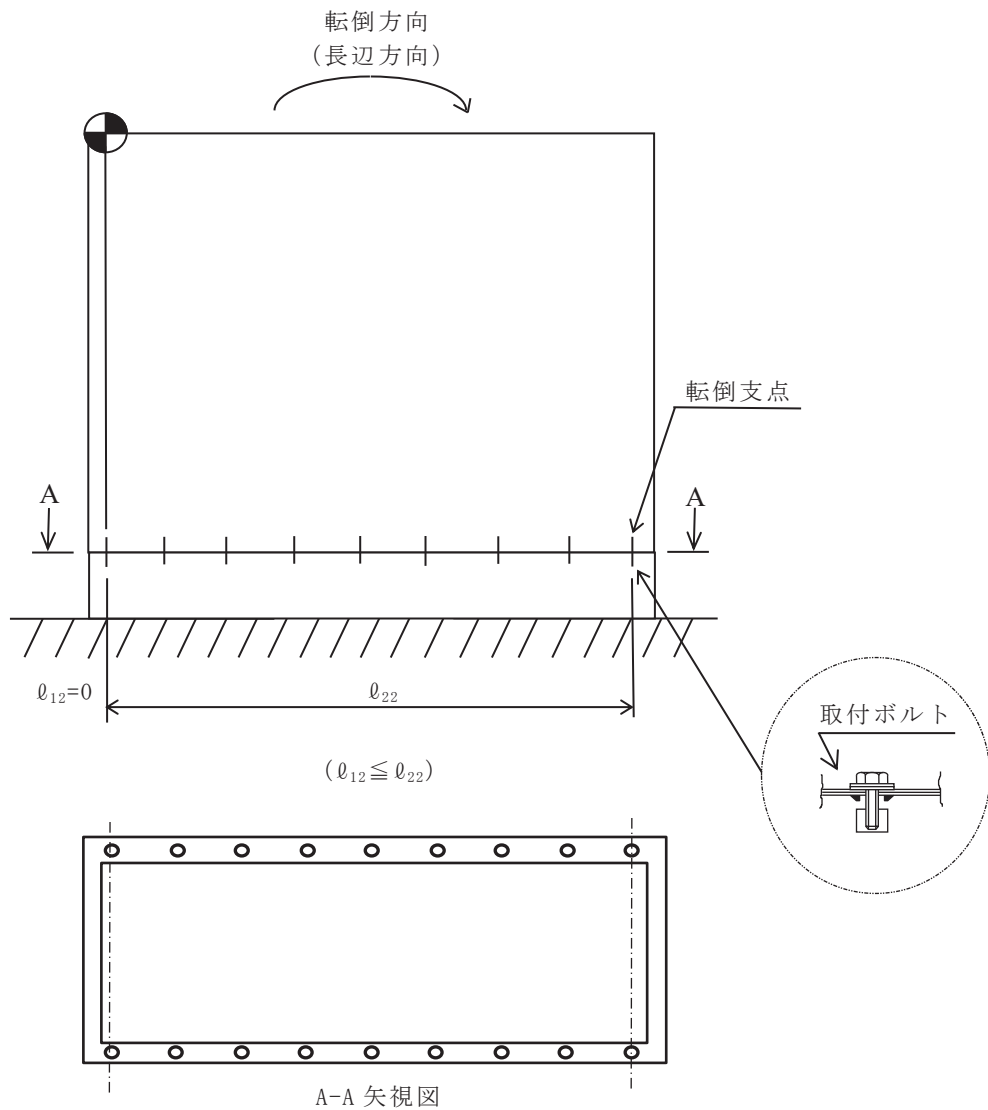
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気酸素濃度 (D23-O ₂ T003A)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

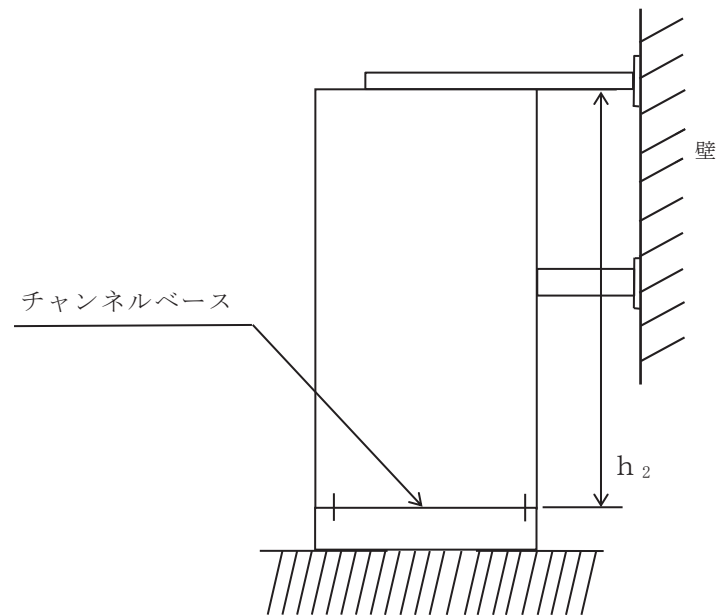
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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

13



正面



側面

VI-2-6-5-4-4 原子炉格納容器内水素ガス濃度計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-4-4-1 格納容器内水素濃度 (D/W) の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-4-2 格納容器内水素濃度 (S/C) の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4-4-3 格納容器内雰囲気水素濃度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-4-4-1 格納容器内水素濃度(D/W)の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	4
2.3	適用規格・基準等	5
2.4	記号の説明	6
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	評価部位	8
4.	地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	9
4.2.2	許容応力	9
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	9
4.3	解析モデル及び諸元	12
4.4	固有周期	13
4.5	設計用地震力	15
4.6	計算方法	16
4.6.1	応力の計算方法	16
4.7	計算条件	19
4.7.1	溶接部の応力計算条件	19
4.8	応力の評価	19
4.8.1	溶接部の応力評価	19
5.	機能維持評価	20
5.1	電氣的機能維持評価方法	20
6.	評価結果	21
6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内水素濃度(D/W)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。

格納容器内水素濃度(D/W)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。

構造強度評価については溶接部に作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表して評価する。また、電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで、同構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
D23-H ₂ E101A	5. 構造強度評価	表 2-1(1) 構造計画
D23-H ₂ E101B (代表)		表 2-1(2) 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内水素濃度(D/W)の構造計画を表 2-1(1)及び表 2-1(2)に示す。

表 2-1(1) 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 計器取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は, 格納容器内の構造物に溶接で固定する。</p>	<p>水素吸蔵材料式水素検出器</p> <p>(検出器は, 溶接により格納容器内構造物に設置された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101A)】</p> <p>溶接部</p> <p>上面</p> <p>700</p> <p>1076</p> <p>溶接部</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>格納容器内構造物</p> <p>正面</p> <p>548</p> <p>検出器</p> <p>溶接部</p> <p>計器取付金具</p> <p>側面</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-1(2) 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 計器取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は, 格納容器内の構造物に溶接で固定する。</p>	<p>水素吸蔵材料式水素検出器</p> <p>(検出器は, 溶接により格納容器内構造物に設置された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101B)】</p> <p>溶接部</p> <p>上面</p> <p>700</p> <p>1076</p> <p>溶接部</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>格納容器内構造物</p> <p>正面</p> <p>598</p> <p>検出器</p> <p>溶接部</p> <p>計器取付金具</p> <p>側面</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

格納容器内水素濃度(D/W)の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す格納容器内水素濃度(D/W)の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、格納容器内水素濃度(D/W)の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

格納容器内水素濃度(D/W)の耐震評価フローを図2-1に示す。

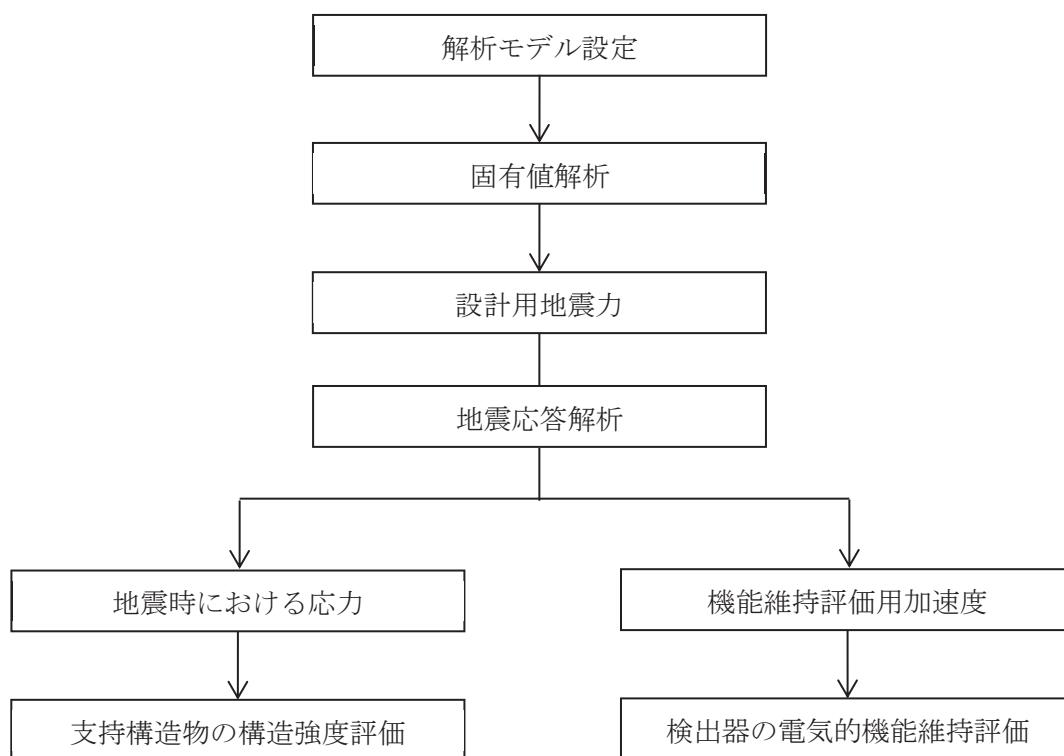


図2-1 格納容器内水素濃度(D/W)の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
s	溶接脚長	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wX}	溶接部の F_x に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ (X方向)	mm
h_1, h_2	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_s^* を 1.5 倍した値)	MPa
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
Z_x	溶接全断面における X 軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接全断面における Z 軸方向の断面係数	mm ³
Z_p	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
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
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

格納容器内水素濃度(D/W)の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101B)の計器取付金具の溶接部について実施する。格納容器内水素濃度(D/W)の耐震評価部位については、表 2-1(2)の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、格納容器内水素濃度(D/W)に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 格納容器内水素濃度(D/W)は、計器取付ボルトにより計器取付金具に固定される。計器取付金具は、格納容器内構造物に溶接で固定する。
- (3) 格納容器内水素濃度(D/W)の質量は検出器及び計器取付金具を考慮する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内水素濃度(D/W)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器内水素濃度(D/W)の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内水素濃度(D/W)の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内水素濃度(D/W)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用 いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV _{AS}	1.5・f _t * 1.5・f _t *	1.5・f _s * 1.5・f _s *	1.5・f _c * 1.5・f _c *	1.5・f _b * 1.5・f _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 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)
		溶接部		周囲環境温度	200	144

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 解析モデル及び諸元

格納容器内水素濃度(D/W)の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101B) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 格納容器内水素濃度(D/W)は三次元はりモデルを用いる。
- (2) 計器取付金具は格納容器内構造物に固定されることから、①から⑧の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点（計器取付金具基礎部）2点で固定される。
- (3) 解析モデルにおいて、検出器の質量は計器取付金具の検出器取付位置に分散されるものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (4) 拘束条件として、支持点（計器取付金具基礎部）のX Y Z方向及び回転方向を固定する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

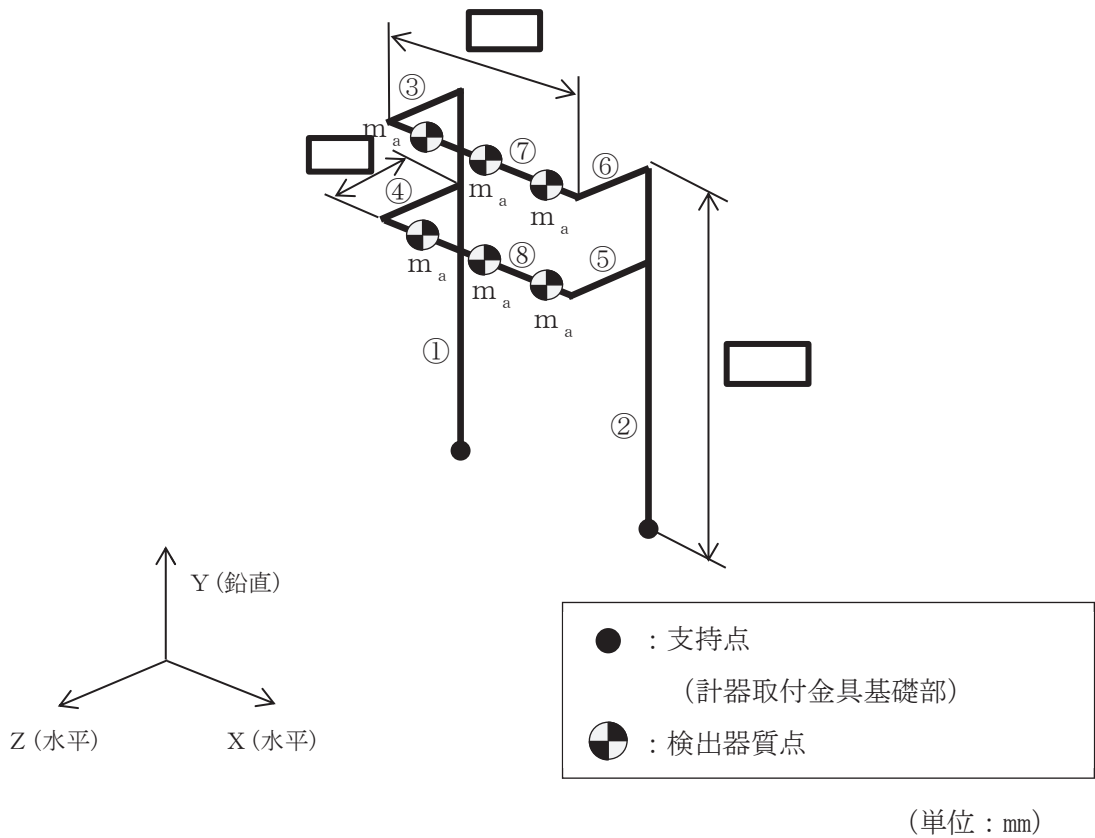


図4-1 格納容器内水素濃度(D/W)解析モデル

4.4 固有周期

固有値解析結果を表 4-4 に、振動モード図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-4 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		—	—	—
4次	鉛直方向		—	—	—

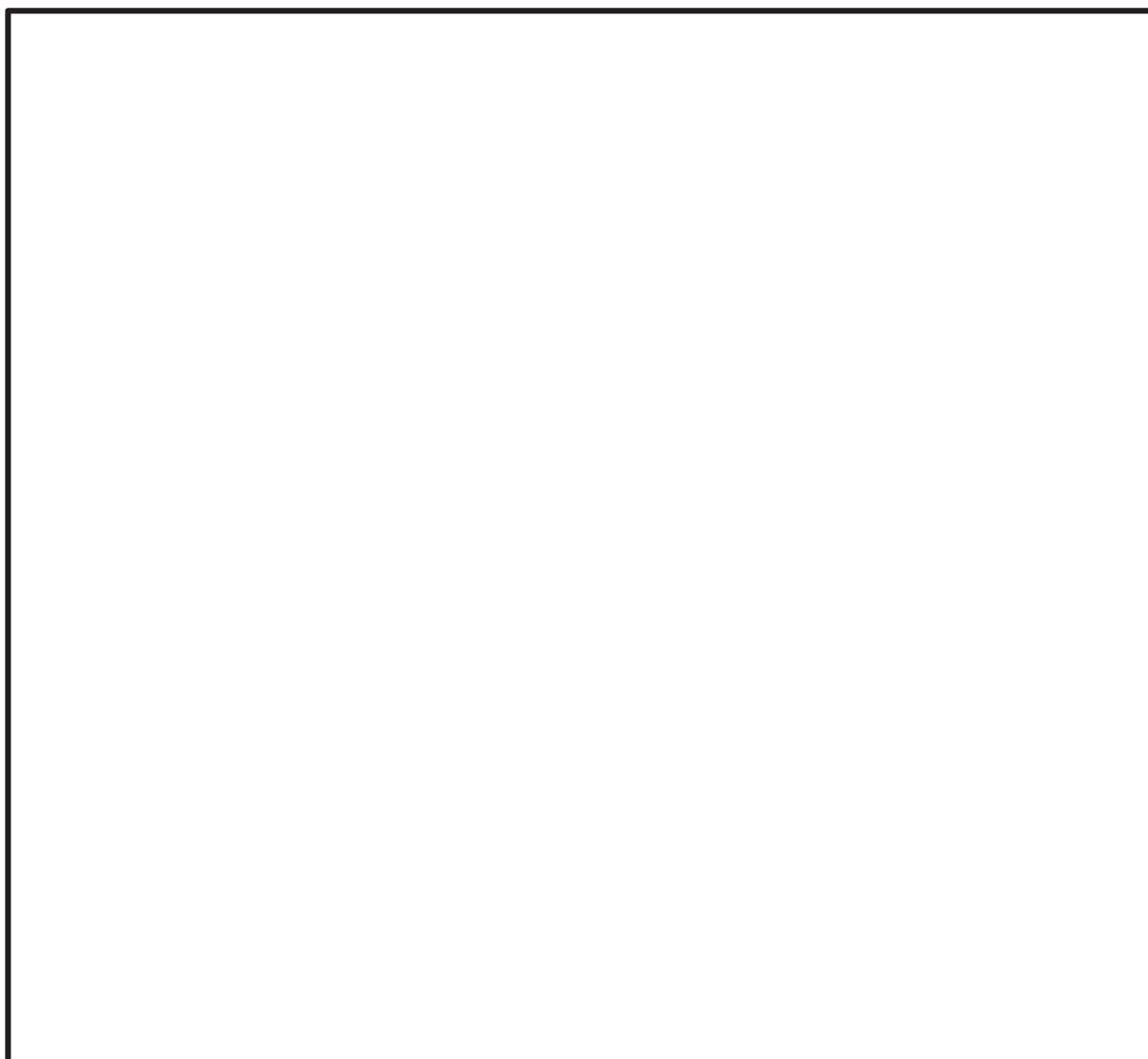


図 4-2 振動モード図 (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

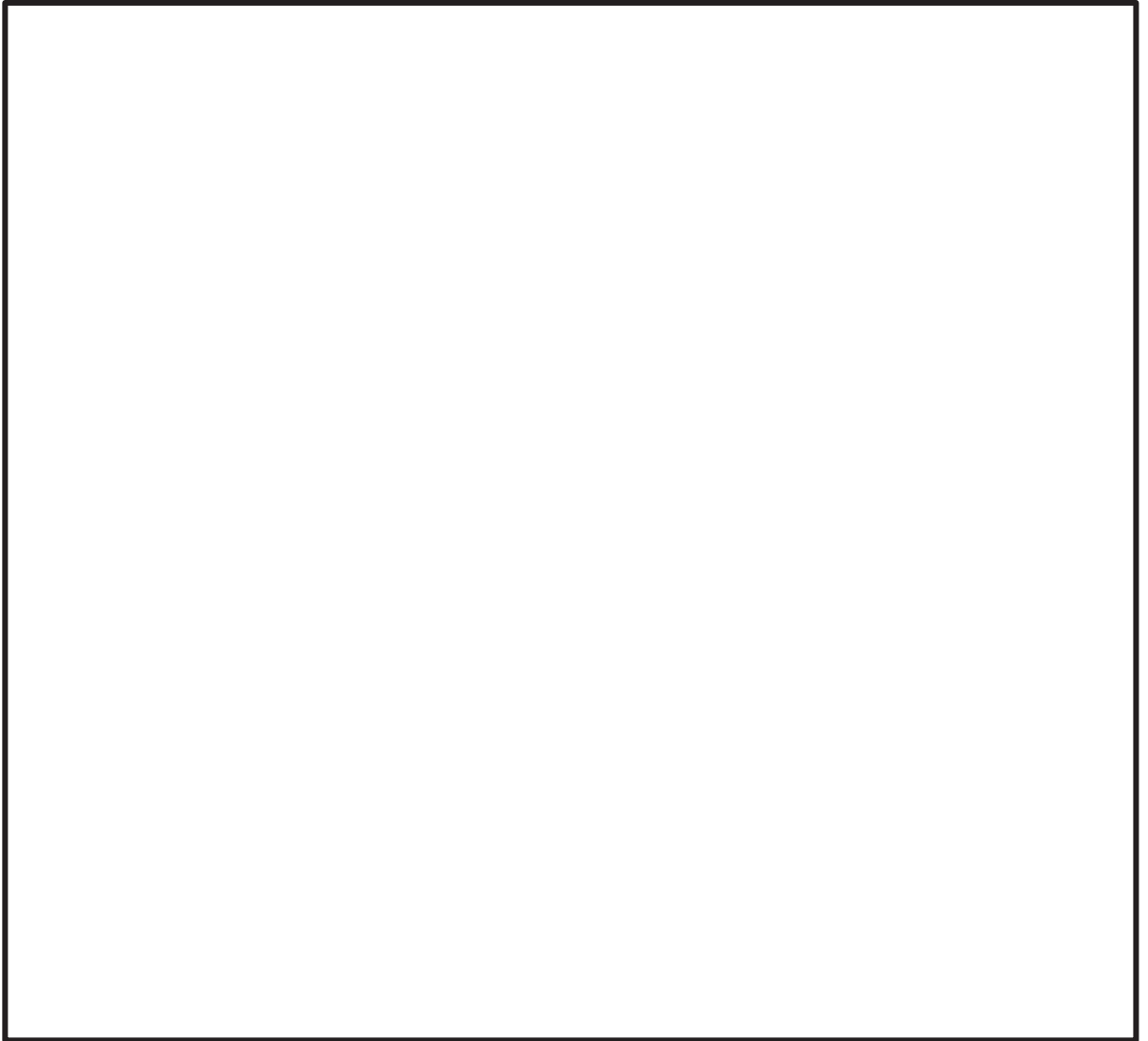


図 4-3 振動モード図 (4 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

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

表 4-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉遮蔽壁 O.P. 21.550 ^{*1}			—	—	$C_H=2.33$	$C_V=1.93$

注記*1：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 溶接部の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

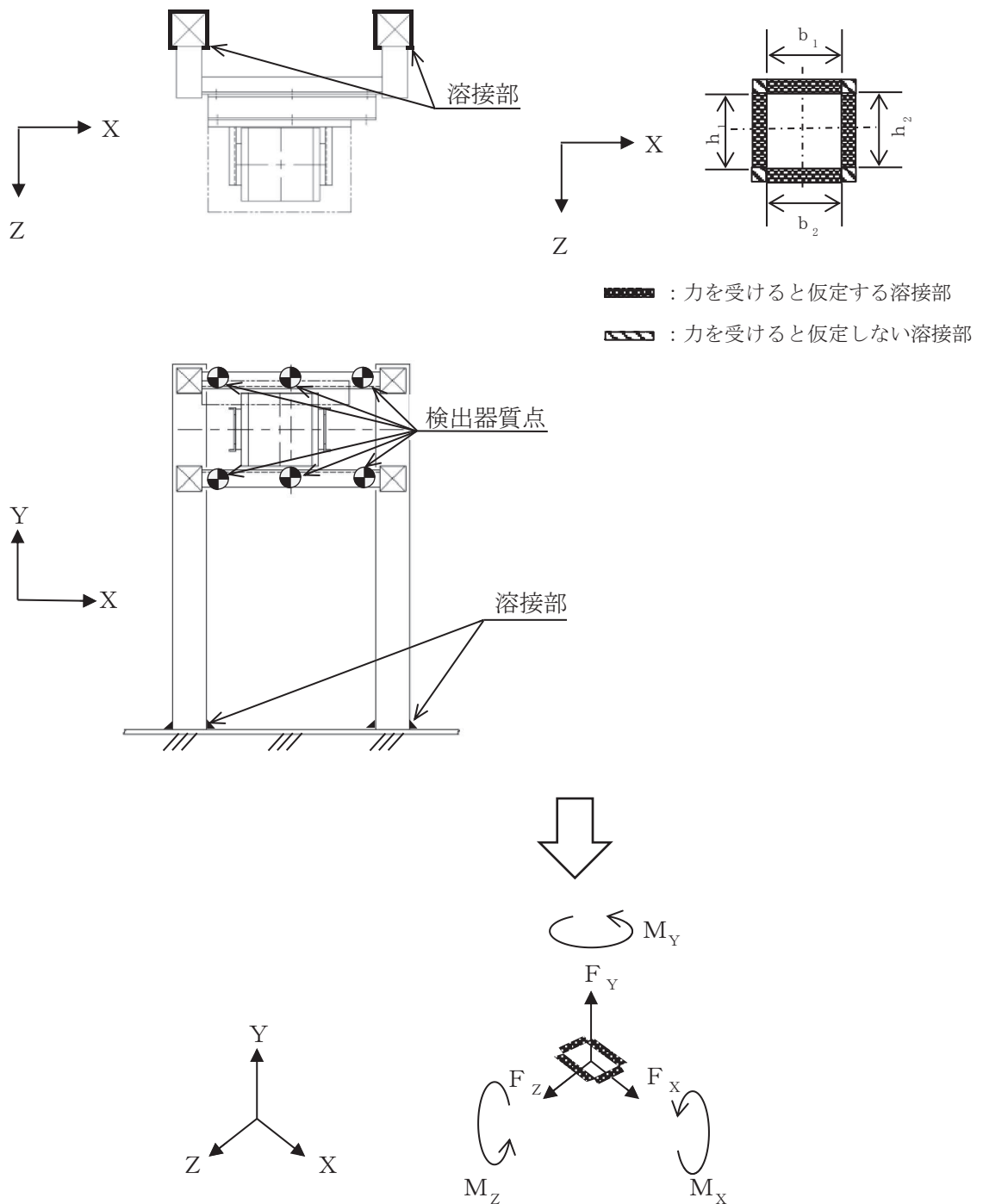


図 4-4 計算モデル (溶接部)

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 4-6 に示す。

表 4-6 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z
D23-H ₂ E101B						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.4)$$

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

A_{wX}、A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wX} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (4.6.1.5)$$

$$A_{wZ} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (4.6.1.6)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げ応力は、図 4-4 で X 軸方向、Z 軸方向に対する曲げモーメントを中心軸の外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.7)$$

Z_x 、 Z_z は溶接断面の X 軸及び Z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.8)$$

4.7 計算条件

4.7.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101B) 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。

4.8 応力の評価

4.8.1 溶接部の応力評価

4.6.1.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。

ただし、 f_s は下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内水素濃度 (D/W) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

格納容器内水素濃度 (D/W) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度 (D/W) (D23-H ₂ E101B)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内水素濃度(D/W)の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【格納容器内水素濃度(D/W) (D23-H₂E101B) 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	
格納容器内水素濃度 (D/W) (D23-H ₂ E101B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉遮蔽壁 O.P. 21.550*1			—	—	C _H =2.33	C _V =1.93	200

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)
溶接部										

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	144	402	205	—	194

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	—	—	$\sigma_t = 2$	$f_s = 112$
		せん断	—	—	$\tau = 6$	$f_s = 112$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 71$	$f_s = 112$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 73$	$f_s = 112$

すべて許容応力以下である。

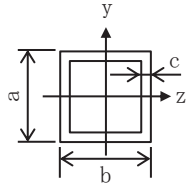
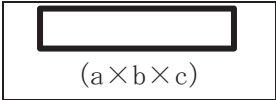
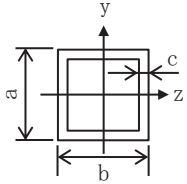

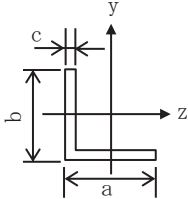

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

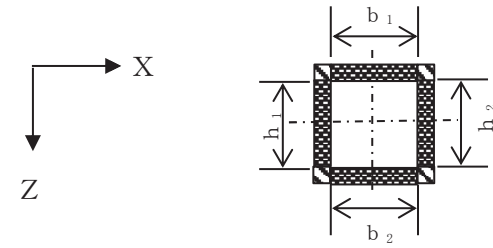
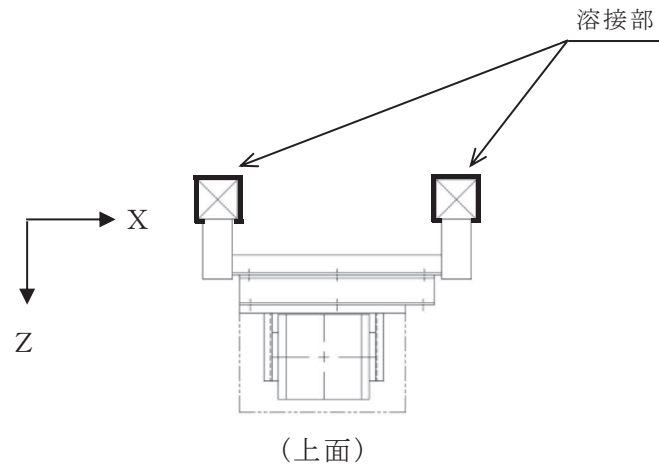
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度 (D/W) (D23-H ₂ E101B)	水平方向	1.95	
	鉛直方向	1.61	

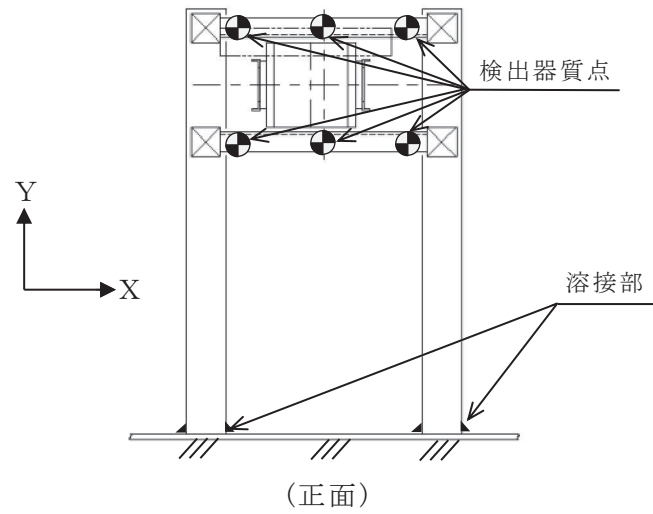
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答力速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

材料			
対象要素	①-②	③-⑥	⑦-⑧
A (mm ²)			
I _y (mm ⁴)			
I _z (mm ⁴)			
I _p (mm ⁴)			
断面形状 (mm)	  $(a \times b \times c)$	  $(a \times b \times c)$	  $(a \times b \times c)$



: 力を受けると仮定する溶接部
 : 力を受けると仮定しない溶接部



VI-2-6-5-4-4-2 格納容器内水素濃度(S/C)の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	6
3.	評価部位	7
4.	固有周期	7
4.1	固有値解析方法	7
4.2	解析モデル及び諸元	7
4.3	固有値解析結果	9
5.	構造強度評価	11
5.1	構造強度評価方法	11
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2	許容応力	11
5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	11
5.3	設計用地震力	14
5.4	計算方法	15
5.4.1	応力の計算方法	15
5.5	計算条件	18
5.5.1	計器取付ボルトの応力計算条件	18
5.6	応力の評価	18
5.6.1	計器取付ボルトの応力評価	18
6.	機能維持評価	19
6.1	電氣的機能維持評価方法	19
7.	評価結果	20
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	20

1. 概要

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

格納容器内水素濃度(S/C)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。

構造強度評価については計器取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表して評価する。また、電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで、同構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
D23-H ₂ E102A（代表） D23-H ₂ E102B	5. 構造強度評価	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内水素濃度(S/C)の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は、サブプレッションチェンバ内に溶接で設置する。</p>	<p>水素吸蔵材料式水素検出器</p> <p>(検出器は、サブプレッションチェンバに設置された計器取付金具に計器取付ボルトにより固定される構造)</p>	<p>【格納容器内水素濃度(S/C) (D23-H₂E102A)】</p> <p>溶接部</p> <p>サブプレッションチェンバ</p> <p>計器取付金具</p> <p>上面</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>溶接部</p> <p>360</p> <p>625</p> <p>正面</p> <p>検出器</p> <p>溶接部</p> <p>448</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

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

格納容器内水素濃度(S/C)の耐震評価フローを図2-1に示す。

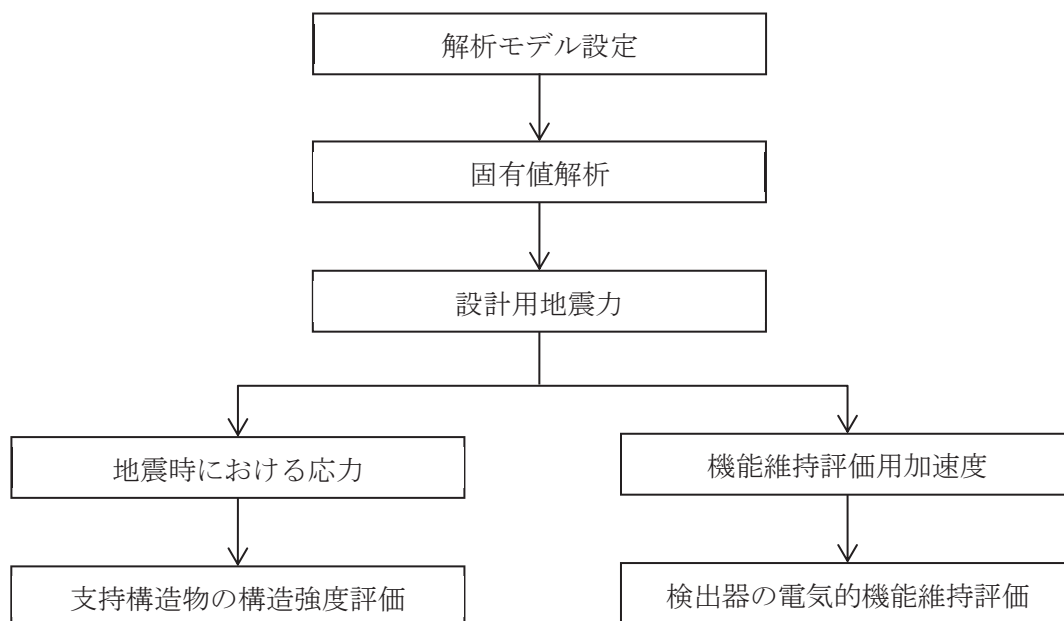


図2-1 格納容器内水素濃度(S/C)の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_s^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値又は f_t^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_2	取付面から重心までの距離	mm
l_3	評価上の支点と重心までの距離	mm
l_a	側面(左右)ボルト間の距離	mm
l_b	上下ボルト間の距離	mm
m	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

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

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

格納容器内水素濃度(S/C)の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる計器取付ボルトについて実施する。格納容器内水素濃度(S/C)の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

格納容器内水素濃度(S/C)の固有値解析方法を以下に示す。

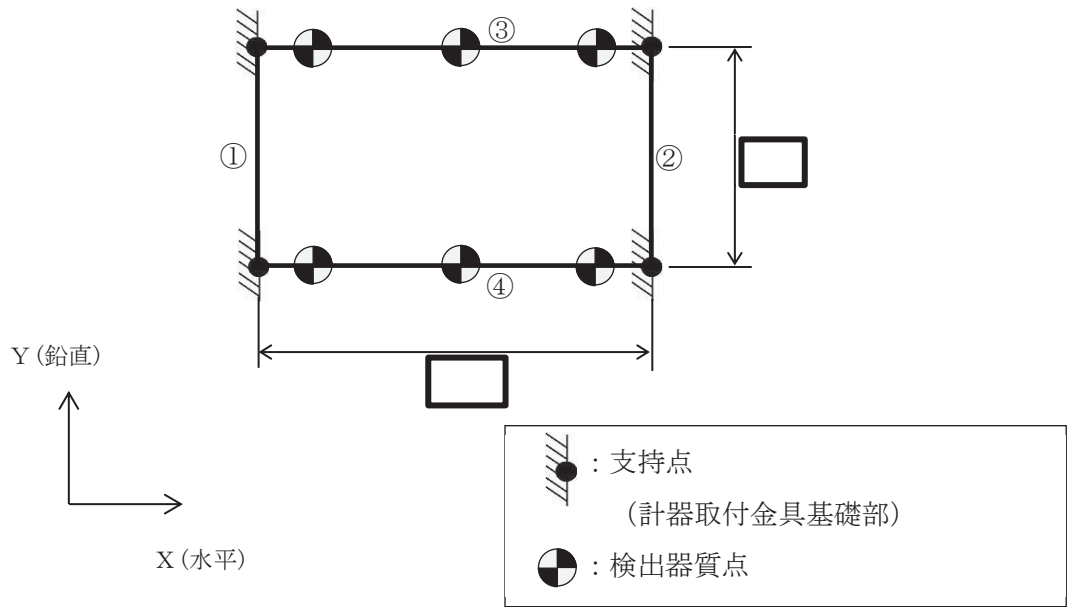
- (1) 格納容器内水素濃度(S/C)は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

4.2 解析モデル及び諸元

格納容器内水素濃度(S/C)の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【格納容器内水素濃度(S/C) (D23-H₂E102A) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 計器取付金具はサプレッションチェンバ内に固定されることから、①から④の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点（計器取付金具基礎部）4点で固定される。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は計器取付金具の検出器取付位置に分散されるものとする。
- (3) 拘束条件として、支持点（計器取付金具基礎部）のX Y Z方向及び回転方向を固定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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



(単位：mm)

図 4-1 格納容器内水素濃度(S/C)解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		—	—	—
2次	鉛直方向		—	—	—



図 4-2 振動モード図 (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

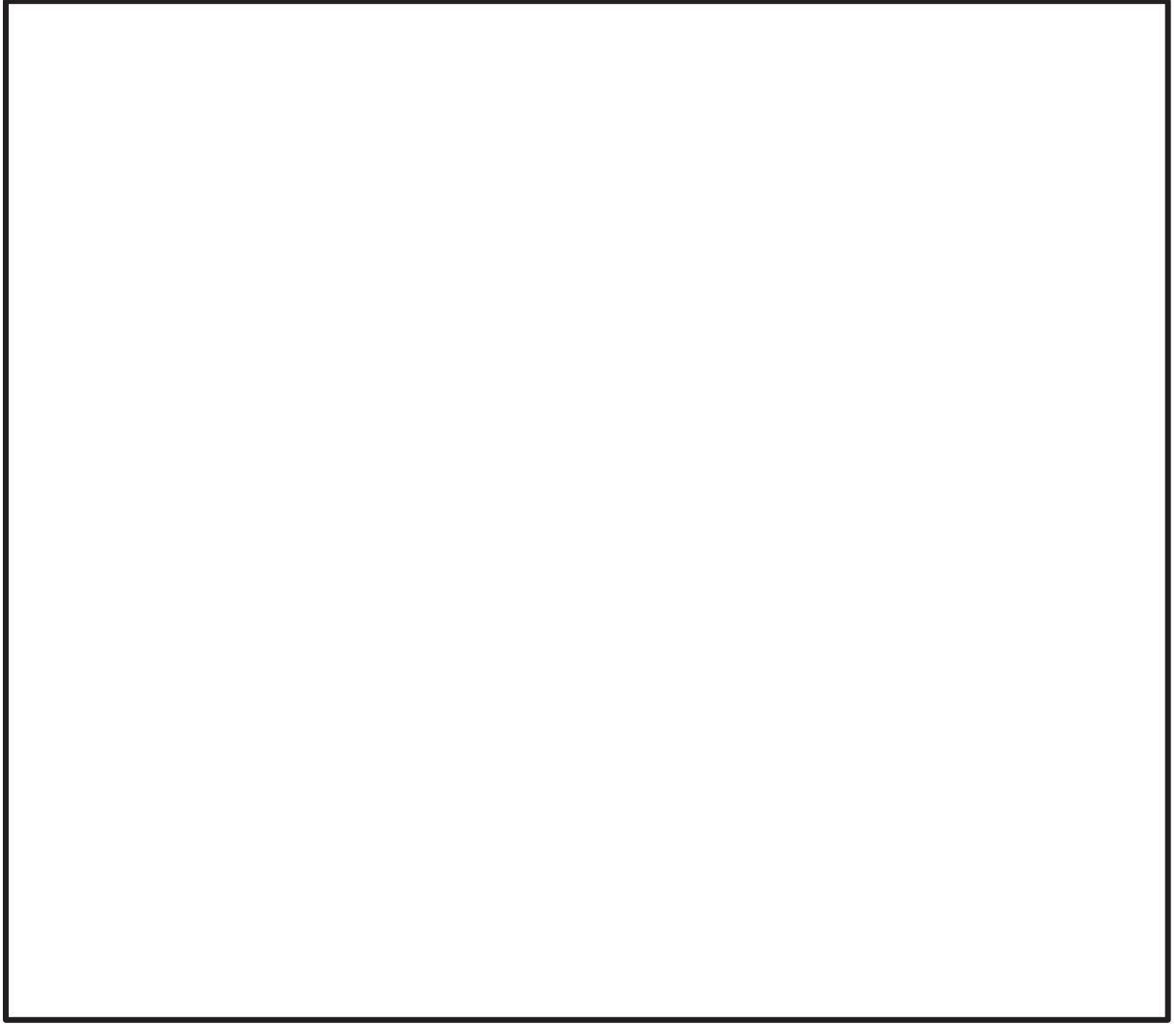


図 4-3 振動モード図 (2次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、格納容器内水素濃度(S/C)に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 格納容器内水素濃度(S/C)は、計器取付ボルトにより計器取付金具に固定する。
- (3) 格納容器内水素濃度(S/C)の質量は、検出器を考慮する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内水素濃度(S/C)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

格納容器内水素濃度(S/C)の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内水素濃度(S/C)の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内水素濃度(S/C)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		計器取付ボルト		周囲環境温度	200	120

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 0. P. -7.40~2.00* ¹ (0. P. 1.768)			—	—	$C_H=4.36$	$C_V=6.38$

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 計器取付ボルトの計算方法

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

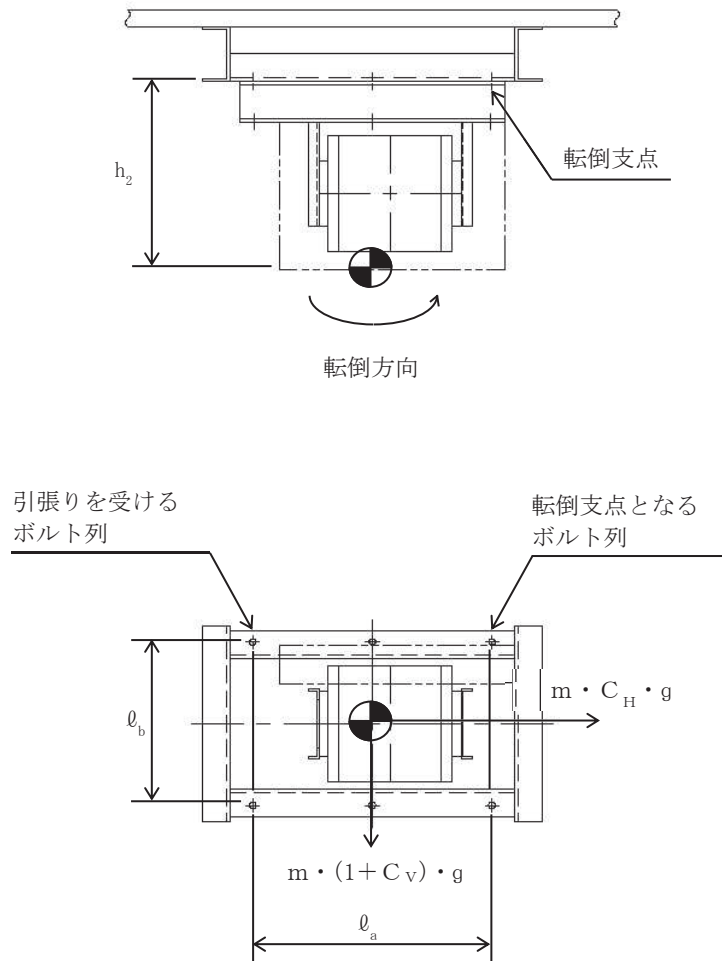


図5-1 計算モデル（水平方向転倒の場合）

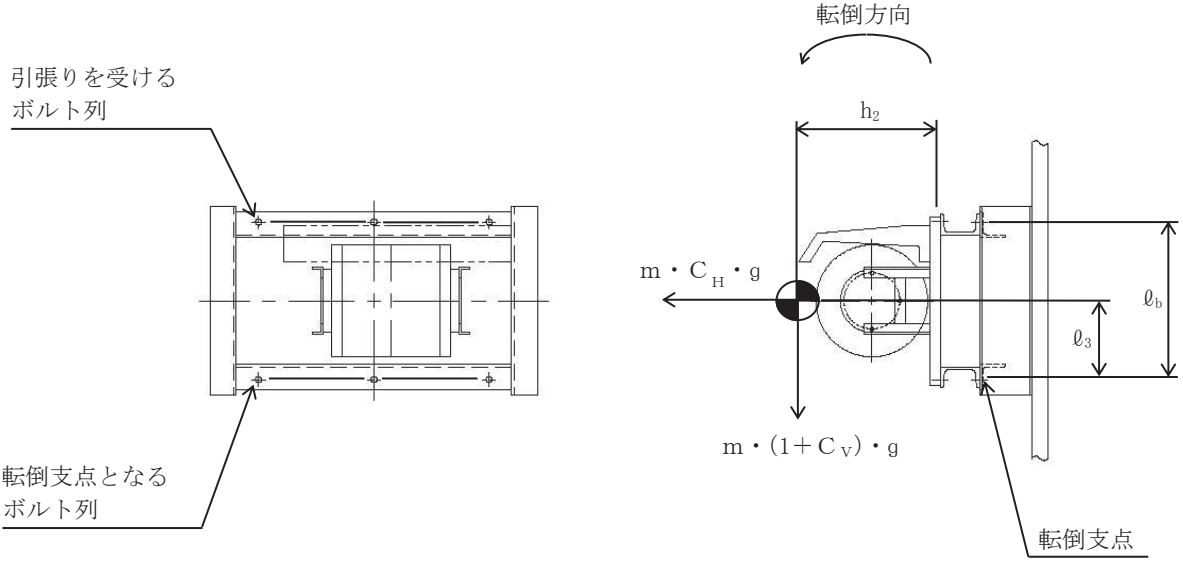


図5-2 計算モデル（鉛直方向転倒の場合）

(1) 引張応力

計器取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の計器取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

計器取付ボルトに対するせん断力は、計器取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 計器取付ボルトの応力計算条件

計器取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器内水素濃度(S/C) (D23-H₂E102A) 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 計器取付ボルトの応力評価

5.4.1.1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計器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。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内水素濃度(S/C)の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度を設定する。

格納容器内水素濃度(S/C)の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度(S/C) (D23-H ₂ E102A)	水平方向	
	鉛直方向	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内水素濃度(S/C)の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【格納容器内水素濃度(S/C) (D23-H₂E102A) 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	
格納容器内水素濃度 (S/C) (D23-H ₂ E102A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉格納容器 O. P. -7.40~2.00*1 (O. P. 1.768)			—	—	C _H =4.36	C _V =6.38	200

注記*1：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すサプレッションチェンバの設計用床応答曲線を適用する。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
計器取付ボルト		348						6	3	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
計器取付ボルト	120	407	175	—	162	—	水平方向

注記*：鉛直，水平方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
計器取付ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
計器取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 25$	$f_{ts} = 121^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 8$	$f_{sb} = 93$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度 (S/C) (D23-H ₂ E102A)	水平方向	3.64	
	鉛直方向	5.32	

注記*：サプレッションチェンバの設計用床応答曲線により定まる応答加速度とする。

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

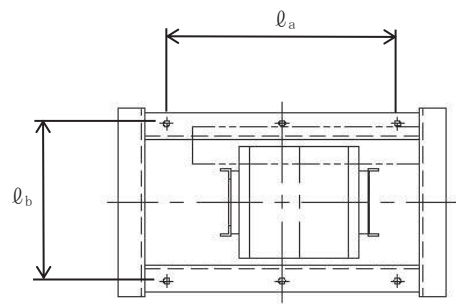
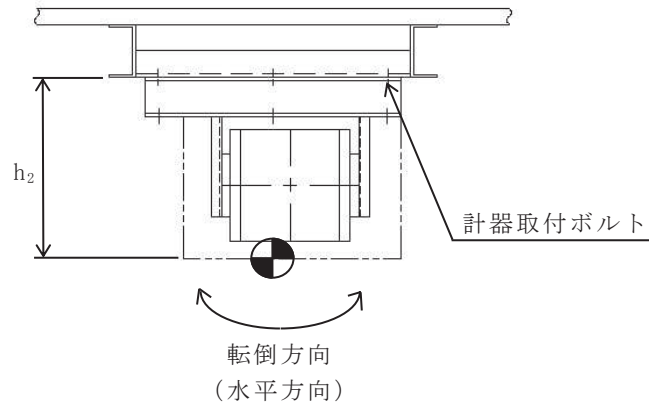
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

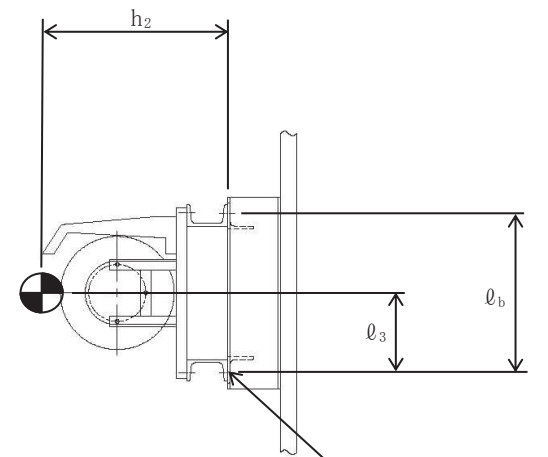
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料		
対象要素	①-②	③-④
A (mm ²)		
I _y (mm ⁴)		
I _z (mm ⁴)		
I _p (mm ⁴)		
断面形状 (mm)		



正面



側面

VI-2-6-5-4-4-3 格納容器内雰囲気水素濃度の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期	3
3.1	固有周期の算出方法	3
4.	構造強度評価	3
4.1	構造強度評価方法	3
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2	許容応力	3
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
4.3	計算条件	3
5.	機能維持評価	6
5.1	電氣的機能維持評価方法	6
6.	評価結果	7
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内雰囲気水素濃度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内雰囲気水素濃度（D23-H₂T001A, B, H₂T002A, B）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、格納容器内雰囲気水素濃度が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックと類似の構造*であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

注記*：格納容器内雰囲気水素濃度が設置される計装ラックは、壁面からサポートが設置されるが、チャンネルベースへの取付ボルトのみに応力を受けるものとして評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
D23-H ₂ T001A（代表） D23-H ₂ T001B D23-H ₂ T002A D23-H ₂ T002B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内雰囲気水素濃度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付金具に固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>熱伝導率式水素検出器 (床に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【格納容器内雰囲気気水素濃度 (H22-P382A (D23-H₂T001A))】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振振動数）を測定する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

格納容器内雰囲気気水素濃度の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内雰囲気気水素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

格納容器内雰囲気気水素濃度の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内雰囲気気水素濃度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器内雰囲気気水素濃度 (D23-H₂T001A) 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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内雰囲気水素濃度	S	— *1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内雰囲気水素濃度	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状態を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
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 4-4 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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

格納容器内雰囲気水素濃度の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気水素濃度 (D23-H ₂ T001A)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気水素濃度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度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

格納容器内雰囲気水素濃度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【格納容器内雰囲気水素濃度 (D23-H₂T001A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 水素濃度 (D23-H ₂ T001A)	S	原子炉建屋 OP. 22.50 (OP. 33.20*)			C _H =1.57	C _V =1.03	C _H =2.65	C _V =1.77	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} * ¹ (mm)	ℓ _{2i} * ¹ (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} * ¹	
取付ボルト (i=2)		1850						18	9
									2

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=80$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=173$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

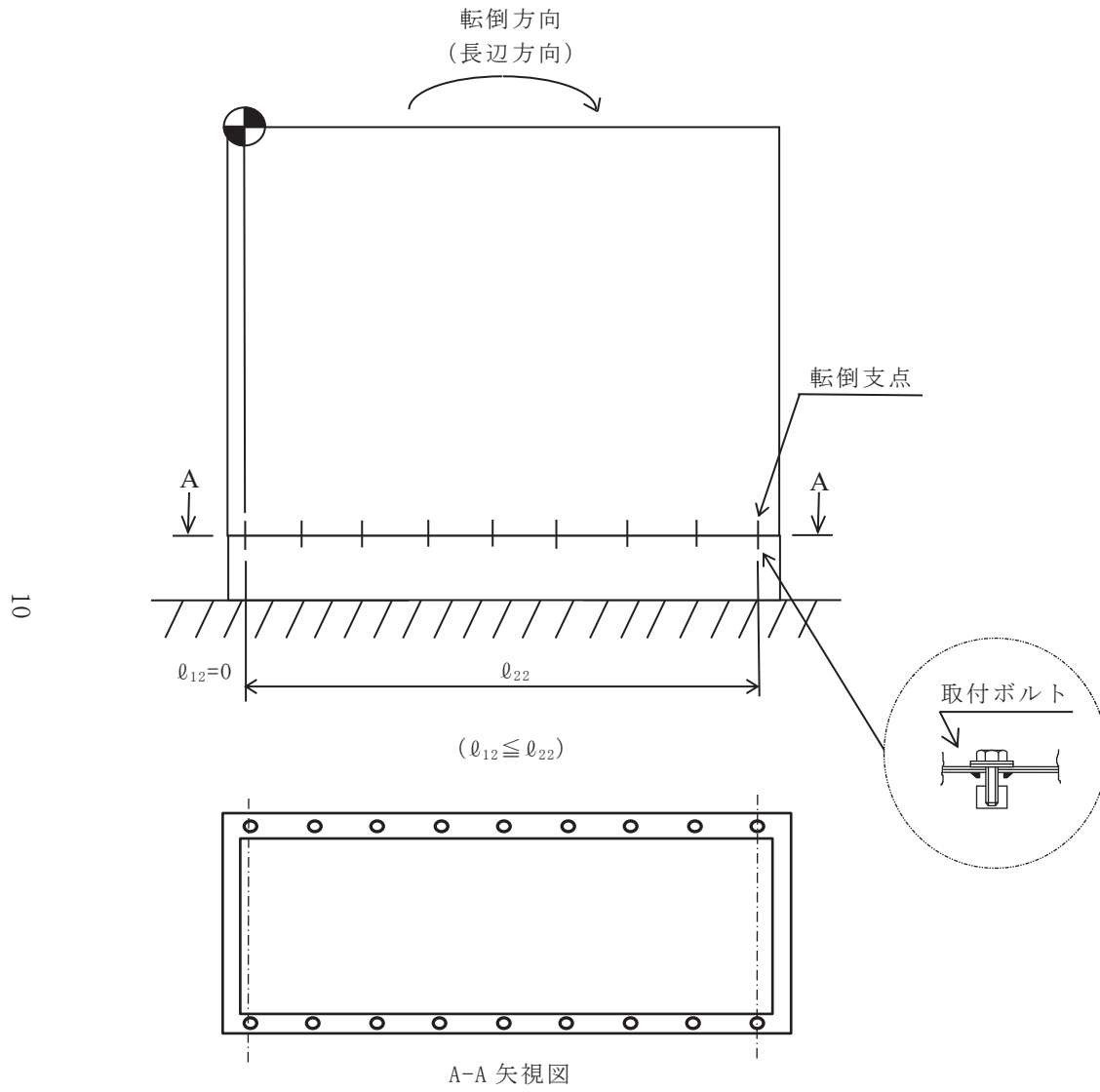
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

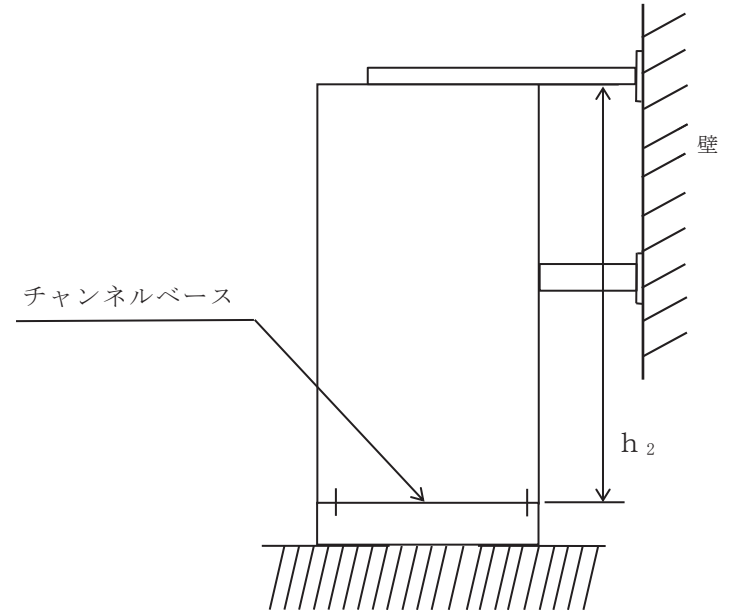
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 水素濃度 (D23-H ₂ T001A)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

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



正面



側面

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	
格納容器内雰囲気 水素濃度 (D23-H ₂ T001A)	常設/緩和	原子炉建屋 OP. 22.50 (OP. 33.20*)			—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	66

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)	φ _{1i} * ¹ (mm)	φ _{2i} * ¹ (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} * ¹
取付ボルト (i=2)		1850					18	9
			2					

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	$F_{b i}$		$Q_{b i}$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i = 2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i = 2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=173$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=155$

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

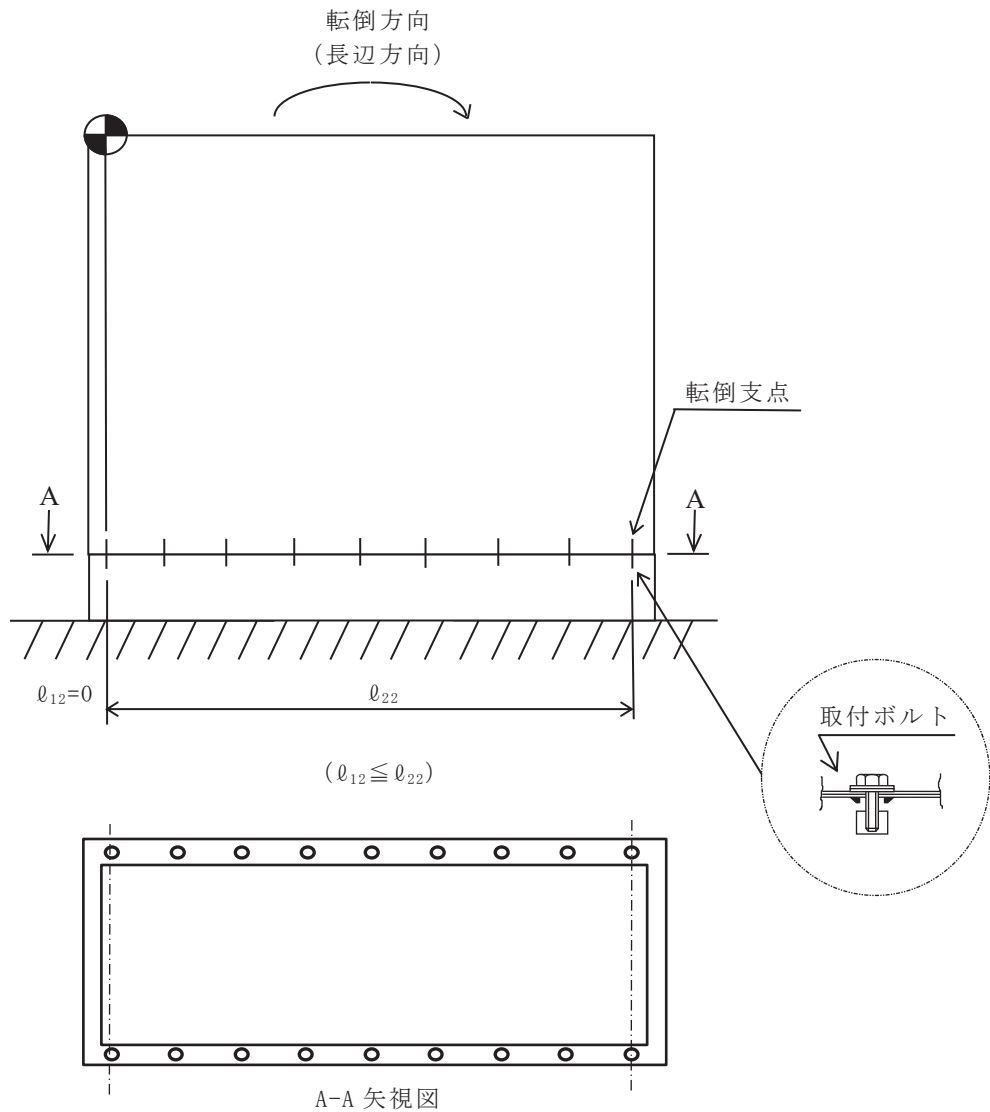
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

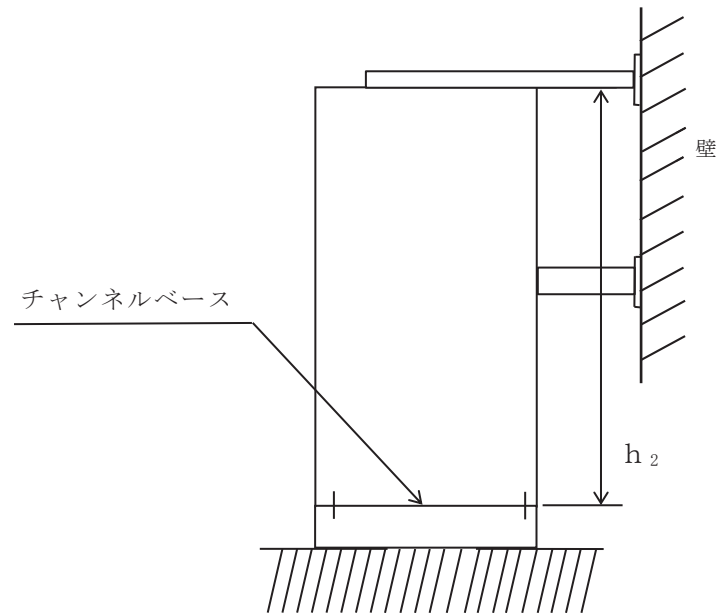
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 水素濃度 (D23-H ₂ T001A)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

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

13



正面



側面

VI-2-6-5-5 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備に係る容器又は貯蔵槽内の水位を計測する装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-5-1 復水貯蔵タンク水位の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-5-1 復水貯蔵タンク水位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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水貯蔵タンク水位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。

復水貯蔵タンク水位は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、復水貯蔵タンク水位が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水貯蔵タンク水位の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (床に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【復水貯蔵タンク水位】</p> <p>正面 1250</p> <p>側面 600</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>チャンネルベース</p> <p>床</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

復水貯蔵タンク水位が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

復水貯蔵タンク水位の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

復水貯蔵タンク水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

復水貯蔵タンク水位の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水貯蔵タンク水位の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水貯蔵タンク水位（P13-LT005）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	復水貯蔵タンク水位	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

復水貯蔵タンク水位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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水貯蔵タンク水位 (P13-LT005)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水貯蔵タンク水位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。

【復水貯蔵タンク水位（P13-LT005）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	
復水貯蔵タンク水位 (P13-LT005)	常設耐震/防止 常設/緩和	復水貯蔵タンク 連絡トレンチ O.P. 6.95 (O.P. 10.500*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.25	C _V =0.92	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	φ _{1i} *1 (mm)	φ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1	
取付ボルト (i=2)		1200						10	4
									1

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*2	
					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	—	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=148$

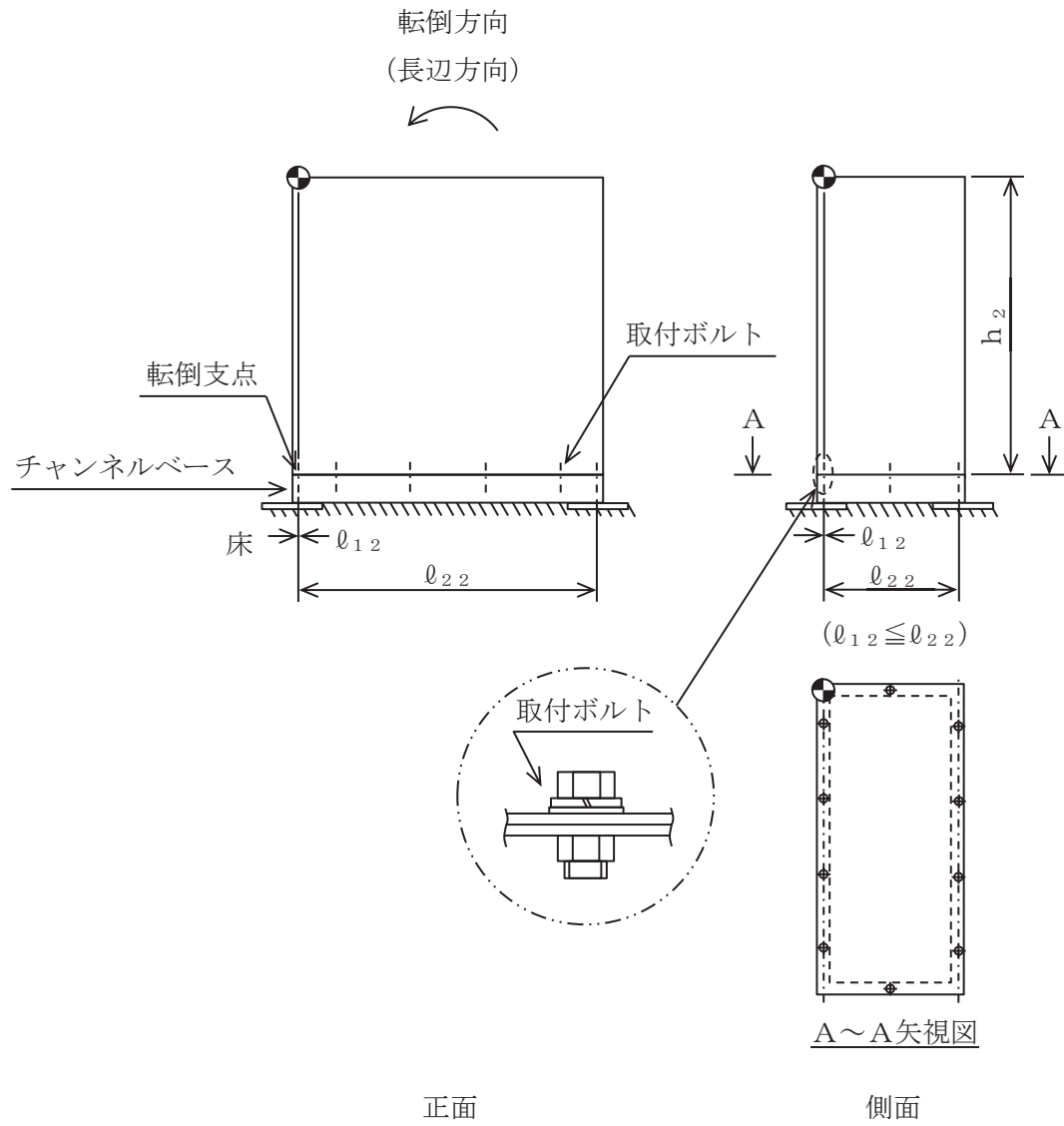
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水貯蔵タンク水位 (P13-LT005)	水平方向	1.04	
	鉛直方向	0.76	

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



VI-2-6-5-6 原子炉冷却材再循環流量を計測する装置の耐震性についての
計算書

目 次

VI-2-6-5-6-1 原子炉再循環ポンプ入口流量の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-6-1 原子炉再循環ポンプ入口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	5
5.1 電氣的機能維持評価方法	5
6. 評価結果	5
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	5

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉再循環ポンプ入口流量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。

原子炉再循環ポンプ入口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉再循環ポンプ入口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B32-FT001A B32-FT001E（代表）	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉再循環ポンプ入口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計装ラックに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉再循環ポンプ入口流量 (H22-P004A (B32-FT001E))】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

原子炉再循環ポンプ入口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉再循環ポンプ入口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉再循環ポンプ入口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉再循環ポンプ入口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉再循環ポンプ入口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉再循環ポンプ入口流量(B32-FT001E)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉再循環ポンプ入口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi} (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト ($i = 2$)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉再循環ポンプ入口流量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、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉再循環ポンプ入口流量 (B32-FT001E)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉再循環ポンプ入口流量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。

【原子炉再循環ポンプ入口流量（B32-FT001E）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉再循環ポンプ 入口流量 (B32-FT001E)	S	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.96	C _V =0.80	C _H =1.97	C _V =1.37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*1	
					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	鉛直方向	鉛直方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

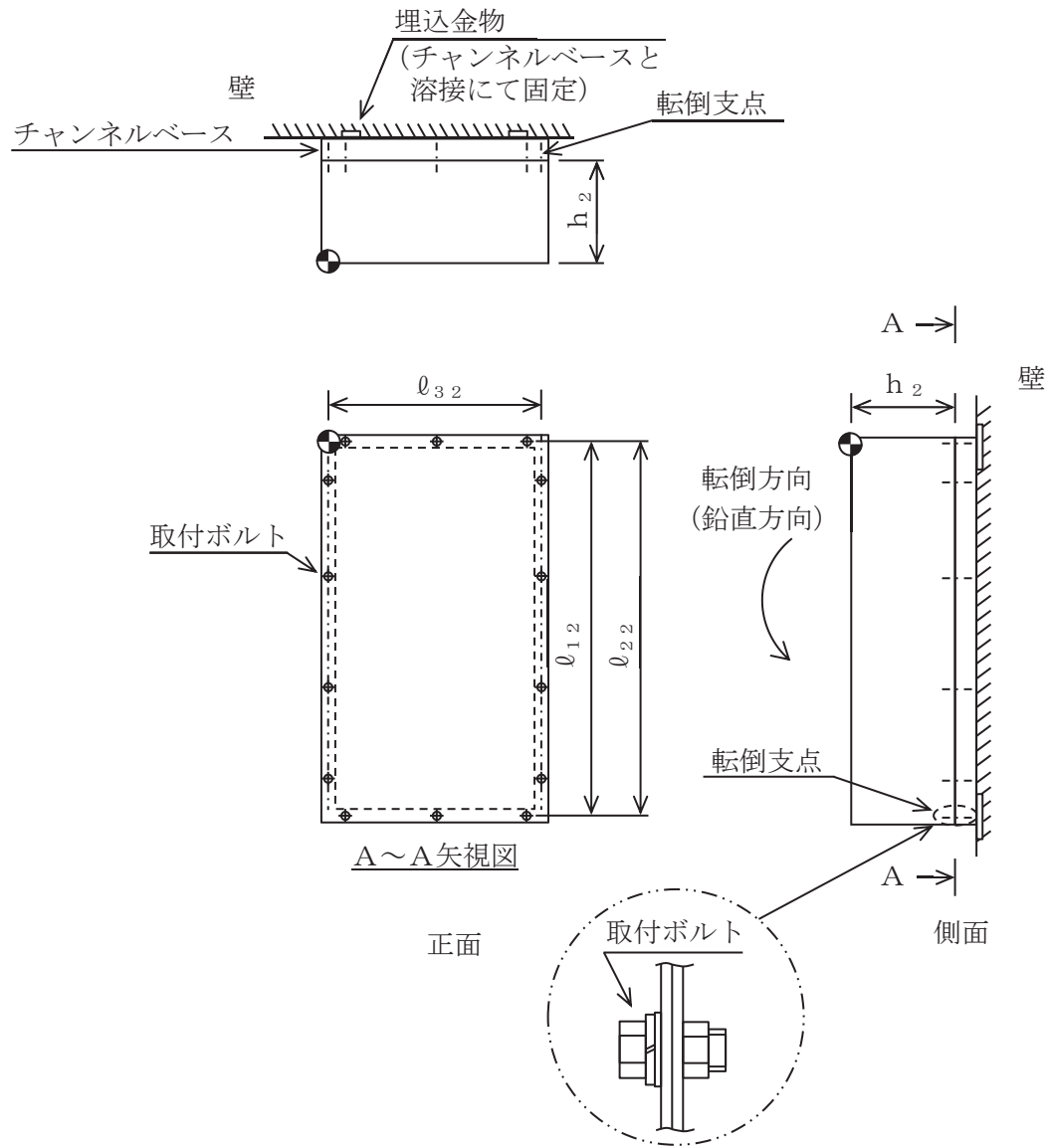
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉再循環ポンプ 入口流量 (B32-FT001E)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

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



VI-2-6-5-7 原子炉格納容器本体への冷却材流量を計測する装置の耐震性
についての計算書

目 次

VI-2-6-5-7-1 原子炉格納容器代替スプレイ流量の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-7-2 原子炉格納容器下部注水流量の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-7-1 原子炉格納容器代替スプレイ流量の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.4 構造強度評価	3
1.4.1 構造強度評価方法	3
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4.3 計算条件	3
1.5 機能維持評価	6
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	6
1.6 評価結果	6
1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6
2. 原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B)	10
2.1 概要	10
2.2 一般事項	10
2.2.1 構造計画	10
2.3 固有周期	12
2.4 構造強度評価	12
2.4.1 構造強度評価方法	12
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
2.4.3 計算条件	12
2.5 機能維持評価	15
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	15
2.6 評価結果	15
2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15

1. 原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) 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。

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) 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。

なお、原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A)】</p> <p>計器スターション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>検出器</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(単位 : mm)</p>

1.3 固有周期

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器代替スプレイ 流量	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 1-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 1-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) 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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 1-6 に示す。

表 1-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A)	水平方向	
	鉛直方向	

1.6 評価結果

1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) 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。

【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A) 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	
原子炉格納容器代替 スプレイ流量 (E11-FT018A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		440						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1 : 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 12$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

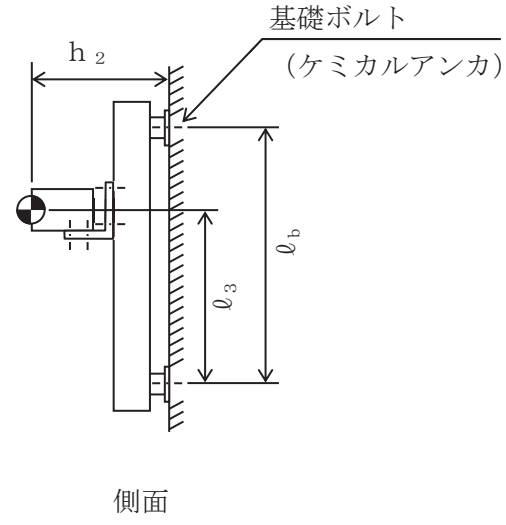
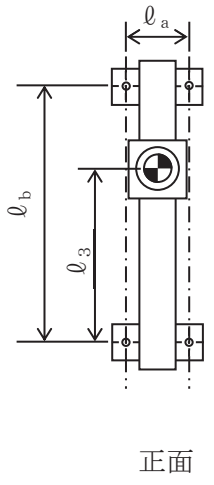
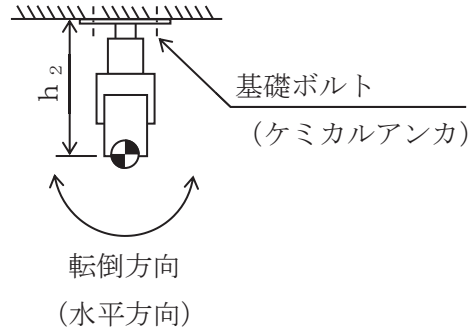
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器代替 スプレイ流量 (E11-FT018A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

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



2. 原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) 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。

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) 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。

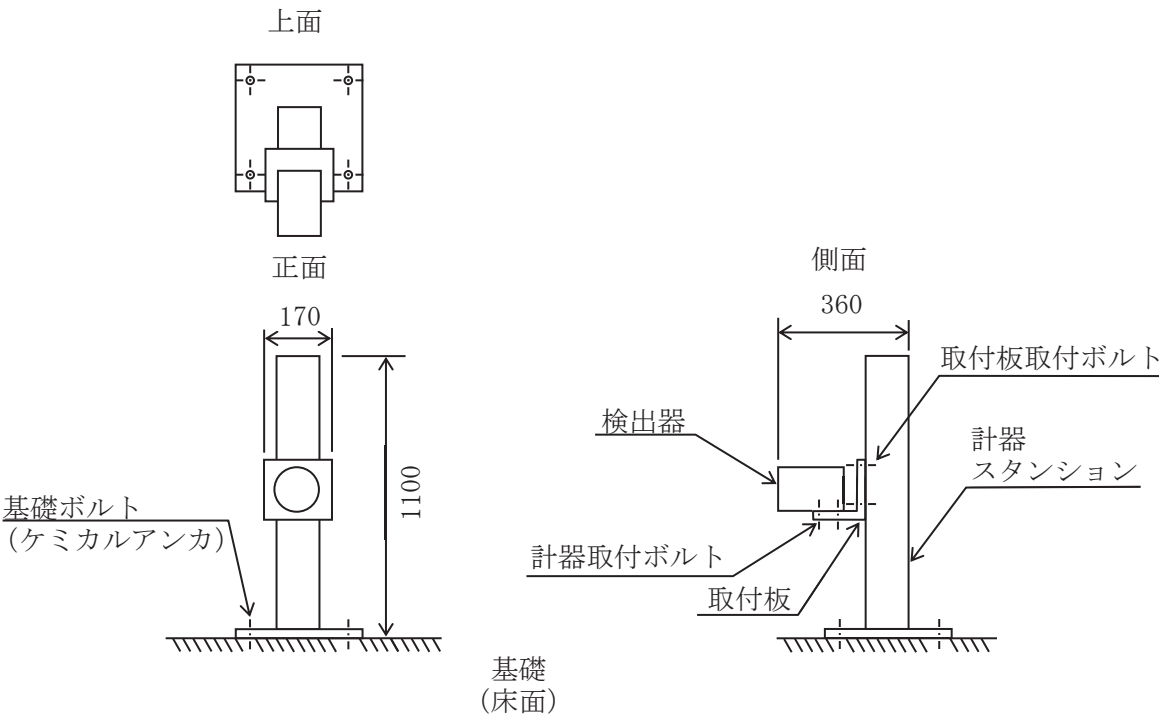
なお、原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) が設置される計器スタンは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンスと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンスの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (床に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B)】</p>  <p>(単位: mm)</p>

2.3 固有周期

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器代替スプレイ 流量	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 2-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 2-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) 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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B)	水平方向	
	鉛直方向	

2.6 評価結果

2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) 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。

【原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B) 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	
原子炉格納容器代替 スプレイ流量 (E11-FT018B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 15.00*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * ¹	
基礎ボルト		600						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：左右、前後方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 15$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

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。

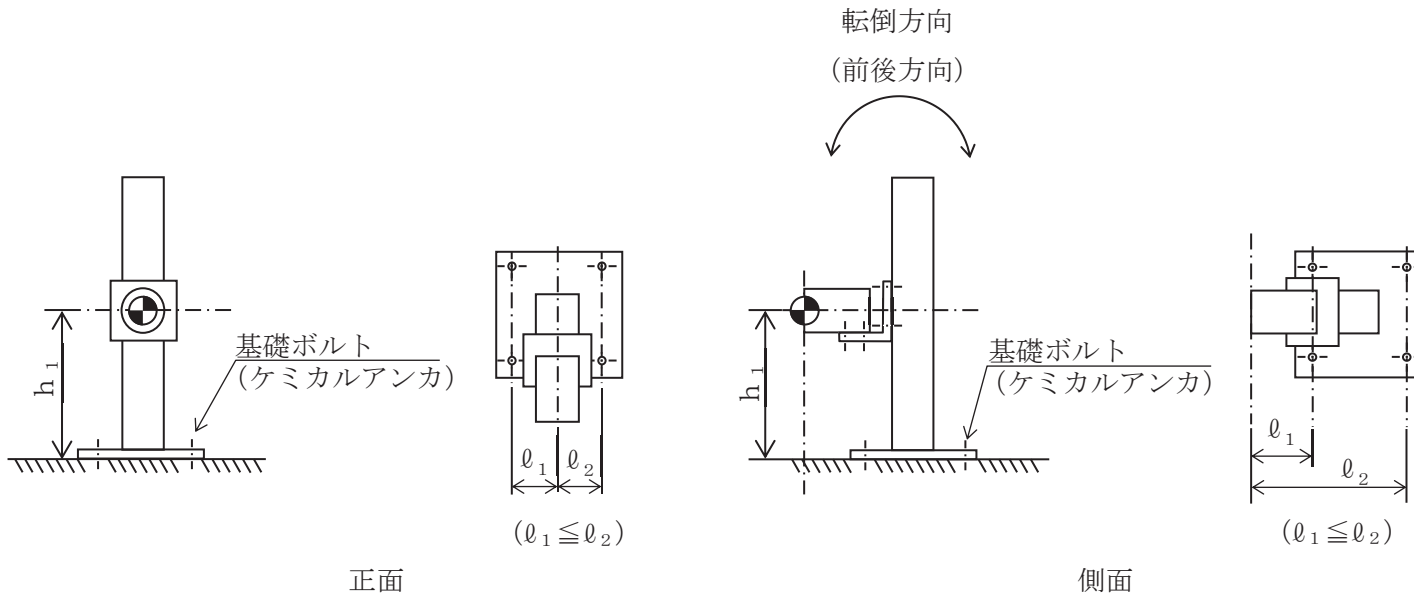
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器代替 スプレイ流量 (E11-FT018B)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



VI-2-6-5-7-2 原子炉格納容器下部注水流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部注水流量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。

原子炉格納容器下部注水流量は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉格納容器下部注水流量が設置される計器スターションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スターションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スターションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器下部注水流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部注水流量】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉格納容器下部注水流量が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉格納容器下部注水流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器下部注水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉格納容器下部注水流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器下部注水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器下部注水流量 (P13-FT035) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器下部注水流量	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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_{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)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉格納容器下部注水流量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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部注水流量 (P13-FT035)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部注水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【原子炉格納容器下部注水流量 (P13-FT035) 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	
原子炉格納容器下部 注水流量 (P13-FT035)	常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		440							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1 : 水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

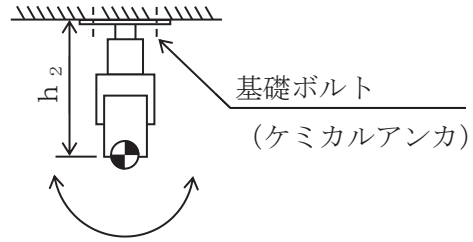
∞ 注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

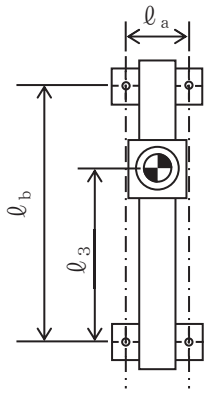
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部 注水流量 (P13-FT035)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

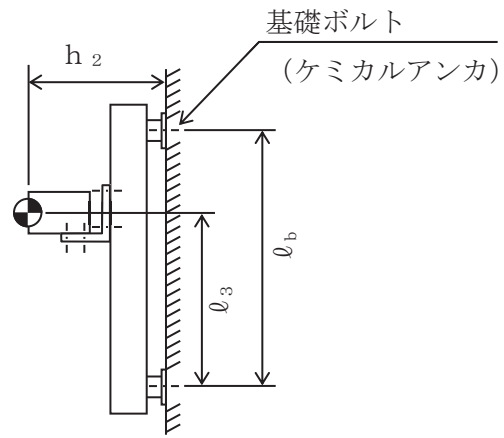
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



転倒方向
(水平方向)



正面



側面

VI-2-6-5-8 原子炉格納容器本体の水位を計測する装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-8-1 圧力抑制室水位の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-8-2 原子炉格納容器下部水位の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-8-3 ドライウェル水位の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-8-1 圧力抑制室水位の耐震性についての計算書

目次

1.	圧力抑制室水位 (T48-LT020)	1
1.1	概要	1
1.2	一般事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.2.2	評価方針	3
1.2.3	適用規格・基準等	3
1.2.4	記号の説明	4
1.2.5	計算精度と数値の丸め方	5
1.3	評価部位	5
1.4	固有周期	5
1.4.1	基本方針	5
1.4.2	固有周期の確認方法	5
1.4.3	固有周期の確認結果	6
1.5	構造強度評価	6
1.5.1	構造強度評価方法	6
1.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	6
1.5.3	設計用地震力	8
1.5.4	計算方法	9
1.5.5	計算条件	12
1.5.6	応力の評価	12
1.6	機能維持評価	13
1.6.1	電氣的機能維持評価方法	13
1.7	評価結果	13
1.7.1	設計基準対象施設としての評価結果	13
2.	圧力抑制室水位 (T48-LT021)	18
2.1	概要	18
2.2	一般事項	18
2.2.1	構造計画	18
2.2.2	評価方針	20
2.2.3	適用規格・基準等	20
2.2.4	記号の説明	21
2.2.5	計算精度と数値の丸め方	22
2.3	評価部位	22
2.4	固有周期	22

2.5	構造強度評価	23
2.5.1	構造強度評価方法	23
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	23
2.5.3	設計用地震力	25
2.5.4	計算方法	26
2.5.5	計算条件	28
2.5.6	応力の評価	28
2.6	機能維持評価	29
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	29
2.7	評価結果	29
2.7.1	設計基準対象施設としての評価結果	29
3.	圧力抑制室水位 (T48-LT027)	33
3.1	概要	33
3.2.	一般事項	33
3.2.1	構造計画	33
3.3	固有周期	35
3.4	構造強度評価	35
3.4.1	構造強度評価方法	35
3.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	35
3.4.3	計算条件	35
3.5	機能維持評価	38
3.5.1	電氣的機能維持評価方法	38
3.6	評価結果	38
3.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	38
4.	圧力抑制室水位 (T48-LT027B)	42
4.1	概要	42
4.2	一般事項	42
4.2.1	構造計画	42
4.3	固有周期	44
4.4	構造強度評価	44
4.4.1	構造強度評価方法	44
4.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	44
4.4.3	計算条件	44
4.5	機能維持評価	47
4.5.1	電氣的機能維持評価方法	47
4.6	評価結果	47

4.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果..... 47

1. 圧力抑制室水位 (T48-LT020)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室水位 (T48-LT020) 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。

圧力抑制室水位 (T48-LT020) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは，埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (床に設置された計器ステーションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室水位 (T48-LT020)】</p> <p>(単位：mm)</p>

1.2.2 評価方針

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す圧力抑制室水位 (T48-LT020) の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で確認した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、圧力抑制室水位 (T48-LT020) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

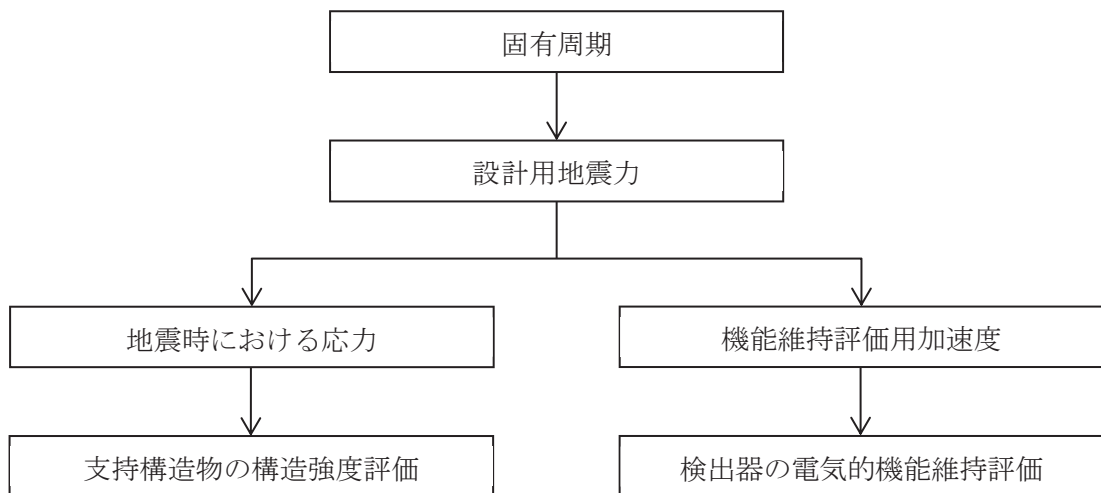


図 1-1 圧力抑制室水位 (T48-LT020) の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wX}	溶接部の F_x に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ_x	重心と溶接部中心までの距離 (X方向)	mm
m	検出器及び計器スタンションの質量	kg
M_x	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (X方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の40℃における値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_x	溶接全断面における断面係数 (X軸)	mm ³
Z_z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
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	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

1.3 評価部位

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について評価を実施する。

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4 固有周期

1.4.1 基本方針

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の固有周期は、振動試験 (自由振動試験) にて求める。

1.4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。圧力抑制室水位 (T48-LT020) の外形図を表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4.3 固有周期の確認結果

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

表 1-3 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 圧力抑制室水位 (T48-LT020) の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は圧力抑制室水位 (T48-LT020) 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) 圧力抑制室水位 (T48-LT020) は溶接で埋込金物に固定される。
- (4) 転倒方向は、図 1-2, 図 1-3 計算モデルにおける左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方 (許容値/発生値の小さい方をいう。) を記載する。
- (5) 圧力抑制室水位 (T48-LT020) の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室水位 (T48-LT020) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室水位（T48-LT020）	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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 1-5 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
溶接部		周囲環境温度	65	217	386	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震動」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

表 1-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. -8.10*			$C_H=0.48$	$C_V=0.40$	$C_H=0.99$	$C_V=0.69$

注記*：基準床レベルを示す。

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

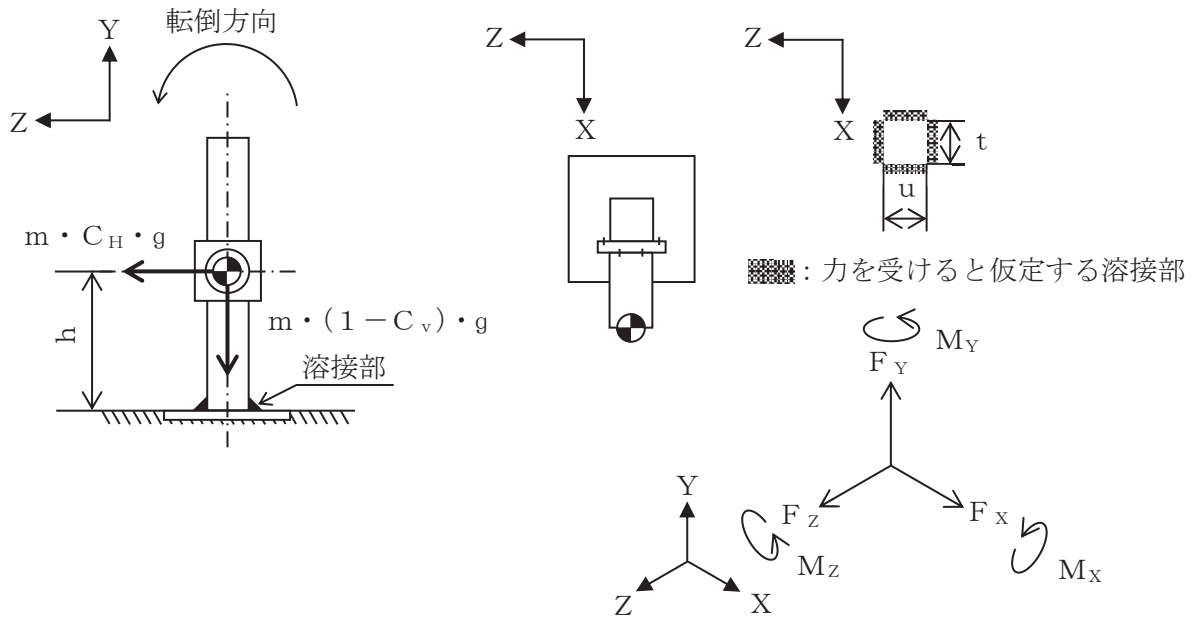


図 1-2 計算モデル（左右方向転倒）

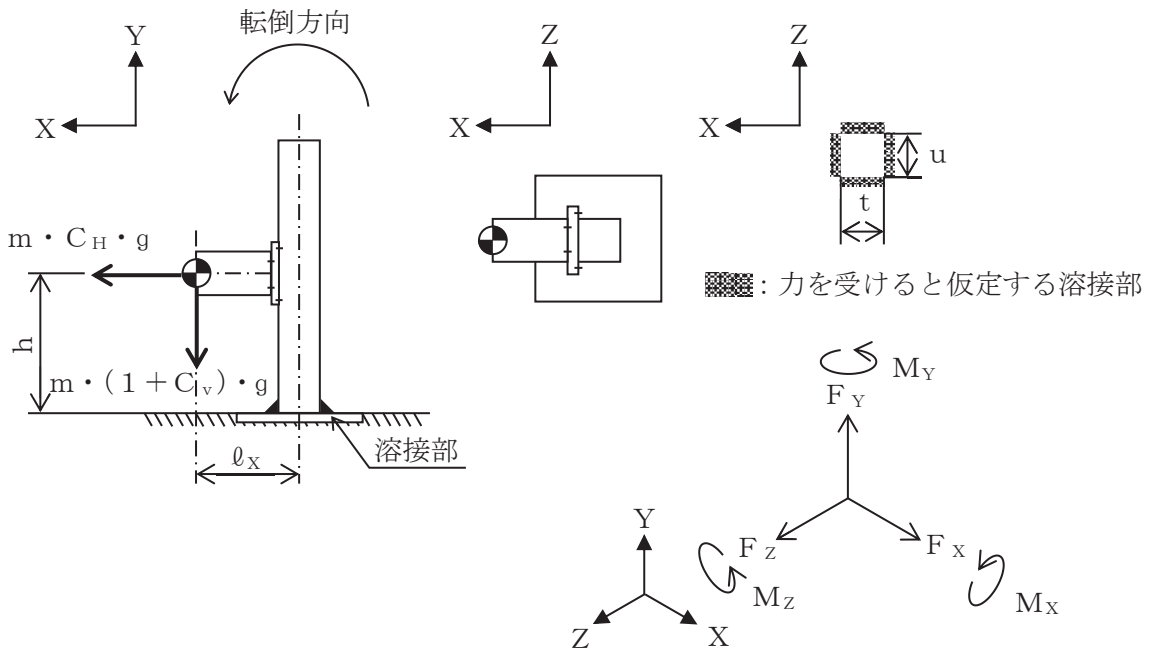


図 1-3 計算モデル（前後方向転倒）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 1-2 の場合の引張力

$$F_Y = m \cdot (1 - C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 1-3 の場合の引張力

$$F_Y = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a \cdot (t + u) \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

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

せん断力

計算モデル図 1-2 の場合のせん断力

$$F_Z = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

計算モデル図 1-3 の場合のせん断力

$$F_X = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

計算モデル図 1-2 の場合のねじりモーメント

$$M_Y = m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_X \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

計算モデル図 1-2 の場合のせん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{M_Y}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.9)$$

計算モデル図 1-3 の場合のせん断応力

$$\tau = \frac{F_X}{A_{wX}} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.10)$$

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

A_{wX} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wX} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.11)$$

$$A_{wZ} = 2 \cdot a \cdot u \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.12)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 1-2 及び図 1-3 でX軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを溶接部で受けるものとして計算する。

曲げモーメント

計算モデル図 1-2 の場合の曲げモーメント

$$M_X = m \cdot C_H \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.13)$$

$$M_Z = m \cdot (1 - C_V) \cdot g \cdot \ell_X \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.14)$$

計算モデル図 1-3 の場合の曲げモーメント

$$M_Z = m \cdot C_H \cdot g \cdot h + m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell_X \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.15)$$

曲げ応力

計算モデル図 1-2 の場合の曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_X}{Z_Z} + \frac{M_Z}{Z_X} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.16)$$

計算モデル図 1-3 の場合の曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_z}{Z_x} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.17)$$

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.18)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室水位 (T48-LT020) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 溶接部の応力評価

1.5.4.1 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室水位（T48-LT020）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

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

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT020)	水平方向	
	鉛直方向	

1.7. 評価結果

1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

圧力抑制室水位（T48-LT020）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。

【圧力抑制室水位（T48-LT020）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
圧力抑制室水位 (T48-LT020)	S	原子炉建屋 O. P. -8.10*			C _H =0.48	C _V =0.40	C _H =0.99	C _V =0.69	65

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ _x (mm)	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	A _w (mm ²)	A _{wX} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _X (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部		620											

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	217	386	217	261	前後方向	前後方向

注記*1：左右，前後方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_Y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部					—	—

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_Y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部	—	—	—	—		

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	$\sigma_t=1$	$f_s=125$	$\sigma_t=1$	$f_s=150$
		せん断	$\tau=1$	$f_s=125$	$\tau=1$	$f_s=150$
		曲げ	$\sigma_b=18$	$f_s=125$	$\sigma_b=27$	$f_s=150$
		組合せ	$\sigma_w=18$	$f_s=125$	$\sigma_w=28$	$f_s=150$

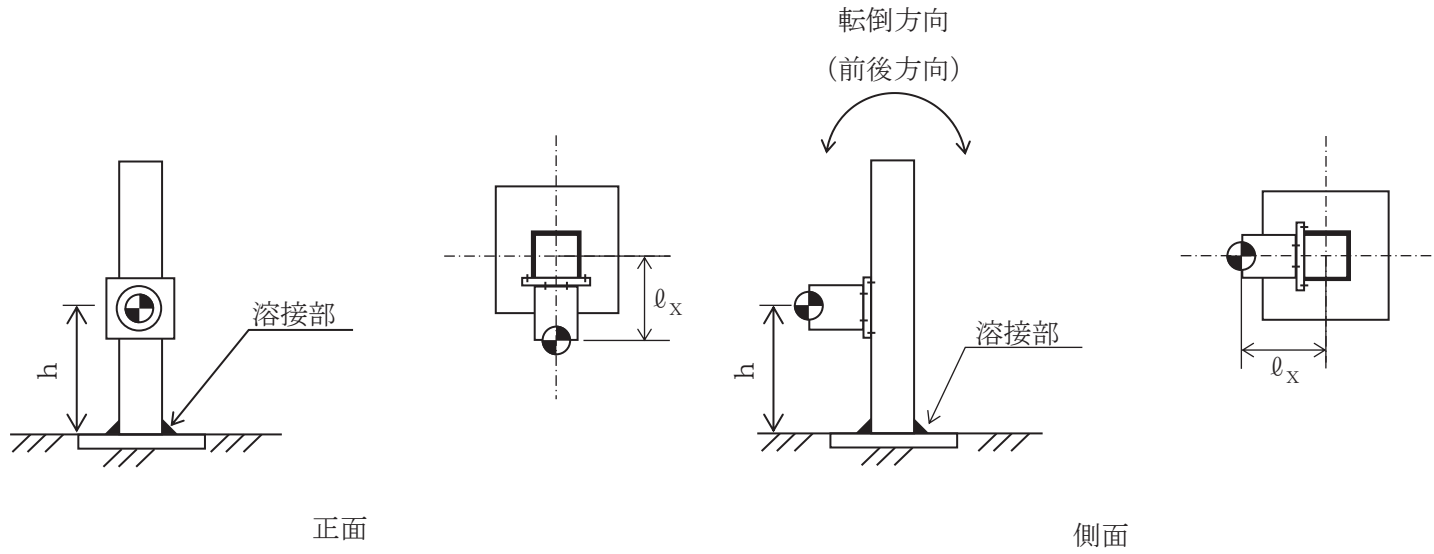
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT020)	水平方向	0.82	
	鉛直方向	0.57	

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



2. 圧力抑制室水位 (T48-LT021)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室水位 (T48-LT021) 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。

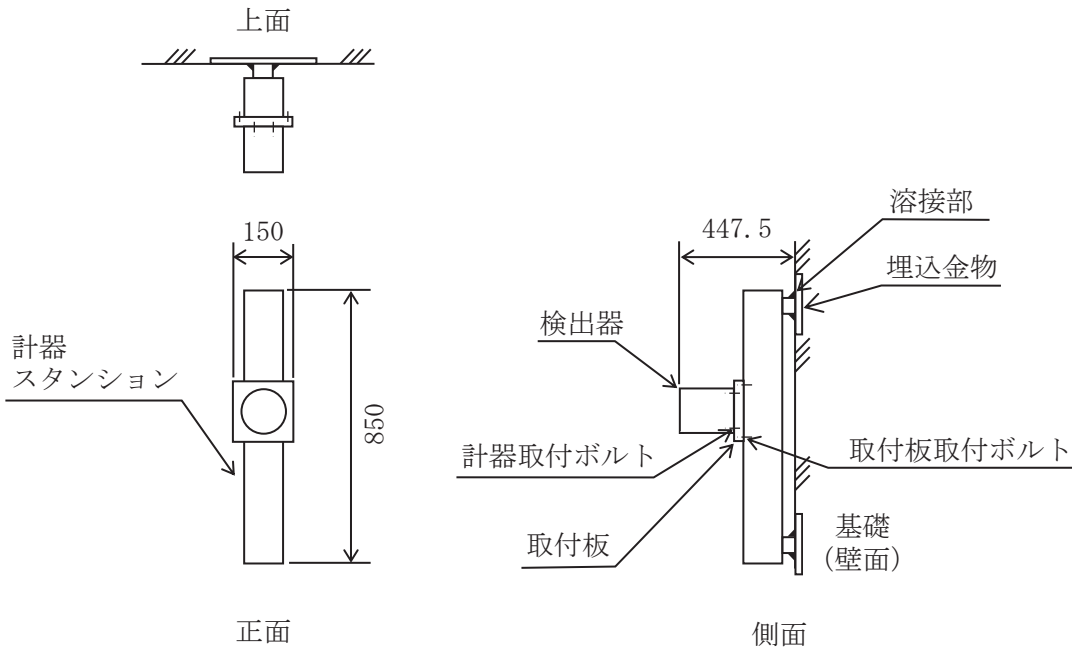
圧力抑制室水位 (T48-LT021) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に埋め込まれた埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計器スターションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室水位 (T48-LT021)】</p>  <p style="text-align: right;">(単位: mm)</p>

2.2.2 評価方針

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す圧力抑制室水位 (T48-LT021) の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で確認した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、圧力抑制室水位 (T48-LT021) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

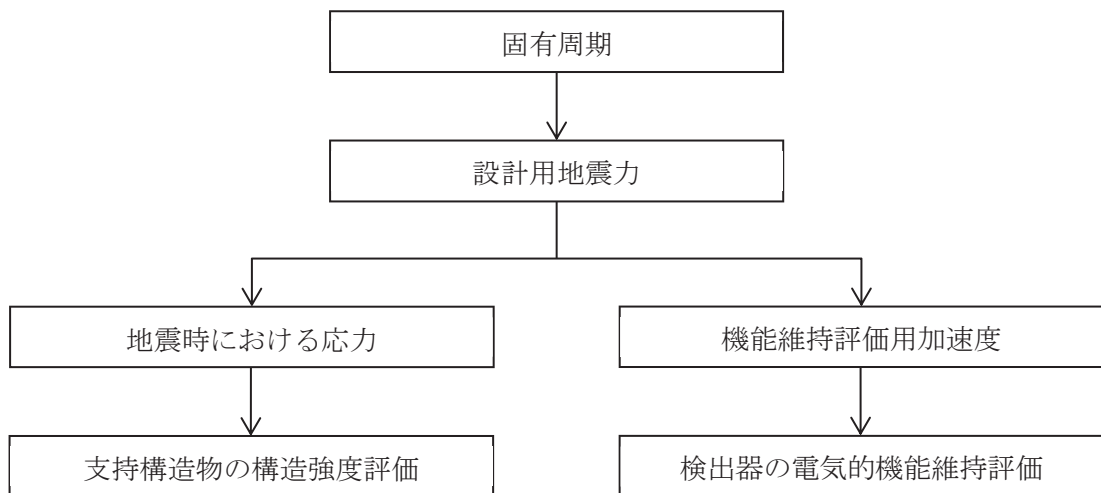


図 2-1 圧力抑制室水位 (T48-LT021) の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w1}	溶接部の F_{w1} に対する有効断面積	mm ²
A_{w2}	溶接部の F_{w2} に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	取付面から重心までの距離	mm
l_1	側面 (左右) 溶接部間の距離	mm
l_2	下側溶接部中心と上側溶接部端部までの距離	mm
l_3	重心と下側溶接部中心間の距離	mm
m	検出器及び計器スタンションの質量	kg
n	溶接箇所数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数 (鉛直方向転倒)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数 (水平方向転倒)	—
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の40℃における値	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

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。

2.3 評価部位

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について評価を実施する。圧力抑制室水位 (T48-LT021) の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

圧力抑制室水位 (T48-LT021) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

- (1) 圧力抑制室水位 (T48-LT021) の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は圧力抑制室水位 (T48-LT021) 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) 圧力抑制室水位 (T48-LT021) は溶接で壁面に固定される。
- (4) 転倒方向は、図 2-2, 図 2-3 計算モデルにおける水平方向及び鉛直方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方 (許容値/発生値の小さい方をいう。) を記載する。
- (5) 圧力抑制室水位 (T48-LT021) の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室水位 (T48-LT021) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室水位 (T48-LT021)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：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 2-5 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
溶接部		周囲環境温度	65	217	386	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震動」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

表 2-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=0.63$	$C_V=0.51$	$C_H=1.34$	$C_V=0.88$

注記*：基準床レベルを示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

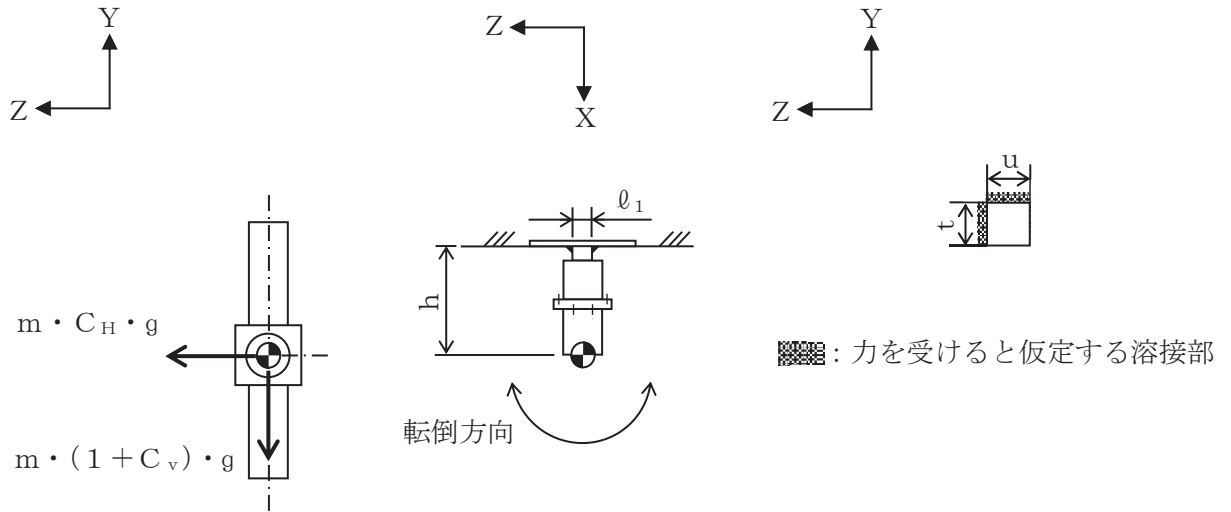


図 2-2 計算モデル（水平方向転倒）

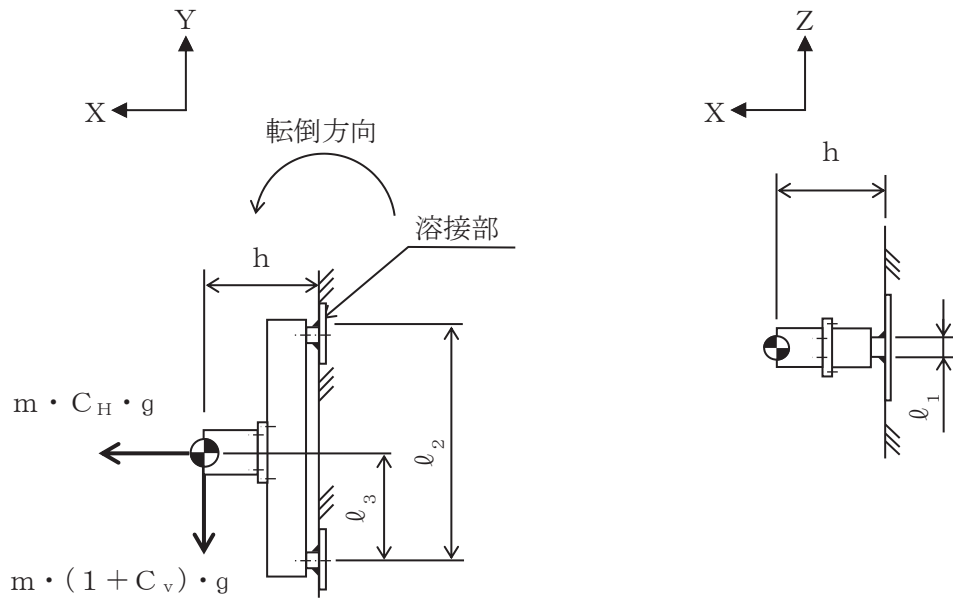


図 2-3 計算モデル（鉛直方向転倒）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 2-2 の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_1} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_2} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 2-3 の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_2} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = a \cdot (t + u) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

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

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_{w1}}{n \cdot A_{w1}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{w2}}{n \cdot A_{w2}}\right)^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.10)$$

ここで、 A_{w1} 、 A_{w2} はせん断力を受ける各方向の有効断面積を示す。

A_{w1} 、 A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot u \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.11)$$

$$A_{w2} = a \cdot t \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.12)$$

(3) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.13)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室水位 (T48-LT021) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 溶接部の応力評価

2.5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室水位（T48-LT021）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

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

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT021)	水平方向	
	鉛直方向	

2.7 評価結果

2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

圧力抑制室水位（T48-LT021）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。

【圧力抑制室水位（T48-LT021）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
圧力抑制室水位 (T48-LT021)	S	原子炉建屋 0. P. -8. 10 (0. P. -0. 80*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 63	C _V =0. 51	C _H =1. 34	C _V =0. 88	65

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	n	n _{fV}	n _{fH}	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	A _w (mm ²)	A _{w1} (mm ²)	A _{w2} (mm ²)
溶接部		447. 5					2	1	2						

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ¹	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	217	386	217	261	水平方向	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_w		Q_w	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部				

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	$\sigma_t = 7$	$f_s = 125$	$\sigma_t = 12$	$f_s = 150$
		せん断	$\tau = 3$	$f_s = 125$	$\tau = 5$	$f_s = 150$
		組合せ	$\sigma_w = 7$	$f_s = 125$	$\sigma_w = 13$	$f_s = 150$

すべて許容応力以下である。

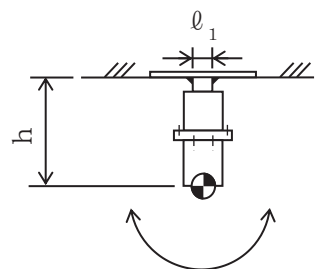
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

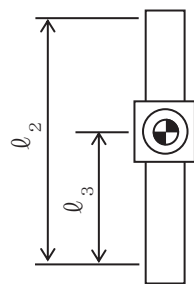
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT021)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。

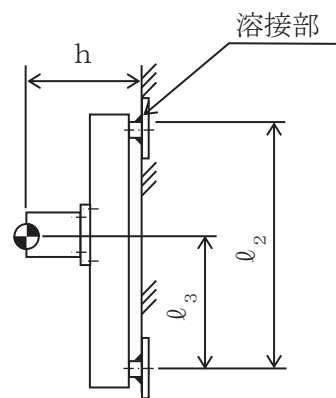
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



転倒方向
(水平方向)



正面



側面

3. 圧力抑制室水位 (T48-LT027)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室水位 (T48-LT027) 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。

圧力抑制室水位 (T48-LT027) 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。

なお、圧力抑制室水位 (T48-LT027) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

圧力抑制室水位 (T48-LT027) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (壁に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室水位 (T48-LT027)】</p> <p>計器スタンション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(単位：mm)</p>

3.3 固有周期

圧力抑制室水位 (T48-LT027) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の測定結果から、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

圧力抑制室水位 (T48-LT027) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室水位 (T48-LT027) 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 3-3 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室水位 (T48-LT027) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室水位 (T48-LT027) 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 3-5 に示す。

3.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室水位 (T48-LT027) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室水位（T48-LT027）	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 3-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
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 3-5 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	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室水位（T48-LT027）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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室水位（T48-LT027）	水平方向	
	鉛直方向	

3.6 評価結果

3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

圧力抑制室水位（T48-LT027）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。

【圧力抑制室水位（T48-LT027）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	
圧力抑制室水位 (T48-LT027)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		414							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 7$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 114$

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。

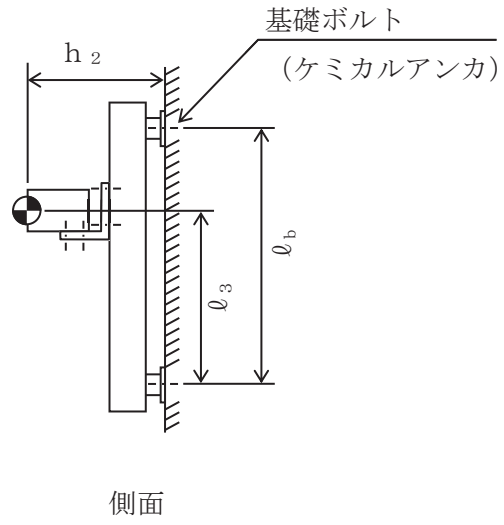
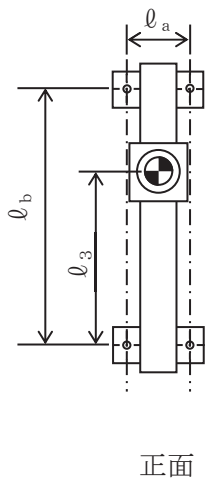
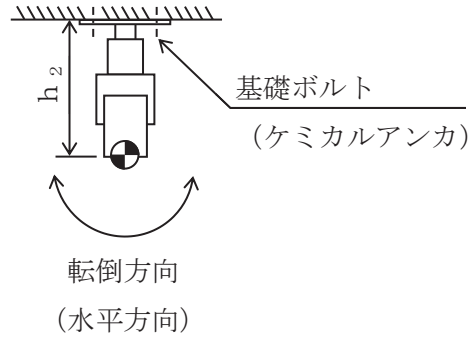
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT027)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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



4. 圧力抑制室水位 (T48-LT027B)

4.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、圧力抑制室水位 (T48-LT027B) 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。

圧力抑制室水位 (T48-LT027B) 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。

なお、圧力抑制室水位 (T48-LT027B) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

4.2 一般事項

4.2.1 構造計画

圧力抑制室水位 (T48-LT027B) の構造計画を表 4-1 に示す。

表 4-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器 (床に設置された計器ステーションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【圧力抑制室水位 (T48-LT027B)】</p> <p>(単位：mm)</p>

4.3 固有周期

圧力抑制室水位（T48-LT027B）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.4 構造強度評価

4.4.1 構造強度評価方法

圧力抑制室水位（T48-LT027B）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

圧力抑制室水位（T48-LT027B）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

(2) 許容応力

圧力抑制室水位（T48-LT027B）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

圧力抑制室水位（T48-LT027B）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【圧力抑制室水位（T48-LT027B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	圧力抑制室水位 (T48-LT027B)	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 4-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
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 4-5 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	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

4.5 機能維持評価

4.5.1 電氣的機能維持評価方法

圧力抑制室水位（T48-LT027B）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、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

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

機能確認済加速度を表 4-6 に示す。

表 4-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
圧力抑制室水位（T48-LT027B）	水平方向	
	鉛直方向	

4.6 評価結果

4.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

圧力抑制室水位（T48-LT027B）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。

【圧力抑制室水位（T48-LT027B）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	
圧力抑制室水位 (T48-LT027B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. -8.10*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.99	C _V =0.69	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * ¹
基礎ボルト		600					4	2 2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ²	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：左右，前後方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 114$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

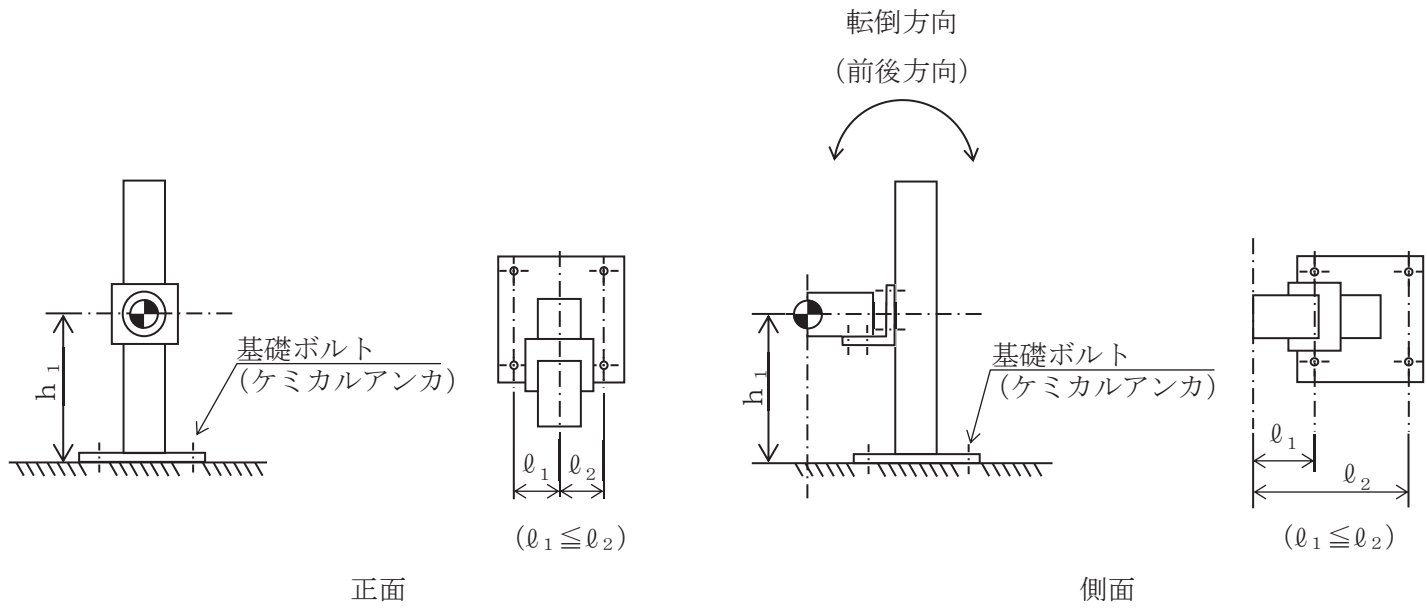
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
圧力抑制室水位 (T48-LT027B)	水平方向	0.82	
	鉛直方向	0.57	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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

49



VI-2-6-5-8-2 原子炉格納容器下部水位の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用規格・基準等	3
1.3 評価部位	3
1.4 機能維持評価	4
1.4.1 機能維持評価用加速度	4
1.4.2 機能確認済加速度	4
1.5 評価結果	4
1.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	4
2. 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	6
2.1 概要	6
2.2 一般事項	6
2.2.1 構造計画	6
2.2.2 評価方針	8
2.2.3 適用規格・基準等	8
2.2.4 記号の説明	9
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	10
2.3 評価部位	11
2.4 固有周期	12
2.4.1 固有値解析方法	12
2.4.2 解析モデル及び諸元	12
2.4.3 固有値解析結果	13
2.5 構造強度評価	15
2.5.1 構造強度評価方法	15
2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
2.5.3 設計用地震力	18
2.5.4 計算方法	19
2.5.5 計算条件	23
2.5.6 応力の評価	23
2.6 機能維持評価	23
2.6.1 電氣的機能維持評価方法	23

2.7	評価結果	24
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	24
3.	原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	30
3.1	概要	30
3.2	一般事項	30
3.2.1	構造計画	30
3.2.2	評価方針	32
3.2.3	適用規格・基準等	32
3.2.4	記号の説明	33
3.2.5	計算精度と数値の丸め方	34
3.3	評価部位	34
3.4	固有周期	34
3.4.1	固有値解析方法	34
3.4.2	解析モデル及び諸元	35
3.4.3	固有値解析結果	36
3.5	構造強度評価	38
3.5.1	構造強度評価方法	38
3.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	38
3.5.3	設計用地震力	41
3.5.4	計算方法	42
3.5.5	計算条件	46
3.5.6	応力の評価	46
3.6	機能維持評価	46
3.6.1	電氣的機能維持評価方法	46
3.7	評価結果	47
3.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	47

1. 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) 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電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に設置する。</p>	<p>電極式水位検出器 (検出器は、原子炉本体基礎に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>(単位：mm)</p>

1.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.4 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.5 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

なお、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

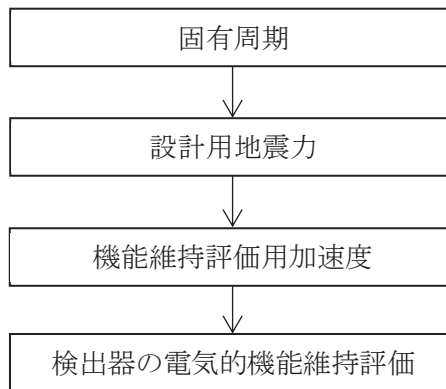


図 2-1 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)

1.3 評価部位

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に設置することから、原子炉本体基礎が支持している。原子炉本体基礎の構造強度評価は、添付書類「VI-2-9-2-1-1 ドライウェルの耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉本体基礎の地震応答解析結果を用いた原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の電氣的機能維持評価について示す。

1.4 機能維持評価

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

1.4.1 機能維持評価用加速度

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) は原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度の値とする。機能維持評価用加速度を表 1-2 に示す。

表 1-2 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)	原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150*)	水平方向	1.15
		鉛直方向	0.59

注記* : 基準床レベルを示す。

1.4.2 機能確認済加速度

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 1-3 に示す。

表 1-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

1.5 評価結果

1.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE045A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE045A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) 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。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接により設置された計器取付金具に取付ボルトで設置する。</p>	<p>電極式水位検出器 (検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)】</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

2.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

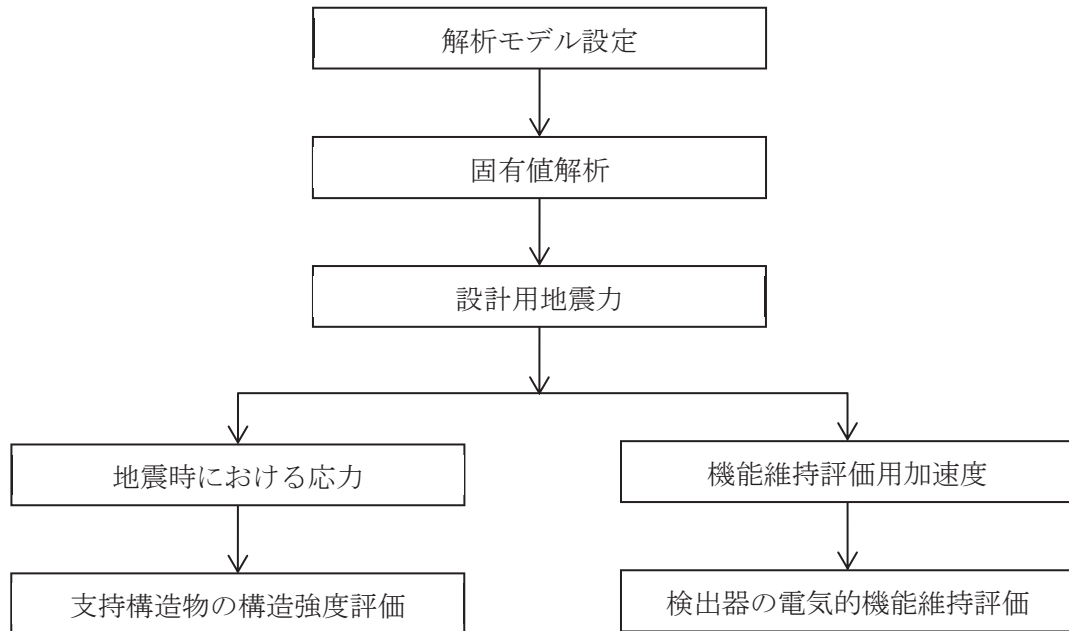


図 2-1 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	ボルト取付面から重心までの距離	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離 ^{*1}	mm
l_3	重心と上側ボルト間の距離	mm
l_4	重心と下側ボルト間の距離	mm
m	検出器及び計器取付金具の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fv}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH}	水平方向転倒モデルにおけるボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH1}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH2}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH3}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bH4}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
Q_{bV}	鉛直方向転倒モデルにおけるボルトに作用するせん断力	N
Q_{bV1}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{bV2}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により重心の偏心を考慮したボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記*1： $l_1 \leq l_2$

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

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

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。

2.3 評価部位

原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

2.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (2) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。なお、計器取付金具は原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、①～③の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

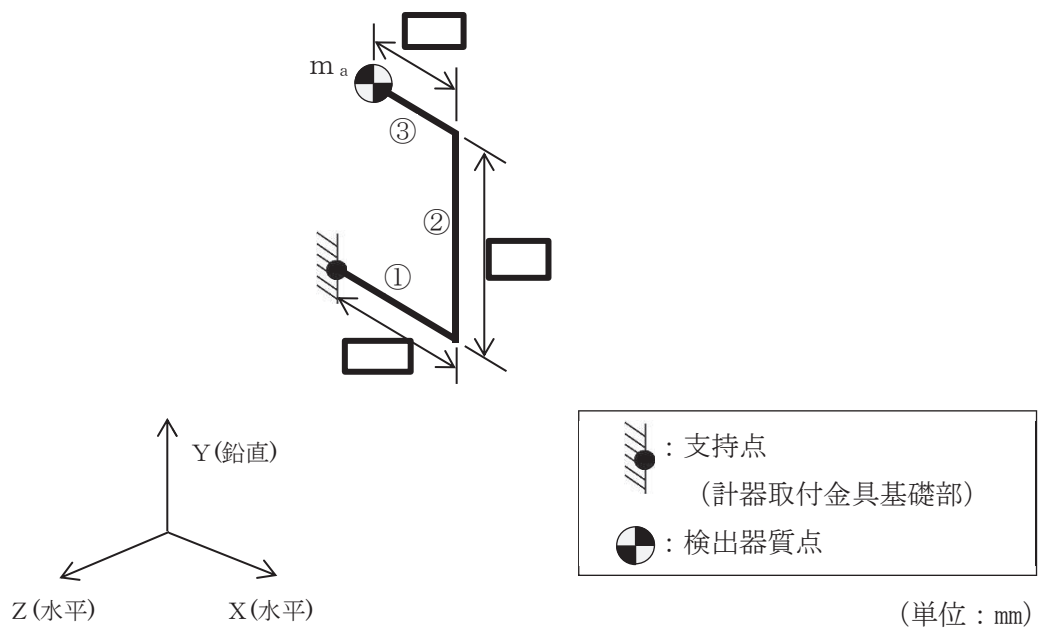


図 2-2 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3 に、振動モード図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		—	—	—
3次	鉛直方向		—	—	—

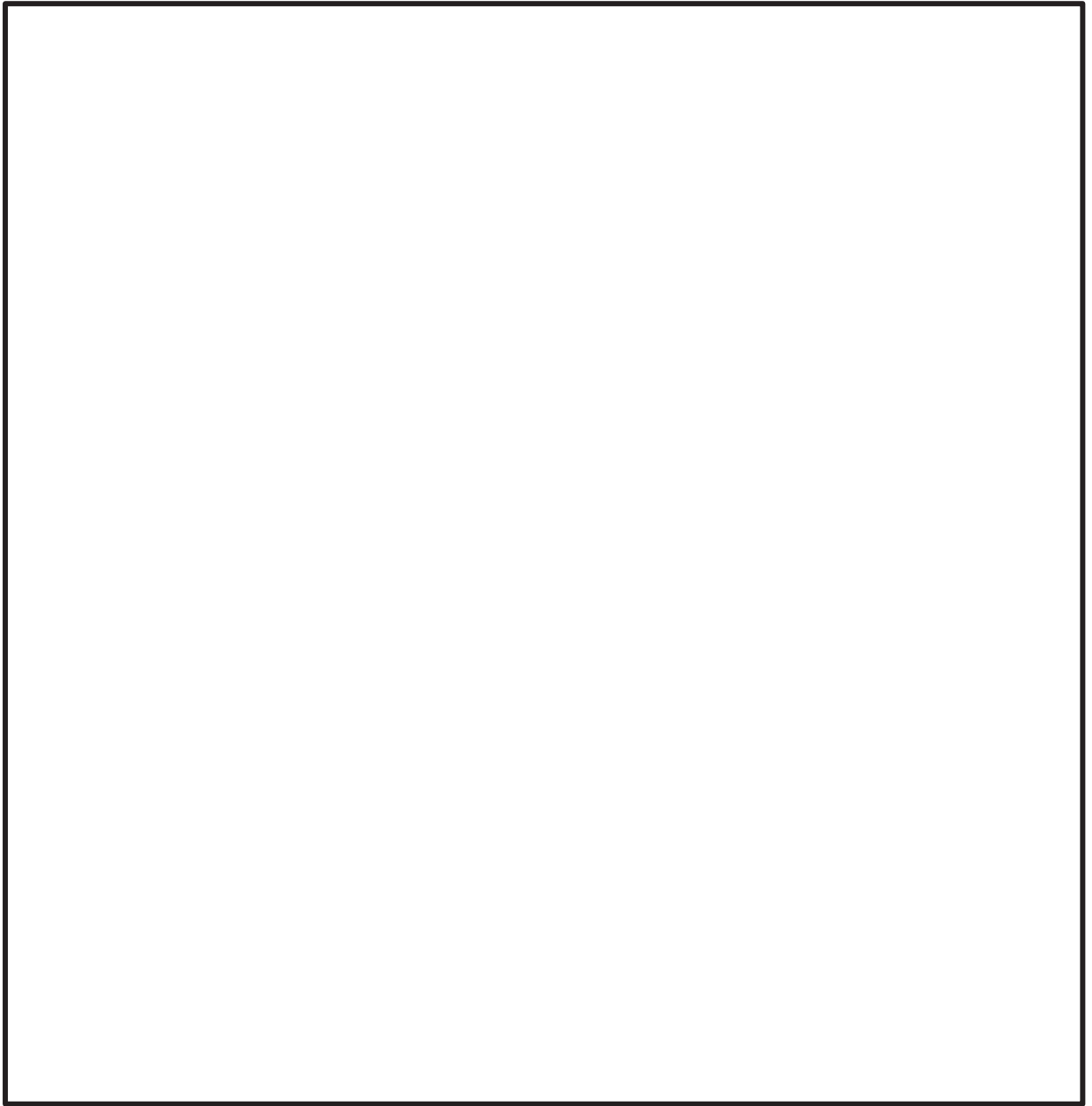


図 2-3 振動モード図 (1次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

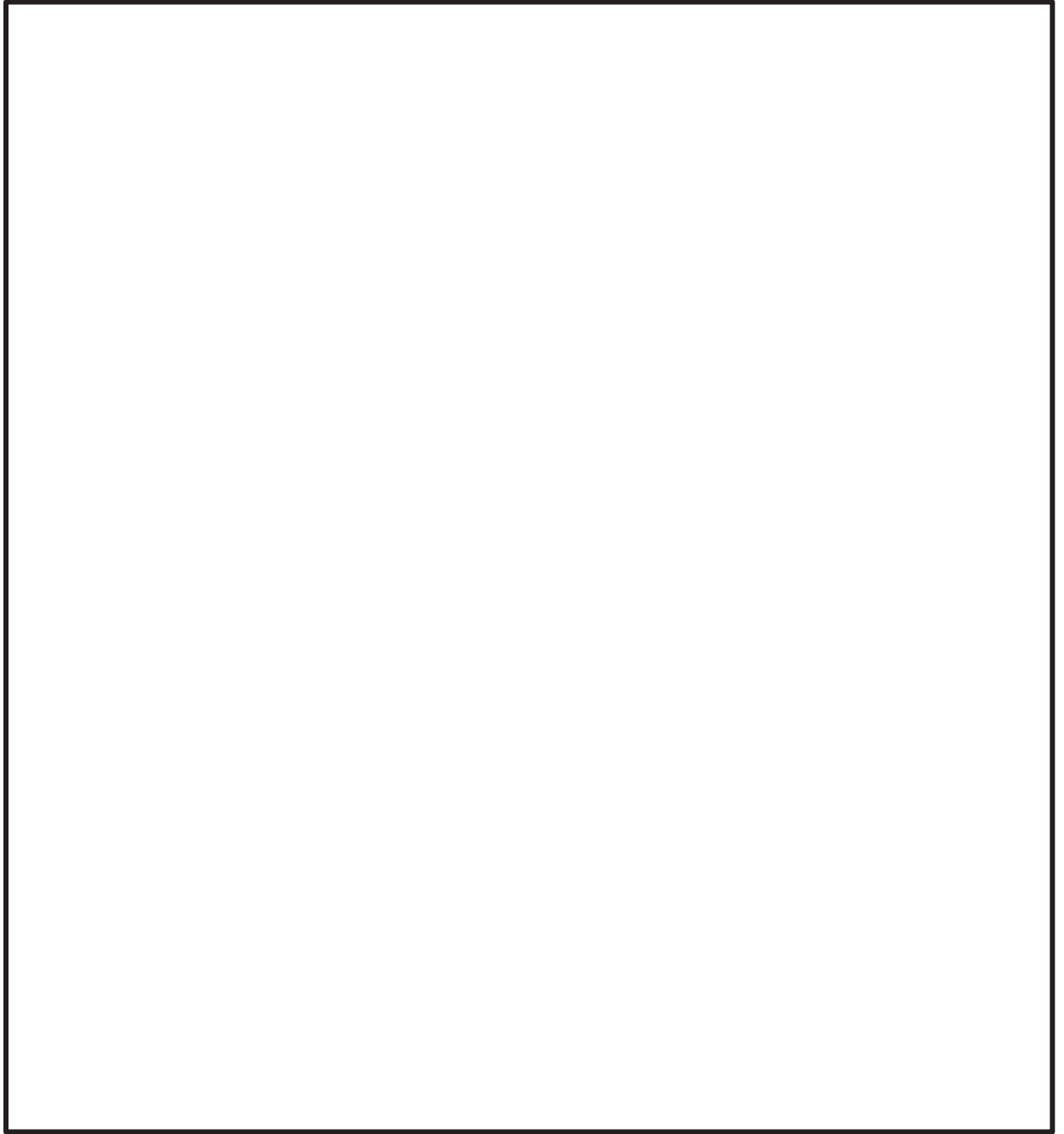


図 2-4 振動モード図 (3 次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2項(1)～(3)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) は、取付ボルトにより原子炉本体基礎の壁面に固定される。
- (3) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の質量は、検出器及び計器取付金具を考慮する。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	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 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _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 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		取付ボルト		周囲環境温度	200	144

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

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

表 2-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150 ^{*1})			—	—	$C_H=1.38$	$C_V=0.70$

注記*1：基準床レベルを示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

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

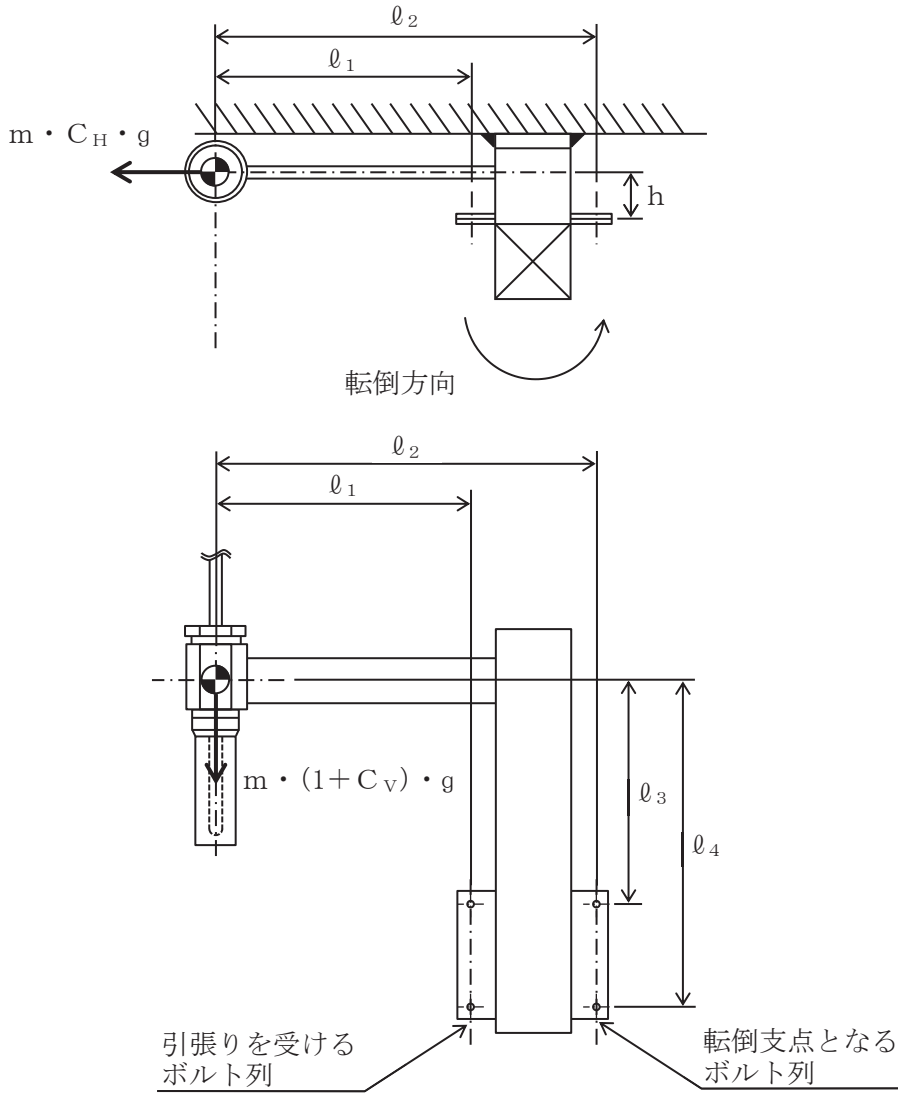


図 2-5 計算モデル (水平方向転倒)

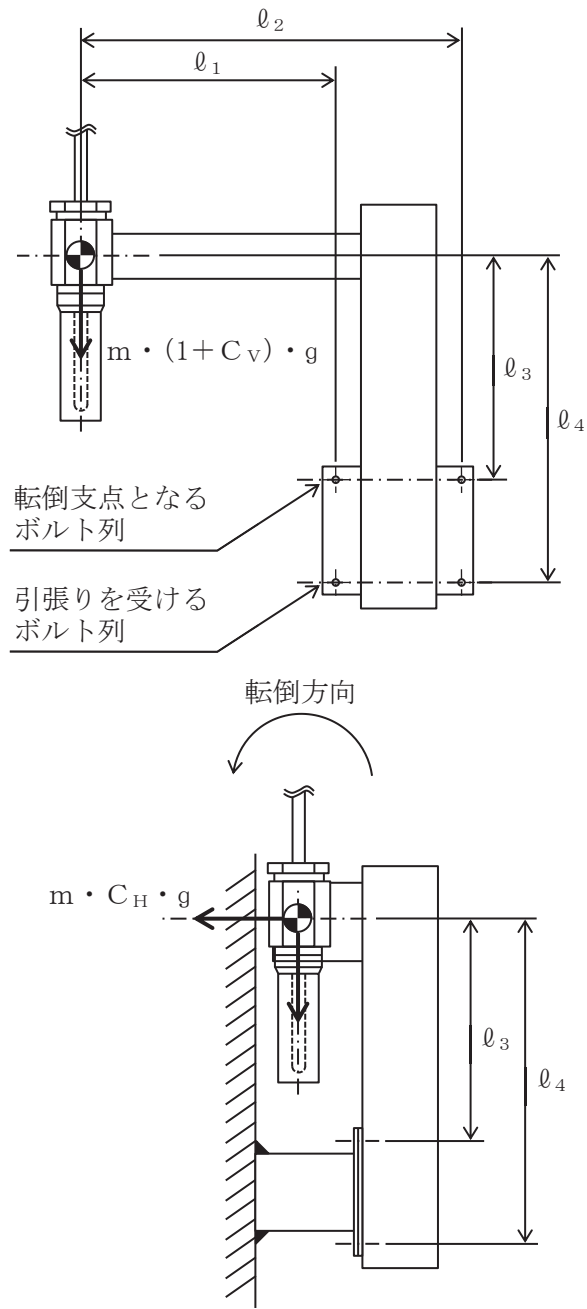


図 2-6 計算モデル (鉛直方向転倒)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 2-5 及び図 2-6 で片側の列の取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h}{(\ell_2 - \ell_1) \cdot n_{fH}} + \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h}{(\ell_4 - \ell_3) \cdot n_{fV}} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_3 + m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h}{(\ell_4 - \ell_3) \cdot n_{fV}} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、重心位置の偏心を考慮して固定部の取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bH1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{bH2} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_4}{\ell_4 - \ell_3} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{bH3} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.8)$$

$$Q_{bH4} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell_2}{\ell_2 - \ell_1} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.9)$$

$$Q_{bH} = \sqrt{(Q_{bH1} + Q_{bH2})^2 + (Q_{bH3} + Q_{bH4})^2} \quad \dots\dots (2.5.4.1.1.10)$$

$$Q_{bV1} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.11)$$

$$Q_{bV2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell_2}{\ell_2 - \ell_1} n^* \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.12)$$

$$Q_{bV} = Q_{bV1} + Q_{bV2} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.13)$$

$$Q_b = \text{Max} (Q_{bH}, Q_{bV}) \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.14)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.15)$$

注記*：本計算式のみ取付ボルト1本に作用するせん断力であり、全本数n本分に換算するためn倍とする。

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 取付ボルトの応力評価

2.5.4.1.1 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。

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

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。

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

2.6 機能維持評価

2.6.1 電気的機能維持評価方法

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の電気的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8m/s^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B）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。

【原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE046A, B, L/TE050A, 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	
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	常設/緩和	原子炉本体基礎 O. P. -2. 500 (O. P. 1. 150*1)			—	—	C _H =1. 38	C _V =0. 70	200

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
取付ボルト		50								4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
						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	144	402	205	—	194	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直左右方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	

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	—	—	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 145^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 13$	$f_{sb} = 112$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器 下部水位 (T48-L/TE046A, B, L/TE050A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

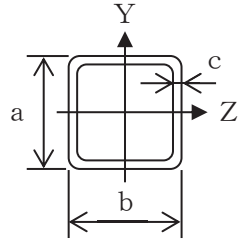

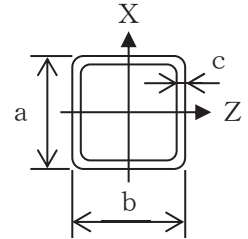
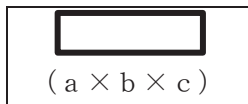
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

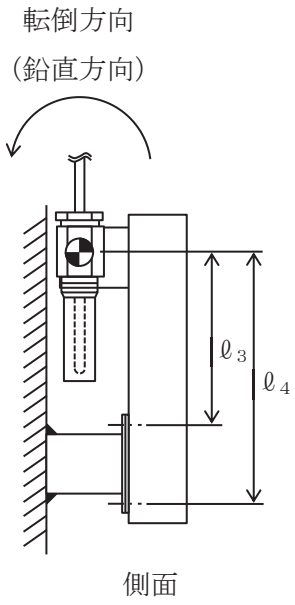
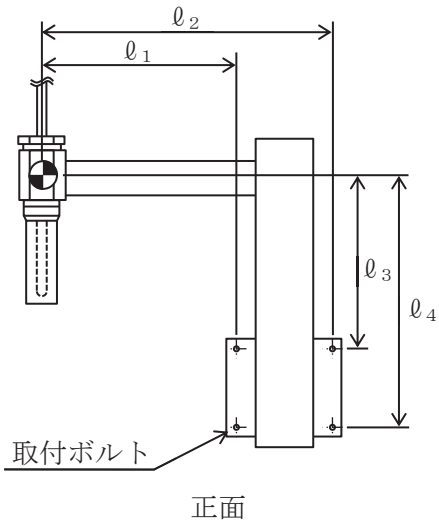
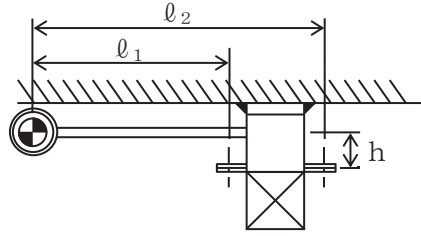
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目

材料		
対象要素	①-③	②
A (mm ²)		
I _Y (mm ⁴)		
I _Z (mm ⁴)		
I _P (mm ⁴)		
断面形状 (mm)	 	 



3. 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に溶接により設置された計器取付金具に設置する。</p>	<p>電極式水位検出器 (検出器は、原子炉本体基礎の壁面に溶接された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)】</p> <p>計器取付金具</p> <p>125</p> <p>上面</p> <p>溶接部</p> <p>基礎(壁面)</p> <p>193</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>側面</p> <p>保護管</p> <p>検出器</p> <p>308</p> <p>正面</p> <p>(単位 : mm)</p>

3.2.2 評価方針

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.2.1 構造計画」にて示す原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「3.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.7 評価結果」に示す。

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

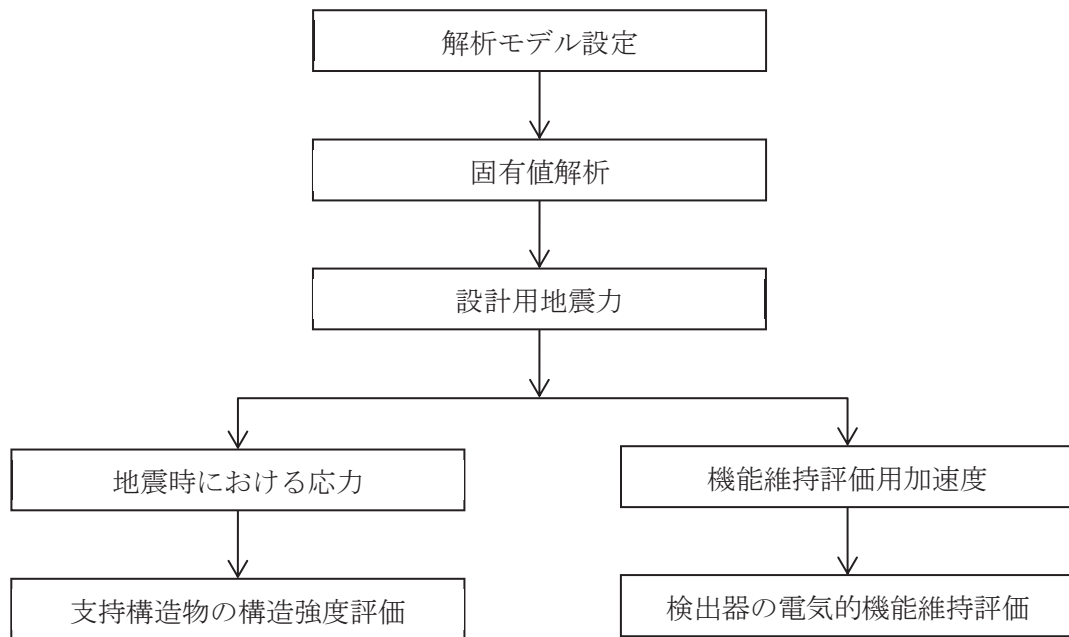


図 3-1 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価フロー

3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wY}	溶接部の F_Y に対する有効断面積	mm ²
A_{wZ}	溶接部の F_Z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_X	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F_Y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F_Z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	取付面から重心までの距離	mm
ℓ	重心と溶接部中心間の水平方向距離	mm
m	検出器及び計器取付金具の質量	kg
M_X	溶接部に作用するモーメント (X軸)	N・mm
M_Y	溶接部に作用するモーメント (Y軸)	N・mm
M_Z	溶接部に作用するモーメント (Z軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
t	溶接の有効長さ (Y方向)	mm
u	溶接の有効長さ (Z方向)	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40°Cに おける値	MPa
Z_P	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z_Y	溶接全断面における断面係数 (Y軸)	mm ³
Z_Z	溶接全断面における断面係数 (Z軸)	mm ³
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

3.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 3-2 に示すとおりである。

表 3-2 表示する数値の丸め方

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

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。

3.3 評価部位

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価は、「3.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震評価部位については、表 3-1 の概略構造図に示す。

3.4 固有周期

3.4.1 固有値解析方法

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、「3.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

3.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の解析モデルを図 3-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (2) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。なお、計器取付金具は、原子炉本体基礎の壁面に固定されることから、計算モデルでは、計器取付金具を直線とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

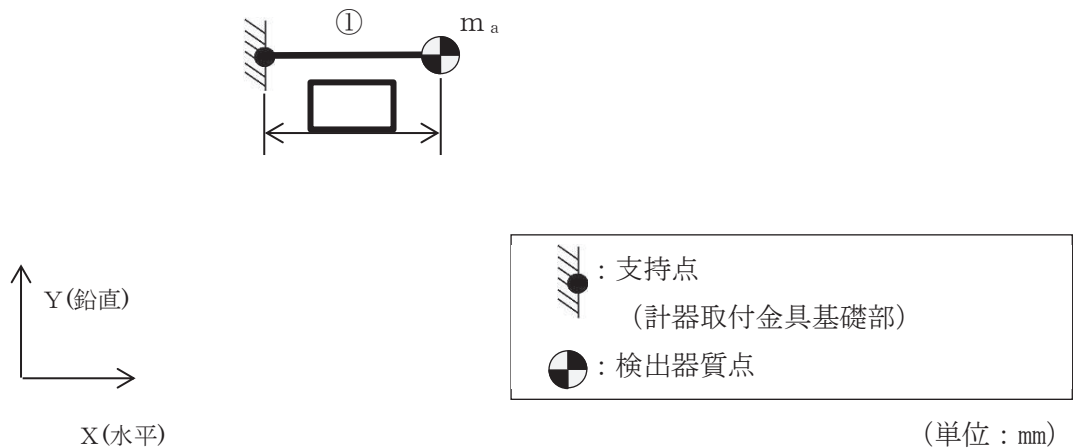


図 3-2 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 解析モデル

3.4.3 固有値解析結果

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

表 3-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	鉛直方向		—	—	—
2 次	水平方向		—	—	—



図 3-3 振動モード図 (1 次モード 鉛直方向 s)

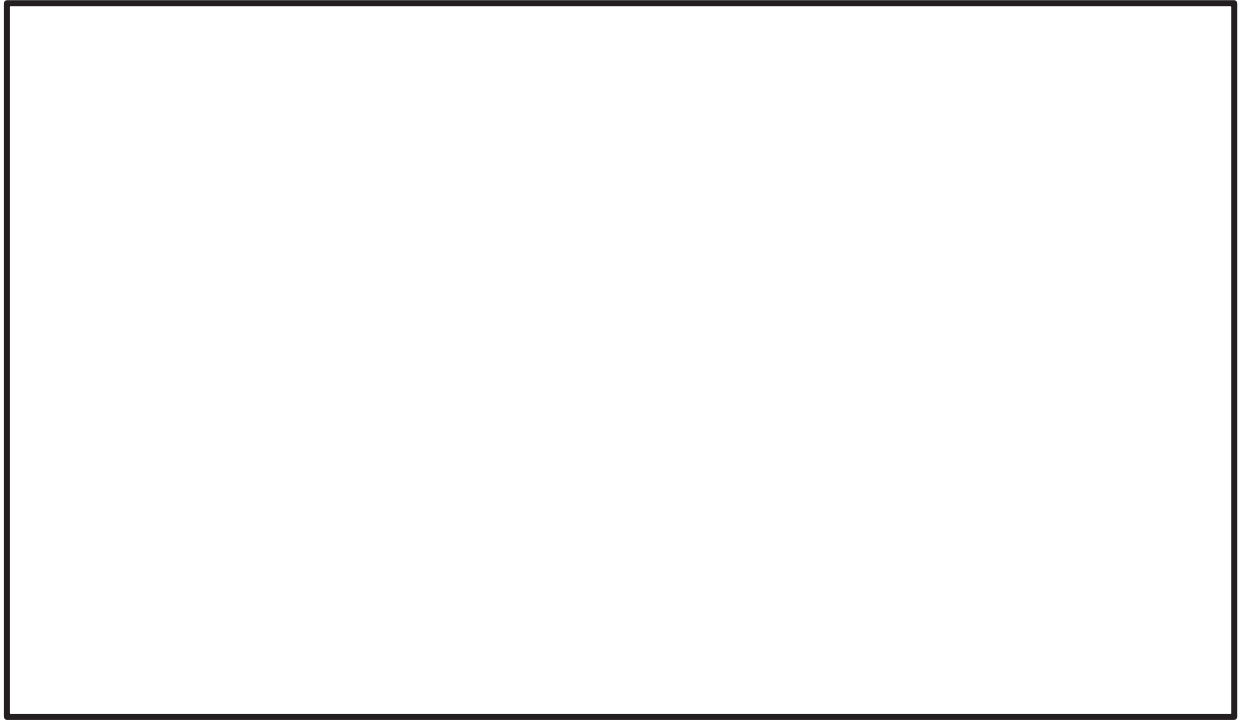


図 3-4 振動モード図 (2次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5 構造強度評価

3.5.1 構造強度評価方法

3.4.2項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) は、溶接により原子炉本体基礎の壁面に固定される。
- (3) 原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の質量は、検出器及び計器取付金具を考慮する。

3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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 3-4 に示す。

3.5.2.2 許容応力

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-5 に示す。

3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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 3-6 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 3-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
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 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	200			
溶接部		周囲環境温度	200	144	402	205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-7 に示す。

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

表 3-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150* ¹)			—	—	$C_H=1.38$	$C_V=0.70$

注記*1：基準床レベルを示す。

3.5.4 計算方法

3.5.4.1 応力の計算方法

3.5.4.1.1 溶接部の計算方法

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

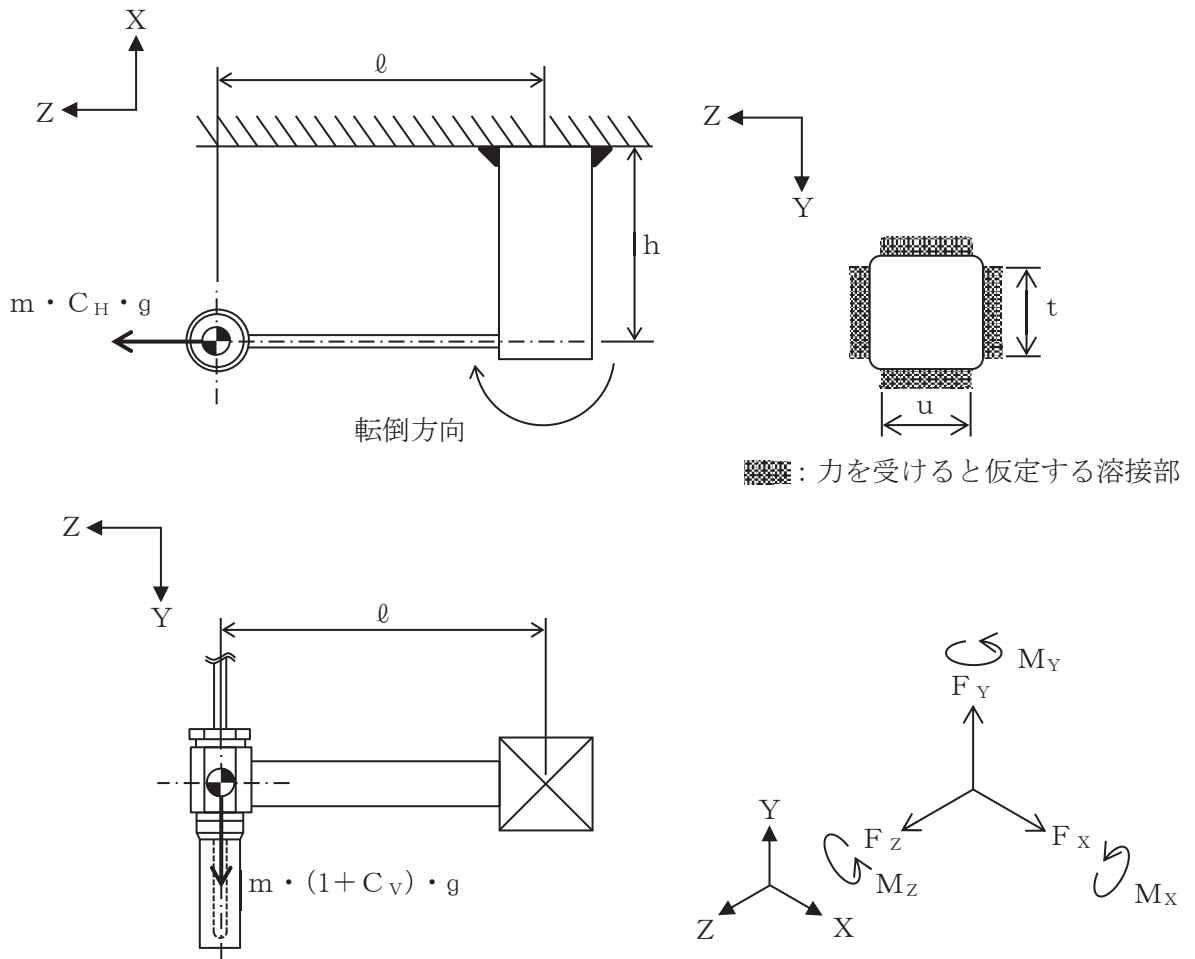
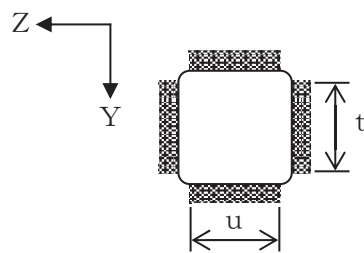
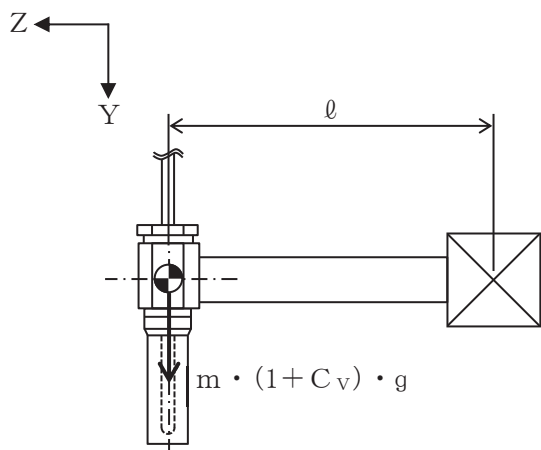


図 3-5 計算モデル（水平方向転倒）



▨: 力を受けると仮定する溶接部

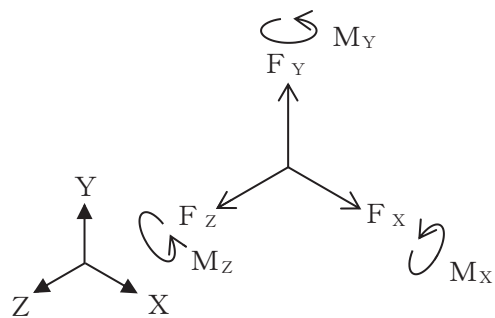
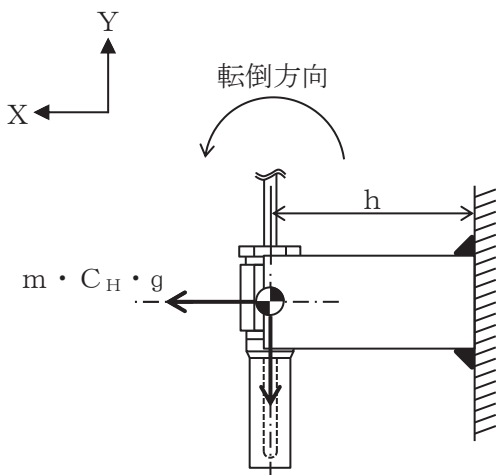


図 3-6 計算モデル (鉛直方向転倒)

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、図 3-6 で X 軸方向に対する引張力を全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

$$F_X = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_X}{A_w} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.2)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は次式により求める。

$$A_w = 2 \cdot a(t + u) \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.3)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.4)$$

(2) せん断応力

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

せん断力

計算モデル図 3-5 の場合のせん断力

$$F_Y = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.5)$$

$$F_Z = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.6)$$

計算モデル図 3-6 の場合のせん断力

$$F_Y = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.7)$$

計算モデル図 3-5 及び図 3-6 の場合のねじりモーメント

$$M_X = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

計算モデル図 3-5 の場合のせん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.9)$$

計算モデル図 3-6 の場合のせん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{M_X}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.10)$$

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

A_{wY} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wY} = 2 \cdot a \cdot t \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.11)$$

$$A_{wZ} = 2 \cdot a \cdot u \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.12)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 3-3 及び図 3-4 で Y 軸方向、Z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げモーメント

計算モデル図 3-5 の場合の曲げモーメント

$$M_Y = m \cdot C_H \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.13)$$

$$M_Z = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.14)$$

計算モデル図 3-6 の場合の曲げモーメント

$$M_Y = m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.15)$$

$$M_Z = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.16)$$

曲げ応力

計算モデル図 3-5 及び図 3-6 の場合の曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_Y}{Z_Y} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.17)$$

Z_Y 、 Z_Z は溶接断面の Y 軸及び Z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.18)$$

3.5.5 計算条件

3.5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) 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。

3.5.6 応力の評価

3.5.6.1 溶接部の応力評価

3.5.4.1.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

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

3.6 機能維持評価

3.6.1 電気的機能維持評価方法

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の電気的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気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 3-8 に示す。

表 3-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

3.7 評価結果

3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B）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。

【原子炉格納容器下部水位（T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, 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	
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	常設/緩和	原子炉本体基礎 O.P. -2.500 (O.P. 1.150* ¹)			—	—	C _H =1.38	C _V =0.70	200

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	φ (mm)	s (mm)	a (mm)	t (mm)	u (mm)	A _w (mm ²)	A _{wY} (mm ²)	A _{wZ} (mm ²)	Z _Y (mm ³)	Z _Z (mm ³)	Z _P (mm ³)
溶接部													

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ¹	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	144	402	205	—	194	—	鉛直方向

注記*1：水平，鉛直方向のうち，評価の厳しい方向を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	—	—	$\sigma_t = 0$	$f_s = 112$
		せん断	—	—	$\tau = 3$	$f_s = 112$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_s = 112$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 4$	$f_s = 112$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉格納容器下部水位 (T48-L/TE047A, B, L/TE048A, B, L/TE049A, B)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	0.59	

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

1.5 その他の機器要目

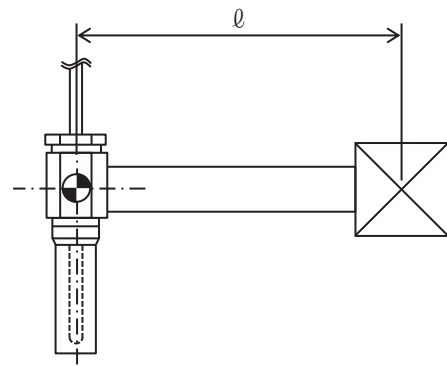
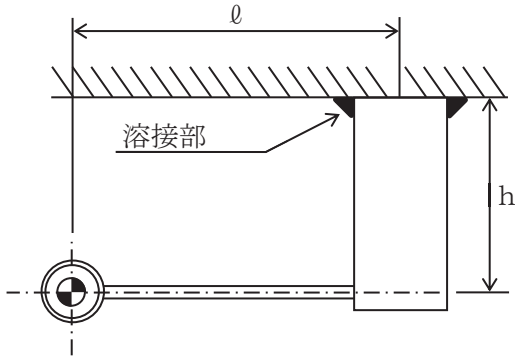
(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	200
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

50

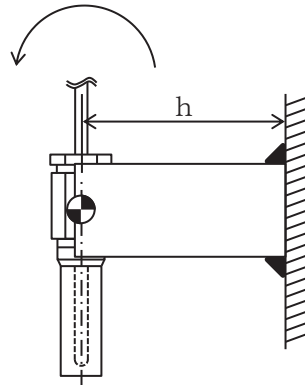
(2) 部材の機器要目

材料	
対象要素	①
A (mm ²)	
I _Y (mm ⁴)	
I _Z (mm ⁴)	
I _P (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	



正面

転倒方向
(鉛直方向)



側面

VI-2-6-5-8-3 ドライウェル水位の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、ドライウエル水位が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

ドライウエル水位は、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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウエル水位の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、溶接により原子炉格納容器内の架構に設置する。</p>	<p>電極式水位検出器 (検出器は、原子炉格納容器内の架構に計器取付金具により固定される構造)</p>	<p>【ドライウェル水位】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ドライウエル水位の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウエル水位の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、ドライウエル水位は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

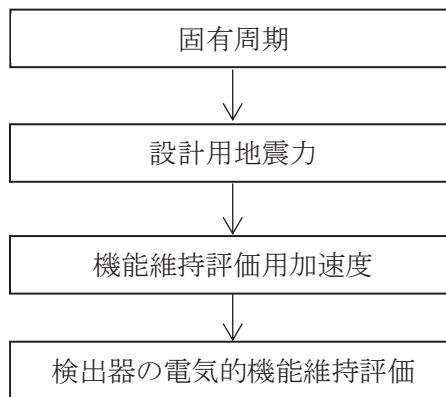


図 2-1 ドライウエル水位の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

ドライウエル水位は、溶接により原子炉格納容器内の架構に設置することから、原子炉格納容器が支持している。原子炉格納容器の構造強度評価は、添付書類「VI-2-9-2-1-1 ドライウエルの耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたドライウエル水位の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

ドライウエル水位の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

ドライウエル水位は原子炉格納容器内の架構に固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度の値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
ドライウエル水位 (T48-L/TE051A, B, L/TE052A, B, L/TE053A, B)	原子炉格納容器内 O. P. 1. 150 (O. P. 3. 050*)	水平方向	1. 19
		鉛直方向	0. 63

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

ドライウエル水位の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル水位 (T48-L/TE051A, B, L/TE052A, B, L/TE053A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエル水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【ドライウェル水位 (T48-L/TE051A, B, L/TE052A, B, L/TE053A, B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル水位 (T48-L/TE051A, B, L/TE052A, B, L/TE053A, B)	水平方向	1.19	
	鉛直方向	0.63	

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度（1.0ZPA）の値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-9 原子炉建屋内の水素ガス濃度を計測する装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-9-1 原子炉建屋内水素濃度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-9-1 原子炉建屋内水素濃度の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E101A, B)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用規格・基準等	4
1.2.4 記号の説明	5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方	6
1.3 評価部位	7
1.4 固有周期	7
1.4.1 固有値解析方法	7
1.4.2 解析モデル及び諸元	7
1.4.3 固有値解析結果	9
1.5 構造強度評価	11
1.5.1 構造強度評価方法	11
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
1.5.3 設計用地震力	14
1.5.4 計算方法	15
1.5.5 計算条件	18
1.5.6 応力の評価	18
1.6 機能維持評価	19
1.6.1 電氣的機能維持評価方法	19
1.7 評価結果	20
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20
2. 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E205)	25
2.1 概要	25
2.2 一般事項	25
2.2.1 構造計画	25
2.2.2 評価方針	27
2.2.3 適用規格・基準等	28
2.2.4 記号の説明	29
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	30
2.3 評価部位	31
2.4 固有周期	31
2.4.1 固有値解析方法	31
2.4.2 解析モデル及び諸元	31
2.4.3 固有値解析結果	33

2.5	構造強度評価	35
2.5.1	構造強度評価方法	35
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	35
2.5.3	設計用地震力	38
2.5.4	計算方法	39
2.5.5	計算条件	42
2.5.6	応力の評価	42
2.6	機能維持評価	43
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	43
2.7	評価結果	44
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	44
3.	原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E201, T71-H ₂ E202, T71-H ₂ E203, T71-H ₂ E204)	49
3.1	概要	49
3.2	一般事項	49
3.2.1	構造計画	49
3.2.2	評価方針	51
3.2.3	適用規格・基準等	52
3.2.4	記号の説明	53
3.2.5	計算精度と数値の丸め方	54
3.3	評価部位	55
3.4	固有周期	55
3.4.1	固有値解析方法	55
3.4.2	解析モデル及び諸元	55
3.4.3	固有値解析結果	57
3.5	構造強度評価	59
3.5.1	構造強度評価方法	59
3.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	59
3.5.3	設計用地震力	62
3.5.4	計算方法	63
3.5.5	計算条件	65
3.5.6	応力の評価	65
3.6	機能維持評価	66
3.6.1	電氣的機能維持評価方法	66
3.7	評価結果	67
3.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	67

1. 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A, B)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A, B) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A, B) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

構造強度評価については取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表して評価する。また、電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで、同構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T71-H ₂ E101A (代表) T71-H ₂ E101B	1.5 構造強度評価	表 1-2 構造計画

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は, 原子炉建屋構造物に溶接で固定する。</p>	<p>触媒式水素検出器 (検出器は, 原子炉建屋構造物に設置された計器取付金具に取付ボルトにより固定される構造)</p>	<p>【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A)】</p> <p>上面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

1.2.2 評価方針

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

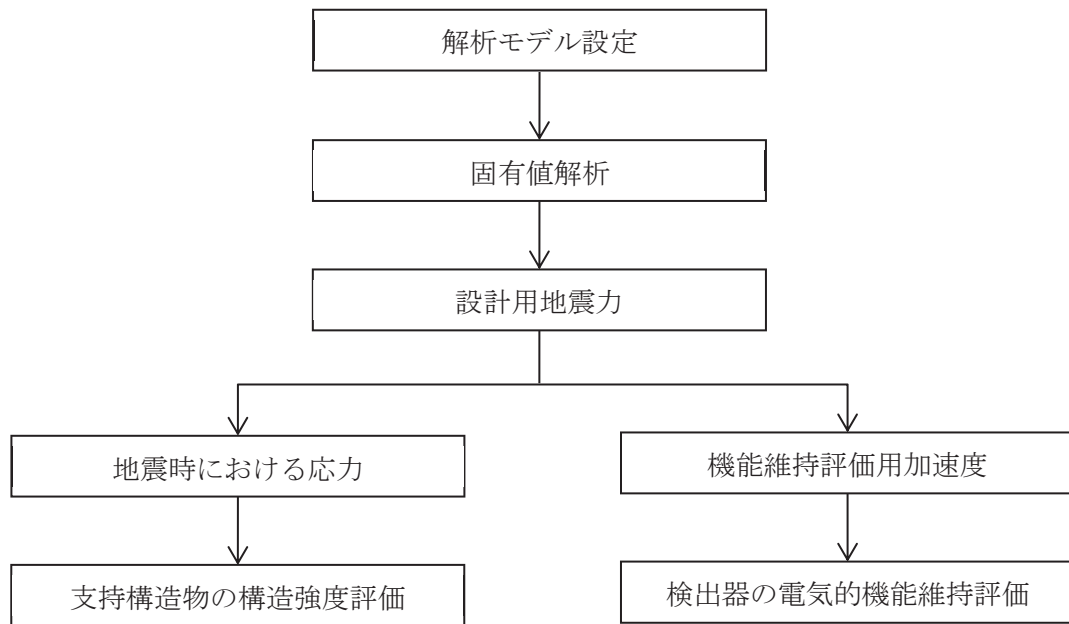


図 1-1 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補一1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_{s^*} を 1.5 倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値又は f_{t^*} を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
l_1	重心と下側ボルト間の距離	mm
l_2	上側ボルトと下側ボルト間の距離	mm
l_3	評価上の支点と引張力を受けるとして期待するボルト間の距離	mm
l_4	重心と重心から最も遠い位置のボルト間の距離	mm
m	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fv}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh}	水平方向転倒モデルにおける取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh1}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震により取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh2}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh3}	水平方向転倒モデルにおける重心の偏心を考慮した取付ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
Q_{bv}	鉛直方向転倒モデルにおける取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bv1}	鉛直方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により取付ボルトに作用する力	N
Q_{bv2}	鉛直方向転倒モデルにおける重心の偏心を考慮した取付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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表1-3に示すとおりである。

表1-3 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

1.3 評価部位

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の取付ボルトについて実施する。原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震評価部位については、表 1-2 の概略構造図に示す。

1.4 固有周期

1.4.1 固有値解析方法

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) は、「1.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

1.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の解析モデルを図 1-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉建屋水素濃度 (T71-H₂E101A) において、計器取付金具は原子炉建屋構造物に固定されることから、①の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1 点で固定される。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

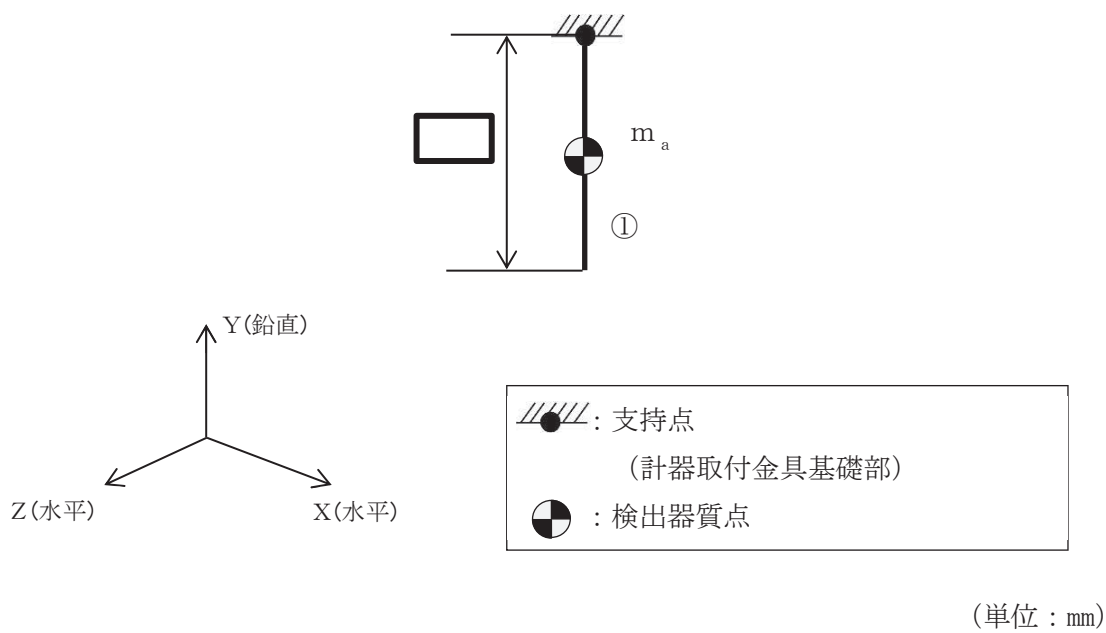


図 1-2 原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4.3 固有値解析結果

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

表 1-4 原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A) 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向	□	—	—	—
8次	鉛直方向		—	—	—

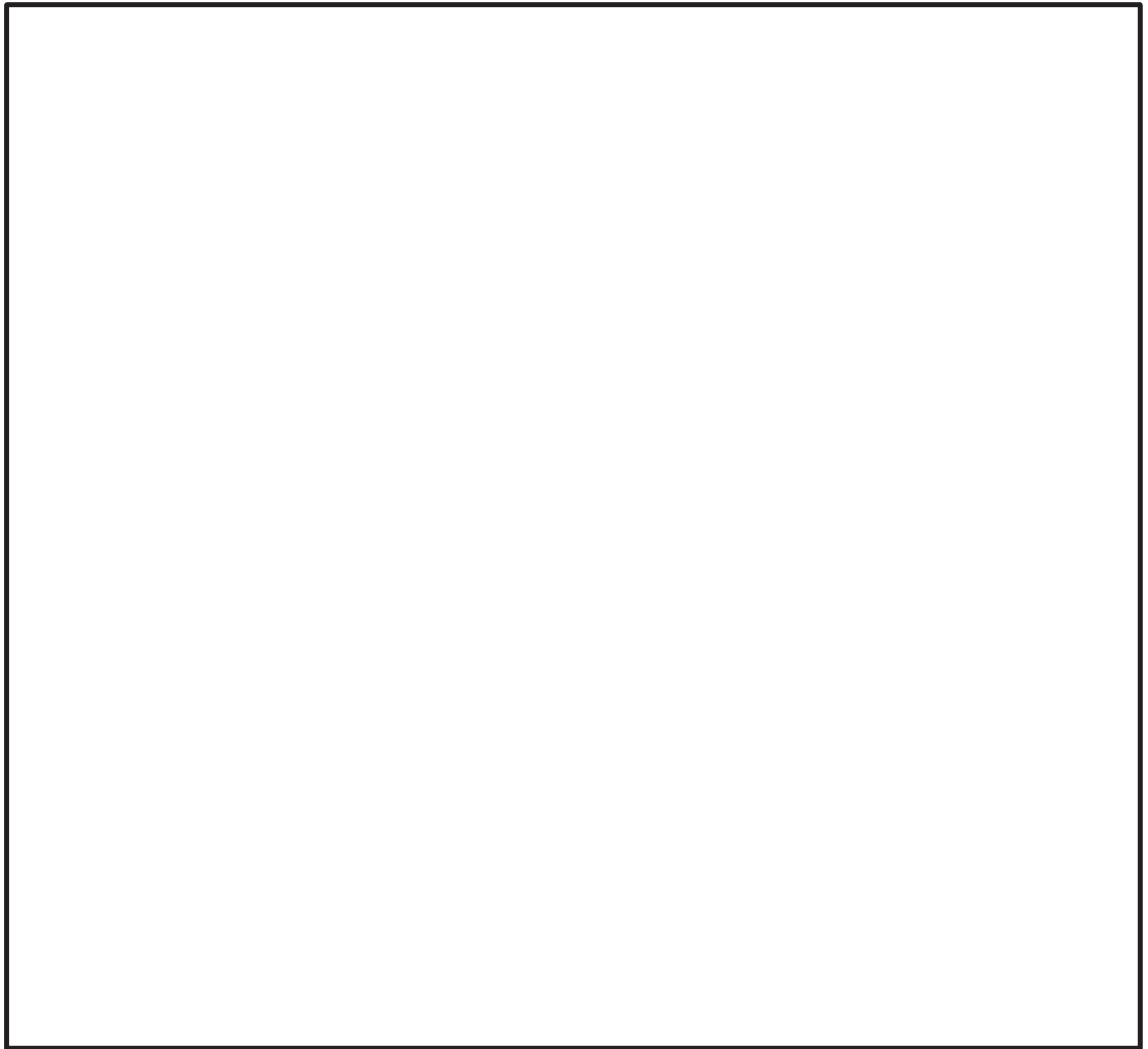


図 1-3 原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)
振動モード図 (1次モード 水平方向 □ s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

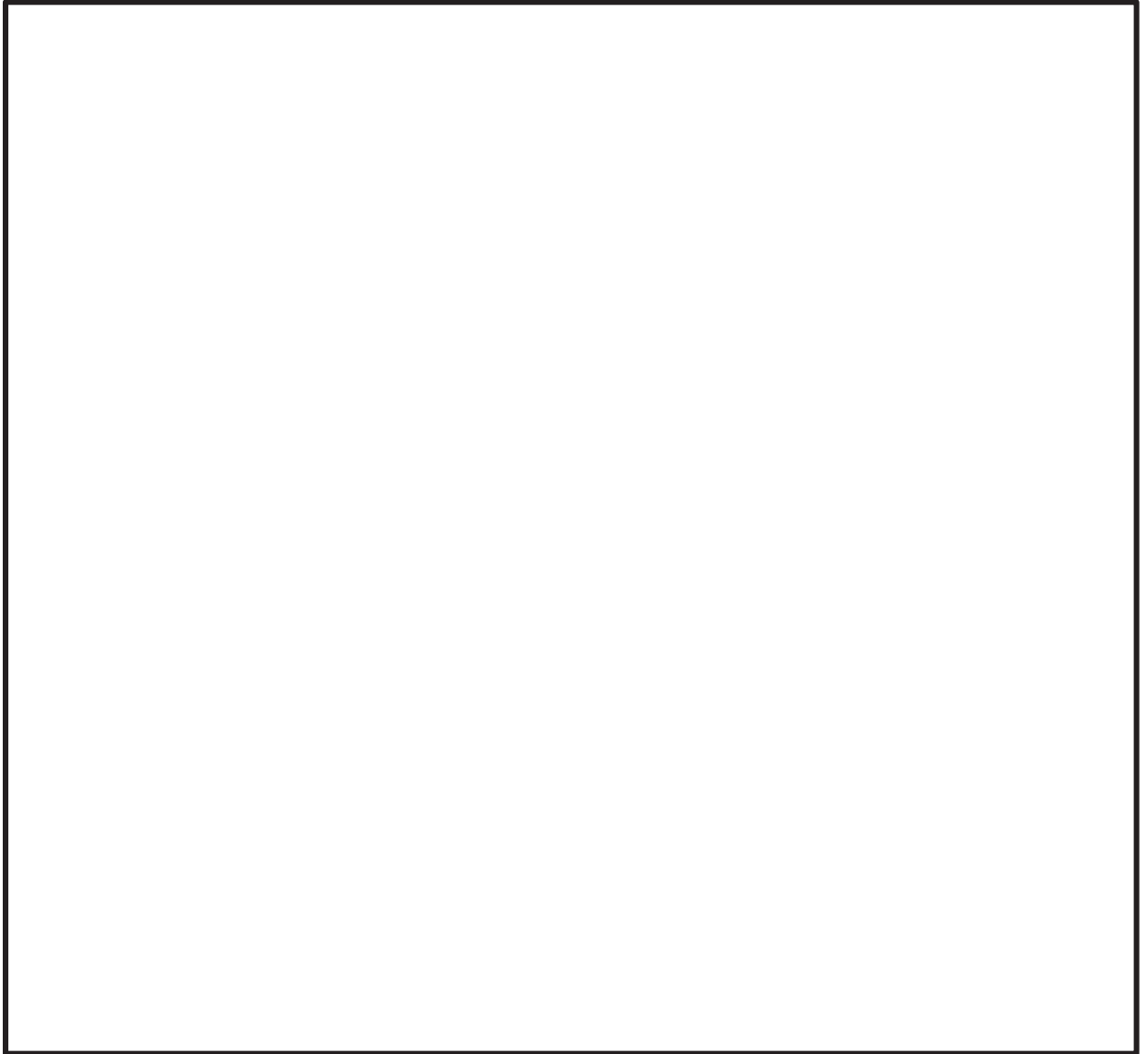


図 1-4 原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)
振動モード図 (8次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

1.4.2項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 表 1-2 に示す原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)は、原子炉建屋構造物に溶接された計器取付金具に取付ボルトで固定する。

1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

1.5.2.2 許容応力

原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 に示す。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉建屋内水素濃度(T71-H₂E101A)の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-7 に示す。

表 1-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉建屋内水素濃度	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用 いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 1-6 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 1-7 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	66	188

1.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-8 に示す。

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

表 1-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20 (O.P. 50.50*1)			—	—	$C_H = 7.28$	$C_V = 2.09$

注記*1：基準床レベルを示す。

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

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

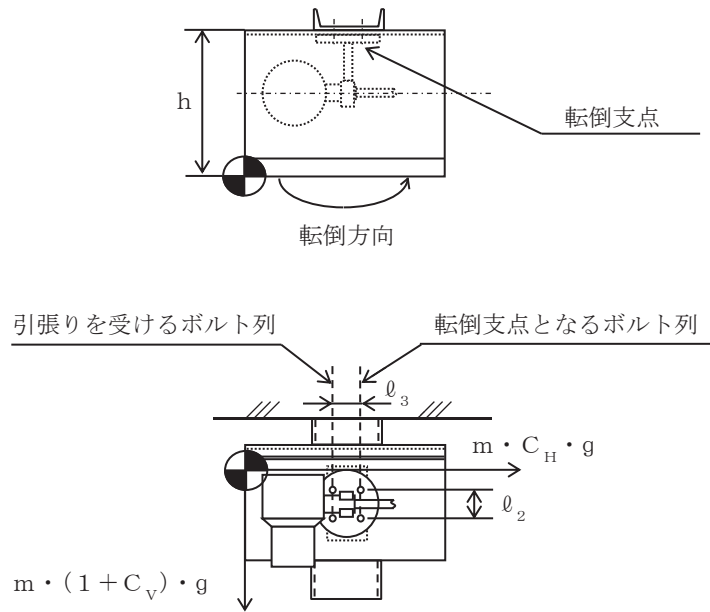


図 1-5(1) 計算モデル(水平方向転倒の場合)

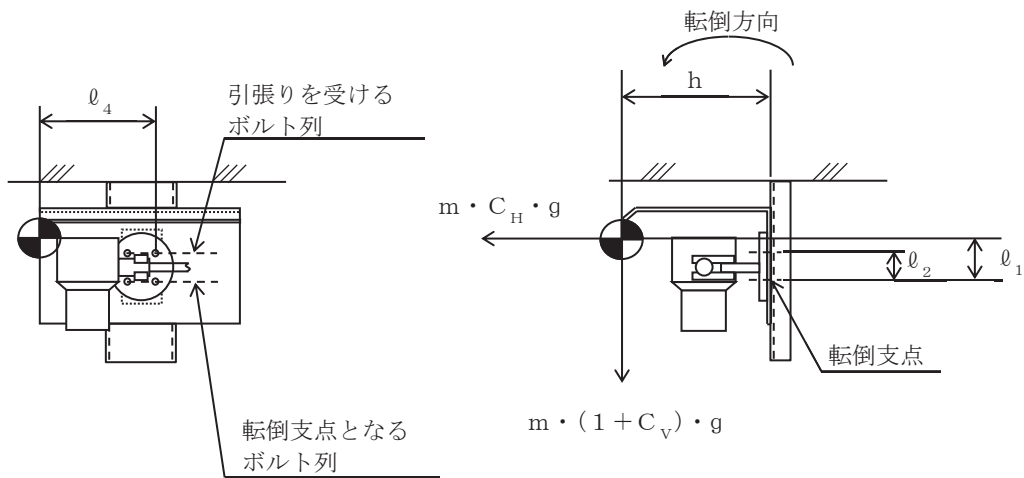


図 1-5(2) 計算モデル(鉛直方向転倒の場合)

(1) 引張応力

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

引張力

計算モデル図 1-5(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{(1 + C_v) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_3} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 1-5(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{(1 + C_v) \cdot h + C_H \cdot \ell_1}{n_{fV} \cdot \ell_2} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

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

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、重心位置の偏心を考慮して取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bh1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{bh2} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{bh3} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot \frac{\ell_4}{\ell_3} \cdot n^* \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.8)$$

$$Q_{bh} = \sqrt{(Q_{bh1})^2 + (Q_{bh2} + Q_{bh3})^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.9)$$

$$Q_{bV1} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.10)$$

$$Q_{bV2} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot \frac{\ell_4}{\ell_3} \cdot n^* \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.11)$$

$$Q_{bV} = Q_{bV1} + Q_{bV2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.12)$$

$$Q_b = \text{Max} (Q_{bh}, Q_{bV}) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.13)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.14)$$

注記* : 本計算式のみ取付ボルト1本に作業するせん断力であり, 全本数n本文に換算するためn倍とする。

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 取付ボルトの応力評価

1.5.4.1.1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。

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

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

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

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E101A)	水平方向	
	鉛直方向	

1.7 評価結果

1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) 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。

【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E101A) 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	
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E101A)	常設/緩和	原子炉建屋 0. P. 33. 20 (0. P. 50. 50* ¹)			—	—	C _H =7. 28	C _V =2. 09	66

注記*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋内水素濃度

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	ℓ ₃ * ¹ (mm)	ℓ ₄ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fH} * ¹	n _{fV} * ¹
取付ボルト		285							4	2	2
										2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向* ²	
						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	188	479	205	—	205	—	水平方向

注記*1: 機器要目における上段は鉛直方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は水平方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 鉛直、水平方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 96$	$f_{ts} = 138^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 48$	$f_{sb} = 118$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持 評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E101A)	水平方向	6.07	
	鉛直方向	1.74	

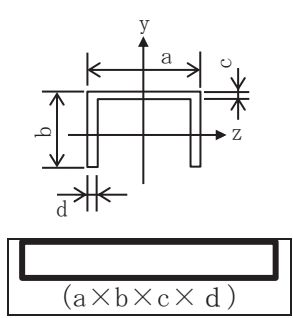
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答力速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

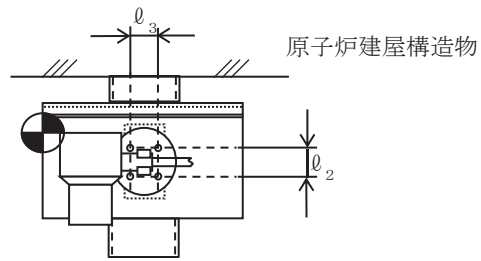
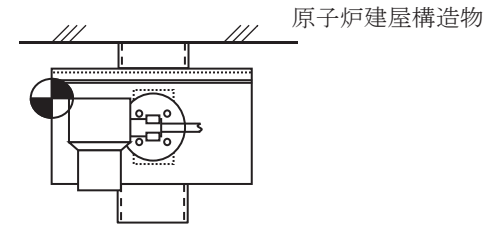
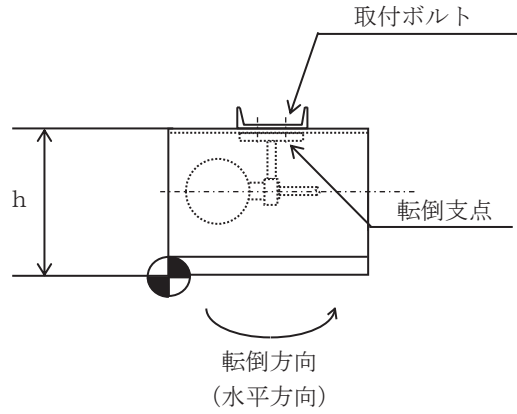
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元 (T71-H₂E101A)

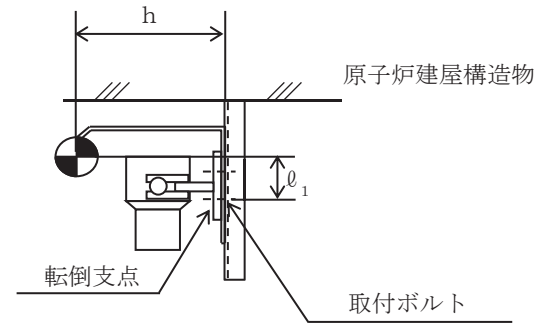
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	66
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目 (T71-H₂E101A)

材料	SS400
対象要素	①
A (mm ²)	
I _y (mm ⁴)	
I _z (mm ⁴)	
I _p (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	



正面



側面

2. 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) 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。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は, 原子炉建屋構造物に溶接で固定する。</p>	<p>触媒式水素検出器 (検出器は, 原子炉建屋構造物に設置された計器取付金具に取付ボルトにより固定される構造)</p>	<p>【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205)】</p> <p>原子炉建屋構造物 溶接部 上面</p> <p>原子炉建屋構造物 検出器 360 400 正面</p> <p>計器取付金具 原子炉建屋構造物 取付ボルト 285 側面</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2.2 評価方針

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

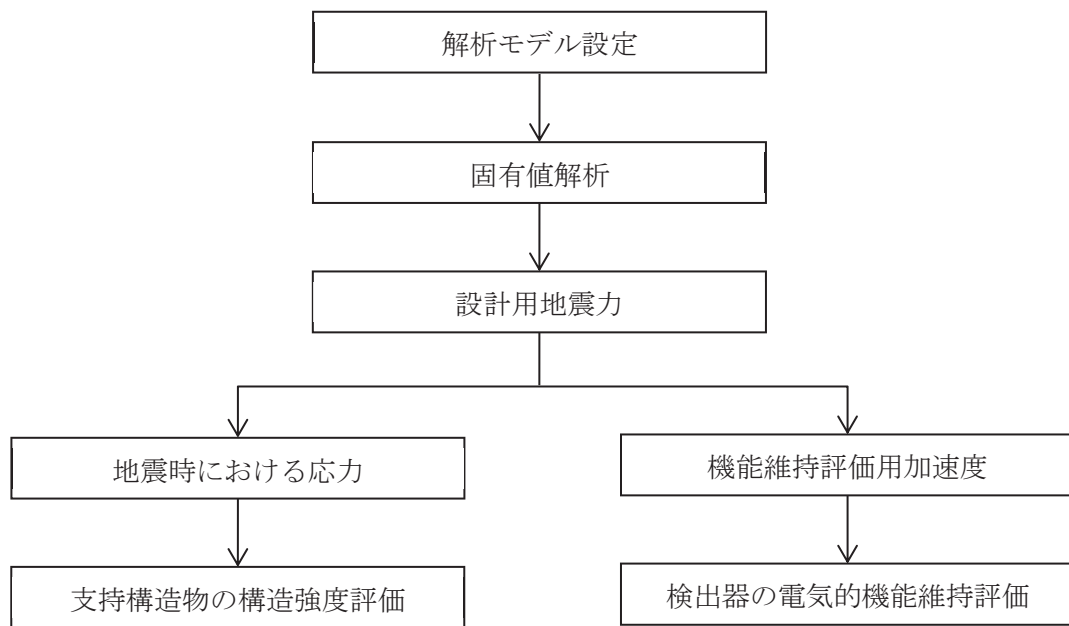


図 2-1 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補一1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本あたり)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛の取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本あたり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_s^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値又は f_t^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
l_1	重心と下側ボルト間の距離	mm
l_2	上側ボルトと下側ボルト間の距離	mm
l_3	評価上の支点と引張力を受けるとして期待するボルト間の距離	mm
l_4	重心と重心から最も遠い位置のボルト間の距離	mm
m	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fv}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh}	水平方向転倒モデルにおける取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh1}	水平方向転倒モデルにおける検出器取付面に対し左右方向の水平方向地震により取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh2}	水平方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bh3}	水平方向転倒モデルにおける重心の偏心を考慮した取付ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
Q_{bv}	鉛直方向転倒モデルにおける取付ボルトに作用するせん断力	N
Q_{bv1}	鉛直方向転倒モデルにおける鉛直方向地震により取付ボルトに作用する力	N
Q_{bv2}	鉛直方向転倒モデルにおける重心の偏心を考慮した取付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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

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。

2.3 評価部位

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の取付ボルトについて実施する。原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉建屋内水素濃度は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

2.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉建屋水素濃度 (T71-H₂E205) において、計器取付金具は原子炉建屋構造物に固定されることから、①の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 2点で固定される。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

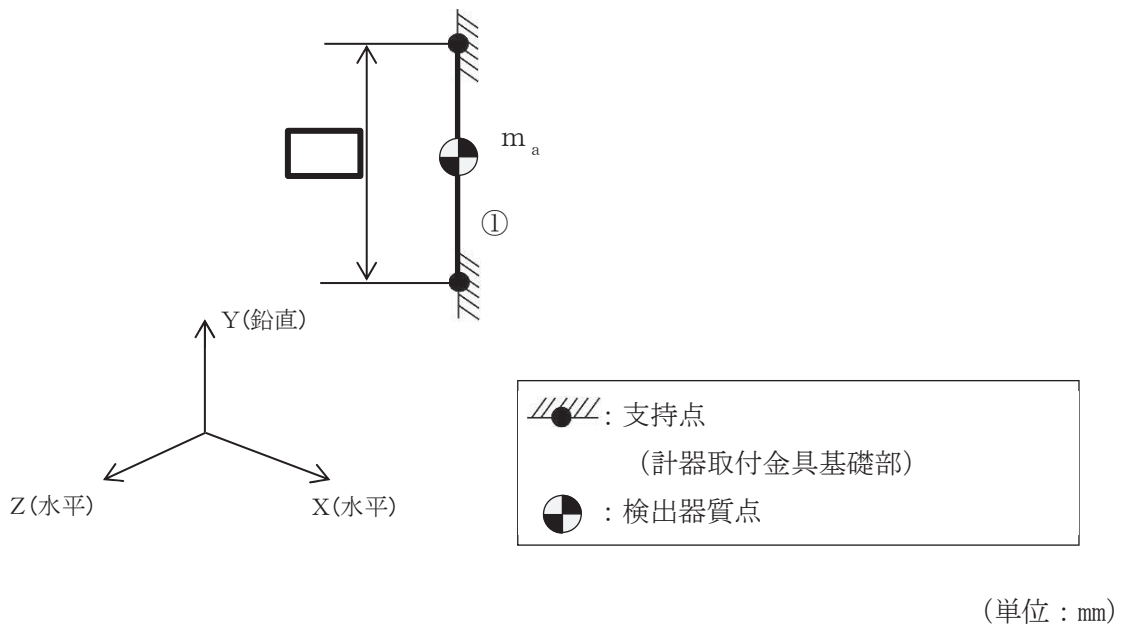


図 2-2 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3 に、振動モード図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向	□	—	—	—
6次	鉛直方向		—	—	—



図 2-3 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205)
(1次モード 水平方向 □ s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

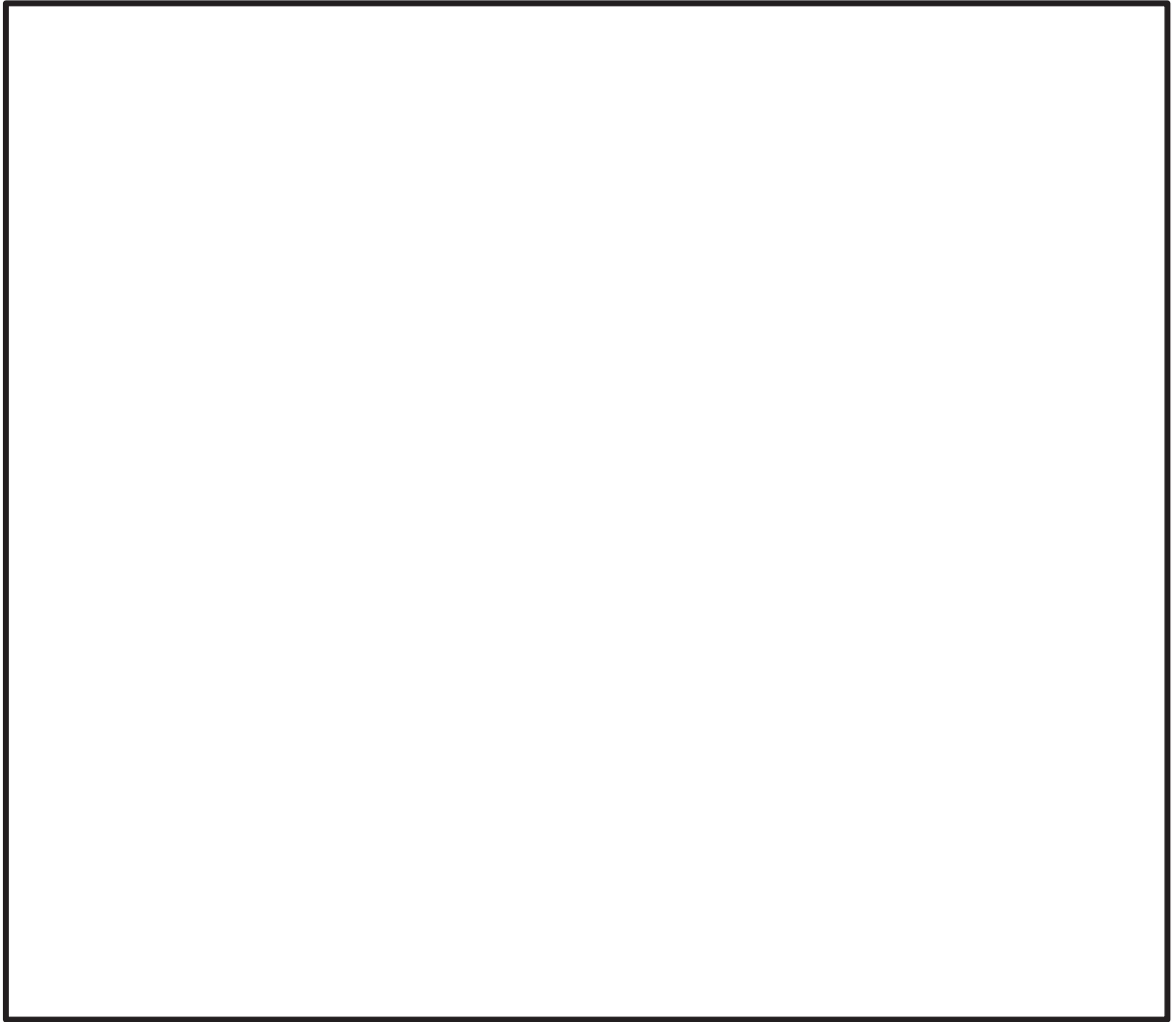


図 2-4 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205)
(6次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 表 2-1 に示す原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) は、原子炉建屋構造物に溶接された計器取付金具に取付ボルトで固定する。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉建屋内水素濃度	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用 いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _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 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		取付ボルト		周囲環境温度	130	161

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

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

表 2-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00* ¹)			—	—	$C_H = 1.57$	$C_V = 1.09$

注記*1：基準床レベルを示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

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

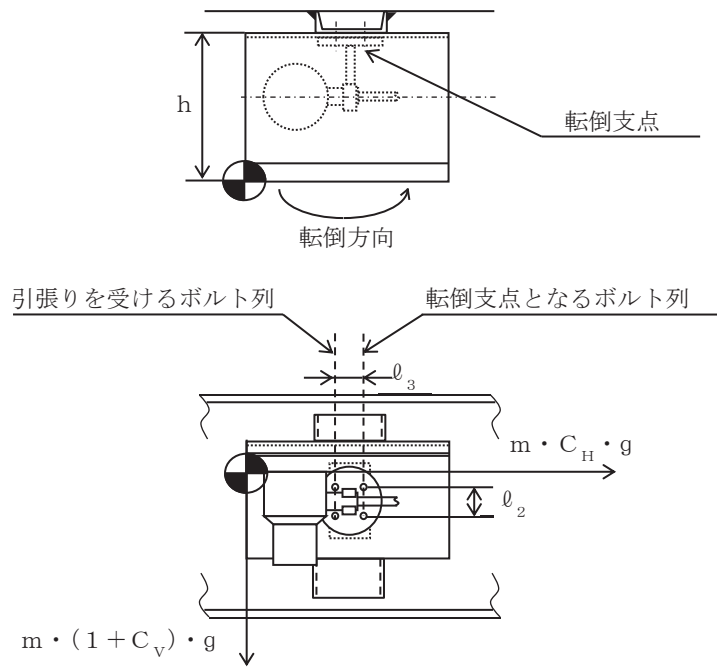


図 2-5(1) 計算モデル(水平方向転倒の場合)

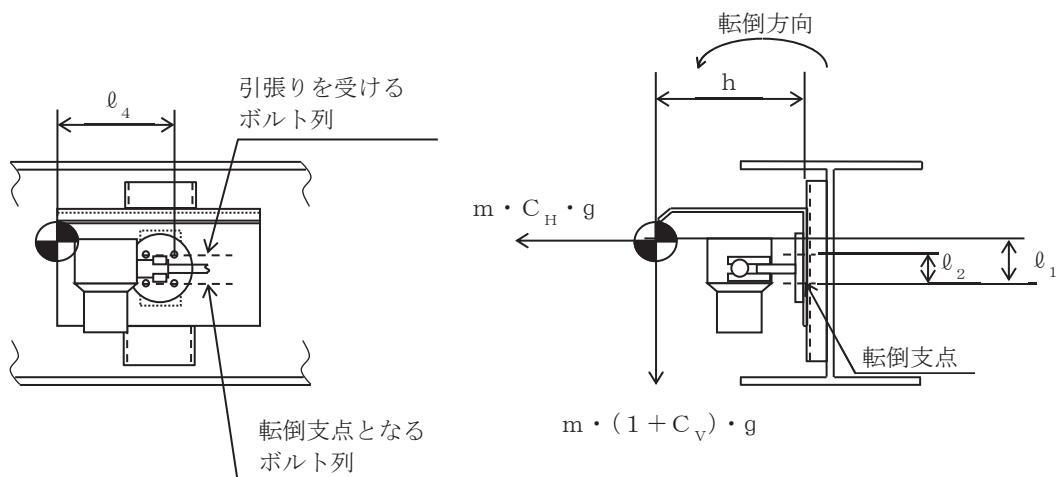


図 2-5(2) 計算モデル(鉛直方向転倒の場合)

(1) 引張応力

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

引張力

計算モデル図 2-5(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{(1 + C_v) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_3} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 2-5(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{(1 + C_v) \cdot h + C_H \cdot \ell_1}{n_{fV} \cdot \ell_2} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、重心位置の偏心を考慮して取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bh1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{bh2} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{bh3} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot \frac{\ell_4}{\ell_3} \cdot n^* \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.8)$$

$$Q_{bh} = \sqrt{(Q_{bh1})^2 + (Q_{bh2} + Q_{bh3})^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.9)$$

$$Q_{bV1} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.10)$$

$$Q_{bV2} = m \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot \frac{\ell_4}{\ell_3} \cdot n^* \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.11)$$

$$Q_{bV} = Q_{bV1} + Q_{bV2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.12)$$

$$Q_b = \text{Max} (Q_{bh}, Q_{bV}) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.13)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.14)$$

注記* : 本計算式のみ取付ボルト1本に作業するせん断力であり, 全本数n本文に換算するためn倍とする。

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 取付ボルトの応力評価

2.5.4.1.1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。

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

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

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

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E205）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E205）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E205)	水平方向	
	鉛直方向	

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E205）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。

【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E205) 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	
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E205)	常設/緩和	原子炉建屋 0. P. -0.80 (0. P. 6.00*1)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	130

注記*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋内水素濃度

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ *1 (mm)	ℓ ₂ *1 (mm)	ℓ ₃ *1 (mm)	ℓ ₄ *1 (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fH} *1	n _{fV} *1	
取付ボルト		285								4	2	2
											2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*2	
						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	161	429	205	—	205	—	水平方向

注記*1: 機器要目における上段は鉛直方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は水平方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 鉛直、水平方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 34$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 33$	$f_{sb} = 118$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持 評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E205)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

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

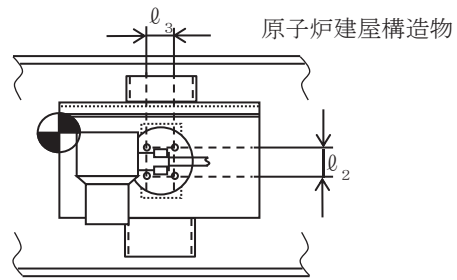
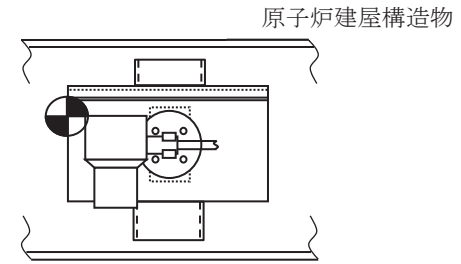
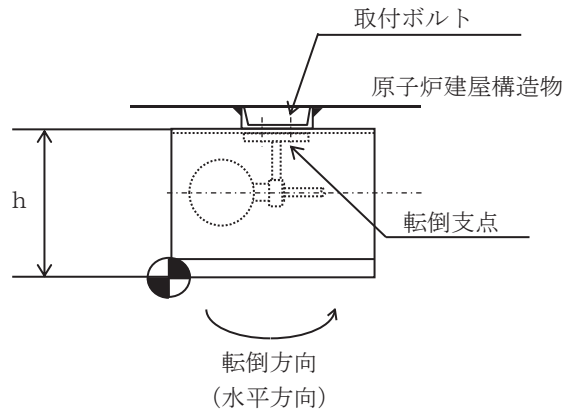
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元 (T71-H₂E205)

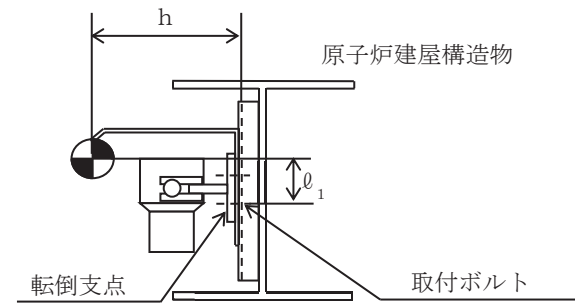
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
質量	m_a	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	130
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目 (T71-H₂E205)

材料	SS400
対象要素	①
A (mm ²)	
I _y (mm ⁴)	
I _z (mm ⁴)	
I _p (mm ⁴)	
断面形状 (mm)	



正面



側面

3. 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E201, T71-H₂E202, T71-H₂E203, T71-H₂E204)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E201, T71-H₂E202, T71-H₂E203, T71-H₂E204) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E201, T71-H₂E202, T71-H₂E203, T71-H₂E204) は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

構造強度評価については基礎ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表して評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる設置床高さの検出器について代表として評価する。評価対象を表 3-1 に示す。

表 3-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
T71-H ₂ E201 T71-H ₂ E202 T71-H ₂ E203 T71-H ₂ E204 (代表)	3.5 構造強度評価	表 3-2 構造計画

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の構造計画を表 3-2 に示す。

表 3-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 取付ボルトにより計器取付金具に固定される。</p> <p>計器取付金具は, 天井に基礎ボルトで固定する。</p>	<p>気体熱伝導式水素検出器</p> <p>(検出器は, 基礎ボルトにより基礎(天井)に設置された計器取付金具に固定される構造)</p>	<p>【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204)】</p> <p>上面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p>

3.2.2 評価方針

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「3.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.7 評価結果」に示す。

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

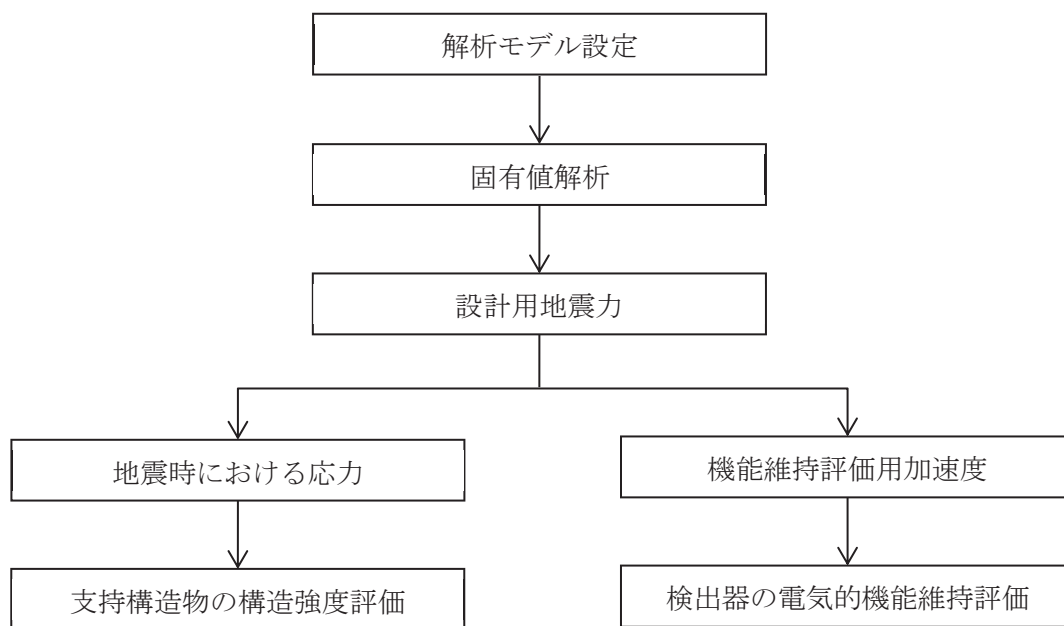


図 3-1 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震評価フロー

3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補一1984)
- (3) 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)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_s^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値又は f_t^* を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
l_1	評価上の支点と引張力を受けるとして期待する基礎ボルト間の距離	mm
l_2	評価上の支点と重心の距離	mm
m	検出器及び計器取付金具の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

3.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 3-3 に示すとおりである。

表 3-3 表示する数値の丸め方

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

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。

3.3 評価部位

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震評価は、「3.5.1 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原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の基礎ボルトについて実施する。原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震評価部位については表 3-2 の概略構造図に示す。

3.4 固有周期

3.4.1 固有値解析方法

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) は、「3.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルを用いる。

3.4.2 解析モデル及び諸元

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の解析モデルを図 3-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器諸元を本計算書【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉建屋水素濃度 (T71-H₂E204) において、計器取付金具は①及び②の鋼材でL字に組み立てられて原子炉建屋の天井に固定されることから、①及び②の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点 (計器取付金具基礎部) 1点で固定される。
- (2) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (3) 拘束条件として、支持点 (計器取付金具基礎部) のX Y Z方向及び回転方向を固定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

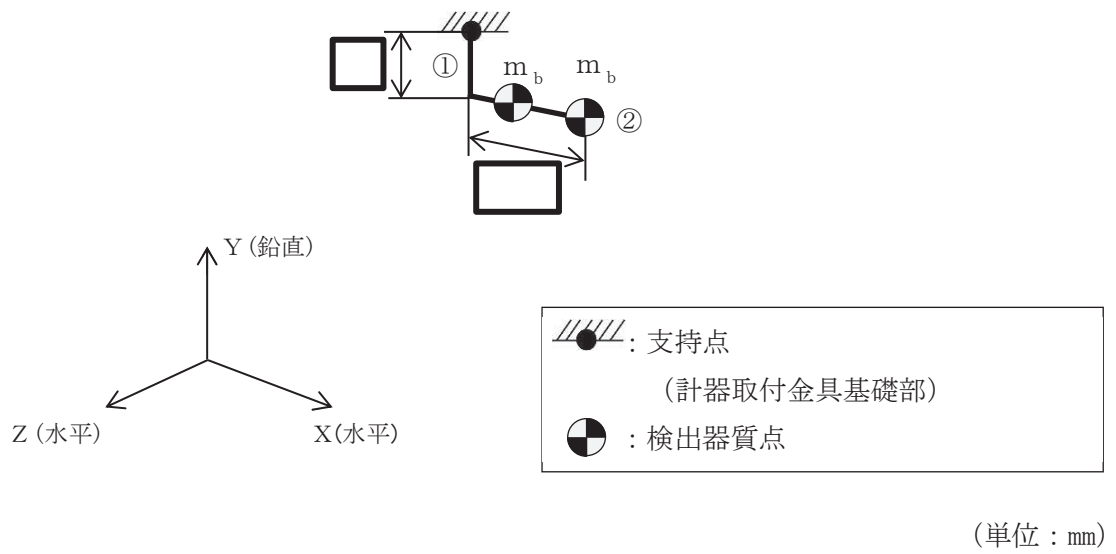


図 3-2 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4.3 固有値解析結果

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

表 3-4 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
2 次	鉛直方向		—	—	—



図 3-3 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204)
振動モード図 (1 次モード 水平方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

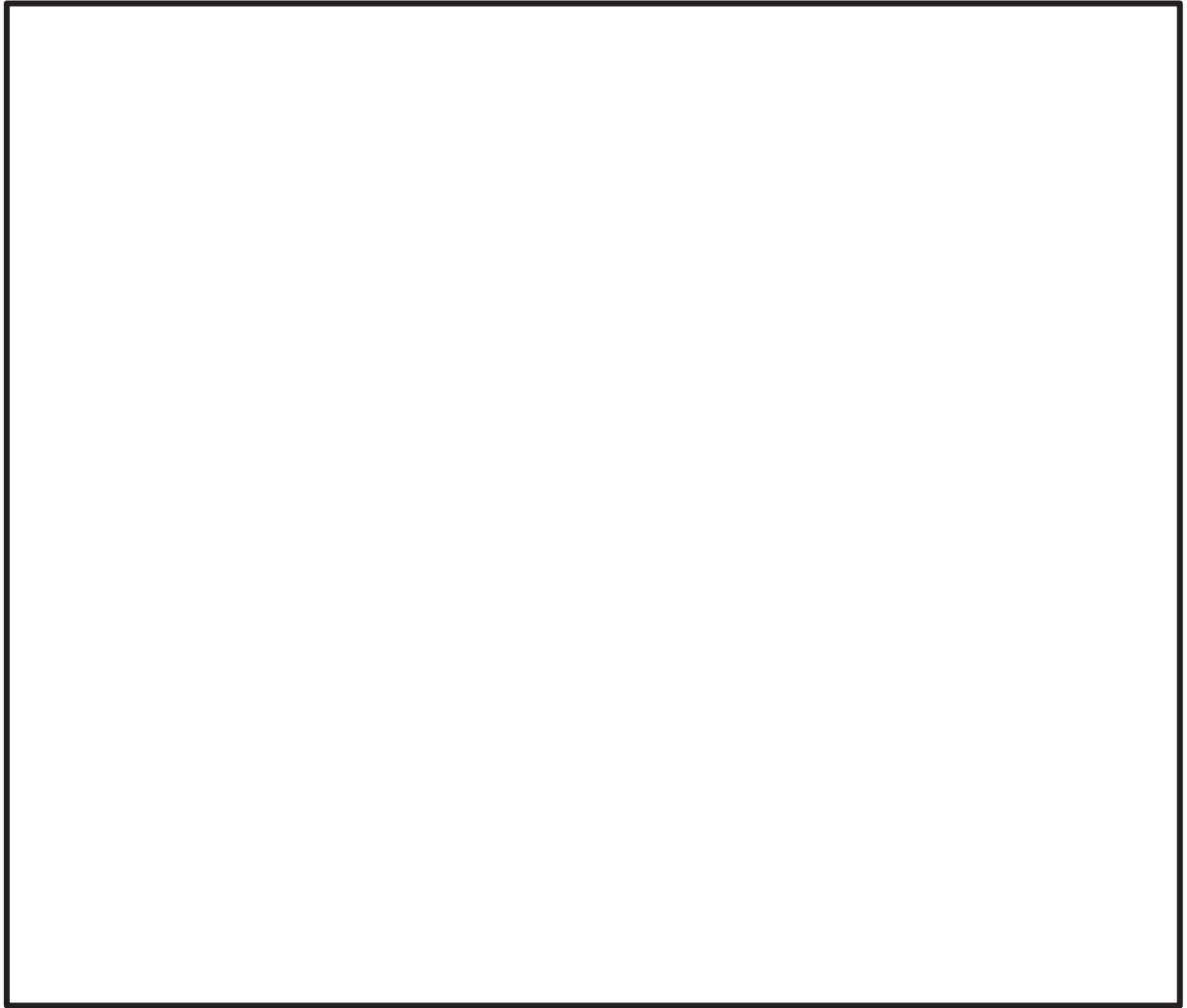


図 3-4 原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204)
振動モード図 (2次モード 鉛直方向 s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5 構造強度評価

3.5.1 構造強度評価方法

3.4.2項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 表 3-2 に示す原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) は、基礎ボルトにより天井面に固定する。

3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) 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 3-5 に示す。

3.5.2.2 許容応力

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-6 に示す。

3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) 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 3-7 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉建屋内水素濃度	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用 いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*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 3-6 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 3-7 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	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	80	201

3.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-8 に示す。

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

表 3-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 33.20*1)			—	—	$C_H = 2.65$	$C_V = 1.77$

注記*1：基準床レベルを示す。

3.5.4 計算方法

3.5.4.1 応力の計算方法

3.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

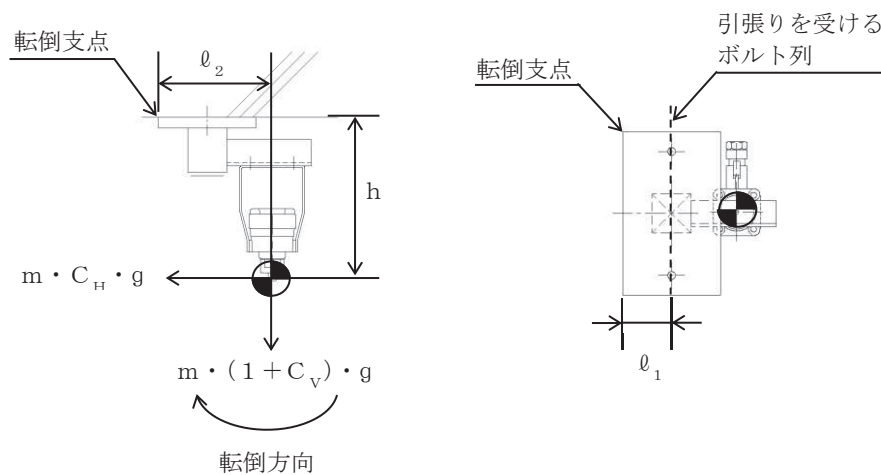


図 3-5(1) 計算モデル(短辺方向転倒の場合)

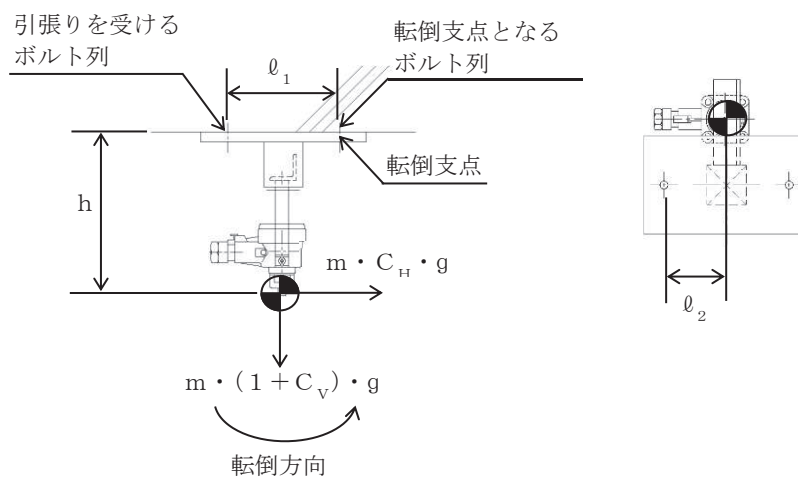


図 3-5(2) 計算モデル(長辺方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 3-5(1)で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。また、図 3-5(2)では検出器の端部を支点とする転倒を考え、これを基礎ボルト全数で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 3-5(1)及び図 3-5(2)の場合の引張力

$$F_b = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h + (C_V + 1) \cdot \ell_2}{n_f \cdot \ell_1} \right) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.5)$$

3.5.5 計算条件

3.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

3.5.6 応力の評価

3.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

3.5.4.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (3.5.6.1.1)$$

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

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

3.6 機能維持評価

3.6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E204）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E204）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-9 に示す。

表 3-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E204)	水平方向	
	鉛直方向	

3.7 評価結果

3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建屋内水素濃度（T71-H₂E204）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。

【原子炉建屋内水素濃度 (T71-H₂E204) 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	
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E204)	常設/緩和	原子炉建屋 0. P. 15. 00 (0. P. 33. 20*1)			—	—	C _H =2. 65	C _V =1. 77	80

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ *1 (mm)	ℓ ₂ *1 (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f *1	
基礎ボルト		250						2	1
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*2	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	201	379	—	—	241	—	短辺方向

注記*1：機器要目における上段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 7$	$f_{ts} = 144^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 111$

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。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持 評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉建屋内水素濃度 (T71-H ₂ E204)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

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

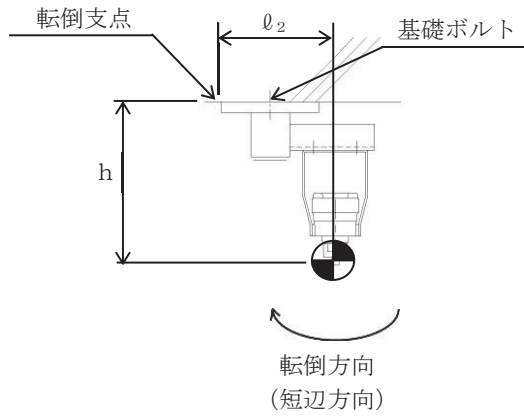
1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元 (T71-H₂E204)

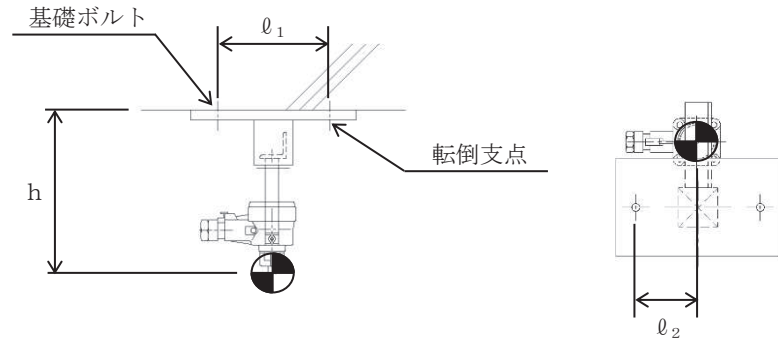
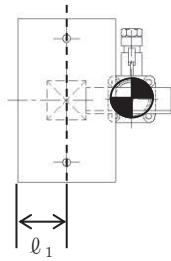
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
質量	m_b	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	80
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

(2) 部材の機器要目 (T71-H₂E204)

材料		SS400
対象要素	①	②
A (mm ²)		
I _y (mm ⁴)		
I _z (mm ⁴)		
I _p (mm ⁴)		
断面形状 (mm)		



正面



側面

VI-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-6-1 高压窒素ガス供給系の耐震性についての計算書
- VI-2-6-6-2 代替高压窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

VI-2-6-6-1 高圧窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書（高圧窒素ガス供給系）

VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書
(高圧窒素ガス供給系)

設計基準対象施設

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	10
3.	計算条件	28
3.1	計算方法	28
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	29
3.3	設計条件	30
3.4	材料及び許容応力評価条件	40
3.5	設計用地震力	41
4.	解析結果及び評価	43
4.1	固有周期及び設計震度	43
4.2	評価結果	55
4.2.1	管の応力評価結果	55
4.2.2	支持構造物評価結果	57
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	58
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	59

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(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の記載する。また、全26モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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






(3) 弁

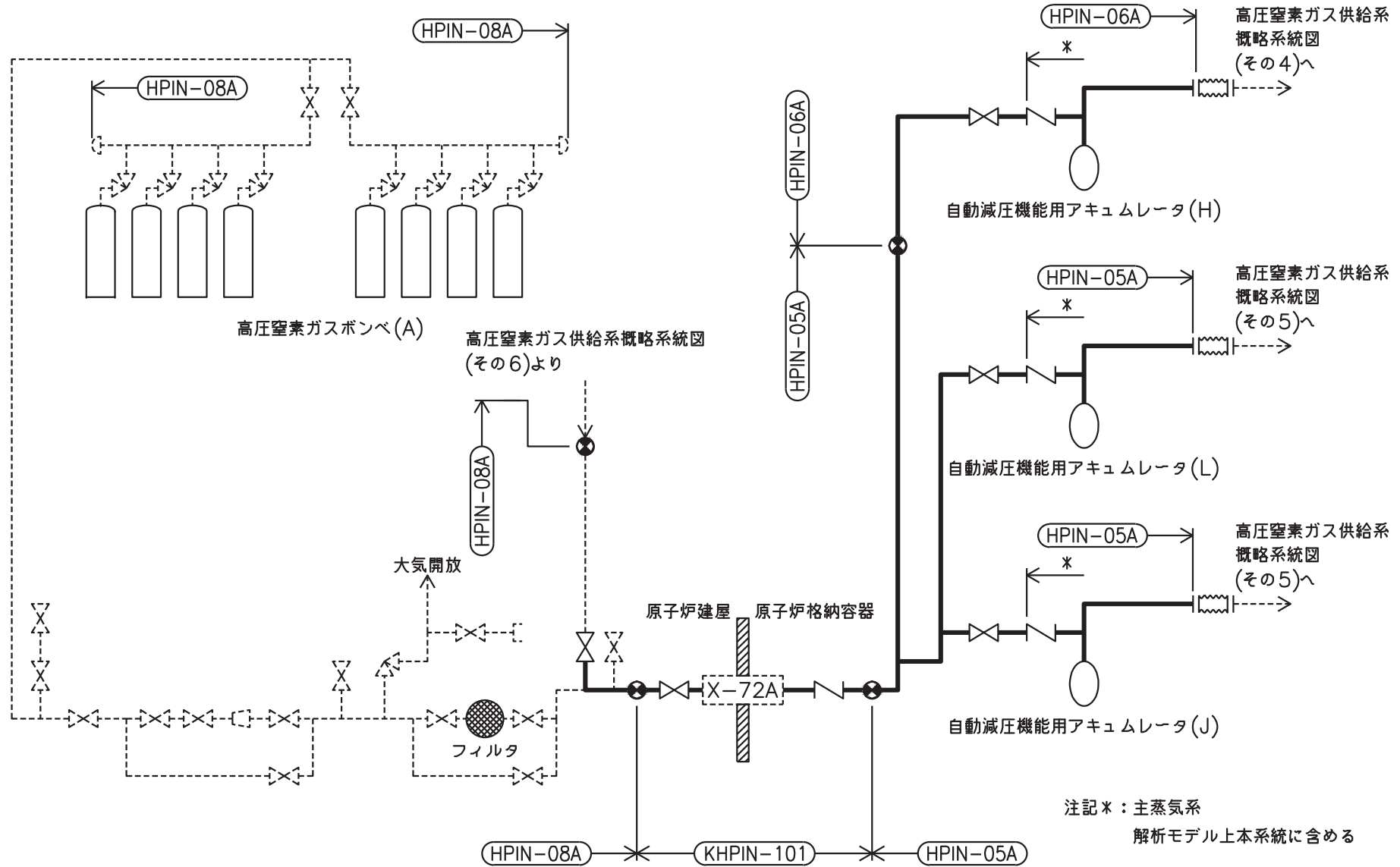
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

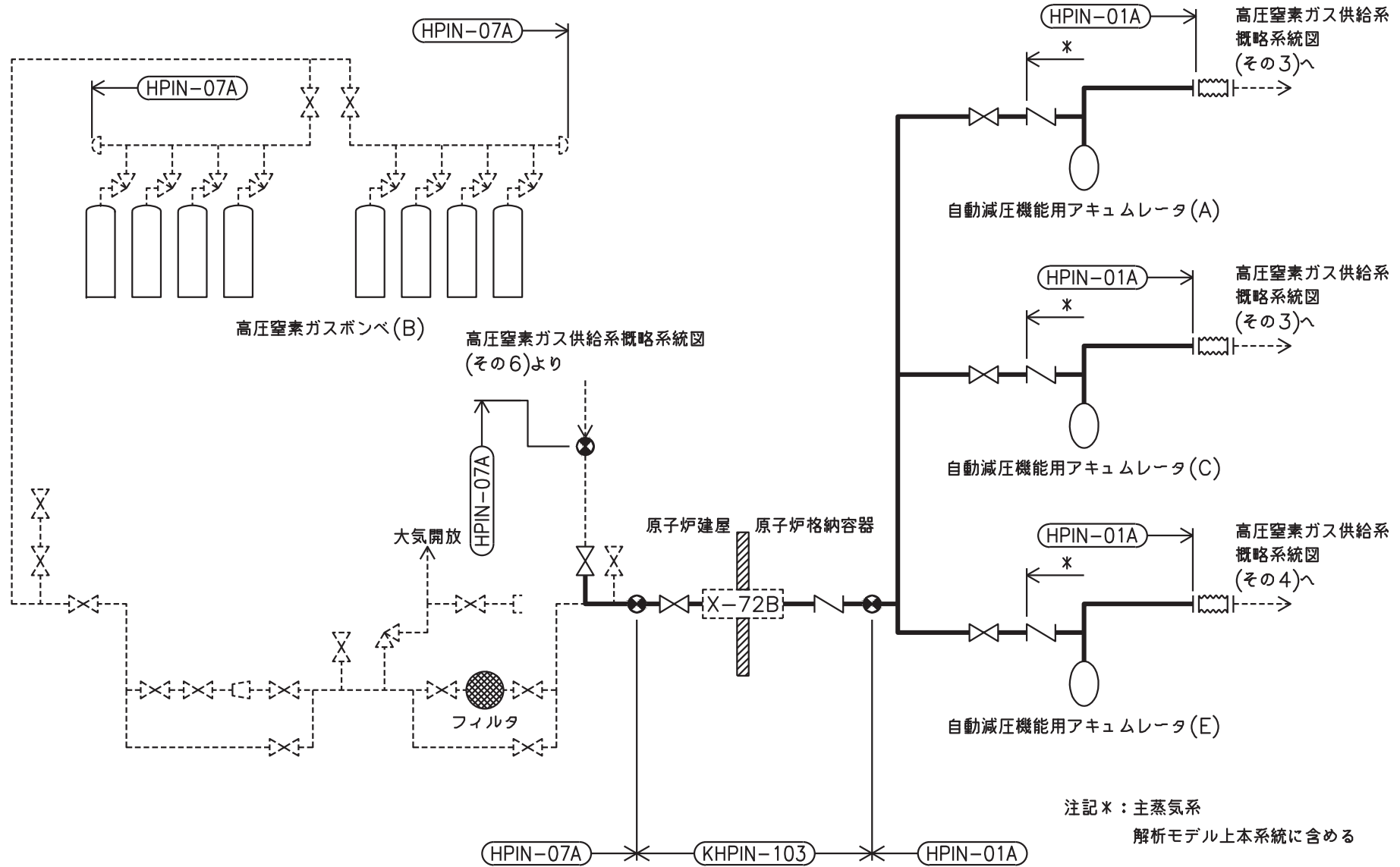
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

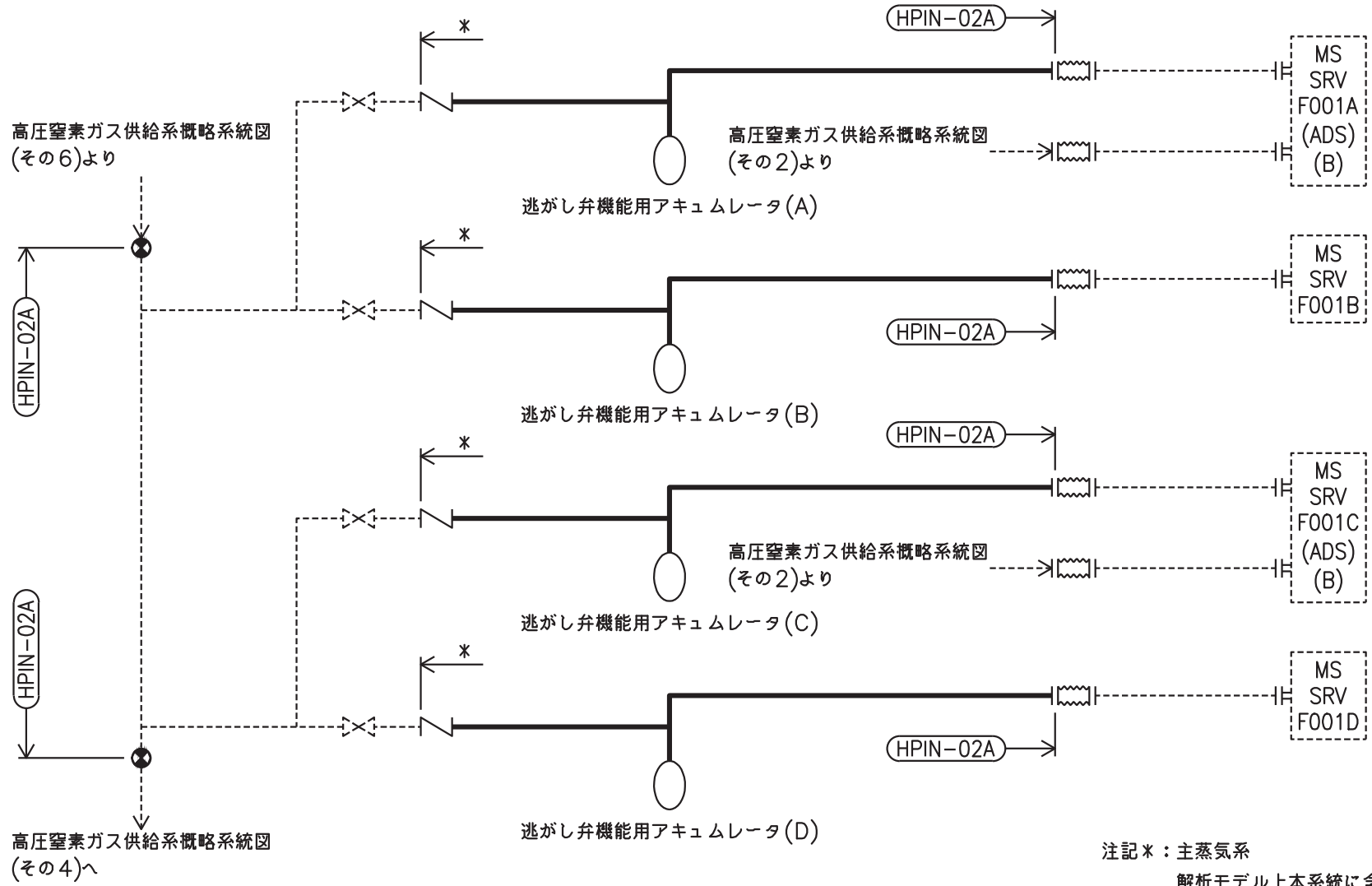
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



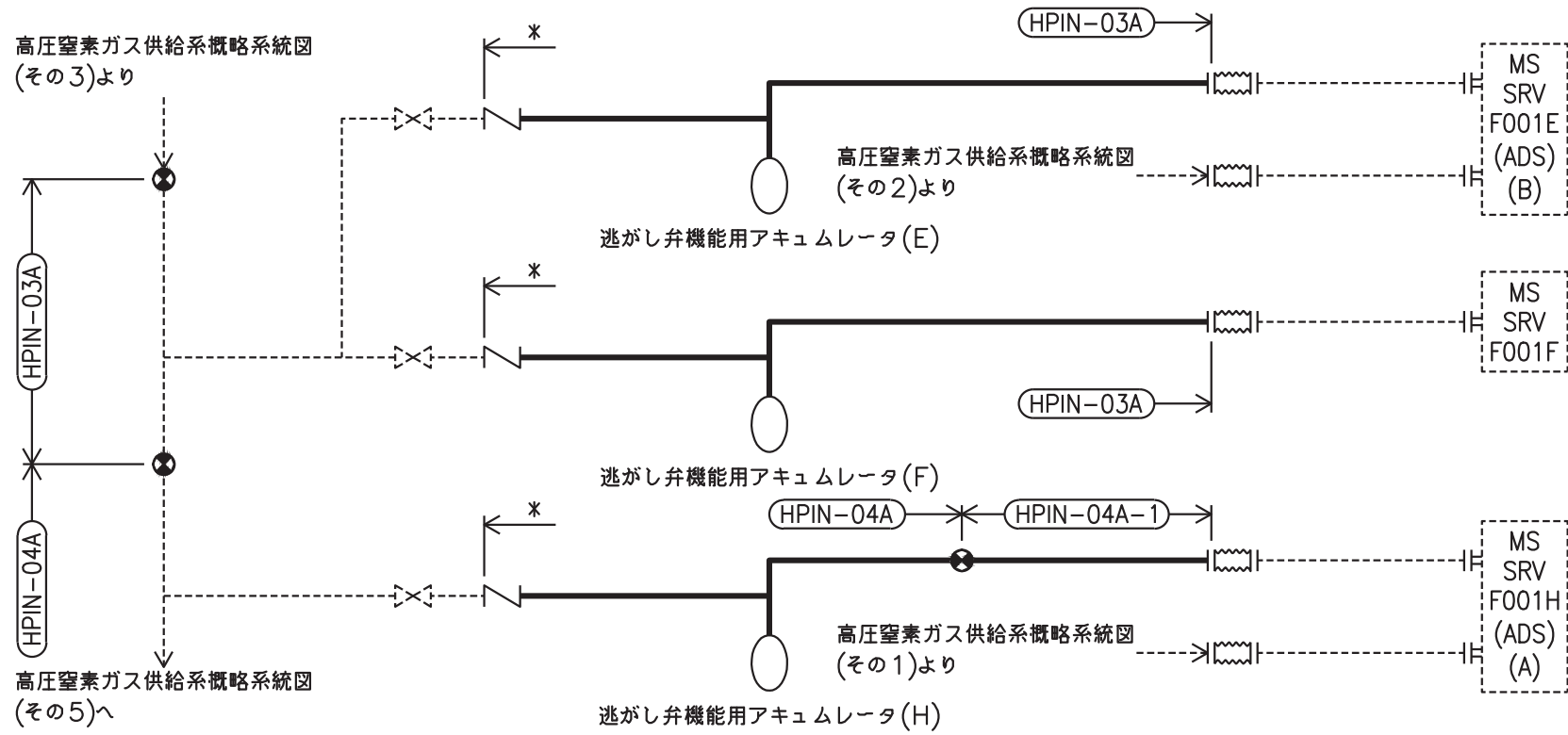
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その1)



高圧窒素ガス供給系概略系統図(その2)

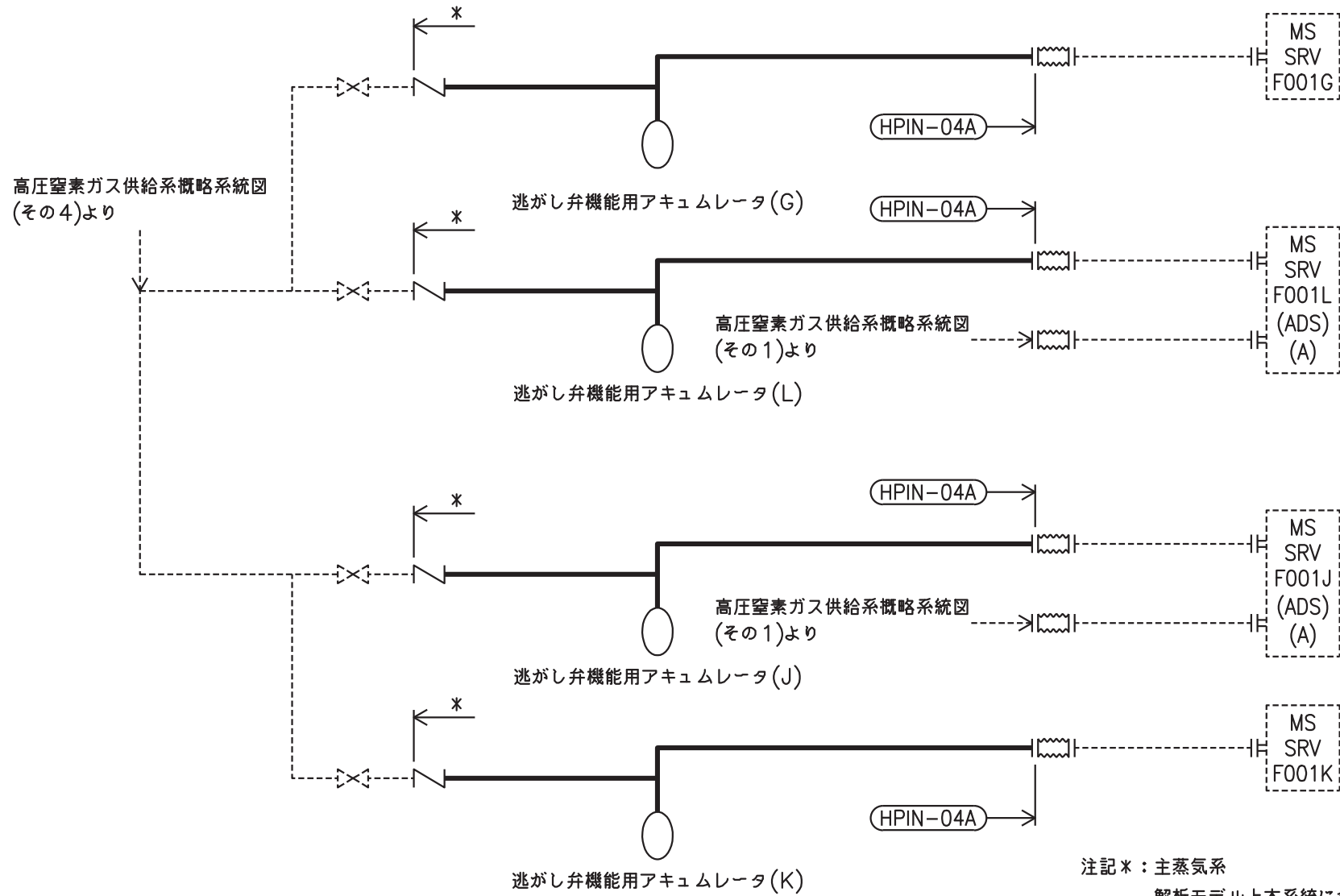


高圧窒素ガス供給系概略系統図(その3)

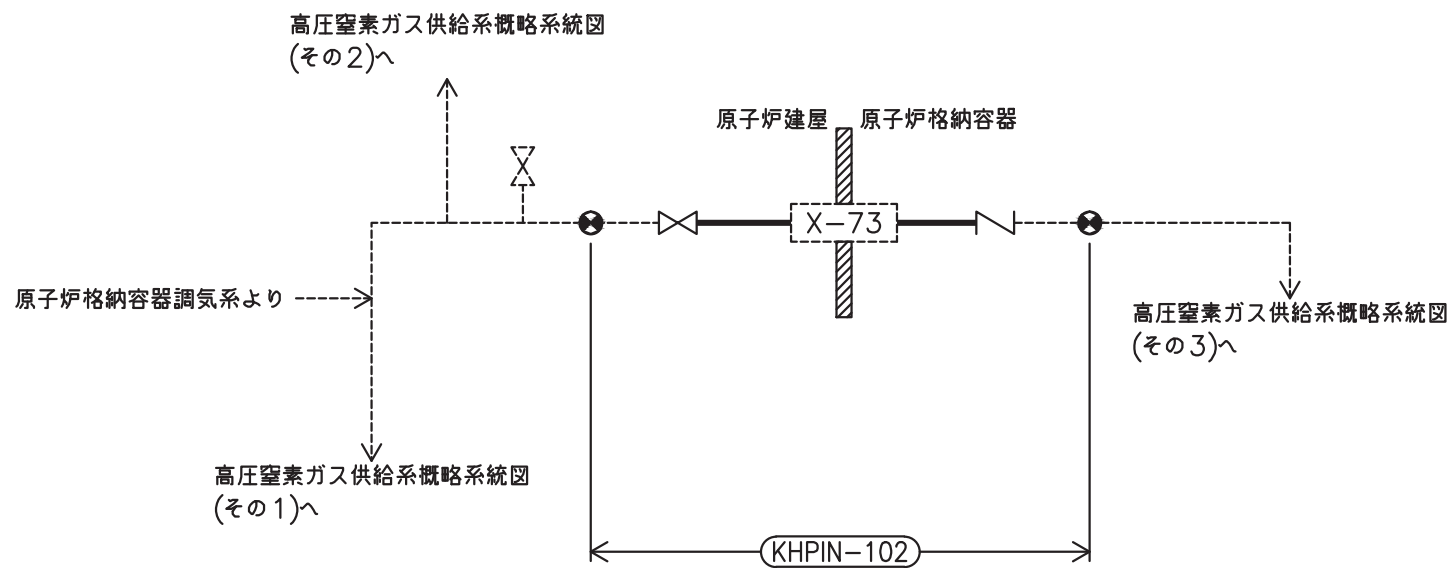


注記*：主蒸気系
解析モデル上本系統に含める

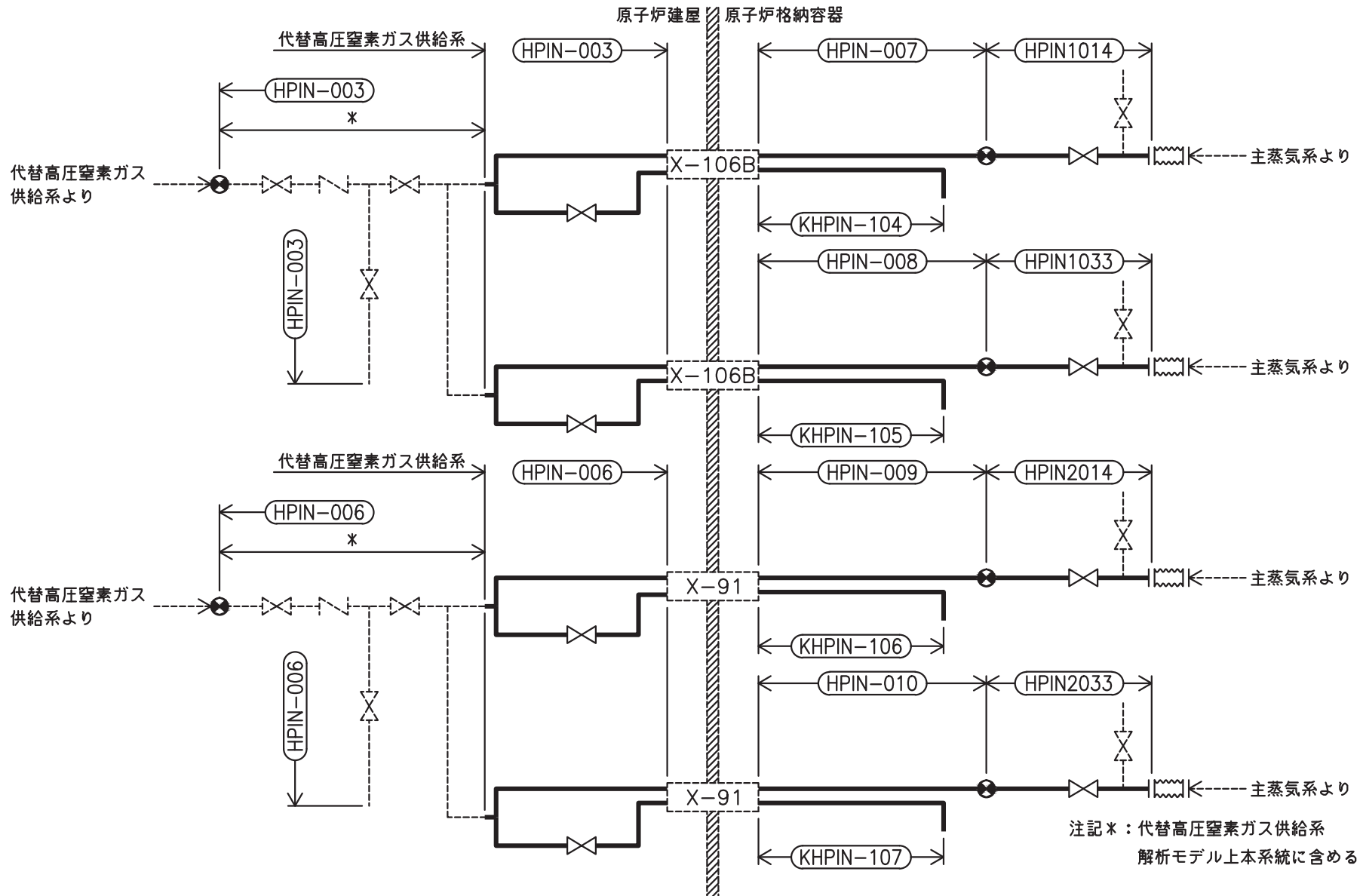
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その4)



高圧窒素ガス供給系概略系統図(その5)




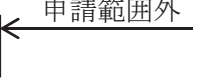



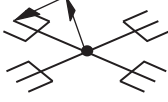

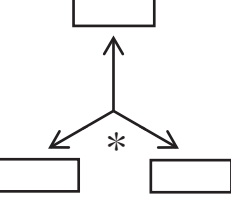
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その6)



高压碘素ガス供給系概略系統図(その7)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>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。)</p>

鳥瞰図 HPIN-006-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006-2/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図	HPIN-006-3/4
-----	--------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図	HPIN-006-4/4
-----	--------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 1/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 2/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 3/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 4/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 5/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 6/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 7/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A< 8/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 9/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(10/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(11/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(12/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(13/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
計測制御系統施設	制御用空気設備	高圧窒素ガス供給系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	I _L +S _d	Ⅲ _{AS}
							Ⅱ _L +S _d	
							I _L +S _s	Ⅳ _{AS}
							Ⅱ _L +S _s	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	DB	—	クラス3管	S	I _L +S _d	Ⅲ _{AS}
							Ⅱ _L +S _d	
							I _L +S _s	Ⅳ _{AS}
							Ⅱ _L +S _s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2.06	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	184320

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

管名称	対応する評価点												
1	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	60	61	62	63	64	65	66	67	69	70	71	72	73
	74	75	76	77	78	79	80	89	90	91	92	93	94
	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
47		59		74		94		109	
48		60		75		95		110	
49		61		76		96		111	
50		62		77		97		112	
51		63		78		98		113	
52		64		79		99		114	
53		65		80		100		115	
54		66		89		101		116	
55		70		90		102		117	
56		71		91		103		118	
57		72		92		104		119	
58		73		93		108		120	

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
67		105	
68		106	
69		107	
131		133	
132		134	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	68			
弁 2	106			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
60						
** 63 **						
66						
** 66 **						
70						
104						
** 104 **						
108						
132						
134						
** 214 **						

--

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (設) R 0

設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.77	66	60.5	3.9	SUS304TP	S	191720

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

管名称	対応する評価点
1	260 261 262 263 264 265 266 269 270 271

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
260		262		264		266		270	
261		263		265		269			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
271	
272	
273	
289	
291	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	272			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
266						
290						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
SUS304TP	171	—	150	413	113
	66	—	188	479	126

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPIN-006	原子炉格納容器		
	原子炉建屋		

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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPIN-08A	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 H P I N - 0 0 6

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

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
15 次								
16 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

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				
15 次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

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	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				S p r m (S d)	S y *1	S n (S d)	2 S y	U S d
				S p r m (S s)	0.9 S u	S n (S s)	2 S y	U S s
HP I N-006	III _A S	65	S p r m (S d)	75	150	—	—	—
	III _A S	—	S n (S d)	—	—	—	—	—
	IV _A S	65	S p r m (S s)	128	371	—	—	—
	IV _A S	120	S n (S s)	—	—	276	300	—

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				S p r m (S d)	S y *1	S n (S d)	2 S y	U S d
				S p r m (S s)	0.9 S u	S n (S s)	2 S y	U S s
H P I N - 0 8 A	Ⅲ _A S	266	S p r m (S d)	99	188	—	—	—
	Ⅲ _A S	266	S n (S d)	—	—	150	376	—
	Ⅳ _A S	266	S p r m (S s)	139	431	—	—	—
	Ⅳ _A S	266	S n (S s)	—	—	254	376	—

注記 *1 : オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
KHPIN-102-011BA	ロッドレストレイント	RST-S1	添付書類「IV-2-1- 12-1 配管及び支持構 造物の耐震計算につ いて」参照		3	16
KHPIN-102-011BB	ロッドレストレイント	RST-S1			3	16
HPIN-003-135SA	メカニカルスナップ	SMS-06-100			4	9

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°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			
R110-045-01	レストレイント	弁振れ	SS400	50	9	—	5	—	—	—	せん断	74	139
R110-044-01	アンカ	ラグ	SUS304	66	2	5	4	1	1	1	組合せ	74	205

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅲ _A S					許容応力状態Ⅳ _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPIN-003	112	73	150	2.05	—	80	107	371	3.46	—	80	206	300	1.45	—	—	—	—
2	HPIN-006	65	75	150	2.00	—	65	128	371	2.89	○	120	276	300	1.08	○	—	—	—
3	HPIN-007	9	20	150	7.50	—	9	26	371	14.26	—	9	100	300	3.00	—	—	—	—
4	HPIN-008	8	19	150	7.89	—	8	23	371	16.13	—	8	61	300	4.91	—	—	—	—
5	HPIN-009	8	18	150	8.33	—	8	22	371	16.86	—	6	60	300	5.00	—	—	—	—
6	HPIN-010	9	19	150	7.89	—	9	23	371	16.13	—	7	47	300	6.38	—	—	—	—
7	HPIN-01A	81	64	150	2.34	—	81	118	371	3.14	—	81	218	300	1.37	—	—	—	—
8	HPIN-02A	62	41	150	3.65	—	62	58	371	6.39	—	131	147	300	2.04	—	—	—	—

注記* : Ⅲ_ASの一次+二次応力の許容値はⅣ_ASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅲ _A S					許容応力状態Ⅳ _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
9	HPIN-03A	82	66	150	2.27	—	82	113	371	3.28	—	77	211	300	1.42	—	—	—	—
10	HPIN-04A	126	32	150	4.68	—	181	47	371	7.89	—	40	168	300	1.78	—	—	—	—
11	HPIN-04A-1	1	33	150	4.54	—	1	48	371	7.72	—	1	80	300	3.75	—	—	—	—
12	HPIN-05A	12	75	150	2.00	—	12	105	371	3.53	—	25	206	300	1.45	—	—	—	—
13	HPIN-06A	1	58	150	2.58	—	1	81	371	4.58	—	1	132	300	2.27	—	—	—	—
14	HPIN-07A	256	78	188	2.41	—	256	107	431	4.02	—	256	166	376	2.26	—	—	—	—
15	HPIN-08A	266	99	188	1.89	○	266	139	431	3.10	—	266	254	376	1.48	—	—	—	—
16	HPIN1014	19	42	150	3.57	—	19	57	371	6.50	—	19	94	300	3.19	—	—	—	—
17	HPIN1033	81	51	150	2.94	—	81	71	371	5.22	—	81	127	300	2.36	—	—	—	—
18	HPIN2014	1	27	150	5.55	—	36	36	371	10.30	—	1	89	300	3.37	—	—	—	—

注記* : Ⅲ_ASの一次+二次応力の許容値はⅣ_ASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅲ _A S					許容応力状態Ⅳ _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
19	HPIN2033	19	43	150	3.48	—	19	66	371	5.62	—	17	120	300	2.50	—	—	—	—
20	KHPIN-101	301	62	188	3.03	—	301	87	431	4.95	—	11	226	250	1.10	—	—	—	—
21	KHPIN-102	102	67	188	2.80	—	102	95	431	4.53	—	102	218	376	1.72	—	—	—	—
22	KHPIN-103	12	55	188	3.41	—	12	75	431	5.74	—	12	169	376	2.22	—	—	—	—
23	KHPIN-104	6	7	150	21.42	—	6	7	371	53.00	—	6	0	300	—	—	—	—	—
24	KHPIN-105	6	7	150	21.42	—	6	7	371	53.00	—	6	0	300	—	—	—	—	—
25	KHPIN-106	6	7	150	21.42	—	6	7	371	53.00	—	6	0	300	—	—	—	—	—
26	KHPIN-107	6	7	150	21.42	—	6	7	371	53.00	—	6	0	300	—	—	—	—	—

注記* : Ⅲ_ASの一次+二次応力の許容値はⅣ_ASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

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	10
3.	計算条件	28
3.1	計算方法	28
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	29
3.3	設計条件	30
3.4	材料及び許容応力評価条件	45
3.5	設計用地震力	46
4.	解析結果及び評価	48
4.1	固有周期及び設計震度	48
4.2	評価結果	60
4.2.1	管の応力評価結果	60
4.2.2	支持構造物評価結果	62
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	63
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	64

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全25モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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






(3) 弁

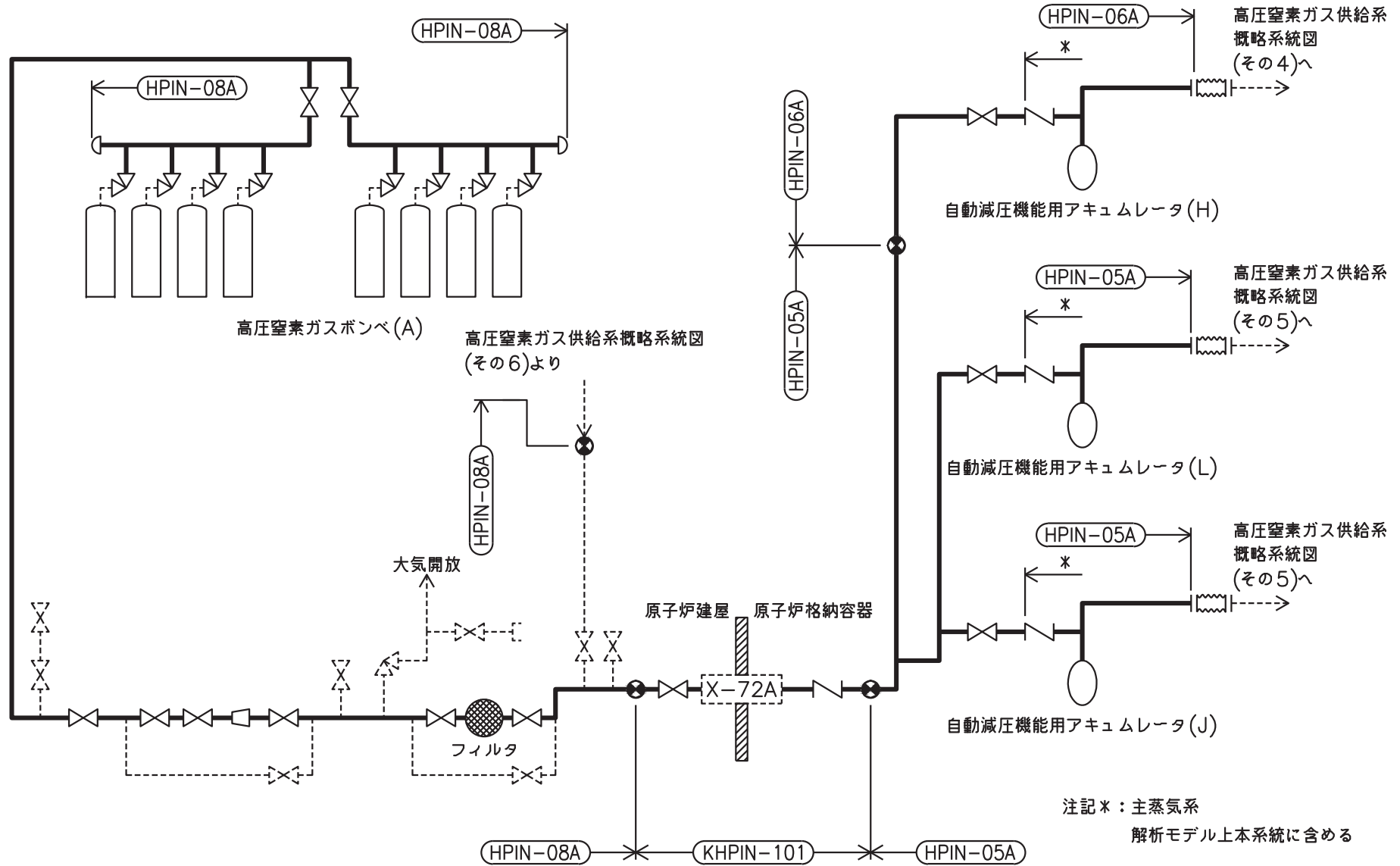
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

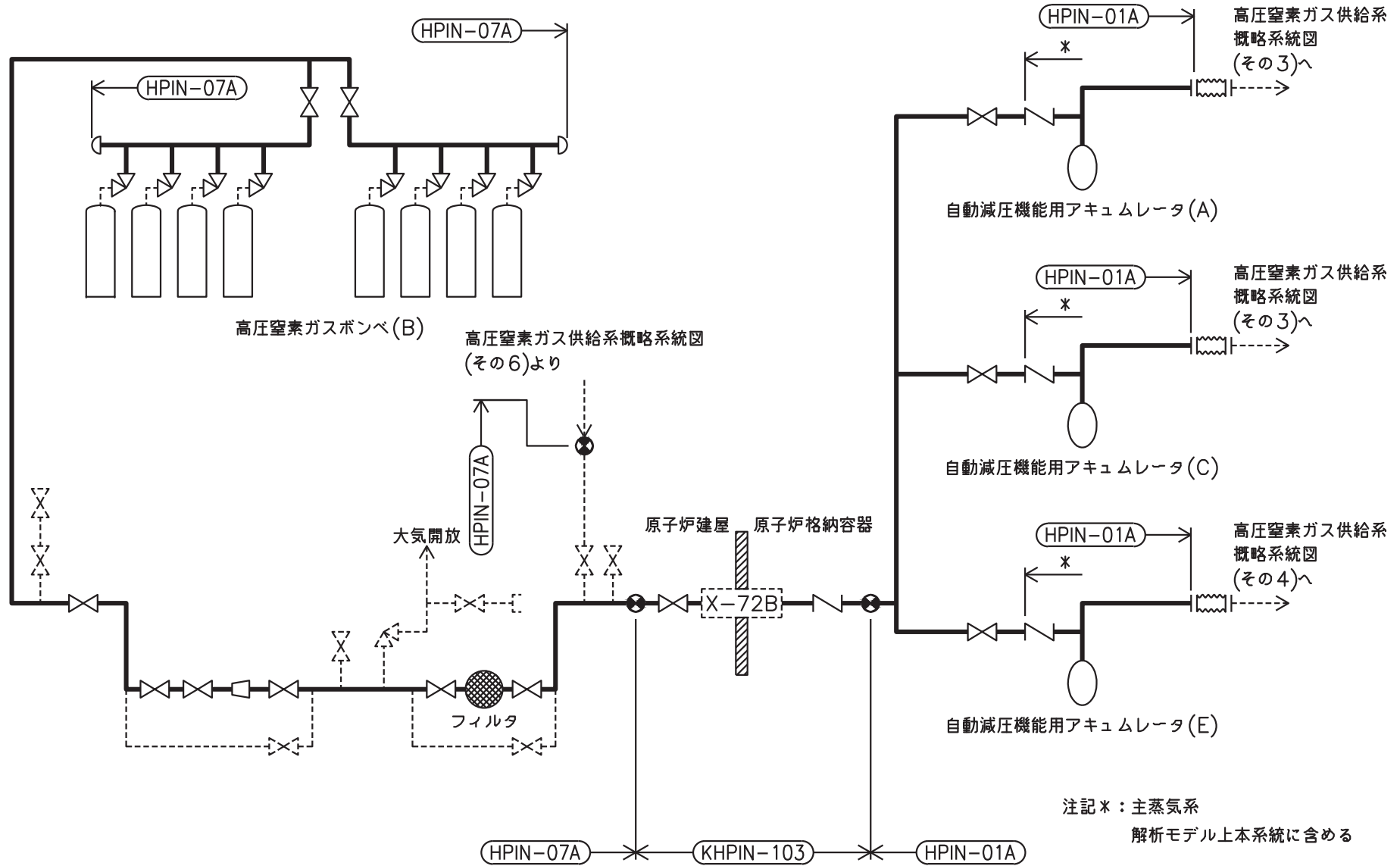
概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ



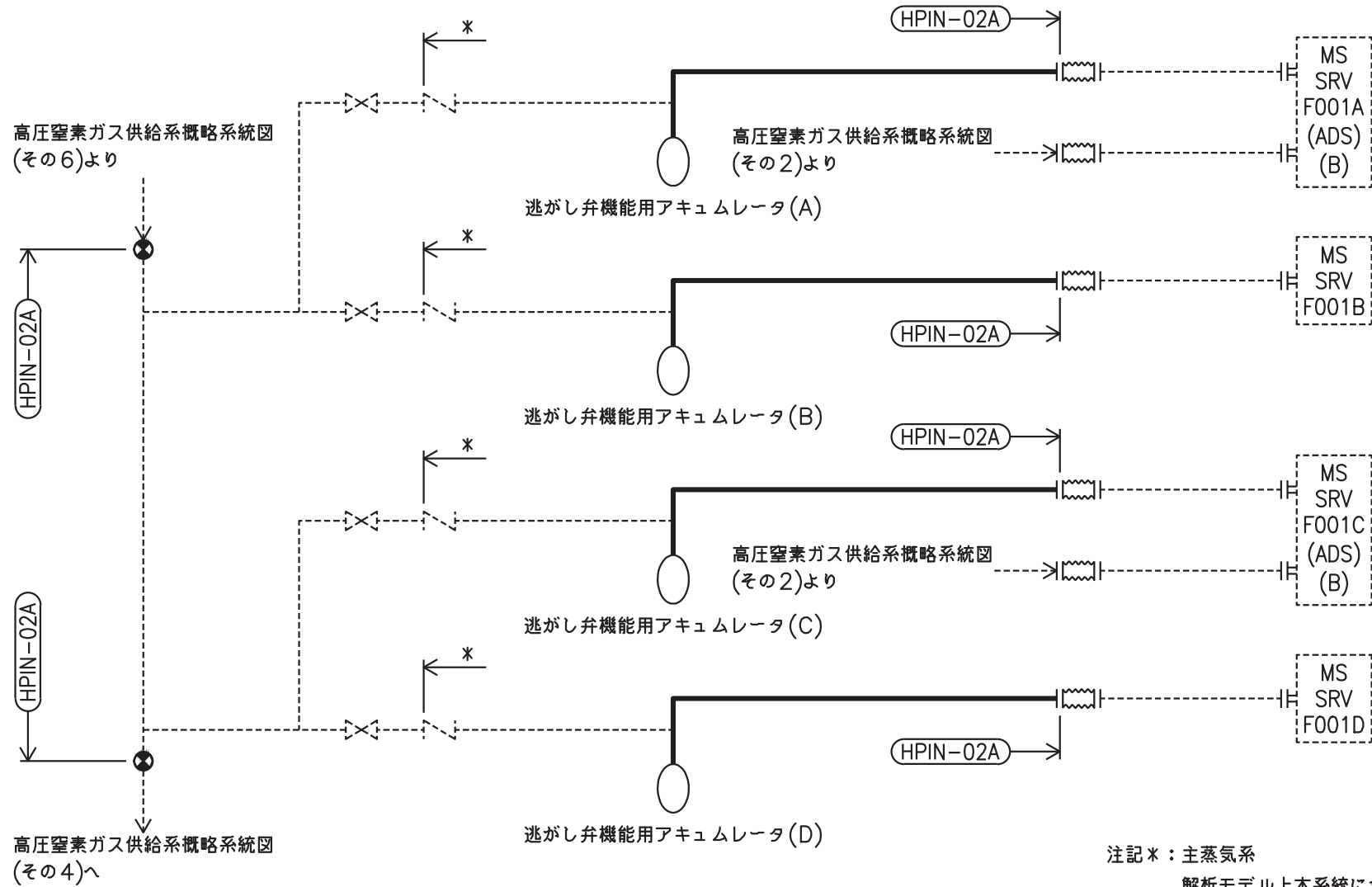
注記*：主蒸気系
解析モデル上本系統に含める

高圧窒素ガス供給系概略系統図(その1)

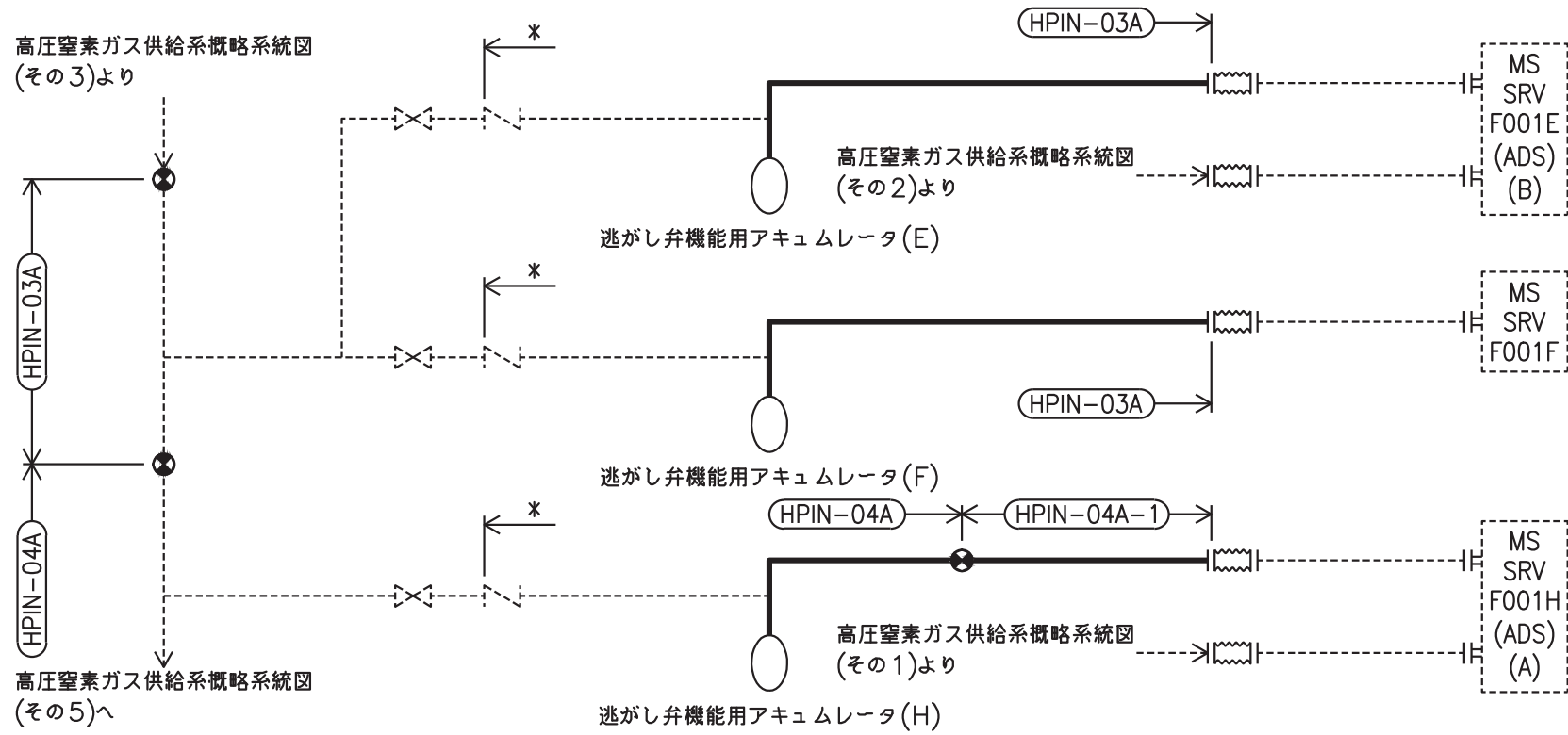


注記*: 主蒸気系
解析モデル上本システムに含める

高圧窒素ガス供給系概略系統図(その2)

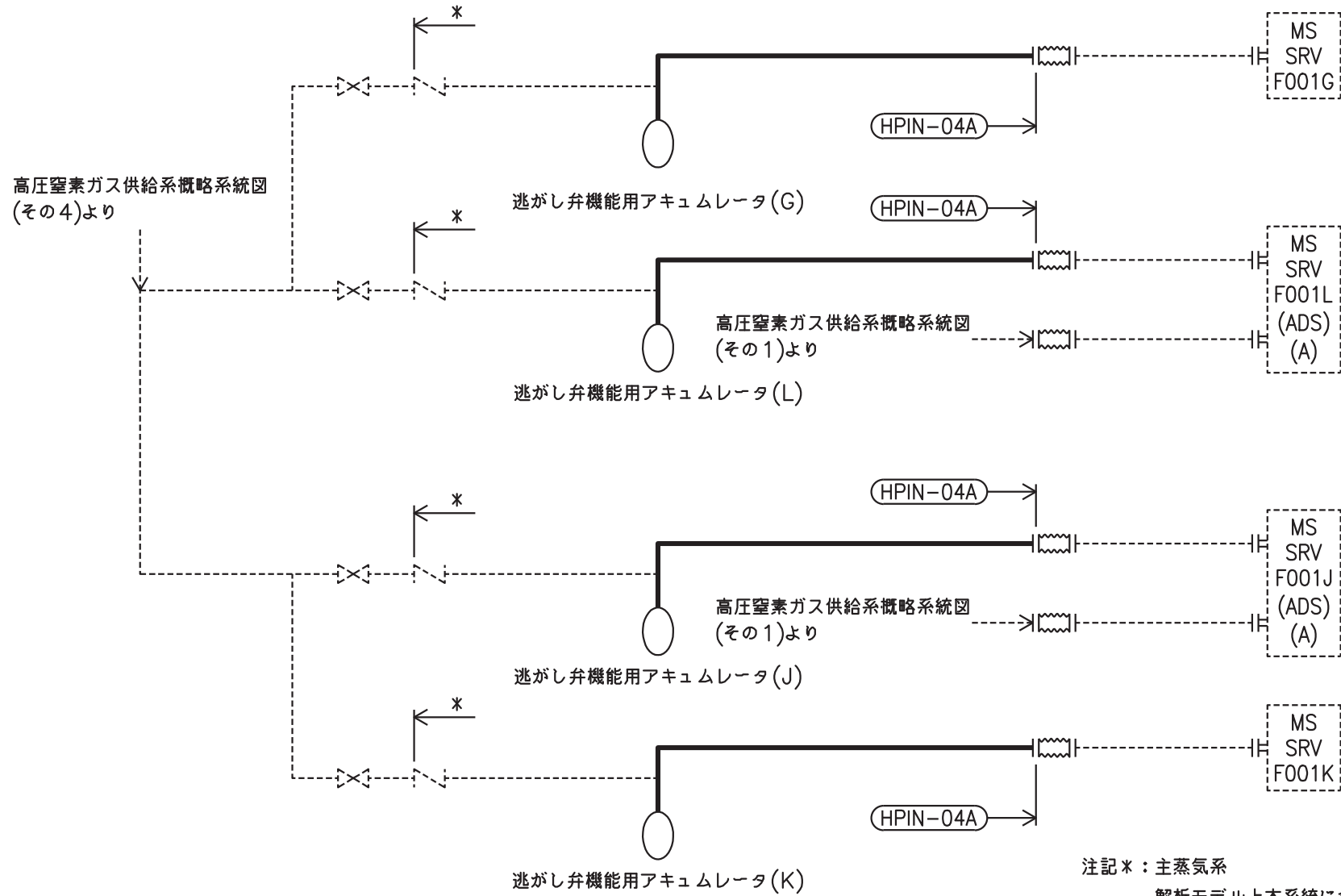


高圧窒素ガス供給系概略系統図 (その3)

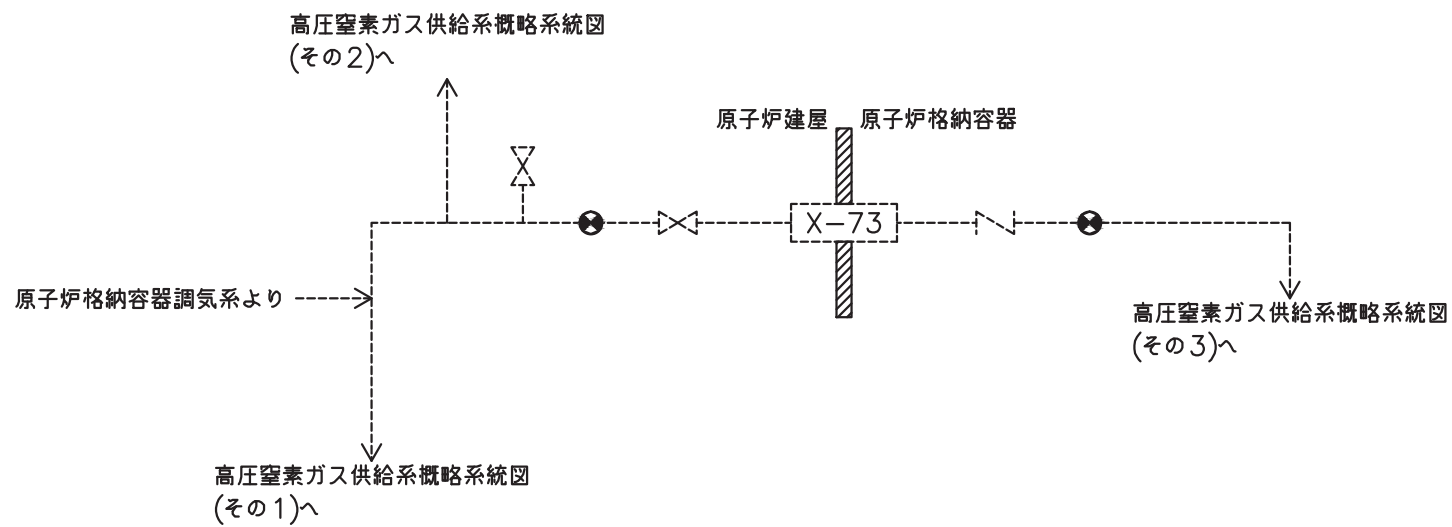


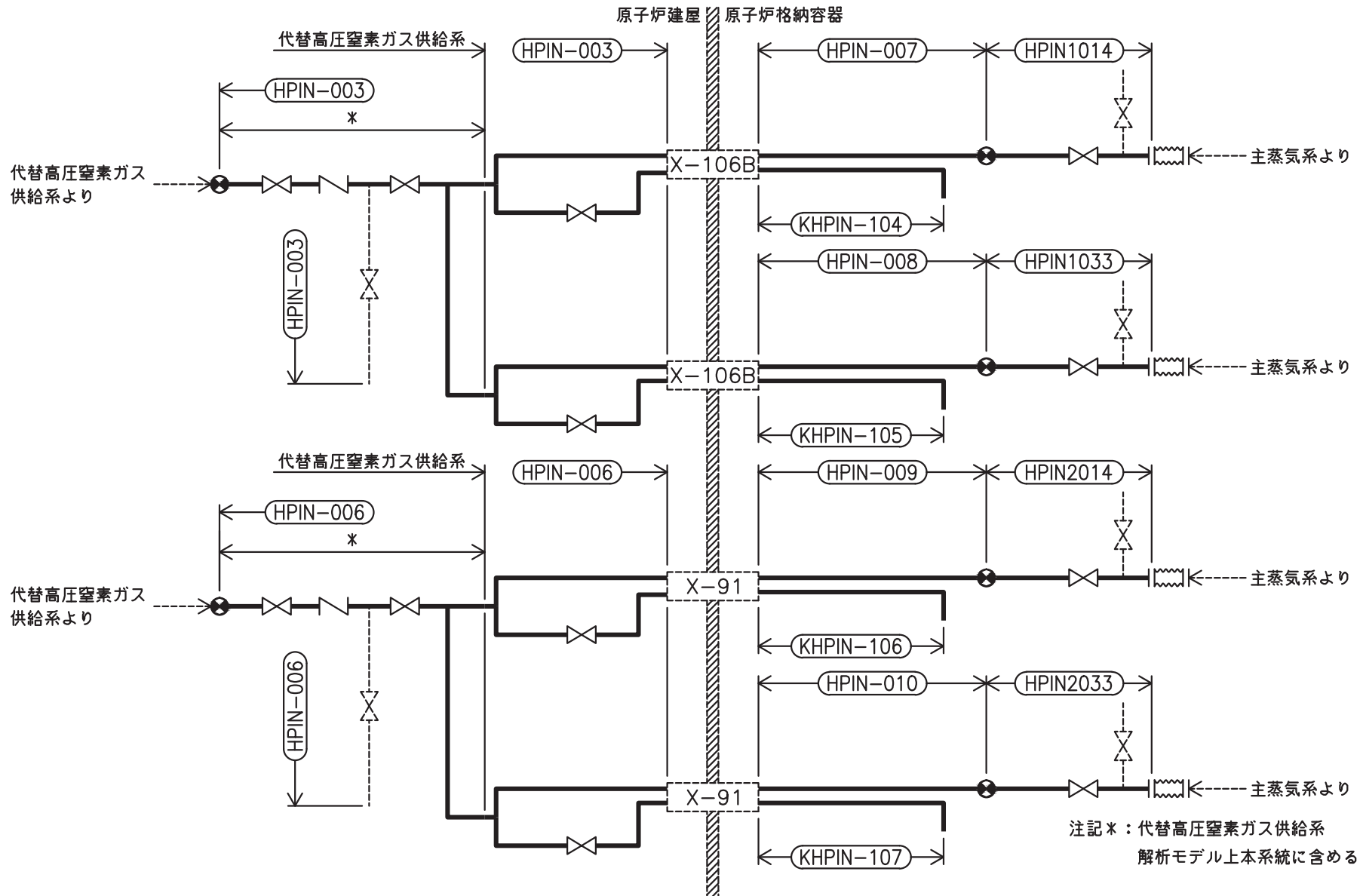
注記*：主蒸気系
解析モデル上本系統に含める

高圧窒素ガス供給系概略系統図(その4)



高圧窒素ガス供給系概略系統図(その5)


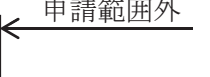



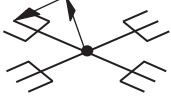
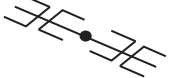
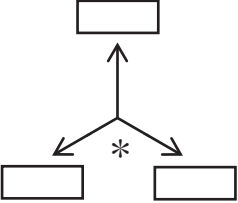




高压窒素ガス供給系概略系統図(その7)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>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。)</p>

11

鳥瞰図 HPIN-006-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006-2/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図	HPIN-006-4/4
-----	--------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 1/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 2/13 >

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 3/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 4/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 5/13 >

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 6/13 >

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 7/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 8/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HP IN-08A< 9/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(10/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(12/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-08A(13/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
計測制御系統施設	制御用空気設備	高圧窒素ガス供給系	SA	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}
計測制御系統施設	制御用空気設備	代替高圧窒素ガス供給系	SA	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/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_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2.06	66	34.0	3.4	SUS304TP	—	191720
2	2.06	200	34.0	3.4	SUS304TP	—	183000
3	2.06	200	60.5	3.9	SUS304TP	—	183000

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19							
2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	81	82	83	84	85	86	87	88	89				
3	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	60	61	62	63	64	65	66	67	69	70	71	72	73
	74	75	76	77	78	79	80	89	90	91	92	93	94
	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		28		52		76		97	
2		29		53		77		98	
3		33		54		78		99	
4		34		55		79		100	
5		35		56		80		101	
6		36		57		81		102	
7		37		58		82		103	
8		38		59		83		104	
9		39		60		84		108	
10		40		61		85		109	
11		41		62		86		110	
12		42		63		87		111	
13		43		64		88		112	
14		44		65		89		113	
18		45		66		90		114	
22		46		70		91		115	
23		47		71		92		116	
24		48		72		93		117	
25		49		73		94		118	
26		50		74		95		119	
27		51		75		96		120	

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 0

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
15		19		30		67		105	
16		20		31		68		106	
17		21		32		69		107	
				129		131		133	
				130		132		134	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	16			
弁 2	20			
弁 3	31			
弁 4	68			
弁 5	106			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
4						
7						
9						
11						
18						
26						
29						
33						
36						
** 36 **						
60						
** 63 **						
66						
** 66 **						
70						
104						
** 104 **						
108						
** 130 **						
132						

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
134						
** 214 **						

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	19.61	66	34.0	6.4	SUS304TP	—	191720
2	19.61	66	60.5	8.7	SUS304TP	—	191720
3	1.77	66	60.5	3.9	SUS304TP	—	191720
4	19.61	66	34.0	6.4	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

管名称	対応する評価点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14			
	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	27	28	29			
	30															
2	30	31	32													
3	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46			
	47	48	49	50	51	52	54	55	57	58	59	60	62			
	63	64	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129			
	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142			
	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155			
	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168			
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181			
	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194			
	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207			
	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220			
	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233			
	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246			
	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259			
	260	261	262	263	264	265	266									
4	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304			
	305	306	307	308	309	310	311	312	313	315	316	317	318			
	319	320	321	1	322	323	324	325	326	327	328	329	330			
	331	332	333	334	335	336	337	338	339	341	342	343	344			
	345	346	349	350	353	354	357	358	361	362	365	366	369			
	370	373	374													

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		47		141		175		209	
2		48		142		176		210	
3		49		143		177		211	
4		50		144		178		212	
5		51		145		179		213	
6		55		146		180		214	
7		56		147		181		215	
8		57		148		182		216	
9		58		149		183		217	
10		59		150		184		218	
11		63		151		185		219	
15		64		152		186		220	
16		119		153		187		221	
17		120		154		188		222	
18		121		155		189		223	
19		122		156		190		224	
20		123		157		191		225	
24		124		158		192		226	
28		125		159		193		227	
29		126		160		194		228	
30		127		161		195		229	
31		128		162		196		230	
35		129		163		197		231	
36		130		164		198		232	
37		131		165		199		233	
38		132		166		200		234	
39		133		167		201		235	
40		134		168		202		236	
41		135		169		203		237	
42		136		170		204		238	
43		137		171		205		239	
44		138		172		206		240	
45		139		173		207		241	
46		140		174		208		242	

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
243		259		300		319		335	
244		260		301		320		336	
245		261		302		321		337	
246		262		303		322		338	
247		263		304		323		342	
248		264		305		324		343	
249		265		306		325		344	
250		266		307		326		345	
251		292		308		327		349	
252		293		309		328		353	
253		294		310		329		357	
254		295		311		330		361	
255		296		312		331		365	
256		297		316		332		369	
257		298		317		333		373	
258		299		318		334			

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 1

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
12	
13	
14	
73	
75	

弁 2

弁 3

弁 4

弁 5

弁 6

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
21		25		32		52		60	
22		26		33		53		61	
23		27		34		54		62	

弁 7

弁 8

弁 9

弁 1 0

弁 1 1

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
313		346		350		354		358	
314		347		351		355		359	
315		348		352		356		360	

弁 1 2

弁 1 3

弁 1 4

弁 1 5

弁 1 6

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
339		362		366		370		374	
340		363		367		371		375	
341		364		368		372		376	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	13			
弁 2	22			
弁 3	26			
弁 4	33			
弁 5	53			
弁 6	61			
弁 7	314			
弁 8	347			
弁 9	351			
弁 1 0	355			
弁 1 1	359			
弁 1 2	340			
弁 1 3	363			
弁 1 4	367			
弁 1 5	371			
弁 1 6	375			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

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						
4						
9						
11						
15						
20						
28						
42						
46						
51						
58						
74						
121						
123						
130						
133						
137						
141						
146						
150						
155						
159						
161						
167						
169						
171						
175						
179						
182						
184						

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
189						
191						
194						
198						
201						
205						
209						
211						
213						
216						
218						
222						
225						
232						
238						
242						
245						
247						
252						
256						
266						
267						
296						
300						
304						
310						
312						
317						
326						
330						

O 2 ⑥ VI-2-6-6-1-1 (重) R 1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
334						
338						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUS304TP	66	—	188	479	—
	200	—	144	402	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPIN-006	原子炉格納容器		
	原子炉建屋		

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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPIN-08A	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 HPIN-006

適用する地震動等		S _d 及び静的震度			S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s以下であることを示す。

*3：S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HP I N - 0 8 A

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
15 次							
16 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

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				
15 次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HP IN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HP IN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (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	疲労累積係数 U S s
HPIN-006	V _A S	65	S p r m (S s)	128	361	—	—	—
	V _A S	120	S n (S s)	—	—	276	288	—

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (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	疲労累積係数 U S s
HP I N-0 8 A	V _A S	14	S p r m (S s)	184	431	—	—	—
	V _A S	14	S n (S s)	—	—	285	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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPIN-003-135SA	メカニカルスナップ	SMS-06-100	添付書類「IV-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		4	9

62

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			
X140-163-01	レストレイント	ラグ	SUS304	66	1	1	5	—	—	—	組合せ	81	118
R110-044-01	アンカ	ラグ	SUS304	66	2	5	4	1	1	1	組合せ	74	205

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	HPIN-003	80	106	361	3.40	—	80	206	288	1.39	—	—	—	—
2	HPIN-006	65	128	361	2.82	—	120	276	288	1.04	○	—	—	—
3	HPIN-007	9	25	371	14.84	—	9	100	300	3.00	—	—	—	—
4	HPIN-008	8	22	371	16.86	—	8	61	300	4.91	—	—	—	—
5	HPIN-009	8	21	371	17.66	—	6	60	300	5.00	—	—	—	—
6	HPIN-010	9	22	371	16.86	—	7	47	300	6.38	—	—	—	—
7	HPIN-01A	81	118	371	3.14	—	81	218	300	1.37	—	—	—	—
8	HPIN-02A	62	58	371	6.39	—	131	147	300	2.04	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
9	HPIN-03A	82	113	371	3.28	—	77	211	300	1.42	—	—	—	—
10	HPIN-04A	126	46	371	8.06	—	40	168	300	1.78	—	—	—	—
11	HPIN-04A-1	1	48	371	7.72	—	1	80	300	3.75	—	—	—	—
12	HPIN-05A	12	105	371	3.53	—	25	206	300	1.45	—	—	—	—
13	HPIN-06A	1	81	371	4.58	—	1	132	300	2.27	—	—	—	—
14	HPIN-07A	14	181	431	2.38	—	14	275	376	1.36	—	—	—	—
15	HPIN-08A	14	184	431	2.34	○	14	285	376	1.31	—	—	—	—
16	HPIN1014	19	57	371	6.50	—	19	94	300	3.19	—	—	—	—
17	HPIN1033	81	71	371	5.22	—	81	127	300	2.36	—	—	—	—
18	HPIN2014	36	36	371	10.30	—	1	89	300	3.37	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
19	HPIN2033	19	66	371	5.62	—	17	120	300	2.50	—	—	—	—
20	KHPIN-101	301	86	431	5.01	—	11	226	240	1.06	—	—	—	—
21	KHPIN-103	12	74	431	5.82	—	12	169	376	2.22	—	—	—	—
22	KHPIN-104	6	6	371	61.83	—	6	0	300	—	—	—	—	—
23	KHPIN-105	6	6	371	61.83	—	6	0	300	—	—	—	—	—
24	KHPIN-106	6	6	371	61.83	—	6	0	300	—	—	—	—	—
25	KHPIN-107	6	6	371	61.83	—	6	0	300	—	—	—	—	—

VI-2-6-6-2 代替高压窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書（代替高圧窒素ガス供給系）

VI-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書
(代替高圧窒素ガス供給系)

重大事故等対処設備

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 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	16
3.5 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	19
4.1 固有周期及び設計震度	19
4.2 評価結果	31
4.2.1 管の応力評価結果	31
4.2.2 支持構造物評価結果	33
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	34
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	35

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、代替高圧窒素ガス供給系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全4モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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






(3) 弁

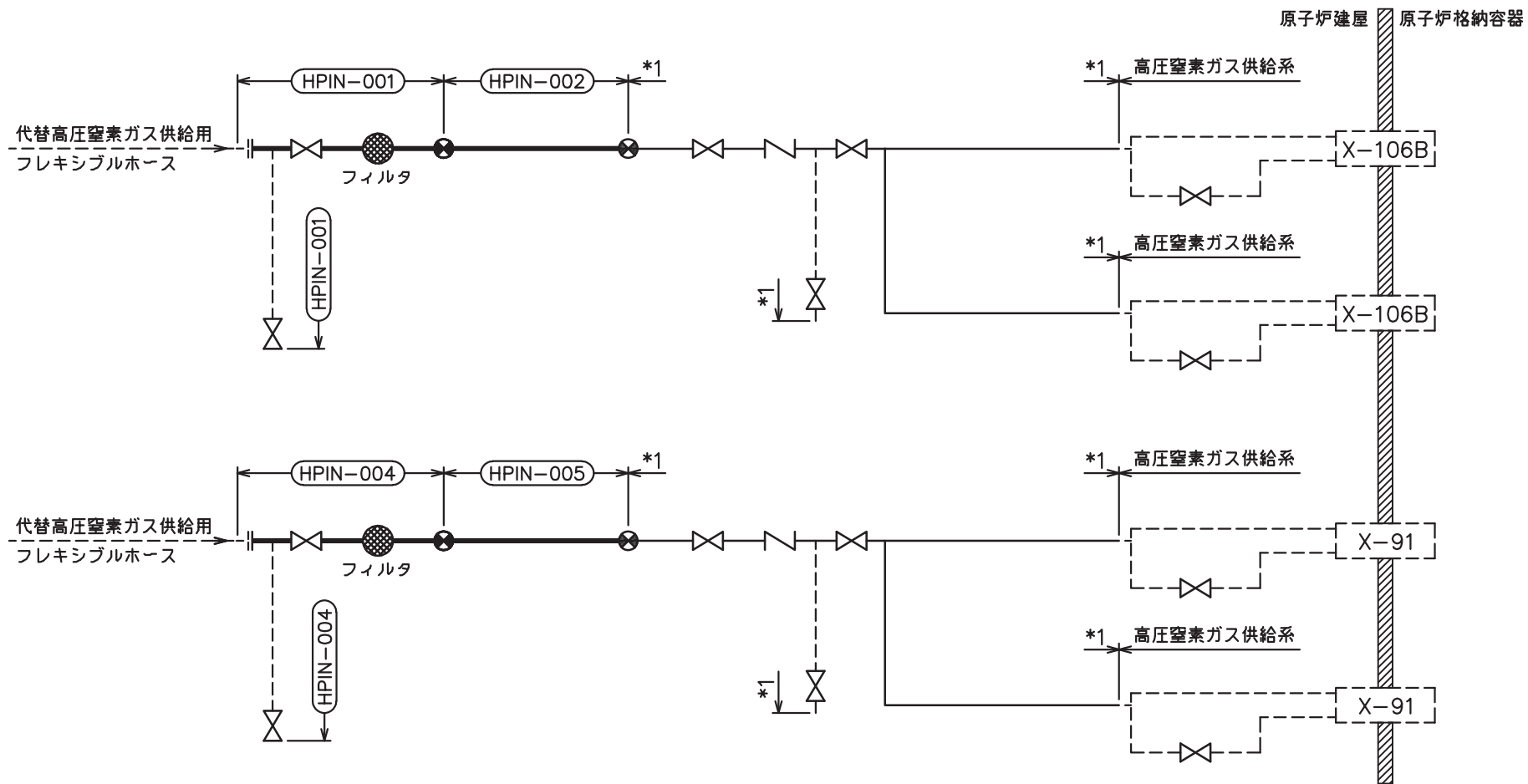
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (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
	アンカ


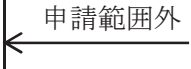




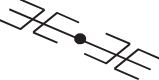

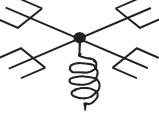
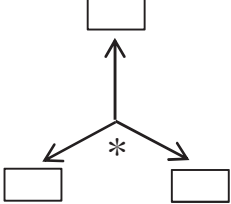


注記 *1 : 解析モデル上
高圧窒素ガス供給系に含める。

代替高圧窒素ガス供給系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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として本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印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
	ガイド
	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。)

5

鳥瞰図	HPIN-002
-----	----------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 HPIN-005-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 HPIN-005-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

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

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
計測制御系統施設	制御用空気設備	代替高圧窒素ガス供給系	SA	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記*1：DB は設計基準対象施設，SA は重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*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。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2.06	66	34.0	3.4	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		10		19		28		37	
2		11		20		29		38	
3		12		21		30		39	
4		13		22		31		40	
5		14		23		32		41	
6		15		24		33		42	
7		16		25		34		43	
8		17		26		35			
9		18		27		36			

O 2 ⑥ VI-2-6-6-2-1(重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
3						
6						
8						
11						
15						
17						
20						
23						
26						
29						
32						
34						
37						
40						
42						

02 ⑥ VI-2-6-6-2-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

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

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 5

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2.06	66	34.0	3.4	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 5

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64											

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		14		27		40		53	
2		15		28		41		54	
3		16		29		42		55	
4		17		30		43		56	
5		18		31		44		57	
6		19		32		45		58	
7		20		33		46		59	
8		21		34		47		60	
9		22		35		48		61	
10		23		36		49		62	
11		24		37		50		63	
12		25		38		51		64	
13		26		39		52			

O 2 ⑥ VI-2-6-6-2-1(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 5

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
3						
5						
7						
10						
13						
15						
19						
21						
24						
27						
29						
31						
33						
35						
37						
40						
42						
44						
46						
48						
51						
53						
55						
58						
60						
** 60 **						
62						
** 62 **						
64						

O 2 ⑥ VI-2-6-6-2-1(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUS304TP	66	—	188	479	—

3.5 設計用地震力

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

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P I N - 0 0 2	原子炉建屋		

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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P I N - 0 0 5	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 H P I N - 0 0 2

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

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HPIN-002

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HPIN-005

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

注記*1 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2 : 固有周期が0.050 s 以下であることを示す。
 *3 : S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4 : $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HP I N - 0 0 5

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

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

鳥瞰図 | HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

30

鳥瞰図 | HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{p r m}(S s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S s)$	$2 \cdot S_y$	$U S s$
HP I N - 0 0 2	$V_A S$	1	$S_{p r m}(S s)$	75	431	—	—	—
	$V_A S$	1	$S_n(S s)$	—	—	202	376	—

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
HPIN-005	$V_A S$	26	$S_{pr m}(S_s)$	83	431	—	—	—
	$V_A S$	26	$S_n(S_s)$	—	—	151	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 (°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			
HPIN-004-084R	レストレイント	架構	STKR400	40	2842N	0	3320N	—	—	—	曲げ	81	490
HPIN-001-089A	アンカ	ラグ	SUS304	66	572N	722N	382N	266N・m	56N・m	300N・m	曲げ	95	473

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	HPIN-001	36	77	431	5.59	—	36	150	376	2.50	—	—	—	—
2	HPIN-002	1	75	431	5.74	—	1	202	376	1.86	○	—	—	—
3	HPIN-004	16	62	431	6.95	—	14	131	376	2.87	—	—	—	—
4	HPIN-005	26	83	431	5.19	○	26	151	376	2.49	—	—	—	—

VI-2-6-7 その他の計測制御設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-7-1 計測制御設備の盤の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-2 衛星電話設備（固定型）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-3 無線連絡設備（固定型）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-4 安全パラメータ表示システム（SPDS）SPDS 表示装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-5 安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナの耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-6 統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-7 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-8 統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-9 代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-10 原子炉圧力容器温度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-11 フィルタ装置水位（広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-12 フィルタ装置入口圧力（広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-13 フィルタ装置出口圧力（広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-14 フィルタ装置水温度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-15 フィルタ装置出口水素濃度の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-16 原子炉補機冷却水系系統流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-17 残留熱除去系熱交換器冷却水入口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-18 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-1 計測制御設備の盤の耐震性についての計算書

目次

1.	計測制御設備の盤（ベンチ形）	1
1.1	概要	1
1.2	一般事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.3	固有周期	3
1.3.1	固有周期の算出方法	3
1.4	構造強度評価	3
1.4.1	構造強度評価方法	3
1.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
1.4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	3
1.4.2.2	許容応力	3
1.4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	3
1.4.3	計算条件	3
1.5	機能維持評価	6
1.5.1	電氣的機能維持評価方法	6
1.6	評価結果	6
1.6.1	設計基準対象施設としての評価結果	7
1.6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	7
2.	計測制御設備の盤（直立形）	14
2.1	概要	14
2.2	一般事項	15
2.2.1	構造計画	15
2.3	固有周期	17
2.3.1	固有周期の算出方法	17
2.4	構造強度評価	17
2.4.1	構造強度評価方法	17
2.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	17
2.4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	17
2.4.2.2	許容応力	17
2.4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	17
2.4.3	計算条件	17
2.5	機能維持評価	19
2.5.1	電氣的機能維持評価方法	19
2.6	評価結果	19

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果 19

○ 2 ⑥ VI-2-6-7-1 R 2

1. 計測制御設備の盤（ベンチ形）

1.1 概要

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

計測制御設備の盤（ベンチ形）のうち原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故防止設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のベンチ形盤と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

構造強度評価については、計測制御設備の盤（ベンチ形）のボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件(許容値／発生値の小さい方)となるものを代表として評価する。電氣的機能維持評価については機能確認済加速度が最も低い器具を代表として評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III（代表）	VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 1-2 構造計画
原子炉冷却制御盤 ESS-II		
原子炉補機制御盤		
原子炉制御盤		

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIの構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図								
基礎・支持構造	主体構造									
原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIは、基礎に 固定されたチャンネル ベースに取付ボルト で設置する。	ベンチ形 (鋼材及び鋼板を組 み合わせた自立閉鎖 型の盤)	<p>【原子炉冷却制御盤 ESS-I・III】</p> <p>正面横</p> <p>側面</p> <p>高さ</p> <p>高さ</p> <p>たて</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>チャンネルベース</p> <p>盤</p> <table border="1" data-bbox="1532 1114 1984 1331"> <thead> <tr> <th colspan="2">原子炉冷却制御盤 ESS-I・III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1500 mm</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>4600 mm</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300 mm</td> </tr> </tbody> </table>	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III		たて	1500 mm	横	4600 mm	高さ	2300 mm
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III										
たて	1500 mm									
横	4600 mm									
高さ	2300 mm									

1.3 固有周期

1.3.1 固有周期の算出方法

水平方向の固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ盤（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表1-3に示す。

表 1-3 固有周期 (単位：s)

名称	方向	固有周期
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III	水平方向	
	鉛直方向	0.05 以下

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表1-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-5に示す。

1.4.2.2 許容応力

原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表1-6のとおりとする。

1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉冷却制御盤 ESS-I・III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1-7に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-8に示す。

1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _A S
			常設／防止 常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和		$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	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」は常設重大事故防止設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-6 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
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 1-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235

表 1-8 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉冷却制御盤 ESS-I・III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、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉冷却制御盤 ESS-I・IIIに設置される器具の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具及び当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1)	水平方向	
	鉛直方向	

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉冷却制御盤 ESS-I・III 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。

1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉冷却制御盤 ESS-I・III 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。

【原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1)	S	制御建屋 O.P. 22.95* (O.P. 23.45)		0.05 以下	C _H =1.68	C _V =1.10	C _H =2.89	C _V =2.03	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} ^{*1}
取付ボルト (i=2)		2300	455	955	16 (M16)	201.1	63	15
			0	4500				6

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向 ^{*2}	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	6.885×10 ³	1.537×10 ⁴	6.178×10 ⁴	1.063×10 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 (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=77$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

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

○ すべて許容応力以下である。

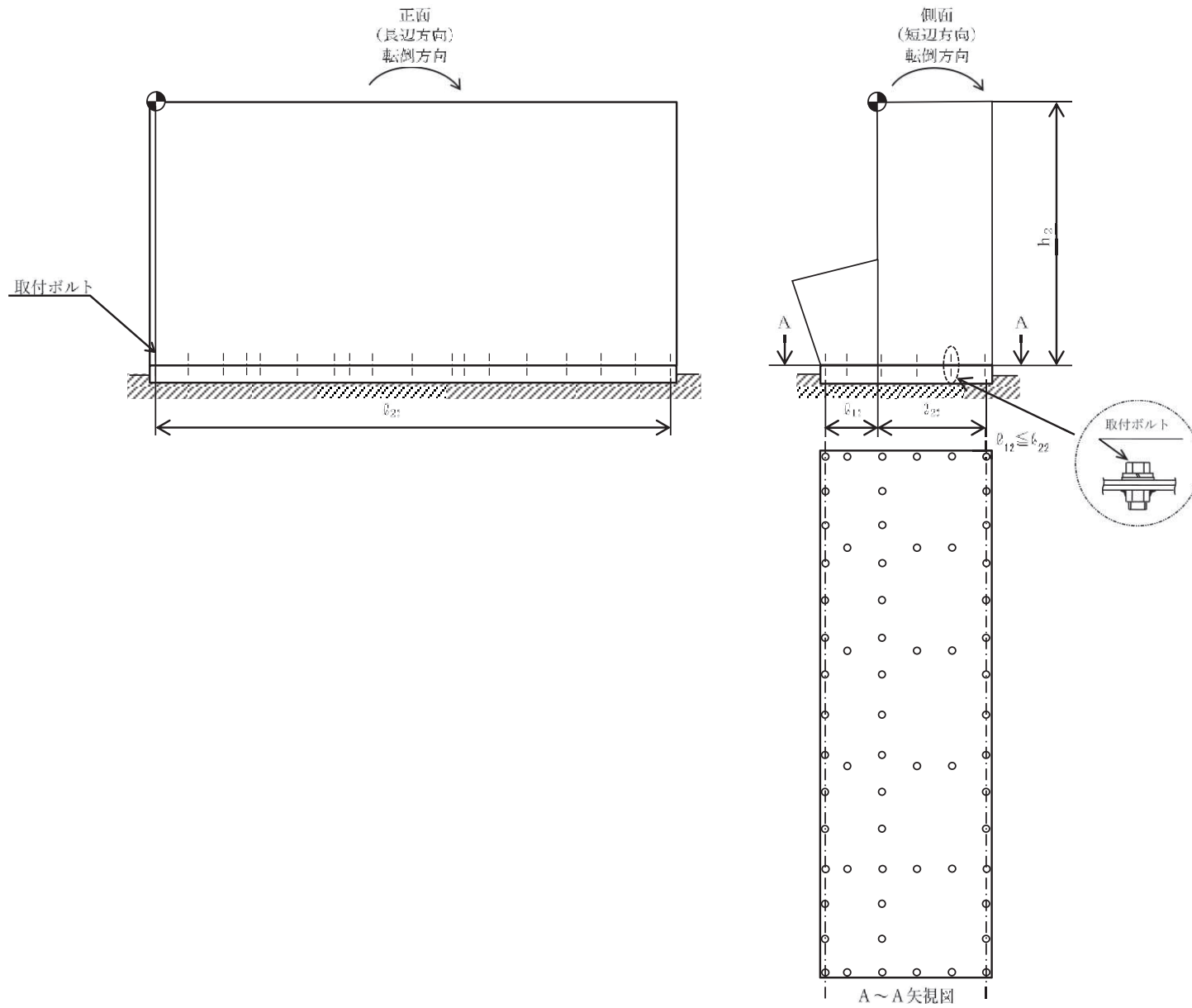
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1)	水平方向	2.41	
	鉛直方向	1.69	

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1) の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1)	常設耐震/防止 常設/防止 常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和	制御建屋 O. P. 22.95* (O. P. 23.45)		0.05 以下	—	—	C _H =2.89	C _V =2.03	40

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} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} ^{*1}
取付ボルト (i=2)		2300	455	955	16 (M16)	201.1	63	15
			0	4500				6

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向 ^{*2}	
					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

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—	1.537×10^4	—	1.063×10^5

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 ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=77$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

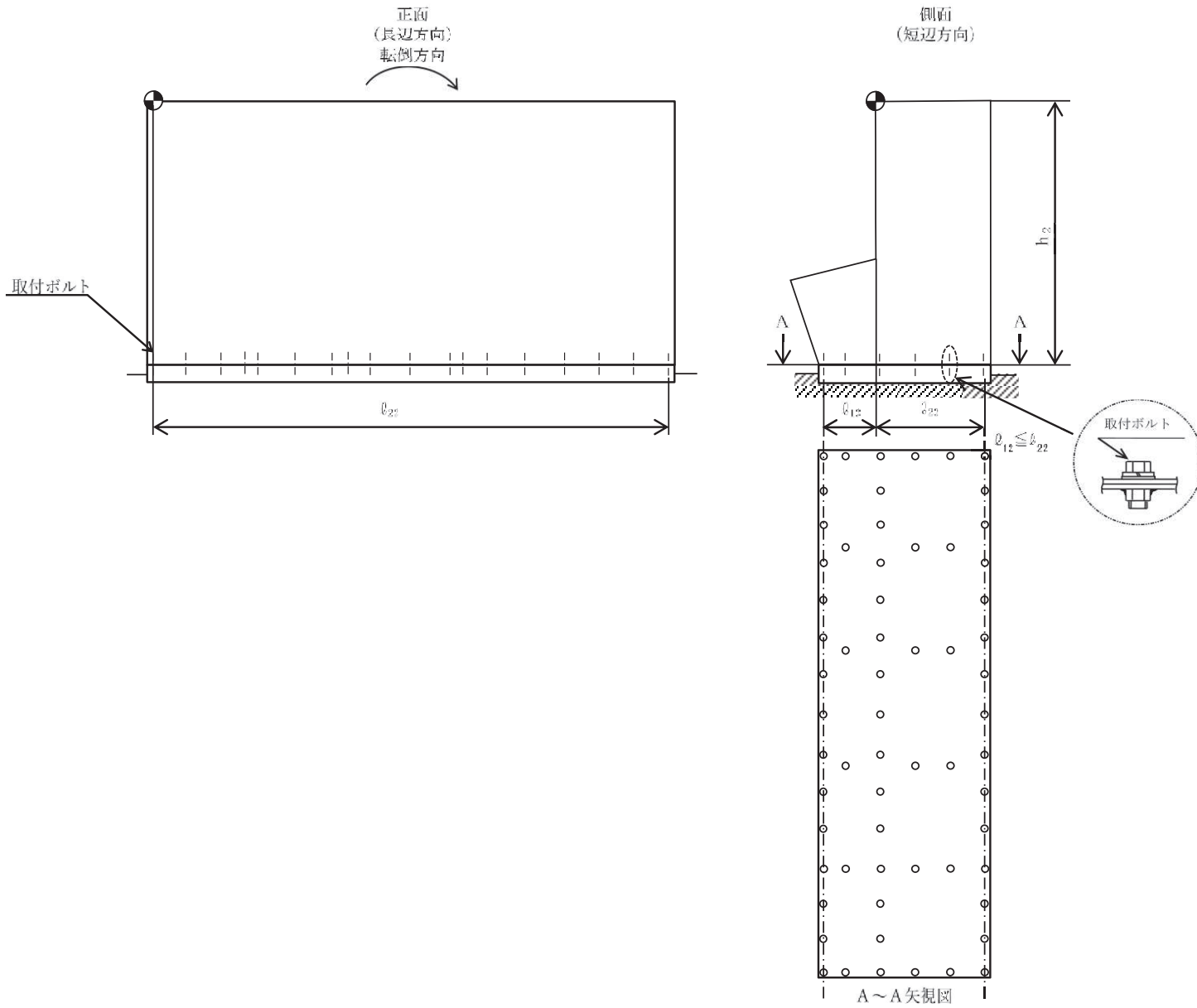
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉冷却制御盤 ESS-I・III (H11-P601-1)	水平方向	2.41	
	鉛直方向	1.69	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 計測制御設備の盤（直立形）

2.1 概要

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

計測制御設備の盤（直立形）のうち出力領域モニタ盤（A）RPS-I は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、出力領域モニタ盤（A）RPS-I は、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

構造強度評価については、計測制御設備の盤（直立形）のボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。電氣的機能維持評価については機能確認済加速度が最も低い器具を代表として評価する。

表 2-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
出力領域モニタ盤（A）RPS-I（代表）	VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-2 構造計画
2号 SPDS サーバ筐体（A）		
2号 SPDS サーバ筐体（B）		
起動領域モニタ安全系プロセス放射線モニタ盤（A）RPS-I		
起動領域モニタ安全系プロセス放射線モニタ盤（B）RPS-II		
格納容器内雰囲気モニタ盤（A）ESS-I		
格納容器内雰囲気モニタ盤（B）ESS-II		
サプレッションプール水温度記録監視盤区分 I		
サプレッションプール水温度記録監視盤区分 II		
AM 制御盤		
フィルタベント系制御盤		
R/B 水素ベント・PAR 温度監視盤		
SFP 監視盤		
代替注水制御盤		
HPAC 制御盤		
重大事故時モニタ盤（1）		

評価部位	評価方法	構造計画
重大事故時モニタ盤 (2)	VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-2 構造計画
重大事故時監視盤 (1)		
重大事故時監視盤 (2)		
DCLI 制御盤		
2号 SPDS 緊急時伝送盤 (1)		
2号 SPDS 緊急時伝送盤 (3)		
2号 SPDS 緊急時伝送盤 (4)		
中央制御室外原子炉停止装置盤 ESS-I		
中央制御室外原子炉停止装置盤 ESS-II		

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

出力領域モニタ盤 (A) RPS-I の構造計画を表 2-2 に示す。

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									
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I は、基礎に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 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【出力領域モニタ盤 (A) RPS-I】</p> <table border="1" data-bbox="1532 1114 1984 1331"> <thead> <tr> <th colspan="2">出力領域モニタ盤 (A) RPS-I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1000 mm</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>3000 mm</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300 mm</td> </tr> </tbody> </table>	出力領域モニタ盤 (A) RPS-I		たて	1000 mm	横	3000 mm	高さ	2300 mm
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I										
たて	1000 mm									
横	3000 mm									
高さ	2300 mm									

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の算出方法

水平方向の固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え、自由減衰振動を振動計により記録解析し、共振振動数を算出する。測定の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ盤（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表2-3に示す。

表 2-3 固有周期 (単位：s)

名称	方向	固有周期
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I	水平方向	
	鉛直方向	0.05 以下

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

出力領域モニタ盤 RPS-I の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

出力領域モニタ盤 RPS-I の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表2-4に示す。

2.4.2.2 許容応力

出力領域モニタ盤 RPS-I の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表2-5のとおりとする。

2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域モニタ盤 RPS-I 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2-6に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【出力領域モニタ盤 (A) RPS-I (H11-P608-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	出力領域モニタ盤 (A) RPS-I	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-5 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		$S_{y i}$	$S_{u i}$	$S_{y i} (R T)$
				(MPa)	(MPa)	(MPa)
取付ボルト ($i = 2$)	SS400 ($16\text{mm} < \text{径} \leq 40\text{mm}$)	周囲環境温度	40	235	400	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

出力領域モニタ盤 RPS-I 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、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

出力領域モニタ盤 RPS-I に設置される器具の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具及び当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-7 に示す。

表 2-7 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I (H11-P608-1)	水平方向	
	鉛直方向	

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域モニタ盤 (A) RPS-I 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。

【出力領域モニタ盤 (A) RPS-I (H11-P608-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I (H11-P608-1)	S	制御建屋 O.P. 22.95* (O.P. 23.45)		0.05 以下	C _H =1.68	C _V =1.10	C _H =2.89	C _V =2.03	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} ^{*1}
取付ボルト (i=2)		1633	223	687	16 (M16)	201.1	36	12
			837	2073				2

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向 ^{*2}	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	1.641×10 ⁴	3.811×10 ⁴	5.437×10 ⁴	9.353×10 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} =82	f _{ts2} =176*	σ _{b2} =190	f _{ts2} =210*
		せん断	τ _{b2} =8	f _{sb2} =135	τ _{b2} =13	f _{sb2} =161

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

すべて許容応力以下である。

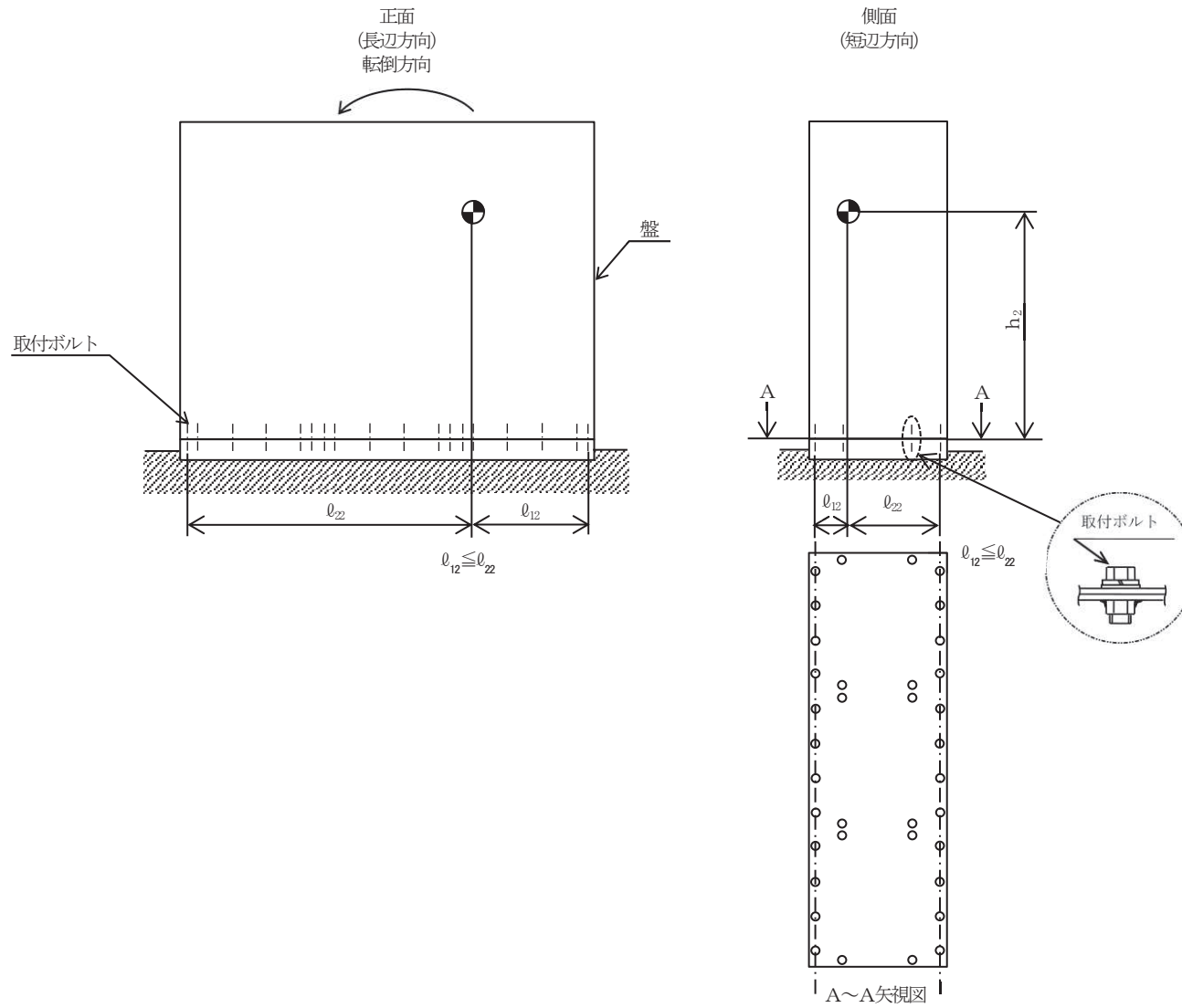
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
出力領域モニタ盤 (A) RPS-I (H11-P608-1)	水平方向	2.41	
	鉛直方向	1.69	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-2 衛星電話設備（固定型）の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-7-2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-2-2 衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-2-3 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-2-4 衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書

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

目次

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

1. 概要

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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては発電所内の通信連絡機能は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に、発電所外の通信連絡機能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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>電話機は固定金具にて机の上に固縛する。</p> <p>机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	電話機	

2.2 評価方針

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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

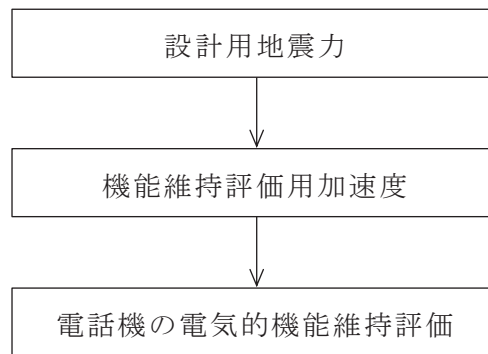


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）は、電話機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持の評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

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

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用 加速度
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	制御建屋(中央制御室) O.P. 22.95* (O.P. 24.25)	水平方向	2.32
		鉛直方向	1.67

注記 * : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器（支持構造物を含む。）の模擬地震波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	水平方向	2.32	3.03
	鉛直方向	1.67	2.11

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-2-2 衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 風荷重	7
4.3 解析モデル及び諸元	11
4.4 固有周期	12
4.5 設計用地震力	14
4.6 計算方法	15
4.7 計算条件	16
4.8 応力の評価	16
4.8.1 基礎ボルトの応力評価	16
5. 機能維持評価	17
5.1 電氣的機能維持評価方法	17
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては発電所内の通信連絡機能は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に、発電所外の通信連絡機能は常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>屋外アンテナを取付金具及び取付ポールにてアンテナ取付架台に取り付ける。アンテナ取付架台は、基礎ボルトにて壁に固定する。</p>	<p>屋外アンテナ</p>	

2.2 評価方針

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

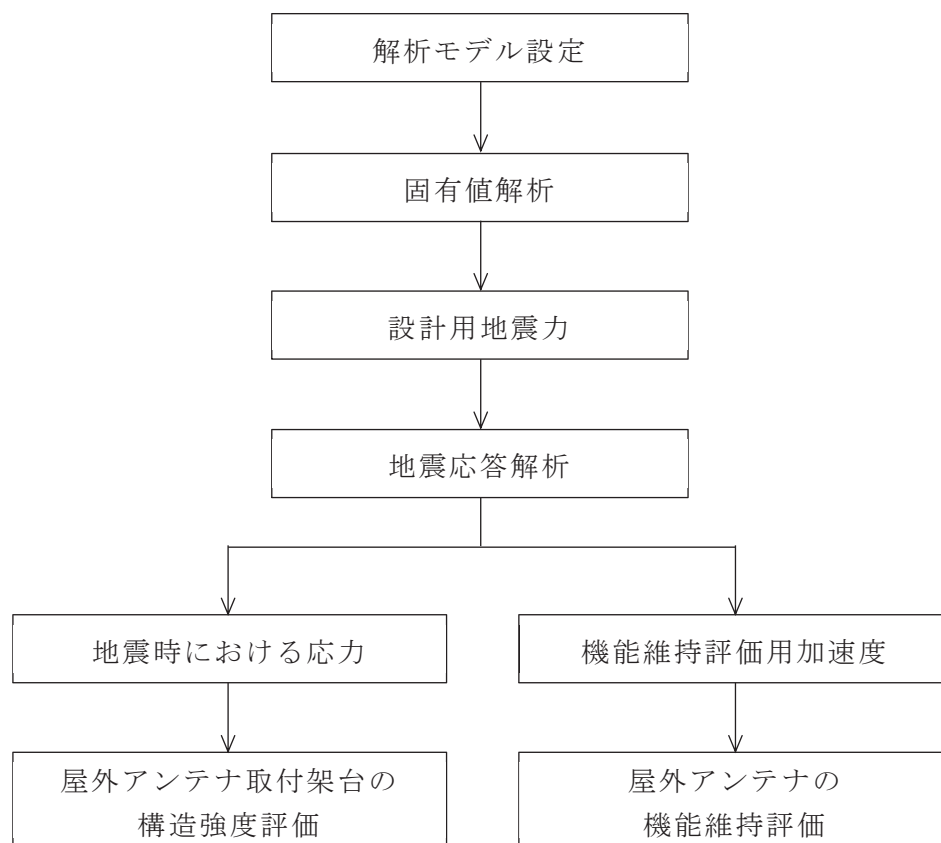


図 2-1 衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（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	アンテナ取付架台の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 (f _s * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 (f _t * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t s}	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
I _y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Y 軸)	mm ⁴
I _z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Z 軸)	mm ⁴
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm ⁴
L	架台長さ	mm
m	質量	kg
N	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
Q _x	基礎ボルトに作用する X 軸方向のせん断力	N
Q _z	基礎ボルトに作用する Z 軸方向のせん断力	N
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T	温度条件 (雰囲気温度)	℃
ν	ポアソン比	—
ρ	風圧力	N/m ²
σ _{b t}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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* ¹
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* ³	四捨五入	小数点以下第 1 位* ²
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁* ⁴
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ⁵		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位* ⁵

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。なお、衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の取付架台は、構造物として十分な剛性を有しており、基礎ボルトが健全であれば衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能を維持できるため、基礎ボルトを評価対象とする。

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) アンテナ取付架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定する。
- (2) アンテナ取付架台の質量には、屋外アンテナの質量及びアンテナ取付架台の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、アンテナ取付架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	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:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	—	520	205

表 4-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
アンテナ取付架台	1485

4.3 解析モデル及び諸元

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】に示す。

- (1) 屋外アンテナの取付架台をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 解析モデルの各節点の質量は、屋外アンテナ（取付ポールを含む）、アンテナ取付架台、取付金具であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件として、基礎部の XYZ 並進方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 解析コードは「MSC NASTARAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

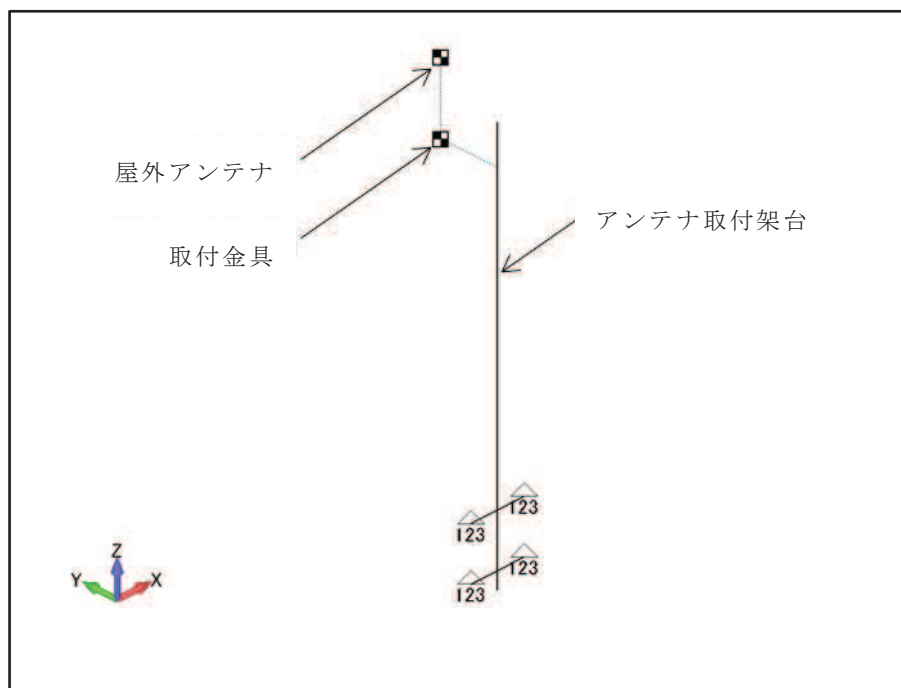


図 4-1 解析モデル図

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.037 秒であり，剛であることを確認した。

また，鉛直方向は 6 次モードで卓越し，固有周期は 0.003 秒であり，剛であることを確認した。

表 4-5 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平方向	0.037	—	—	—
6 次	鉛直方向	0.003	—	—	—

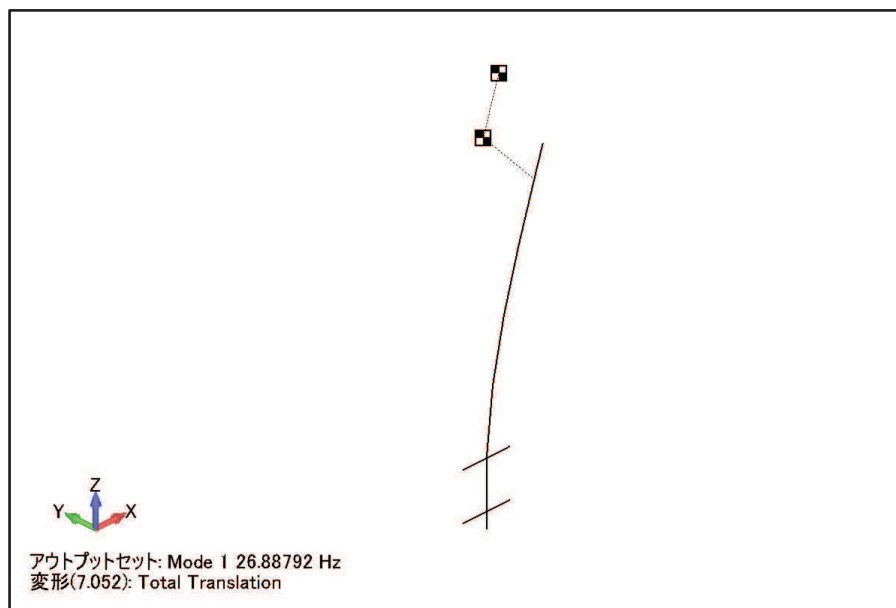


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.037 s)

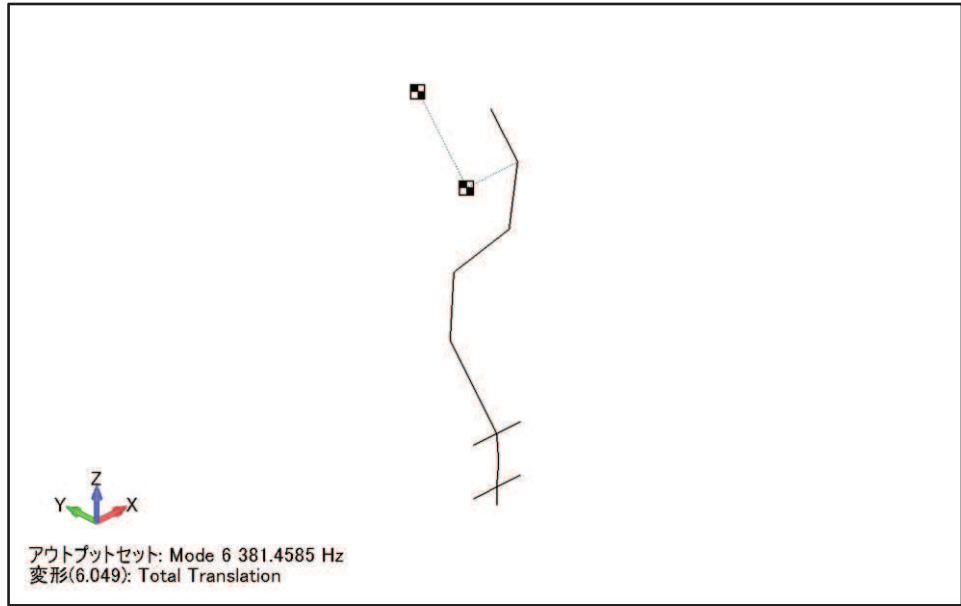


図 4-3 振動モード (6 次モード 鉛直方向 0.003 s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 に示す。

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

表 4-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20* ¹	0.037	0.003	—	—	C _H = 3.34* ²	C _V = 1.77

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：添付書類「VI-2-6-7-2-4 衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、原子炉建屋より設計震度の大きい緊急時対策建屋の水平方向設計震度を適用。

4.6 計算方法

FEM 解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表 4-7 の式により最大応力を算出する。なお、風荷重について表 4-4 に示す基準速度圧が、壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい、0 度、45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。

最大応力発生部位を図 4-4 に示す。

表 4-7 応力計算式

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

ここで、

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

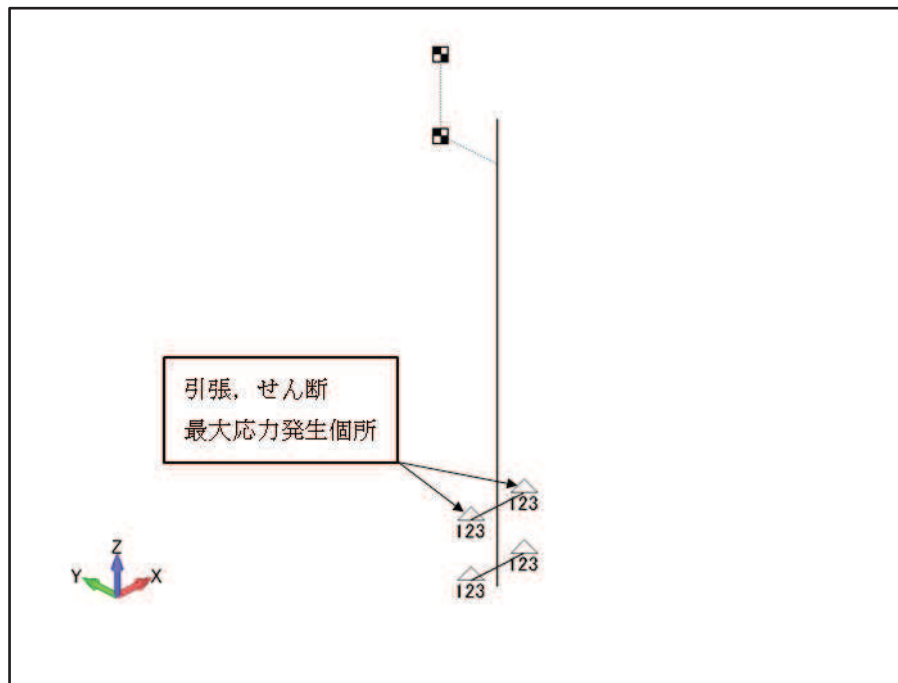


図 4-4 最大応力発生部位

4.7 計算条件

解析に用いる自重（アンテナ取付架台）及び荷重（地震荷重）は，本計算書の【衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 基礎ボルトの応力評価

4.6 項で求めた基礎ボルトの引張応力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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし， f_{sb} は下表による。

f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能確認済加速度は、添付書類「VI -2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の屋外アンテナのサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	水平方向	4.44
	鉛直方向	2.30

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 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	
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20*	0.037	0.003	$C_H=3.34$	$C_V=1.77$	40

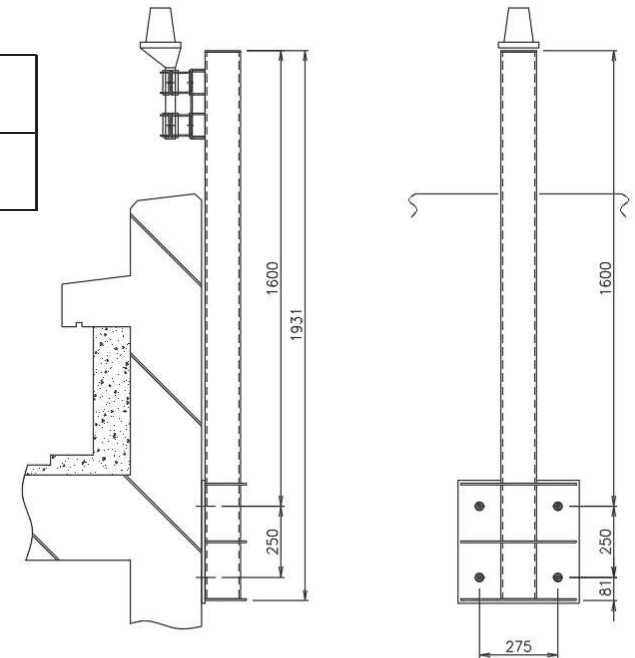
注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	A (mm ²)	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	J (mm ⁴)	E (MPa)	ν (-)
76	2.763×10^3	6.410×10^6	6.410×10^6	1.010×10^7	2.02×10^5	0.3

d (mm)	A_b (mm)	N (-)	L (mm)
16 (M16)	201.1	4	1931

部材	材料	S_y (R T) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SUS304	205	520	-	205



側面図

正面図

(単位：mm)

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

F _b		Q _b	
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
—	8.655 × 10 ³	—	1.295 × 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	SUS304	引張り	—	—	σ _{b t} = 44	f _{t s} = 122*
		せん断	—	—	τ _b = 65	f _{s b} = 94

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	水平方向	2.79*2	4.44
	鉛直方向	1.47	2.30

注記*1：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

*2：添付書類「VI-2-6-7-2-4 衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書」で示す屋アンテナと同型式のため、原子炉建屋より設計震度の大きい緊急時対策建屋の水平方向設計震度を適用。機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-2-3 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

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

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては発電所内の通信連絡機能は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に、発電所外の通信連絡機能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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>電話機は固定金具にて机の上に固縛する。</p> <p>机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	電話機	

2.2 評価方針

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

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

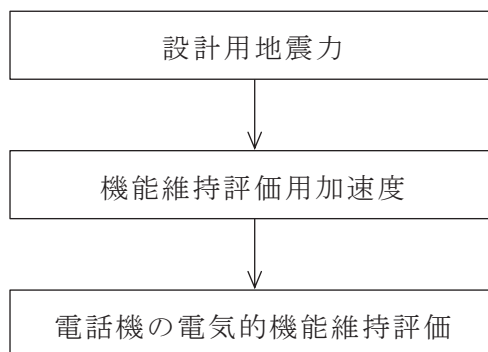


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、電話機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持の評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

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

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用 加速度
衛星電話設備（固定型） （緊急時対策所）	緊急時対策建屋 O.P. 51.50* (O.P. 52.32)	水平方向	0.74
		鉛直方向	0.63

注記 *：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器（支持構造物を含む。）の模擬地震波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	0.74	3.03
	鉛直方向	0.63	2.11

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-2-4 衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 風荷重	7
4.3 解析モデル及び諸元	11
4.4 固有周期	12
4.5 設計用地震力	14
4.6 計算方法	15
4.7 計算条件	16
4.8 応力の評価	16
4.8.1 基礎ボルトの応力評価	16
5. 機能維持評価	17
5.1 電氣的機能維持評価方法	17
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては発電所内の通信連絡機能は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に、発電所外の通信連絡機能は常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>屋外アンテナを取付金具及び取付ポールにてアンテナ取付架台に取り付ける。</p> <p>アンテナ取付架台は、基礎ボルトにて壁に固定する。</p>	<p>屋外アンテナ</p> <p>取付金具</p> <p>取付ポール</p> <p>アンテナ取付架台</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>壁</p> <p>672.5</p> <p>250</p> <p>1003.5</p>	

2.2 評価方針

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

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

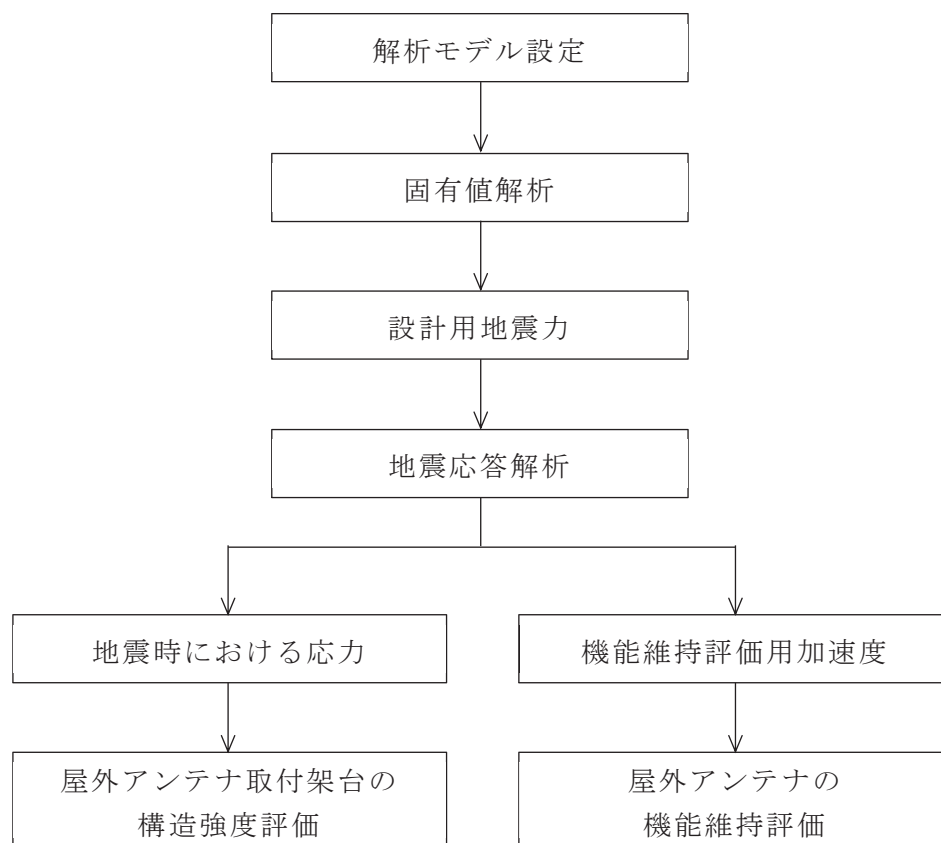


図 2-1 衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（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	アンテナ取付架台の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 (f _s [*] を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 (f _t [*] を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t s}	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
I _y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Y 軸)	mm ⁴
I _z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Z 軸)	mm ⁴
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm ⁴
L	架台長さ	mm
m	質量	kg
N	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
Q _x	基礎ボルトに作用する X 軸方向のせん断力	N
Q _z	基礎ボルトに作用する Z 軸方向のせん断力	N
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T	温度条件 (雰囲気温度)	℃
ν	ポアソン比	—
ρ	風圧力	N/m ²
σ _{b t}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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* ¹
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位* ¹
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位* ³	四捨五入	小数点以下第 1 位* ²
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ⁴
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁* ⁴
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ⁵		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位* ⁵

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。なお、衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の取付架台は、構造物として十分な剛性を有しており、基礎ボルトが健全であれば衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の機能を維持できるため、基礎ボルトを評価対象とする。

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) アンテナ取付架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定する。
- (2) アンテナ取付架台の質量には、屋外アンテナの質量及びアンテナ取付架台の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、アンテナ取付架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	V _{AS} (V _{AS} として、 IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

∞ 注記*1：「常設／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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	—	520	205

表 4-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
アンテナ取付架台	1485

4.3 解析モデル及び諸元

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】に示す。

- (1) 屋外アンテナの取付架台をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 解析モデルの各節点の質量は、屋外アンテナ（取付ポールを含む）、アンテナ取付架台、取付金具であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件として、基礎部の XYZ 並進方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 解析コードは「MSC NASTARAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

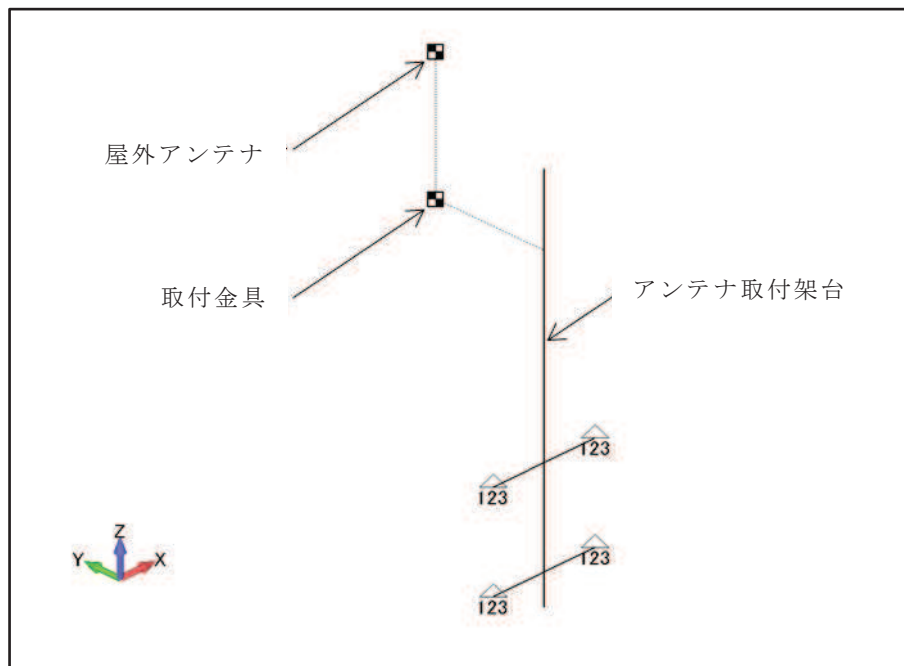


図 4-1 解析モデル図

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に示す。

一次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.010 秒であり、剛であることを確認した。

また、鉛直方向は 4 次モードで卓越し、固有周期は 0.002 秒であり、剛であることを確認した。

表 4-5 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平方向	0.010	—	—	—
4 次	鉛直方向	0.002	—	—	—

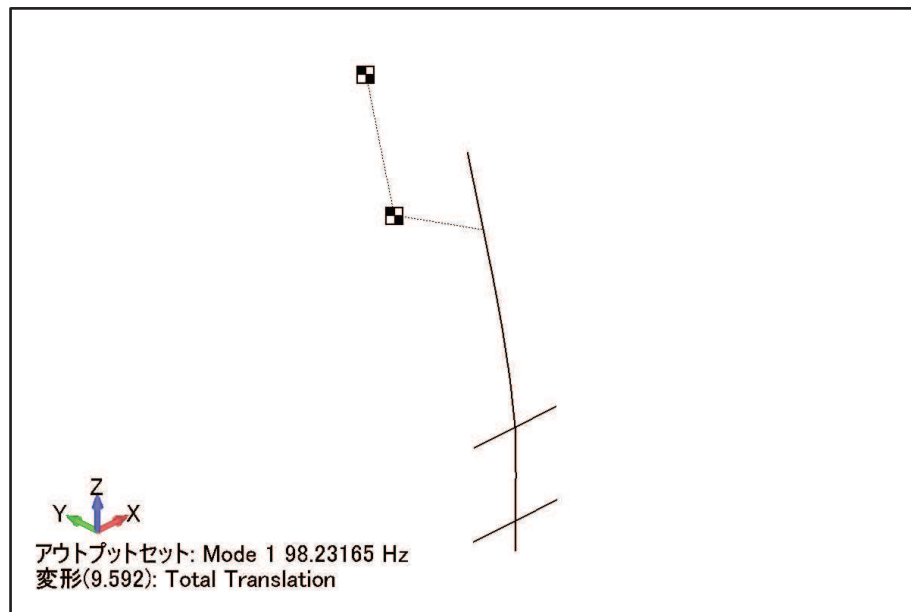


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.010 s)

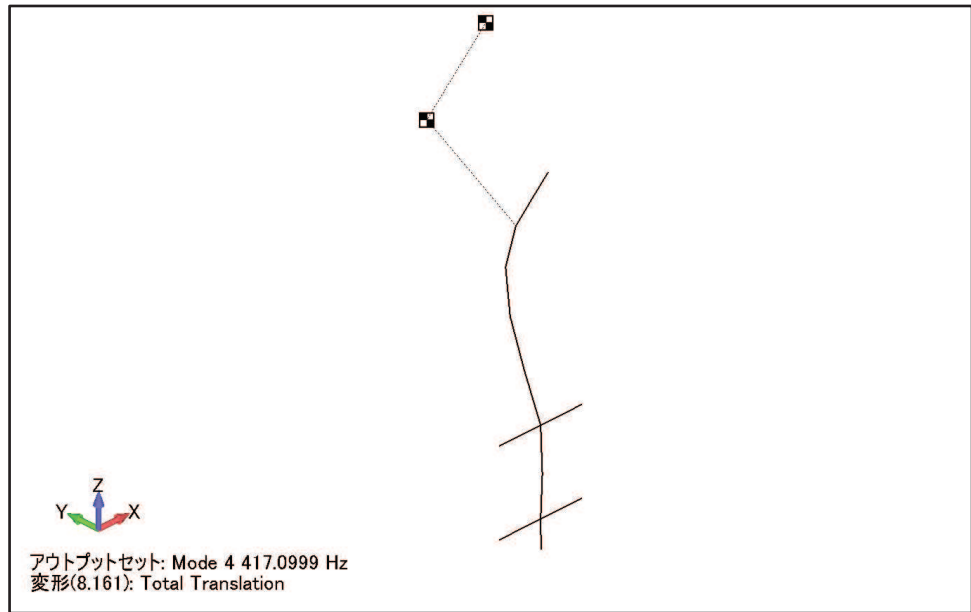


図 4-3 振動モード (4 次モード 鉛直方向 0.002 s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力表 4-6 に示す。

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

表 4-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策建屋 O.P. 75.90* ¹	0.010	0.002	—	—	$C_H = 3.34$	$C_V = 1.77^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：添付書類「VI-2-6-7-2-2 衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、緊急時対策建屋より設計震度の大きい原子炉建屋の鉛直方向設計震度を適用。

4.6 計算方法

FEM 解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-7 の式により最大応力を算出する。なお，風荷重について表 4-4 に示す基準速度圧が，壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい，0 度，45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。

最大応力発生部位を図 4-4 に示す。

表 4-7 応力計算式

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

ここで，

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

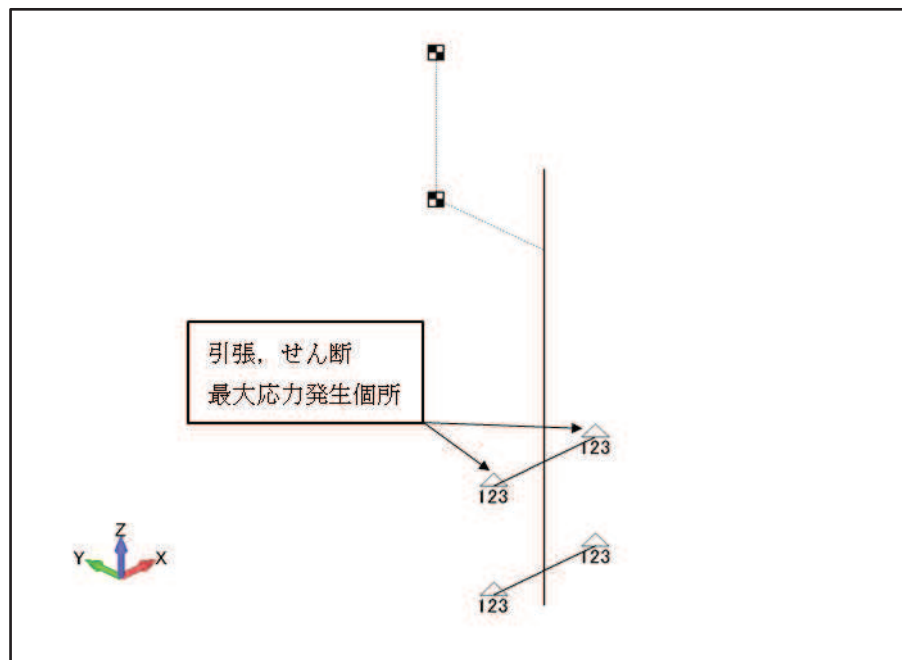


図 4-4 最大応力発生部位

4.7 計算条件

解析に用いる自重（アンテナ取付架台）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 基礎ボルトの応力評価

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

ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \cdots \cdots \cdots (4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、添付書類「VI -2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の屋外アンテナのサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	水平方向	4.44
	鉛直方向	2.30

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°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	
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策建屋 O.P. 75.90*	0.010	0.002	$C_H=3.34$	$C_V=1.77$	40

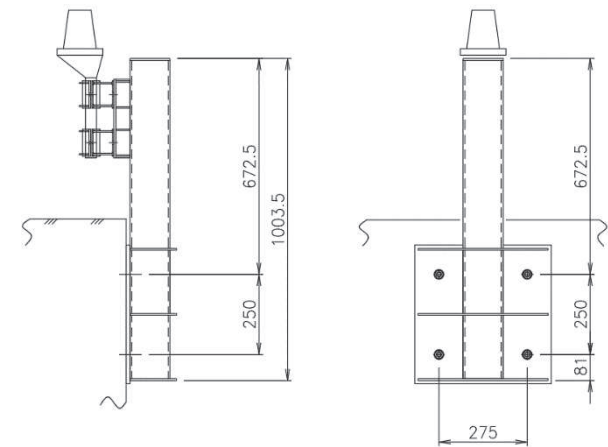
注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	A (mm ²)	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	J (mm ⁴)	E (MPa)	ν (-)
56	2.763×10^3	6.410×10^6	6.410×10^6	1.010×10^7	2.02×10^5	0.3

d (mm)	A_b (mm)	N (-)	L (mm)
16 (M16)	201.1	4	1003.5

部材	材料	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SUS304	205	520	-	205



側面図

正面図

(単位: mm)

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

F _b		Q _b	
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
—	3.413×10 ³	—	4.219×10 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	SUS304	引張り	—	—	σ _{b t} = 17	f _{t s} = 122*
		せん断	—	—	τ _b = 21	f _{s b} = 94

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	水平方向	2.79	4.44
	鉛直方向	1.47*2	2.30

注記*1：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

*2：添付書類「VI-2-6-7-2-2 衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、緊急時対策建屋より設計震度の大きい原子炉建屋の鉛直方向設計震度を適用。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3 無線連絡設備（固定型）の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-7-3-1 無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-3-2 無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-3-3 無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7-3-4 無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-1 無線連絡設備（固定型）（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

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

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>無線機は固定金具にて机の上に固縛する。</p> <p>机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	無線機	

2.2 評価方針

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

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

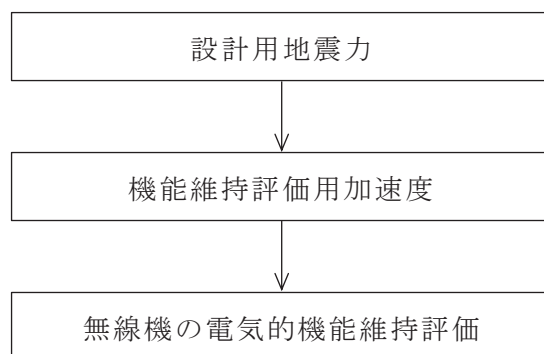


図 2-1 無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）は、無線機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では、無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の電氣的機能維持の評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）は、無線機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机についても取付金物にて床に固定することから、設計用地震力は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す、無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の設置床における基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線とし、機能維持評価用加速度には設置床の最大応答加速度を適用する。

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用 加速度
無線連絡設備（固定型） （中央制御室）	制御建屋（中央制御室） O.P. 22.95* (O.P. 24.25)	水平方向	2.32
		鉛直方向	1.67

注記 * : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器（支持構造物を含む。）の模擬地震波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線連絡設備（固定型） （中央制御室）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線連絡設備（固定型）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線連絡設備（固定型） （中央制御室）	水平方向	2.32	3.03
	鉛直方向	1.67	2.11

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-2 無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 風荷重	7
4.3 解析モデル及び諸元	11
4.4 固有周期	12
4.5 設計用地震力	14
4.6 計算方法	15
4.7 計算条件	16
4.8 応力の評価	16
4.8.1 基礎ボルトの応力評価	16
5. 機能維持評価	17
5.1 電氣的機能維持評価方法	17
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 アンテナ取付架台は、基礎ボルトにて壁に固定する。</p>	<p>屋外アンテナ</p>	

2.2 評価方針

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

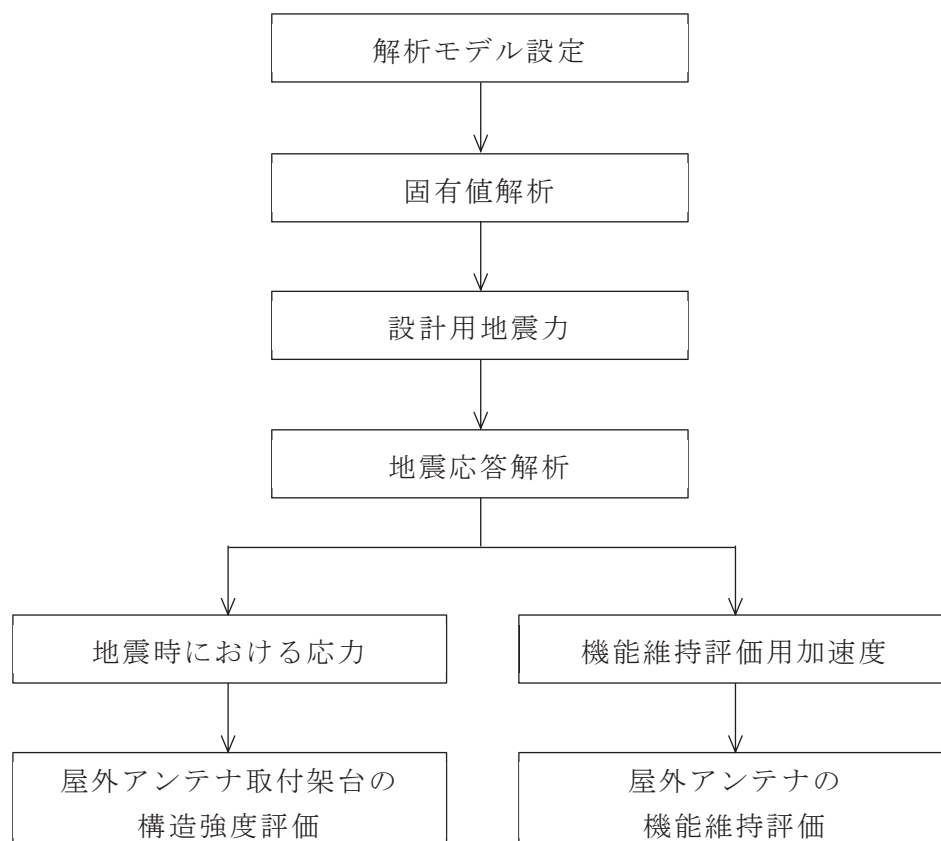


図 2-1 無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（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	アンテナ取付架台の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 (f _s * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 (f _t * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t s}	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
I _y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Y 軸)	mm ⁴
I _z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Z 軸)	mm ⁴
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm ⁴
L	架台長さ	mm
m	質量	kg
N	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
Q _x	基礎ボルトに作用する X 軸方向のせん断力	N
Q _z	基礎ボルトに作用する Z 軸方向のせん断力	N
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T	温度条件 (雰囲気温度)	℃
ν	ポアソン比	—
ρ	風圧力	N/m ²
σ _{b t}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位 ^{*3}	四捨五入	小数点以下第 1 位 ^{*2}
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 ^{*4}
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*5}

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。なお、無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の取付架台は、構造物として十分な剛性を有しており、基礎ボルトが健全であれば無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能を維持できるため、基礎ボルトを評価対象とする。

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) アンテナ取付架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定する。
- (2) アンテナ取付架台の質量には、屋外アンテナの質量及びアンテナ取付架台の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、アンテナ取付架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

∞ 注記*1: 「常設／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: 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$ 」の評価に包絡されるため, 評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1、*2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	—	520	205

表 4-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
アンテナ取付架台	1485

4.3 解析モデル及び諸元

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】に示す。

- (1) 屋外アンテナの取付架台をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 解析モデルの各節点の質量は、屋外アンテナ、アンテナ取付架台、取付金具であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件として、基礎部の XYZ 並進方向を拘束する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 解析コードは「MSC NASTARAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

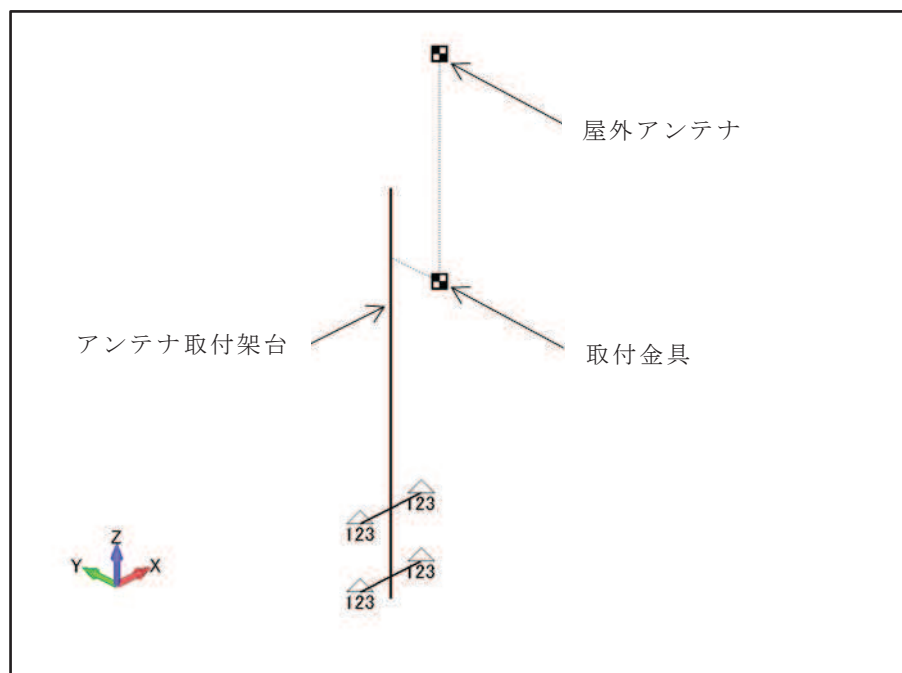


図 4-1 解析モデル図

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.026 秒であり、剛であることを確認した。

また、鉛直方向は 6 次モードで卓越し、固有周期は 0.002 秒であり、剛であることを確認した。

表 4-5 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平方向	0.026	—	—	—
6 次	鉛直方向	0.002	—	—	—

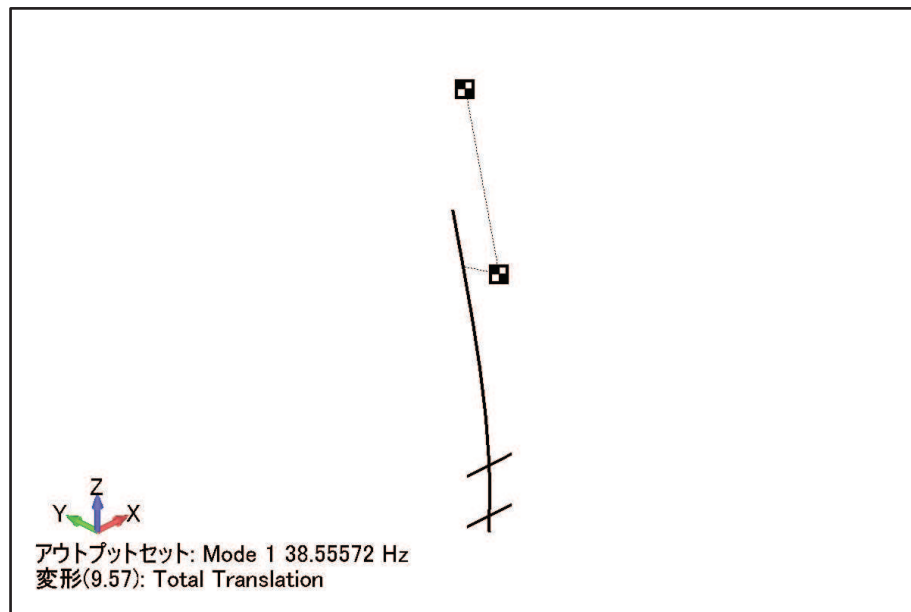


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.026 s)

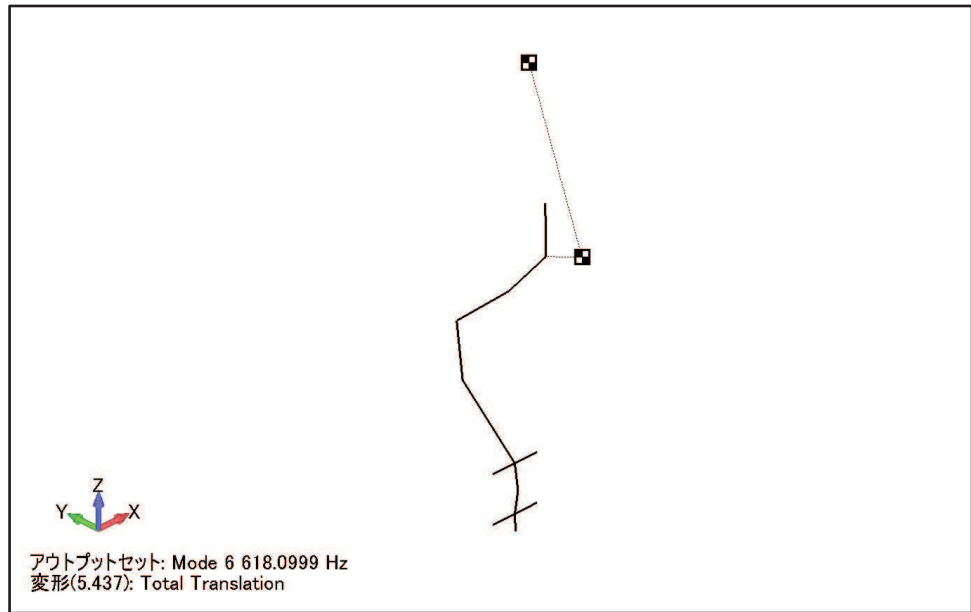


図 4-3 振動モード (6 次モード 鉛直方向 0.002 s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 に示す。

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

表 4-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20* ¹	0.026	0.002	—	—	$C_H = 3.34^{*2}$	$C_V = 1.77$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：添付書類「VI-2-6-7-3-4 無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、原子炉建屋より設計震度の大きい緊急時対策建屋の水平方向設計震度を適用。

4.6 計算方法

FEM 解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表 4-7 の式により最大応力を算出する。なお，風荷重について表 4-4 に示す基準速度圧が，壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい，0 度，45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。

最大応力発生部位を図 4-4 に示す。

表 4-7 応力計算式

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

ここで，

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

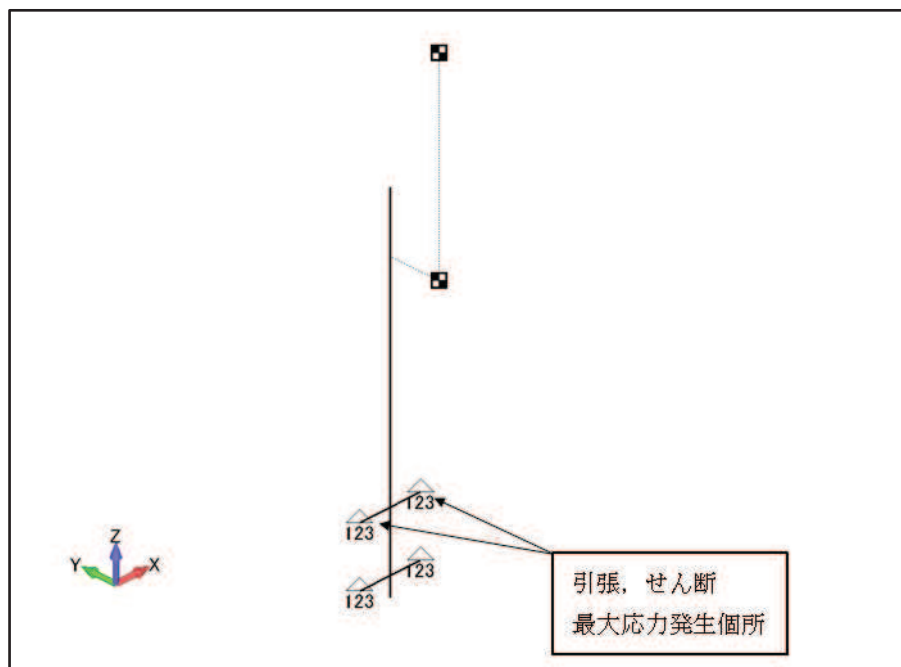


図 4-4 最大応力発生部位

4.7 計算条件

解析に用いる自重（アンテナ取付架台）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 基礎ボルトの応力評価

4.6 項で求めた基礎ボルトの引張応力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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \cdots \cdots (4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

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

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の機能確認済加速度は、添付書類「VI -2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の屋外アンテナのサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	水平方向	4.44
	鉛直方向	2.30

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 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	
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20*	0.026	0.002	$C_H=3.34$	$C_V=1.77$	40

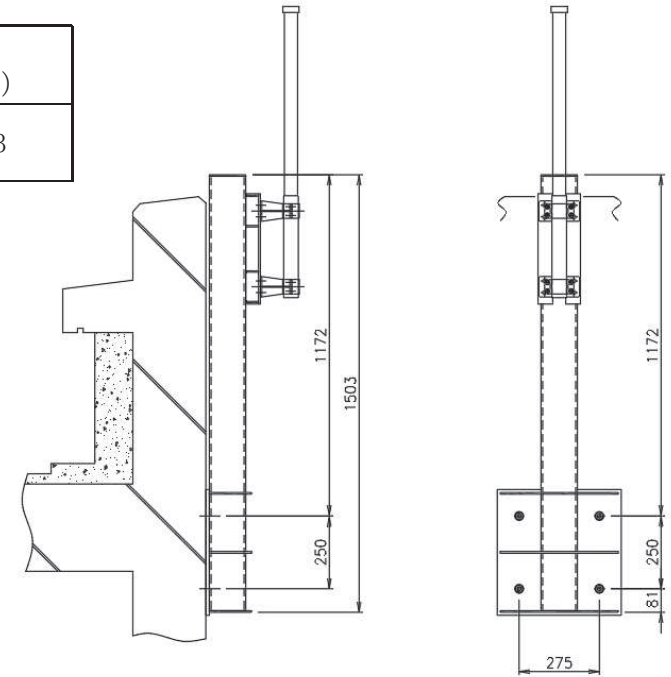
注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	A (mm ²)	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	J (mm ⁴)	E (MPa)	ν (-)
65	2.763×10^3	6.410×10^6	6.410×10^6	1.010×10^7	2.02×10^5	0.3

d (mm)	A_b (mm)	N (-)	L (mm)
16 (M16)	201.1	4	1503

部材	材料	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SUS304	205	520	-	205



側面図

正面図

(単位：mm)

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

F _b		Q _b	
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
—	7.200 × 10 ³	—	1.028 × 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	SUS304	引張り	—	—	σ _{b t} = 36	f _{t s} = 122*
		せん断	—	—	τ _b = 52	f _{s b} = 94

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度* ¹	機能確認済加速度
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	水平方向	2.79* ²	4.44
	鉛直方向	1.47	2.30

注記*¹：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

*²：添付書類「VI-2-6-7-3-4 無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算書」で示す屋アンテナと同型式のため、原子炉建屋より設計震度の大きい緊急時対策建屋の水平方向設計震度を適用。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-3 無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

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

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>無線機は固定金具にて机の上に固縛する。</p> <p>机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	無線機	

2.2 評価方針

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

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

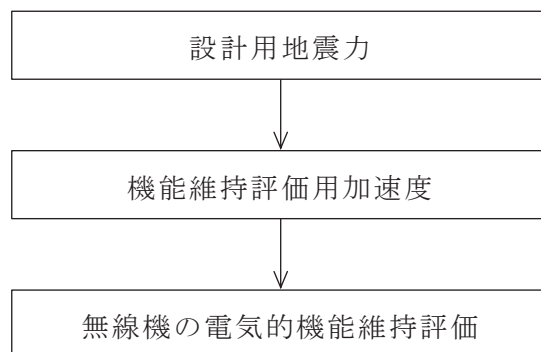


図 2-1 無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）は、無線機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。本計算書では、無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持の評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）は、無線機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机についても取付金物にて床に固定することから、設計用地震力は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す、無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の設置床における基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線とし、機能維持評価用加速度には設置床の最大応答加速度を適用する。

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用 加速度
無線連絡設備（固定型） （緊急時対策所）	緊急時対策建屋 O.P. 51.50* (O.P. 52.32)	水平方向	0.74
		鉛直方向	0.63

注記 *：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器（支持構造物を含む。）の模擬地震波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線連絡設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無線連絡設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線連絡設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	0.74	3.03
	鉛直方向	0.63	2.11

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は、すべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-4 無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 風荷重	7
4.3 解析モデル及び諸元	11
4.4 固有周期	12
4.5 設計用地震力	14
4.6 計算方法	15
4.7 計算条件	16
4.8 応力の評価	16
4.8.1 基礎ボルトの応力評価	16
5. 機能維持評価	17
5.1 電氣的機能維持評価方法	17
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>屋外アンテナを取付金具にてアンテナ取付架台に取り付ける。 アンテナ取付架台は、基礎ボルトにて壁に固定する。</p>	<p>屋外アンテナ</p>	

2.2 評価方針

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

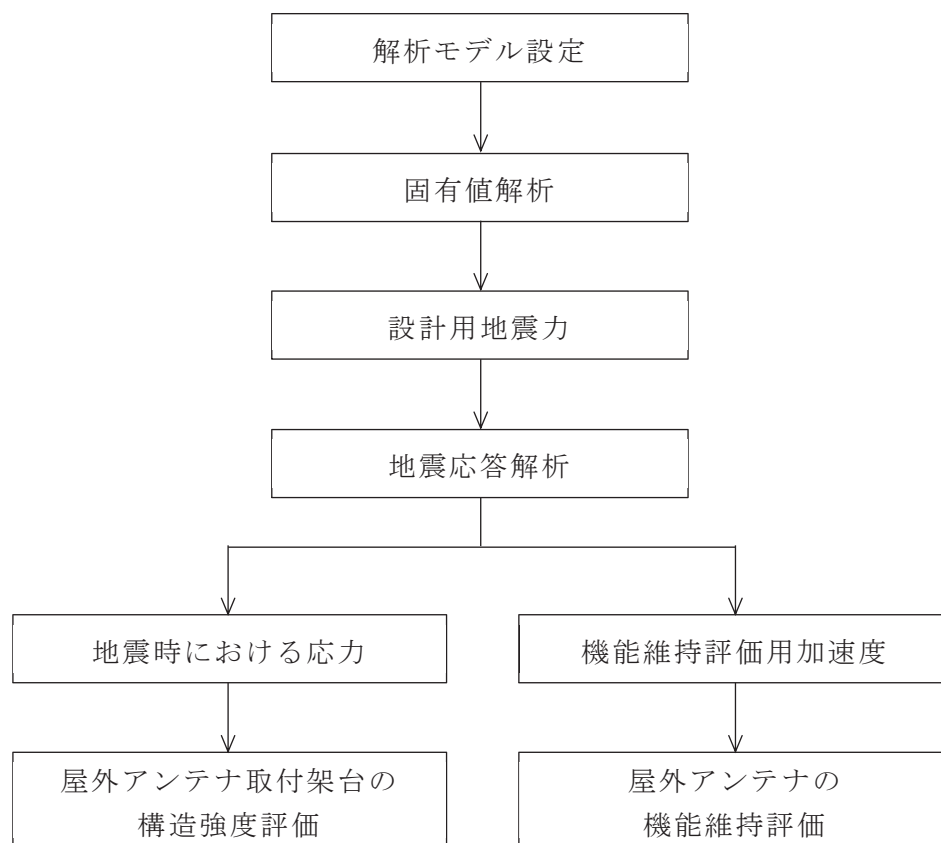


図 2-1 無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（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	アンテナ取付架台の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 (f _s * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 (f _t * を 1.5 倍した値)	MPa
f _{t s}	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
I _y	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Y 軸)	mm ⁴
I _z	アンテナ取付架台の断面二次モーメント (Z 軸)	mm ⁴
J	アンテナ取付架台のねじり定数	mm ⁴
L	架台長さ	mm
m	質量	kg
N	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
Q _x	基礎ボルトに作用する X 軸方向のせん断力	N
Q _z	基礎ボルトに作用する Z 軸方向のせん断力	N
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _y (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T	温度条件 (雰囲気温度)	℃
ν	ポアソン比	—
ρ	風圧力	N/m ²
σ _{b t}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位 ^{*3}	四捨五入	小数点以下第 1 位 ^{*2}
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 ^{*4}
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*5}

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトを選定して実施する。なお、無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の取付架台は、構造物として十分な剛性を有しており、基礎ボルトが健全であれば無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の機能を維持できるため、基礎ボルトを評価対象とする。

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) アンテナ取付架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定する。
- (2) アンテナ取付架台の質量には、屋外アンテナの質量及びアンテナ取付架台の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、アンテナ取付架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.2.4 風荷重

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

∞ 注記*1：「常設／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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	—	520	205

表 4-4 基準速度圧（単位：N/m²）

作用する部位	基準速度圧
アンテナ取付架台	1485

4.3 解析モデル及び諸元

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】に示す。

- (1) 屋外アンテナの取付架台をはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 解析モデルの各節点の質量は、屋外アンテナ、アンテナ取付架台、取付金具であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件として、基礎部の XYZ 並進方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 解析コードは「MSC NASTARAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

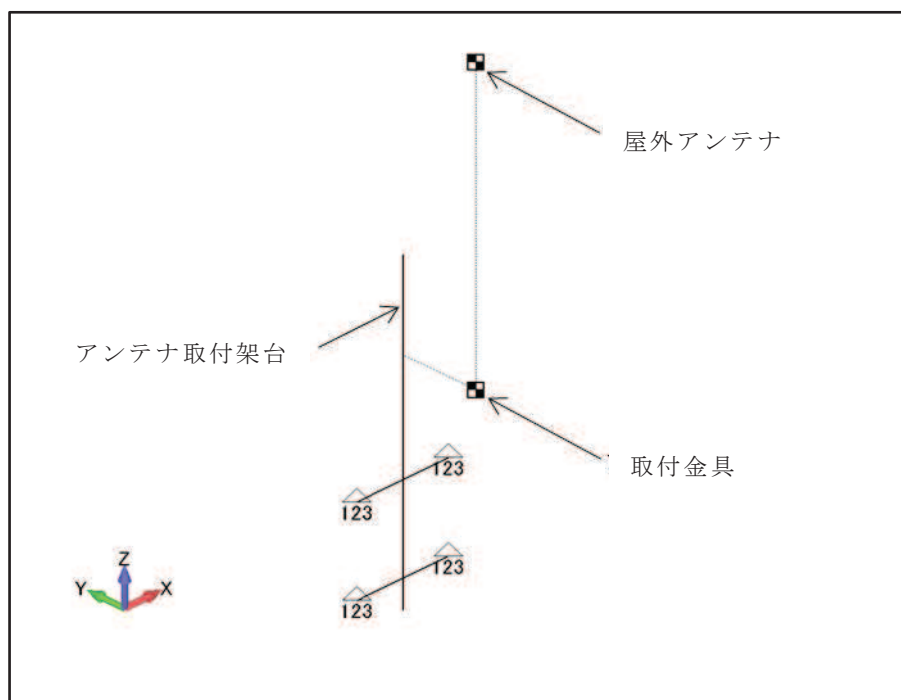


図 4-1 解析モデル図

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.011 秒であり、剛であることを確認した。

また、鉛直方向は 7 次モードで卓越し、固有周期は 0.001 秒であり、剛であることを確認した。

表 4-5 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平方向	0.011	—	—	—
7 次	鉛直方向	0.001	—	—	—

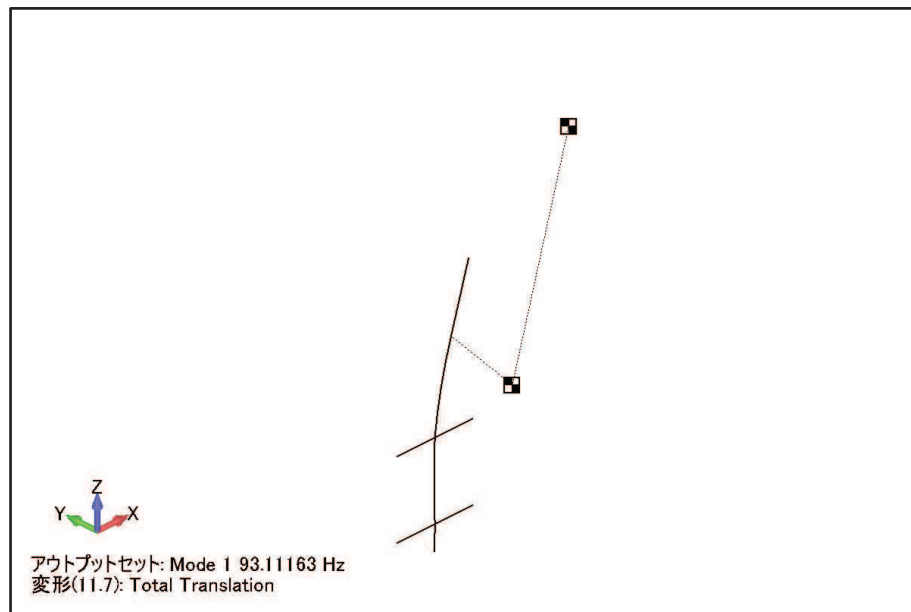


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.011 s)

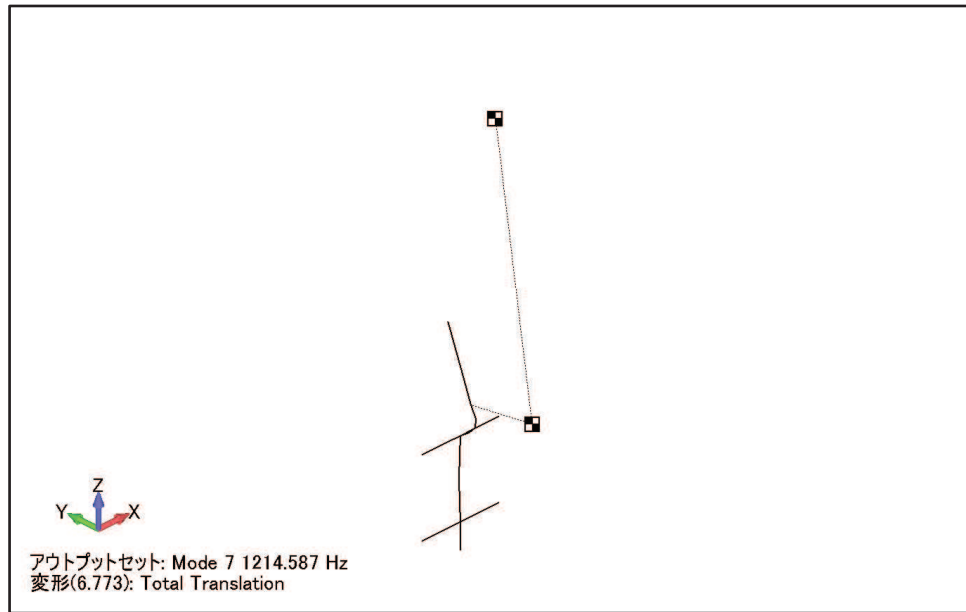


図 4-3 振動モード (7 次モード 鉛直方向 0.001 s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 に示す。

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

表 4-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策建屋 O.P. 75.90 ^{*1}	0.011	0.001	—	—	$C_H = 3.34$	$C_V = 1.77^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：添付書類「VI-2-6-7-3-2 無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、緊急時対策建屋より設計震度の大きい原子炉建屋の鉛直方向設計震度を適用。

4.6 計算方法

FEM 解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表 4-7 の式により最大応力を算出する。なお、風荷重について表 4-4 に示す基準速度圧が、壁面に設置されているアンテナ取付架台に向かい、0 度、45 度又は 90 度の方向から常時作用するものとして解析を行う。

最大応力発生部位を図 4-4 に示す。

表 4-7 応力計算式

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

ここで、

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

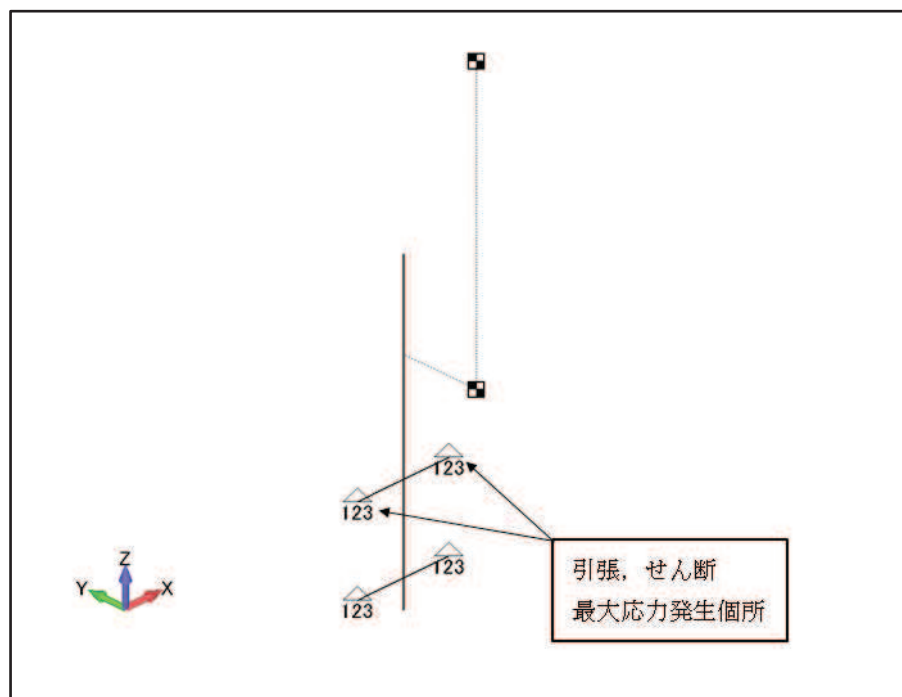


図 4-4 最大応力発生部位

4.7 計算条件

解析に用いる自重（アンテナ取付架台）及び荷重（地震荷重）は，本計算書の【無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 基礎ボルトの応力評価

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

ただし， f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし， f_{sb} は下表による。

f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

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

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、添付書類「VI -2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の屋外アンテナのサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	水平方向	4.44
	鉛直方向	2.30

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°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	
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策建屋 O.P. 75.90*	0.011	0.001	$C_H=3.34$	$C_V=1.77$	40

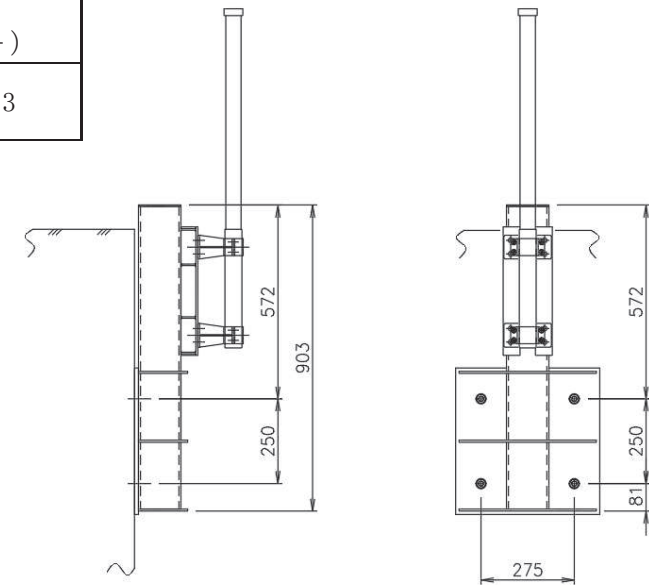
注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	A (mm ²)	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	J (mm ⁴)	E (MPa)	ν (-)
52	2.763×10^3	6.410×10^6	6.410×10^6	1.010×10^7	2.02×10^5	0.3

d (mm)	A_b (mm)	N (-)	L (mm)
16 (M16)	201.1	4	903

部材	材料	S_y (R T) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SUS304	205	520	-	205



側面図

正面図

(単位：mm)

1.3 計算数値

1.3.2 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

F _b		Q _b	
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
—	4.007 × 10 ³	—	5.006 × 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	SUS304	引張り	—	—	σ _{b t} = 20	f _{t s} = 122*
		せん断	—	—	τ _b = 25	f _{s b} = 94

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度* ¹	機能確認済加速度
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	水平方向	2.79	4.44
	鉛直方向	1.47* ²	2.30

注記*1：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

*2：添付書類「VI-2-6-7-3-2 無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）の耐震性についての計算書」で示す屋外アンテナと同型式のため、緊急時対策建屋より設計震度の大きい原子炉建屋の鉛直方向設計震度を適用。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-4 安全パラメータ表示システム (SPDS) SPDS 表示装置の耐震性について
の計算書

目次

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

1. 概要

安全パラメータ表示システム（SPDS）SPDS 表示装置は，設計基準対象施設においては C クラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。データ表示装置（待避所）は，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。安全パラメータ表示システム（SPDS）SPDS 表示装置及びデータ表示装置（待避所）の評価においては，添付書類「VI-1-5-4 中央制御室の機能に関する説明書」に基づき，基準地震動 S_s による地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを確認する。

電氣的機能維持評価については，評価用加速度が最大となる機器について代表として評価する。

代表となるデータ表示装置（待避所）は，重大事故等対処設備として基準地震動 S_s による機能維持が要求されることから，本計算書は，添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して電氣的機能を有していることを説明するものである。

評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

機器名称	評価方法	構造計画
安全パラメータ表示システム （SPDS）SPDS 表示装置 データ表示装置（待避所）（代表）	VI-2-1-9 機能維持の基 本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

データ表示装置（待避所）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>データ表示装置（待避所）（ノート PC）を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机の上に固縛する。</p> <p>机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。</p>	<p>データ表示装置（待避所）（ノート PC）（床に設置された机にノート PC を固縛用バンド及び粘着固定シートにより固縛する構造）</p>	<p>【データ表示装置（待避所）】</p> <p style="text-align: right;">（単位：mm）</p>

2.2 評価方針

データ表示装置（待避所）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針を準用し、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

SPDS 表示装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、SPDS 表示装置は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

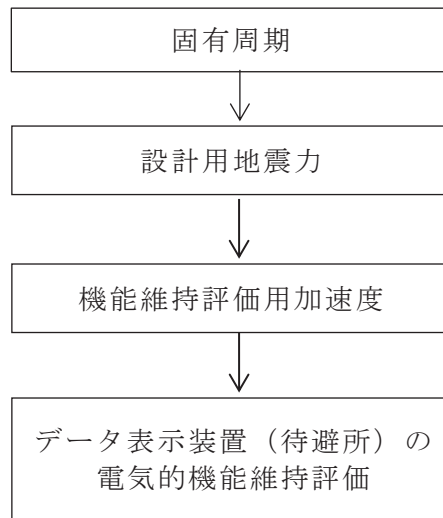


図 2-1 データ表示装置（待避所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

データ表示装置（待避所）は、「2.1 構造計画」に示すとおり、ノート PC を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机の上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。この据付状態におけるデータ表示装置（待避所）の電氣的機能維持について評価を実施する。

4. 機能維持評価

データ表示装置（待避所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

データ表示装置（待避所）は、ノート PC を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まるデータ表示装置（待避所）の設置床における応答加速度を適用する。

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	方向	機能維持 評価用加速度
データ表示装置 (待避所)	制御建屋 O.P. 22.95*	水平方向	2.32
		鉛直方向	1.67

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

データ表示装置（待避所）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、「2.1 構造計画」に示す実機の据付状態を模擬し、正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
データ表示装置 (待避所)	水平方向	
	鉛直方向	

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【データ表示装置（待避所）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
データ表示装置 (待避所)	水平方向	2.32	
	鉛直方向	1.67	

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

VI-2-6-7-5 安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナの耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	6
3.	評価部位	7
4.	固有周期	7
4.1	基本方針	7
4.2	固有周期の確認方法	7
4.3	固有周期の確認結果	7
5.	構造強度評価	8
5.1	構造強度評価方法	8
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
5.2.2	許容応力	8
5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	8
5.2.4	風荷重	8
5.2.5	積雪荷重	8
5.3	設計用地震力	12
5.4	計算方法	13
5.4.1	応力の計算方法	13
5.5	計算条件	16
5.5.1	ボルトの応力計算条件	16
5.6	応力の評価	17
5.6.1	ボルトの応力評価	17
6.	機能維持評価	18
6.1	電氣的機能維持評価方法	18
7.	評価結果	19
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

無線通信用アンテナは、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、無線通信用アンテナの基礎ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については評価用加速度が最大となる器具を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）（代表）	5. 構造強度評価	表 2-1 構造計画
無線通信用アンテナ（緊急時対策建屋側）		

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信用アンテナの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>無線通信用アンテナは、アンテナ金具で無線通信用アンテナ取付架台に設置する。</p> <p>無線通信用アンテナ取付架台は基礎（壁面）に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>無線通信用アンテナ（無線通信用アンテナ取付架台を壁面に設置し、その架台に無線通信用アンテナをアンテナ金具を介して設置する構造）</p>	<p>【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

無線通信用アンテナの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す無線通信用アンテナの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で確認した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、無線通信用アンテナの機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

無線通信用アンテナの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

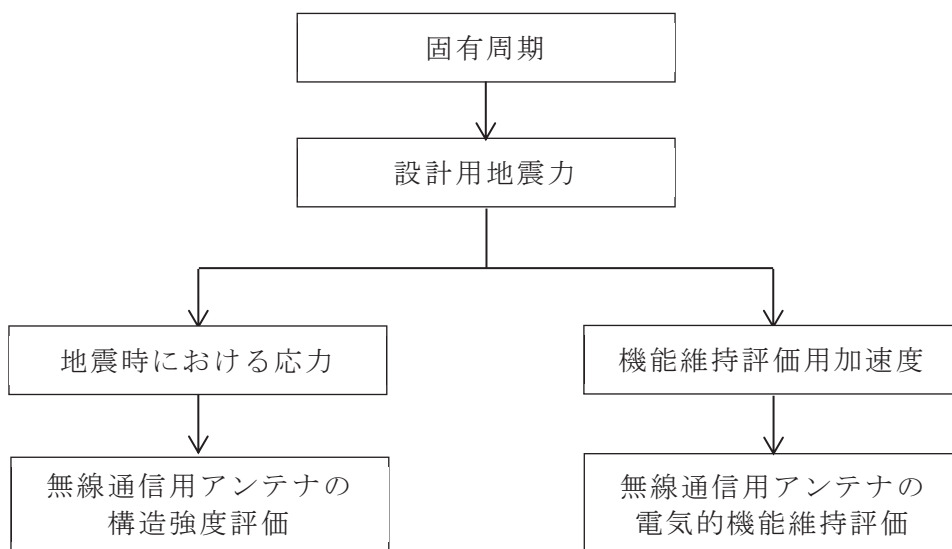


図 2-1 無線通信用アンテナの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_2	取付面から重心までの距離 (壁掛型)	mm
h_a	取付面からアンテナ先端までの距離 (壁掛型)	mm
l_3	重心と下側ボルト間の距離 (壁掛型)	mm
l_a	側面 (左右) ボルト間の距離 (壁掛型)	mm
l_b	上下ボルト間の距離 (壁掛型)	mm
m	無線通信用アンテナの質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fv}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (側面方向) (壁掛形)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (正面方向) (壁掛形)	—
P_k	風荷重	N
P_s	積雪荷重	N
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛型)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛型)	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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

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

*2：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

無線通信用アンテナの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

無線通信用アンテナの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

無線通信用アンテナの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。

4.3 固有周期の確認結果

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

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	0.05 以下
鉛直方向	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信用アンテナの質量は、重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は、無線通信用アンテナに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 無線通信用アンテナは基礎ボルトで基礎（壁面）に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、図 5-1 及び図 5-2 における水平方向及び鉛直方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 無線通信用アンテナの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算書に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無線通信用アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

無線通信用アンテナの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無線通信用アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、風速 30m/s を使用し、無線通信用アンテナの形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、単位荷重 20N/cm/m^2 * を使用し、無線通信用アンテナの形状を踏まえ、作用する積雪荷重を算出する。算出した積雪荷重を表 5-5 に示す。

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

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	無線通信用アンテナ	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_S$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235

表 5-4 基準速度圧 (単位：N)

使用する部位	基準速度圧
無線通信用アンテナ取付架台	255.0

表 5-5 積雪荷重 (単位：N)

使用する部位	積雪荷重
無線通信用アンテナ取付架台	119.2

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

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

表 5-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準値震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20 (O.P. 41.20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H = 3.43$	$C_V = 1.89$

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

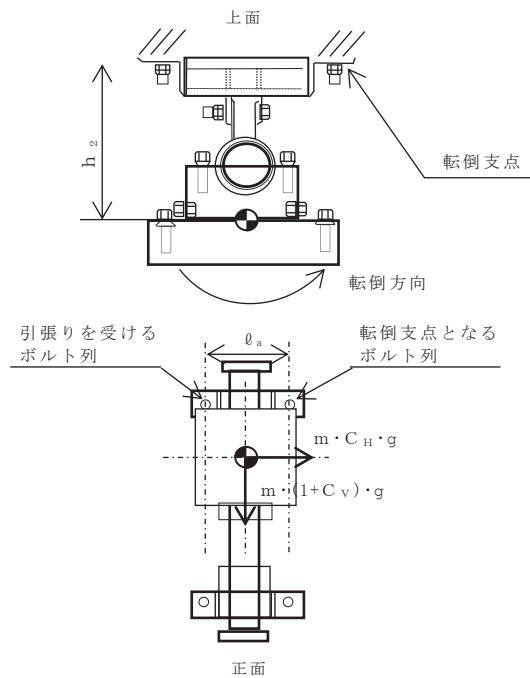


図 5-1 計算モデル（水平方向転倒）

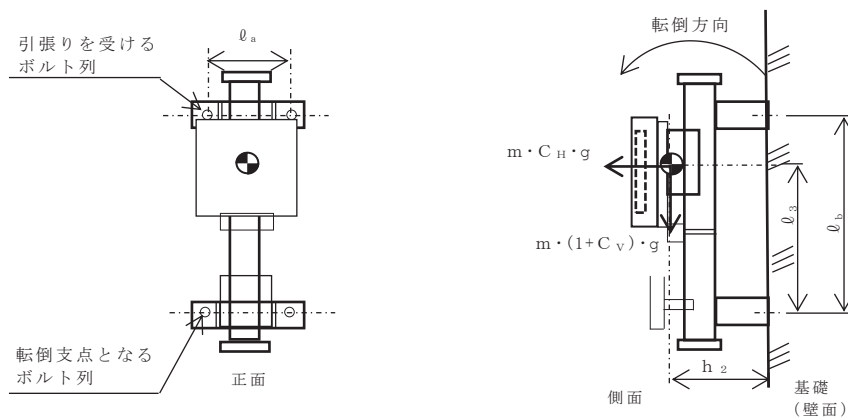


図 5-2 計算モデル（鉛直方向転倒）

(1) 引張応力

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

引張力 (F_b)

計算モデル図5-1の場合の引張力

$$F_{b1} = (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot \left[\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right] + \left[\frac{P_K \cdot h_a}{n_{fH} \cdot \ell_a} \right] \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-2の場合の引張力

$$F_{b2} = (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot \left[\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right] \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_{b1} = (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = (m \cdot g + 0.35 P_s) \cdot (1 + C_v) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b + P_K}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

ただし、 f_{to} は下表による。

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

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし、 f_{sb} は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信用アンテナの電氣的機能維持評価について以下に示す。

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

無線通信用アンテナの機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の方針」に基づき、同形式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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

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

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信用アンテナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

発生値は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。

【無線通信用アンテナ（原子炉建屋側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
無線通信用アンテナ (原子炉建屋側)	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20 (O.P. 41.20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.43	C _V =1.89	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	h _a (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		396.1	396.1						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)	—	280	—	水平方向

注記*1：水平、鉛直方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	2.264×10 ³	—	2.826×10 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	SS400	引張り	—	—	σ _b = 12	f _{t s} = 168*
		せん断	—	—	τ _b = 4	f _{s b} = 129

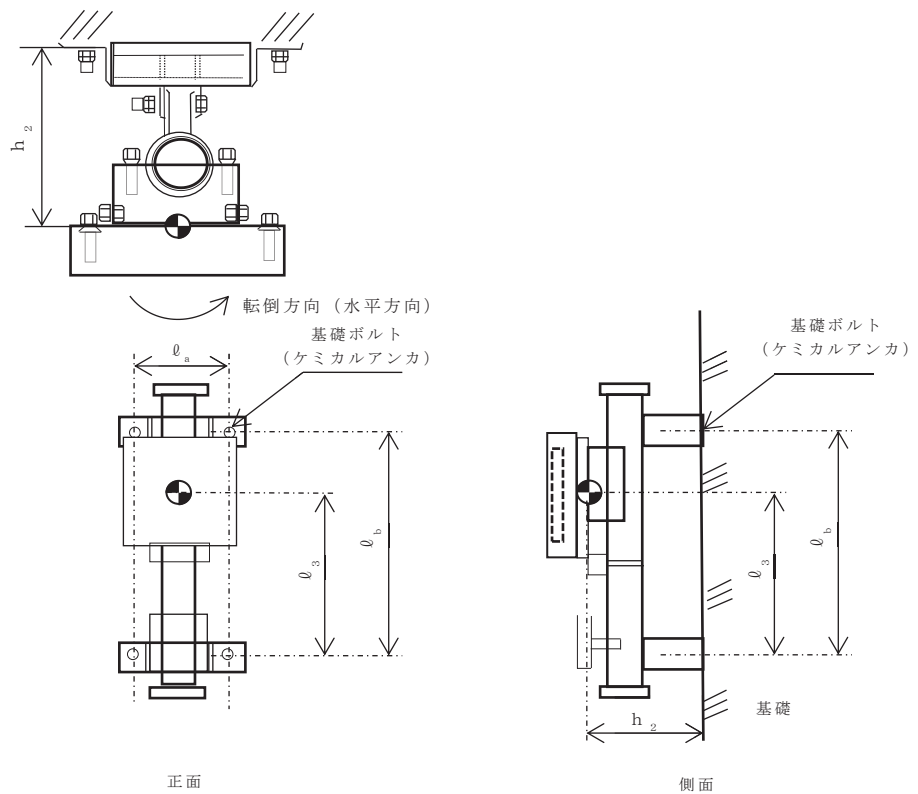
注記*：f_{t s} = Min [1.4・f_{t o} - 1.6・τ_b, f_{t o}] より算出
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信用アンテナ (原子炉建屋側)	水平方向	2.86	
	鉛直方向	1.58	

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

21



VI-2-6-7-6 統合原子力防災ネットワークを用いた
通信連絡設備の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用規格・基準等	5
3. 評価部位	5
4. 機能維持評価	6
4.1 機能維持評価用加速度	6
4.2 機能確認済加速度	7
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

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の評価においては、添付書類「VI-1-1-10 通信連絡設備に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備は、重大事故等対処設備として基準地震動 S_s による機能維持が要求されることから本計算書は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針を準用し、設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の構造計画を表 2-1 から表 2-3 に示す。

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備は、IP 電話（有線系）、IP 電話（衛星系）、IP-FAX 及びテレビ会議システムで構成される。

表 2-1 構造計画 (IP 電話 (有線系) 及び IP 電話 (衛星系))

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
IP 電話 (有線系) 及び IP 電話 (衛星系) は固定金具にて机の上に固縛する。机は取付金物を使用し、ボルトで床に固定する。	電話機	

表 2-2 構造計画 (IP-FAX)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>IP-FAX は取付架台内に固定する。</p> <p>取付架台はボルトで床に固定する。</p>	<p>F A X</p>	<p>The diagram consists of two side-view technical drawings of an IP-FAX machine. The machine is housed within a rectangular mounting bracket. The bracket is secured to a floor surface, indicated by hatched lines and labeled '床' (floor). The mounting is achieved using '固定ボルト' (fixing bolts). The left drawing shows the machine (labeled 'IP-FAX') inside the bracket. A vertical dimension line on the left indicates a height of '約800mm' (approximately 800mm). A horizontal dimension line at the bottom indicates a width of '約900mm' (approximately 900mm). The right drawing shows the same assembly from a slightly different perspective, highlighting the bracket's structure and the machine's placement within it.</p>

表 2-3 構造計画 (テレビ会議システム)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>テレビ会議システム用の液晶テレビは、枠組で固縛し、ボルトで壁に固定する。</p> <p>カメラ等の機器はテーブルに固縛し、ボルトで壁に固定する。</p>	<p>テレビ</p>	

2.2 評価方針

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

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

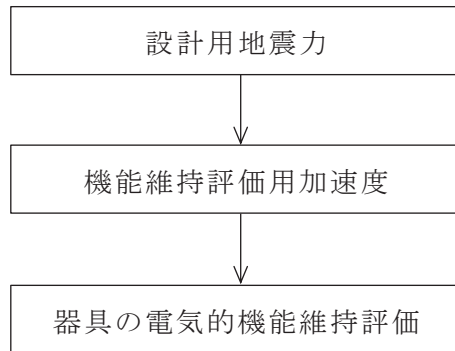


図 2-1 統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

IP 電話（有線系）及び IP 電話（衛星系）は、電話機を固定金具にて机上に固縛することから、机が支持している。机は取付金物にて床に固定する。

IP-FAX は、FAX を取付架台内に固定することから、取付架台が支持している。取付架台はボルトにて床に固定する。

テレビ会議システムは、液晶テレビを枠組で固縛することから、枠組が支持している。枠組はボルトにて壁に固定する。また、カメラ等の機器は、テーブルに固縛することから、テーブルが支持している。テーブルはボルトにて壁に固定する。

本計算書では、加振試験結果を用いた統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の電氣的機能維持の評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備のうち IP 電話及び IP-FAX は、緊急時対策所の床に固定される。また、統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備のうちテレビ会議システムは、緊急時対策所の壁に固定されることから、設計用地震力は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す、統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の設置床における基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線とし、機能維持評価用加速度には設置床の最大応答加速度を適用する。

機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	対象機器設置個所 (m)	方向	機能維持評価用 加速度
統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備 (IP 電話)	緊急時対策建屋 O.P. 51.50* (O.P. 52.32)	水平方向	0.74
		鉛直方向	0.63
統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備 (IP-FAX)	緊急時対策建屋 O.P. 51.50* (O.P. 51.60)	水平方向	0.74
		鉛直方向	0.63
統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備 (テレビ会議システム)	緊急時対策建屋 O.P. 57.30*	水平方向	1.01
		鉛直方向	0.73

注記 * : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備のうち IP 電話の機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器のランダム波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

また、統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備のうち IP-FAX 及びテレビ会議システムの機能確認済加速度には、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の機器（支持構造物を含む。）のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
IP 電話（有線系）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11
IP 電話（衛星系）	水平方向	3.03
	鉛直方向	2.11
IP-FAX	水平方向	1.33
	鉛直方向	1.15
テレビ会議システム	水平方向	1.75
	鉛直方向	1.30

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
IP 電話 (有線系)	水平方向	0.74	3.03
	鉛直方向	0.63	2.11
IP 電話 (衛星系)	水平方向	0.74	3.03
	鉛直方向	0.63	2.11
IP-FAX	水平方向	0.74	1.33
	鉛直方向	0.63	1.15
テレビ会議システム	水平方向	1.01	1.75
	鉛直方向	0.73	1.30

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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

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

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	6
3.	評価部位	7
4.	固有周期	8
4.1	固有値解析方法	8
4.2	解析モデル及び諸元	8
4.3	固有値解析結果	9
5.	構造強度評価	12
5.1	構造強度評価方法	12
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	12
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	12
5.2.2	許容応力	12
5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	12
5.3	設計用地震力	15
5.4	計算方法	16
5.4.1	応力の計算方法	16
5.5	計算条件	21
5.5.1	基礎ボルトの応力計算条件	21
5.6	応力の評価	21
5.6.1	ボルトの応力評価	21
6.	機能維持評価	22
6.1	電氣的機能維持評価方法	22
7.	評価結果	23
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP 電話及び IP-FAX）のうち，統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは，設計基準対象施設においては C クラス施設に重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの評価においては，添付書類「VI-1-1-10 通信連絡設備に関する説明書」に基づき，基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは，重大事故等対処設備として基準地震動 S_s による機能維持が要求されることから本計算書は，添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，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。

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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

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

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの部位を踏まえ「2.1 構造計画」にて示す「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を、「7. 評価結果」に示す。

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

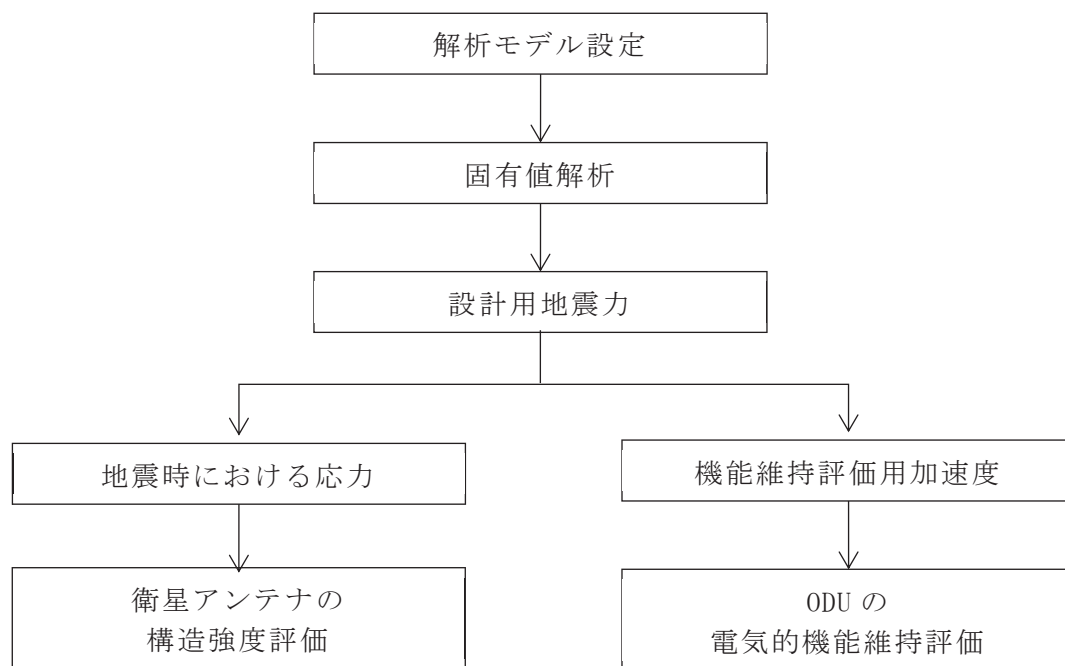


図 2-1 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
D	基礎ボルト配置径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
$f_{s b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s を 1.5 倍した値又は f_{s^*} を 1.5 倍した値)	MPa
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値又は f_{t^*} を 1.5 倍した値)	MPa
$f_{t s}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
I	基礎ボルト全体の断面二次モーメント	mm^4
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C に おける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa
ρ	密度	kg/mm^3

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は有効桁数 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位 ^{*2,3}
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
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}
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。なお、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは、構造物として十分な剛性を有しているため、基礎ボルトを評価対象とする。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの固有値解析方法を以下に示す。

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

4.2 解析モデル及び諸元

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を【統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、基礎ボルト固定部をピン固定とする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

要素数	: 186617
節点数	: 192765
質量	: 1000(kg)



図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果（固有振動数及び固有周期）を表 4-1 に示す。Y 方向は 3 次モードにおいて、X 方向は 5 次モードにおいて卓越し、固有周期が Y 方向で 0.043 秒、X 方向で 0.040 秒であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 116 次モードにおいて卓越し、固有周期が 0.008 秒であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
3 次	水平方向	0.043	—	—	—
5 次	水平方向	0.040	—	—	—
116 次	鉛直方向	0.008	—	—	—

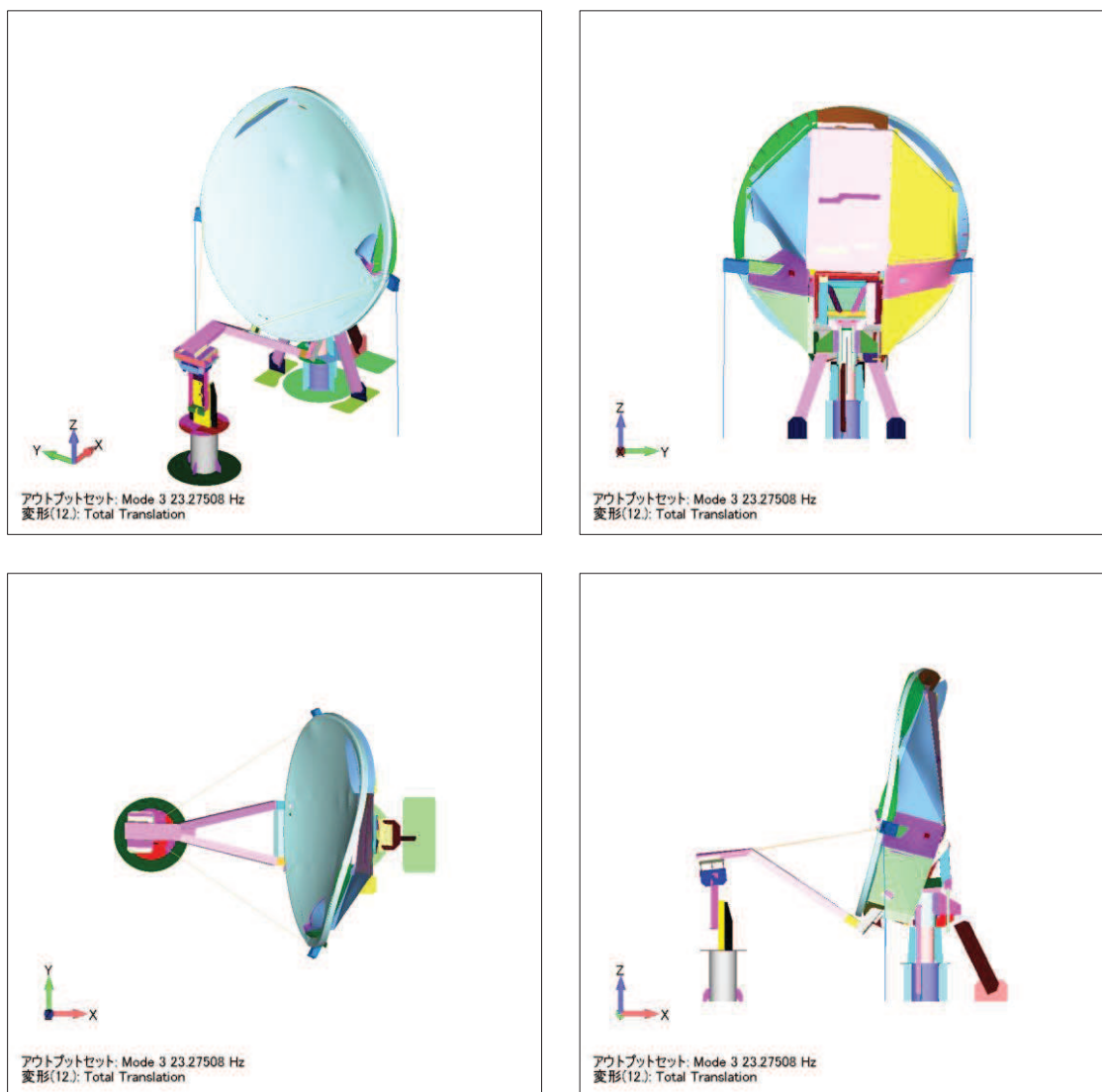


図 4-2 振動モード（3 次モード 水平方向 0.043 s）

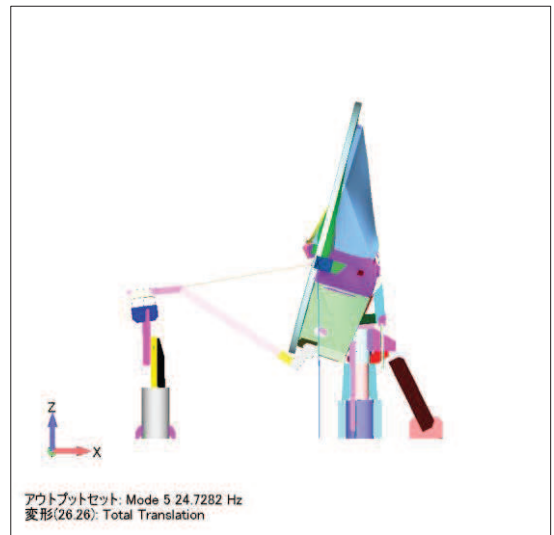
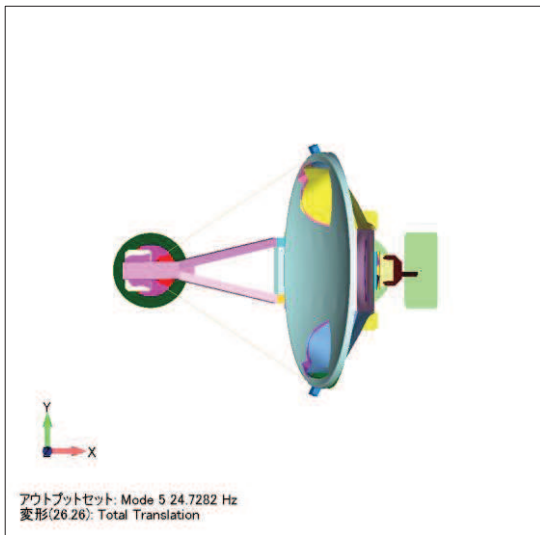
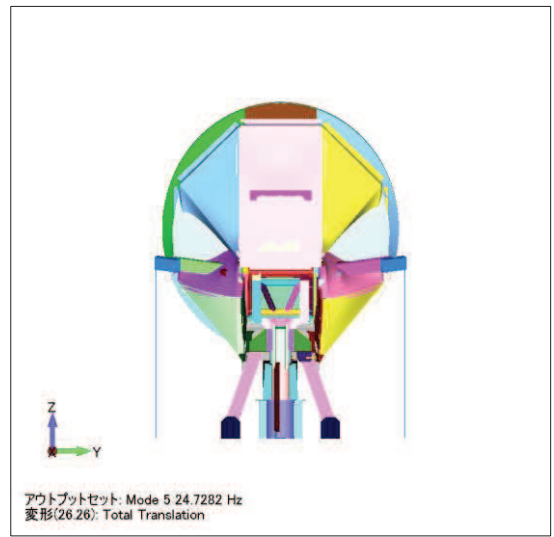
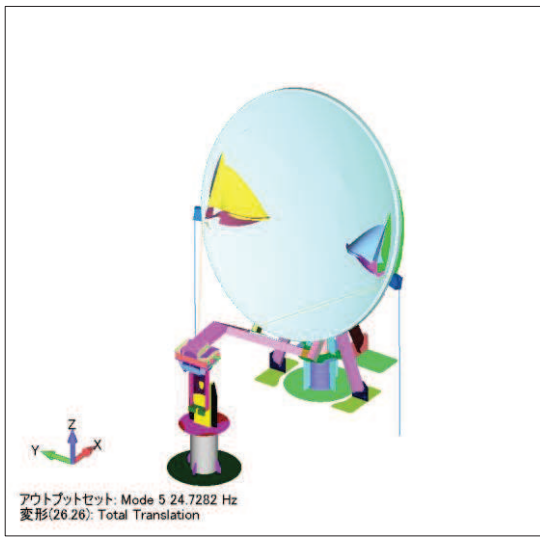


図 4-3 振動モード (5 次モード 水平方向 0.040 s)

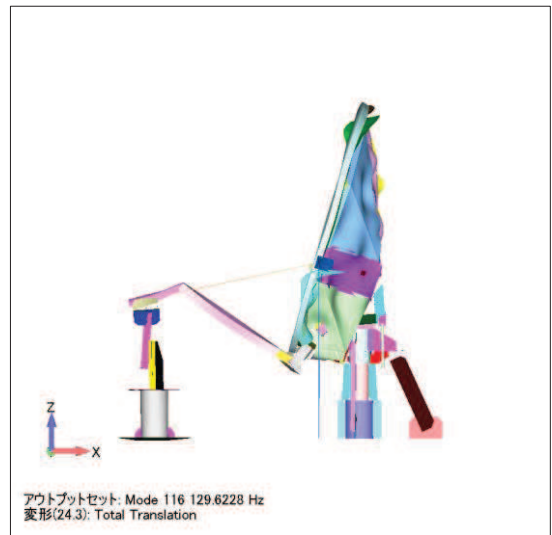
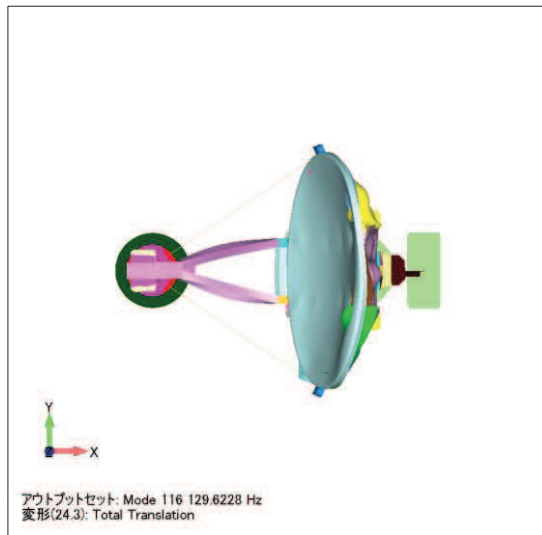
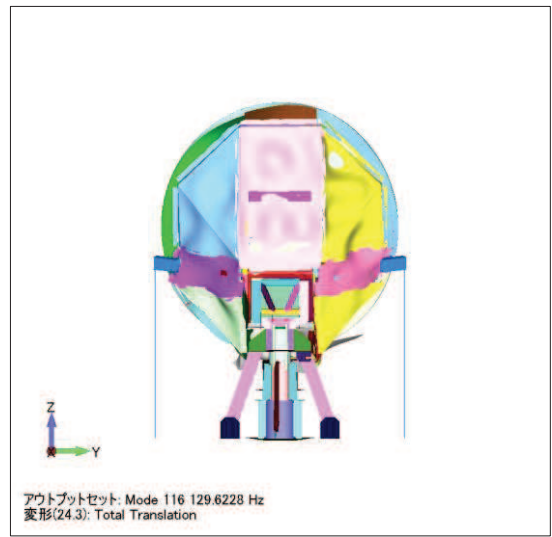


図 4-4 振動モード (116 次モード 鉛直方向 0.008 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)から(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	統合原子力防災ネット ワーク設備衛星アンテナ	常設/その他	- *2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる。)

注記*1: 「常設/その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 5-2 荷許容応力（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 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 (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	—	520	205

5.3 設計用地震力

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

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時対策所建屋 O.P. 69.40* ¹ (O.P. 70.61)	0.043	0.008	—	—	$C_H=3.34$	$C_V=1.70$

注記*1：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

衛星アンテナ支持架台および ODU 支持架台を基礎に固定する基礎ボルトは、円周配置ボルトであるが、鉛直方向の設計震度が 1G を超えることから添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」のボルトの評価法を基本として評価を行う。

計算モデル及び基礎ボルトの配置図を図 5-1 に示す。

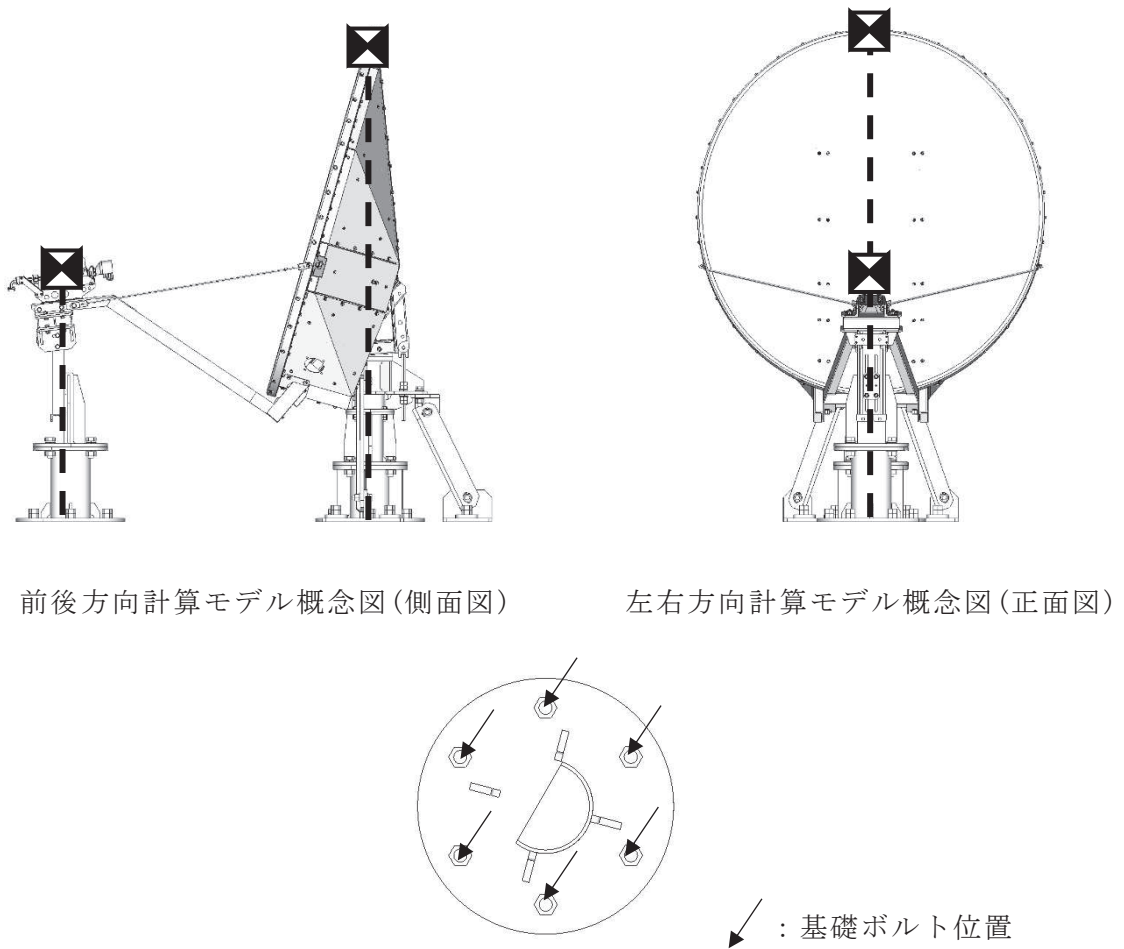


図 5-1 計算モデル及び基礎ボルト配置図

(1) 衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト

この項目において衛星アンテナ支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト 1」という。

a. 引張応力

基礎ボルト 1 に生じる引張応力は、以下のとおり計算する。

・ 前後加振時

引張力

$$F_{b1} = \frac{(C_V - 1) \cdot m_1 \cdot g}{n_1} + \frac{C_H \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 \cdot D_1 \cdot A_{b1}}{2 I_1} \dots \dots \quad (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b11} = \frac{F_{b1}^{*1}}{A_{b1}} \dots \dots \dots \quad (5.4.1.1.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める

$$A_{b1} = \pi \cdot d_1^2 / 4 \dots \dots \dots \quad (5.4.1.1.3)$$

・ 左右加振時

引張力

$$F_{b2} = \frac{(C_V - 1) \cdot m_1 \cdot g}{n_1} + \frac{C_H \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 \cdot D_1 \cdot A_{b1}}{2 I_1} \dots \dots \quad (5.4.1.1.4)$$

引張応力

$$\sigma_{b12} = \frac{F_{b2}^{*2}}{A_{b1}} \dots \dots \dots \quad (5.4.1.1.5)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める

$$A_{b1} = \pi \cdot d_1^2 / 4 \dots \dots \dots \quad (5.4.1.1.6)$$

b. せん断応力

基礎ボルト 1 に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

・ 前後加振時

せん断力

$$Q_{b1} = C_H \cdot m_1 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

せん断応力

$$\tau_{b11} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

・ 左右加振時

せん断力

$$Q_{b2} = C_H \cdot m_1 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau_{b12} = \frac{Q_{b2}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

(2) ODU 支持架台の基礎ボルト

この項目において ODU 支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト 2」という。

a. 引張応力

基礎ボルト 2 に生じる引張応力は、以下のとおり計算する。

・ 前後加振時

引張力

$$F_{b11} = \frac{(C_V - 1) \cdot m_2 \cdot g}{n_2} + \frac{C_H \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 \cdot D_2 \cdot A_{b2}}{2 I_2} \dots \quad (5.4.1.1.11)$$

引張応力

$$\sigma_{b21} = \frac{F_{b11}}{A_{b2}} \dots \quad (5.4.1.1.12)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める

$$A_{b2} = \pi \cdot d_2^2 / 4 \dots \quad (5.4.1.1.13)$$

・ 左右加振時

引張力

$$F_{b12} = \frac{(C_V - 1) \cdot m_2 \cdot g}{n_2} + \frac{C_H \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 \cdot D_2 \cdot A_{b2}}{2 I_2} \dots \quad (5.4.1.1.14)$$

引張応力

$$\sigma_{b22} = \frac{F_{b12}}{A_{b2}} \dots \quad (5.4.1.1.15)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める

$$A_{b2} = \pi \cdot d_2^2 / 4 \dots \quad (5.4.1.1.16)$$

b. せん断応力

基礎ボルト 2 に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

・ 前後加振時

せん断力

$$Q_{b11} = C_H \cdot m_2 \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.17)$$

せん断応力

$$\tau_{b21} = \frac{Q_{b1}}{n_2 \cdot A_{b2}} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.18)$$

・ 左右加振時

せん断力

$$Q_{b12} = C_H \cdot m_2 \cdot g \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.19)$$

せん断応力

$$\tau_{b22} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.1.20)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとする。基礎ボルトの評価において衛星アンテナ支持架台とODU支持架台は独立していると仮定して評価する。
- (2) 衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト1）の評価には衛星アンテナ支持架台側の質量を、ODU支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト2）の評価にはODU部側の質量を考慮する。中間に位置するステー及びアームの質量は保守的に両者に考慮する。
- (3) 衛星アンテナの重心位置に地震荷重が作用するものとする。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4項で求めた基礎ボルトの引張応力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。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

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

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

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の ODU 単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ODU	水平方向	3.56
	鉛直方向	2.15

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震性についての計算結果】

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	
統合原子力防災 ネットワーク設備 衛星アンテナ	その他	緊急時対策所建屋 0.P. 69.40* ¹ (0.P. 70.61)	0.043	0.008	—	—	C _H =3.34	C _V =1.70	40

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 衛星アンテナ支持架台

部 材	d_1 (mm)	A_{b1} (mm ²)	n_1	m_1 (kg)	h_1 (mm)	D_1 (mm)	I_1 (mm ⁴)
基礎ボルト1 (衛星アンテナ支持架台)	30 (M30)	706.9	6	700	2630	450	1.074×10^8

部 材	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト1 (衛星アンテナ支持架台)	205	520	—	205

1.2.2 ODU 支持架台

部 材	d_2 (mm)	A_{b2} (mm ²)	n_2	m_2 (kg)	h_2 (mm)	D_2 (mm)	I_2 (mm ⁴)
基礎ボルト2 (ODU 支持架台)	30 (M30)	706.9	6	300	1400	450	1.074×10^8

部 材	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト2 (ODU 支持架台)	205	520	—	205

1.2.3 その他

項目	記号	単位	入力値	使用部位
材質	—	—	SS400	衛星アンテナ支持架台 ODU 支持架台 ステー アーム 補助支柱
	—	—	STK400	衛星アンテナ支持架台
	—	—	A5052P-H34	衛星アンテナ
	—	—	A6063S-T5	衛星アンテナ
	—	—	SUS304	衛星アンテナ
温度条件（雰囲気温度）	T	℃	40	
縦弾性係数	SS400/STK400	E	MPa	2.02×10^5
	A5052P-H34	E	MPa	6.93×10^4
	A6063S-T5	E	MPa	6.83×10^4
	SUS304	E	MPa	1.94×10^5
密度	SS400/STK400	ρ	kg/mm ³	1.40×10^{-5}
	A5052P-H34	ρ	kg/mm ³	4.00×10^{-6}
	A6063S-T5	ρ	kg/mm ³	3.10×10^{-6}
	SUS304	ρ	kg/mm ³	1.20×10^{-5}

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト 1 (衛星アンテナ支持架台)	—	9.010×10 ⁴	—	3.821×10 ³
基礎ボルト 2 (ODU 支持架台)	—	2.072×10 ⁴	—	1.638×10 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 1 (衛星アンテナ支持架台)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_b = 128$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 94$
基礎ボルト 2 (ODU 支持架台)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_b = 30$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ODU	水平方向	2.79	3.56
	鉛直方向	1.42	2.15

注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。

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

VI-2-6-7-8 統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架
の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.3 解析モデル及び諸元	10
4.4 固有周期	11
4.5 設計用地震力	13
4.6 計算方法	14
4.7 計算条件	15
4.7.1 基礎ボルトの応力計算条件	15
4.8 応力の評価	15
4.8.1 基礎ボルトの応力評価	15
5. 機能維持評価	16
5.1 電氣的機能維持評価方法	16
6. 評価結果	17
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP 電話及び IP-FAX）のうち，統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架は，設計基準対象施設においては C クラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の評価においては，添付書類「VI-1-1-10 通信連絡設備に関する説明書」に基づき，基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架は，重大事故等対処設備として基準地震動 S_s による機能維持が要求されることから本計算書は，添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，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。

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

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の構造計画を表 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	
統合原子力防災ネットワーク用通信機器 収容架は、基礎ボルトで床に固定する。	直立型（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の収容架）	<p>基礎ボルト</p> <p>収容架</p> <p>約1800mm</p> <p>床</p> <p>約800mm</p> <p>約870mm</p>

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架に収容する機器の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

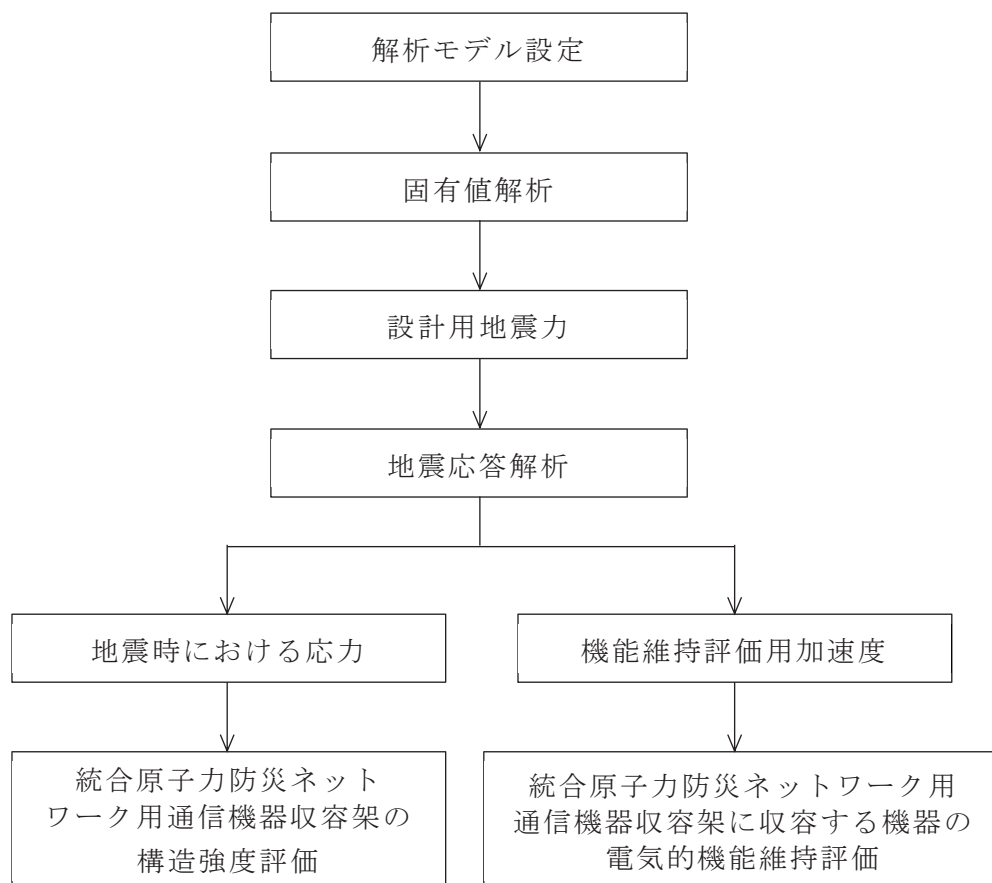


図 2-1 統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（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	収容架構成部材の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの断面積	mm ²
A _y	収容架構成部材の有効せん断断面積（Y軸）	mm ²
A _z	収容架構成部材の有効せん断断面積（Z軸）	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _{s b}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 （f _t * を 1.5 倍した値）	MPa
f _{t o}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 （f _s * を 1.5 倍した値）	MPa
f _{t s}	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
I _y	収容架構成部材の断面二次モーメント（Y軸）	mm ⁴
I _z	収容架構成部材の断面二次モーメント（Z軸）	mm ⁴
J	収容架構成部材のねじり定数	mm ⁴
m	質量	kg
N	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
Q _x	基礎ボルトに作用するX軸方向のせん断力	N
Q _y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
T	温度条件（雰囲気温度）	°C
ν	ポアソン比	—
σ _{b t}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位 ^{*3}	四捨五入	小数点以下第 1 位 ^{*2,3}
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 ^{*4}
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*5}

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：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。なお、統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架は、構造物として十分な剛性を有しており、基礎ボルトが健全であれば統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の機能を維持できるため、基礎ボルトを評価対象とする。

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 固有周期及び荷重を求めるため、統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架をより要素としてモデル化した 3 次元 F E M モデルによる固有値解析を行う。固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した上で、1.2 倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。
- (2) 統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架は、床面に設置し、基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (3) 解析モデルの質量には、統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架と収容機器及びトレイの質量を考慮する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の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

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	統合原子力防災 ネットワーク用 通信機器収容架	常設/その他	- *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/その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

∞ *2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16 mm < 径 ≤ 40 mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

4.3 解析モデル及び諸元

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震性についての計算結果】に示す。

- (1) 図 4-1 の△は拘束節点を示し，■は質量付加位置を表す。
- (2) 図 4-1 の赤線は溝形鋼を，青線は山形鋼を示す。破線は荷重振分用の剛体を示す。
- (3) 収容機器及びトレイの質量は，耐震評価上厳しくなるトレイ下端位置に質量要素として設定した。扉及び側面鋼板は安全側の評価としてモデル化を行わず，主部材の材料特性に質量密度を設定することでモデル化した。
- (4) 拘束条件として，図 4-1 の△の節点について，基礎ボルトにて床面に固定されるため，XYZ 並進方向を拘束する。
- (5) 解析コードは「MSC NASTARAN」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

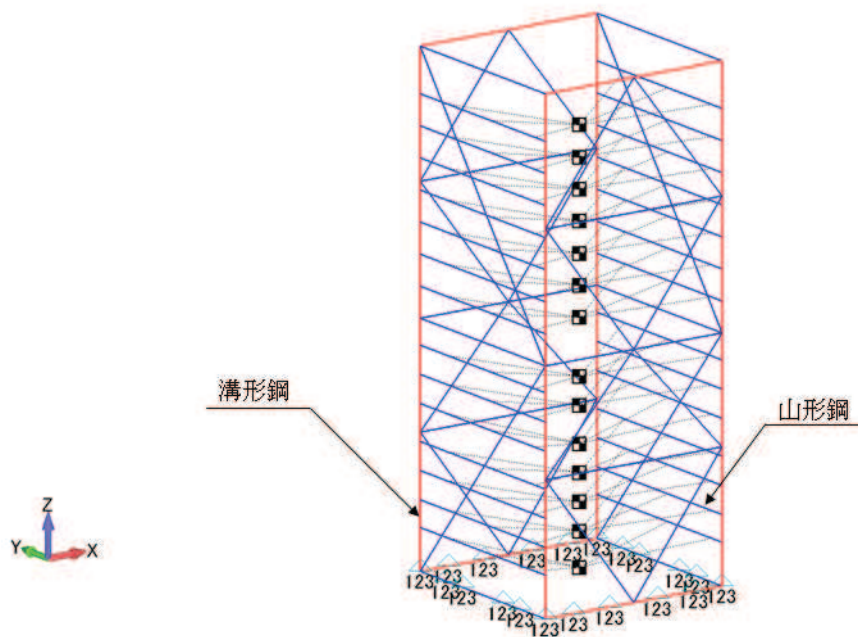


図 4-1 解析モデル図

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-4 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.022 秒であり，剛であることを確認した。

また，鉛直方向は 11 次モードで卓越し，固有周期は 0.011 秒であり，剛であることを確認した。

表 4-4 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平方向	0.022	—	—	—
11 次	鉛直方向	0.011	—	—	—

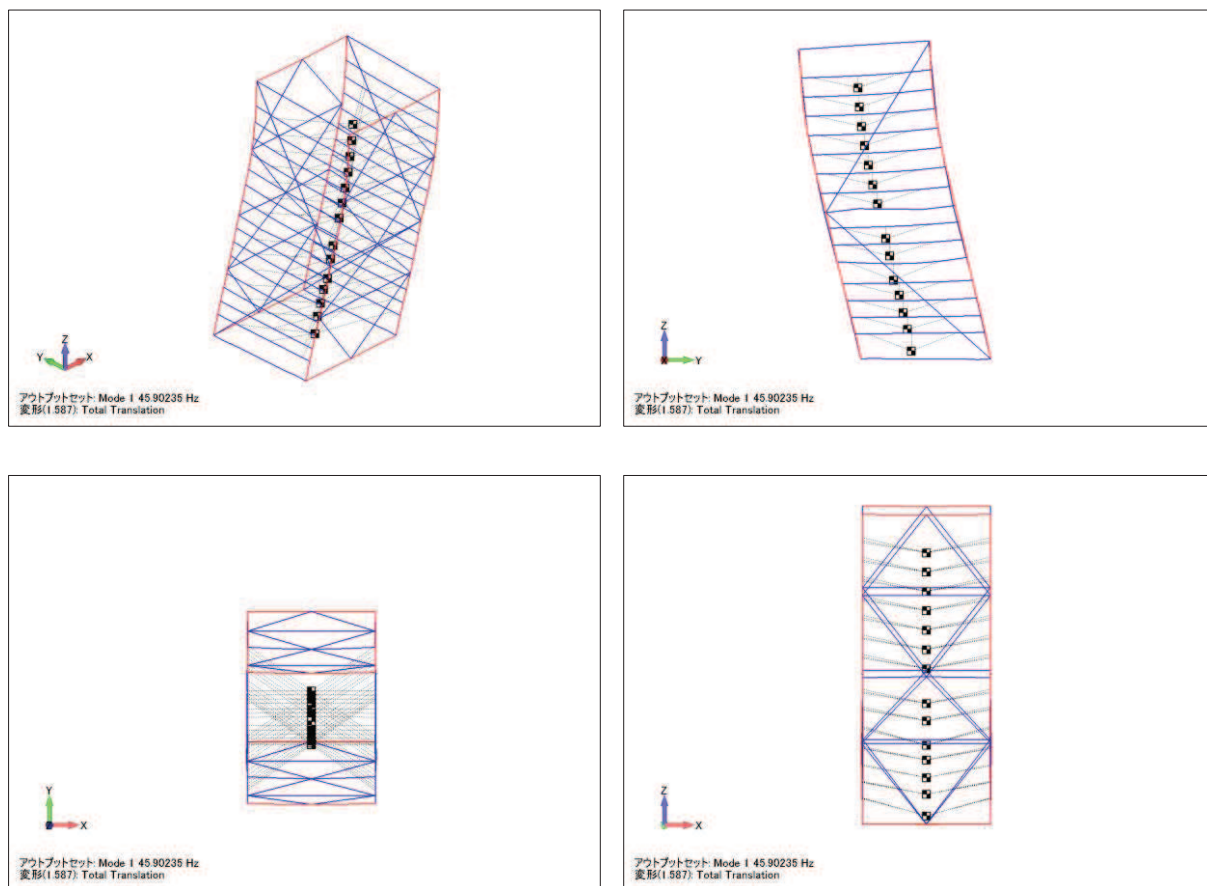


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.022 s)

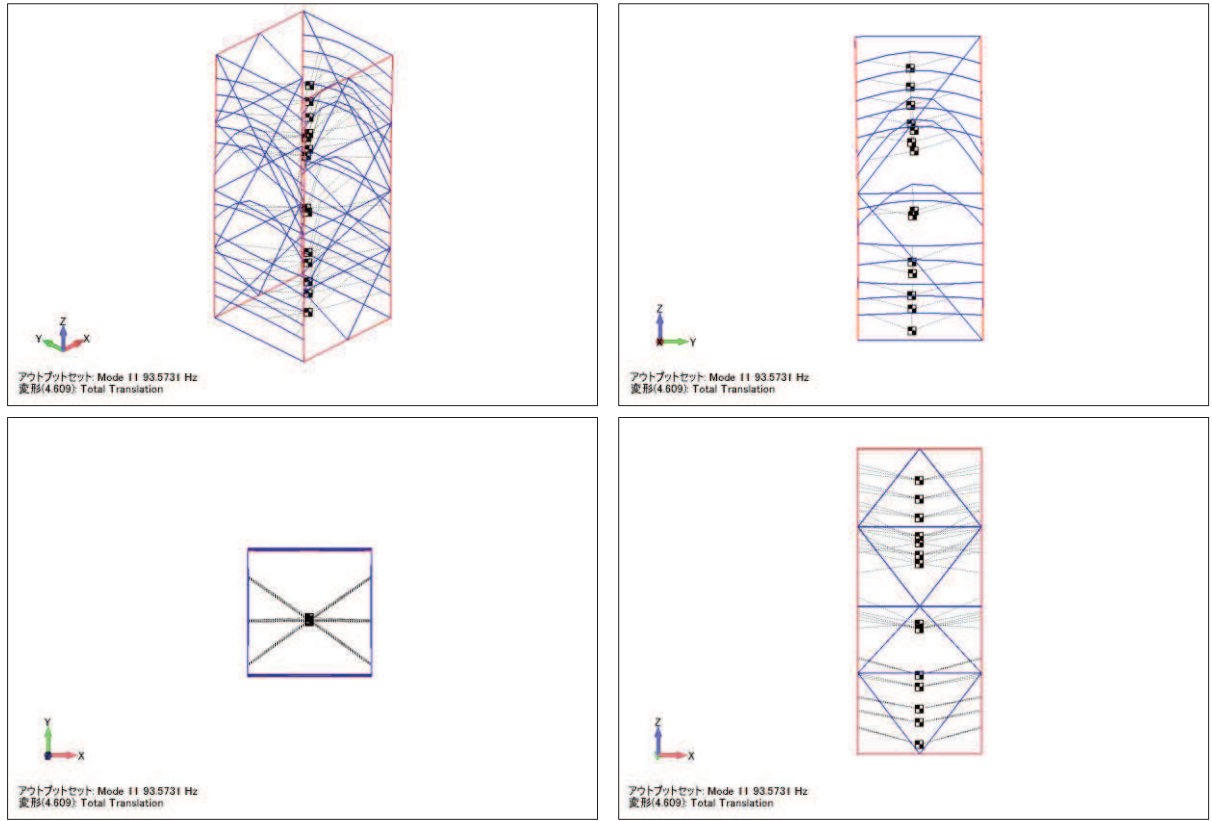


図 4-3 振動モード (11 次モード 鉛直方向 0.011 s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

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

表 4-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時 対策建屋 O.P. 51.50* (O.P. 51.85)	0.022	0.011	—	—	$C_H=0.88$	$C_V=0.75$

注記*：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、表 4-6 の式により最大応力を算出する。

最大応力発生部位を図 4-4 に示す。

表 4-6 応力計算式

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

ここで、

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

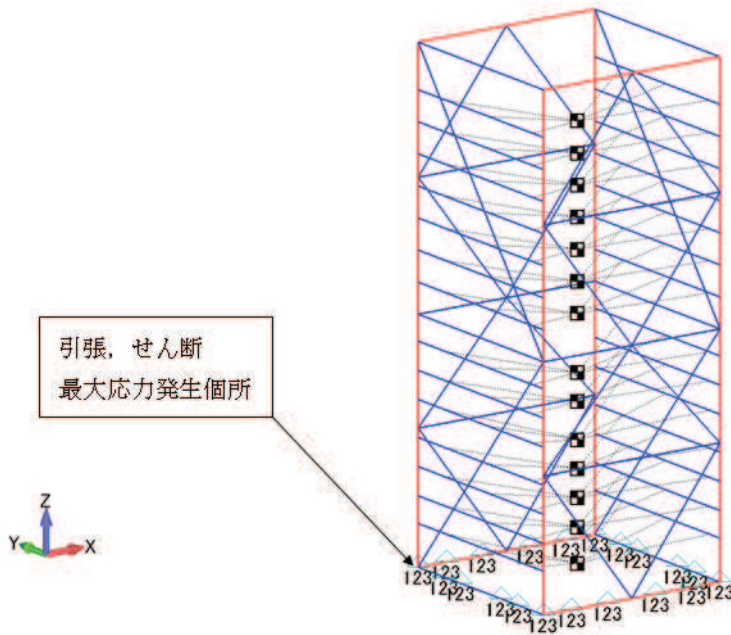


図 4-4 最大応力発生部位

4.7 計算条件

4.7.1 基礎ボルトの応力計算条件

解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架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。

4.8 応力の評価

4.8.1 基礎ボルトの応力評価

4.6 項で求めた基礎ボルトの引張応力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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \cdots \cdots \cdots (4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架に収容する機器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

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

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架に収容する機器の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架に収容する機器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加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
L2SW (衛星用)	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18
IDU	水平方向	1.45
	鉛直方向	0.99
ODU-INTFC-BOX	水平方向	1.45
	鉛直方向	0.99
L2SW	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18
L3SW	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18
衛星ルータ	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18
ONU	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18
VoIP-GW	水平方向	1.64
	鉛直方向	1.18

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架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。

【統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架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

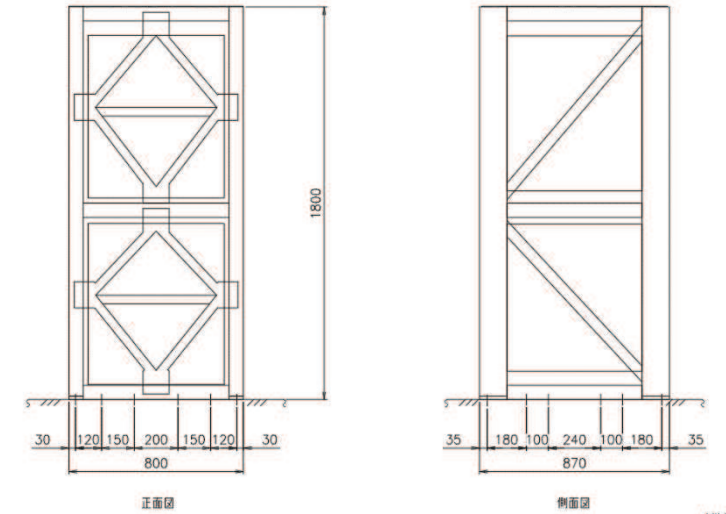
機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
統合原子力防災 ネットワーク用 通信機器収容架	その他	緊急時対策建屋 0.P. 51.50* (0.P. 51.85)	0.022	0.011	$C_H = 0.88$	$C_V = 0.75$	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	E (MPa)	ν (-)
763	2.02×10^5	0.3

d (mm)	A_b (mm)	N (-)	W (mm)	D (mm)	H (mm)
16 (M16)	201.1	20	800	870	1800



部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16 mm < 径 ≤ 40 mm)	235	400	-	280

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

F _b		Q _b	
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
—	4.967 × 10 ³	—	3.613 × 10 ³

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	SS400	引張り	$\sigma_b = 25$	$f_{ts} = 210^*$
		せん断	$\tau_b = 18$	$f_{sb} = 161$

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
L2SW(衛星用)	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18
IDU	水平方向	0.74	1.45
	鉛直方向	0.63	0.99
ODU-INTFC-BOX	水平方向	0.74	1.45
	鉛直方向	0.63	0.99
L2SW	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18
L3SW	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18
衛星ルータ	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18
ONU	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18
VoIP-GW	水平方向	0.74	1.64
	鉛直方向	0.63	1.18

注記* : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

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

VI-2-6-7-9 代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4.3 計算条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	6
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

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

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器は、以下の表 1-1 に示す盤から構成され、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

表 1-1 代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の構成

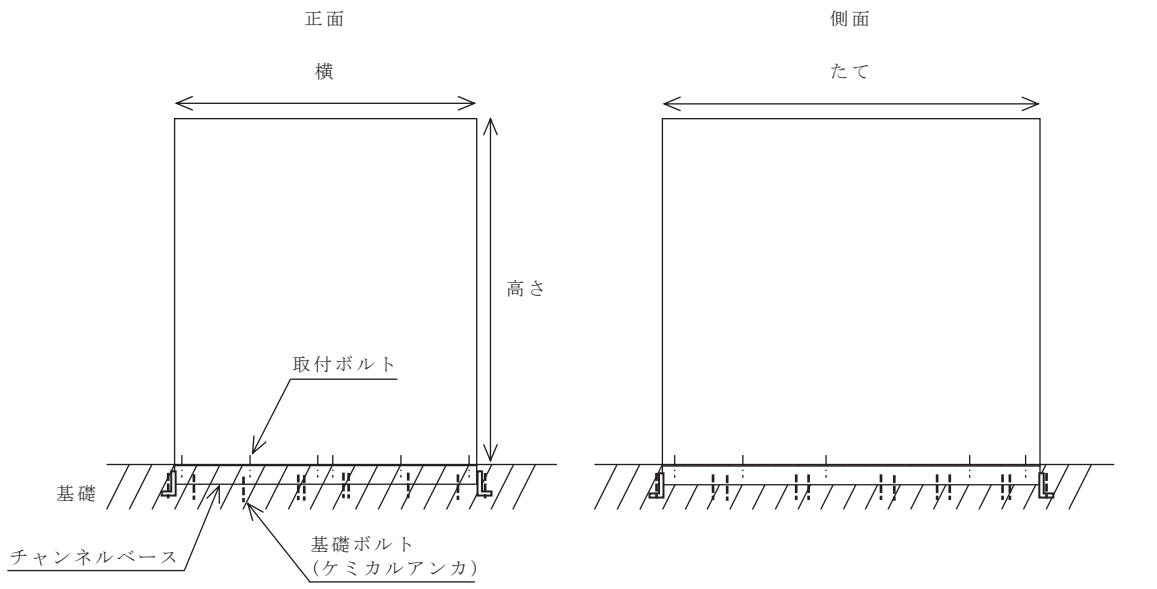
系統	盤名称	個数
代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器盤 (A)	1
代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器盤 (B)	1

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の構造計画を表 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>代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器は、基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。 チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に固定する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器 (H21-P251, H21-P261)】</p>  <table border="1" data-bbox="1388 1093 1982 1308"> <tr> <td></td> <td>代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器*</td> </tr> <tr> <td>たて</td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> </tr> </table> <p>注記*：代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器は、代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器盤 (A) (H21-P251) 及び代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器盤 (B) (H21-P261) より構成する。</p>		代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器*	たて		横		高さ	
	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器*									
たて										
横										
高さ										

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 固有周期

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ盤（打振試験）の測定結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

名称	方向	固有周期
代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	水平方向	0.05 以下
	鉛直方向	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備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

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器（H21-P251, H21-P261）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	代替原子炉再循環 ポンプトリップ遮断器	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記 *1:「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

4

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 i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断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、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の機能確認済加速度は、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 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器 (H21-P251, H21-P261)	水平方向	
	鉛直方向	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器 (H21-P251, H21-P261) 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	
代替原子炉再循環ポンプ トリップ遮断器 (H21-P251, H21-P261)	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. -0.80*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	φ _{1i} *1 (mm)	φ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} *1
基礎ボルト (i=1)						201.1	36	5
								6
取付ボルト (i=2)						314.2	22	5
								4

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向*2	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	215	400	—	258	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：短辺、長辺方向のうち、評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	1.661×10 ⁴	—	7.375×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	1.759×10 ⁴	—	7.096×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=83$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=56$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

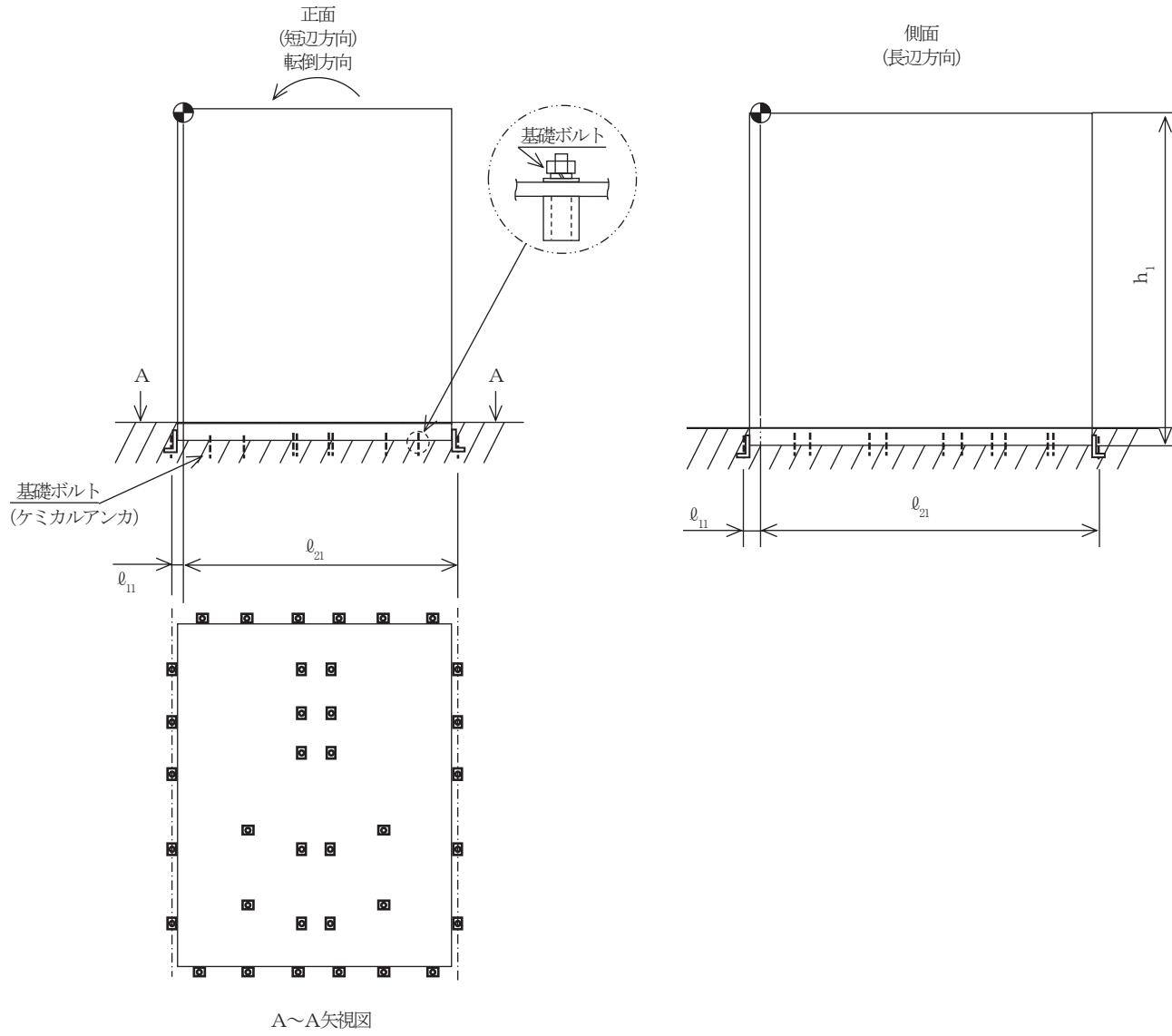
注記*： $f_{tsi} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

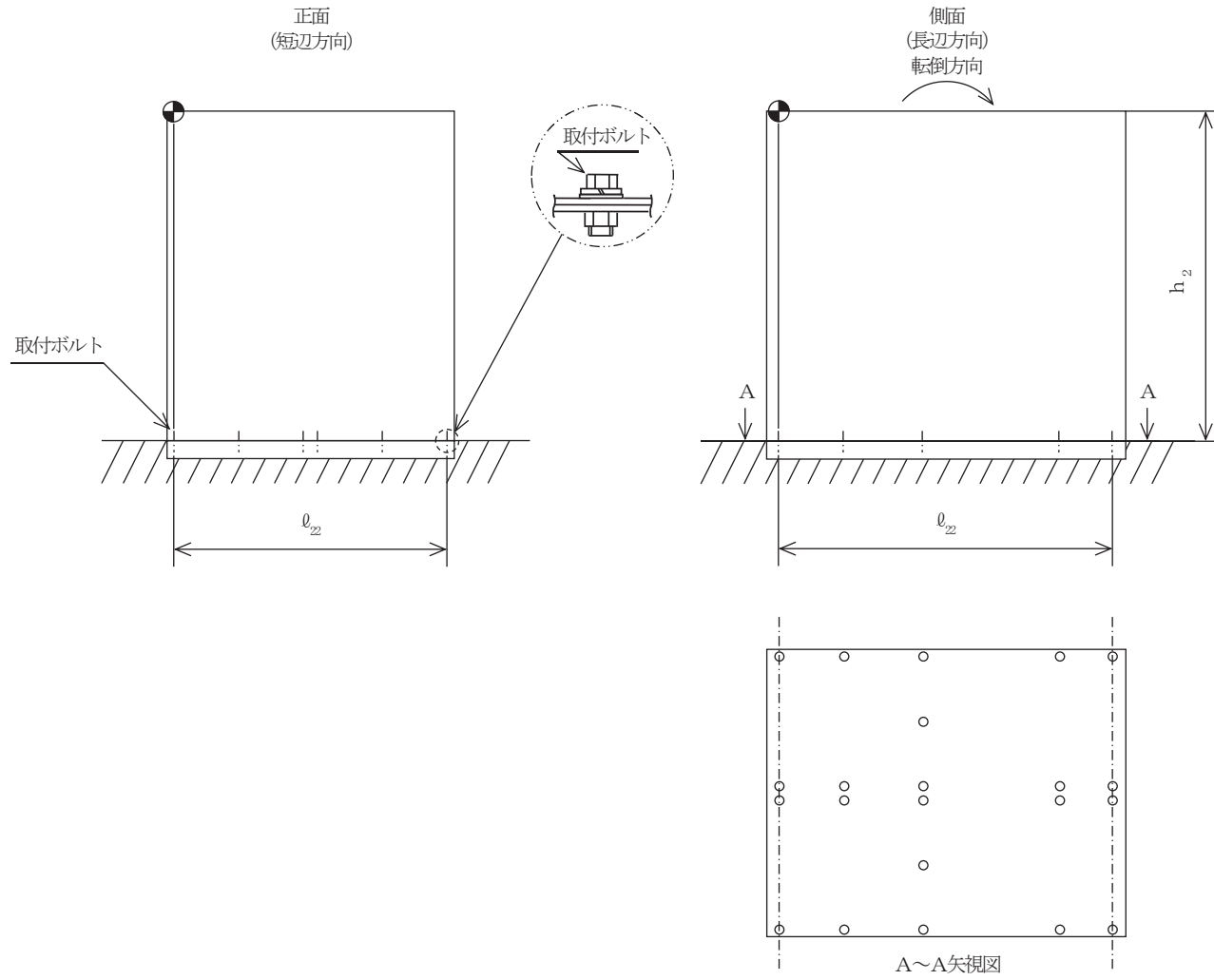
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
代替原子炉再循環ポンプ トリップ遮断器 (H21-P251, H21-P261)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

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





VI-2-6-7-10 原子炉圧力容器温度の耐震性についての計算書

目次

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

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力容器温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉圧力容器温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器温度の構造計画を表 2-1，表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

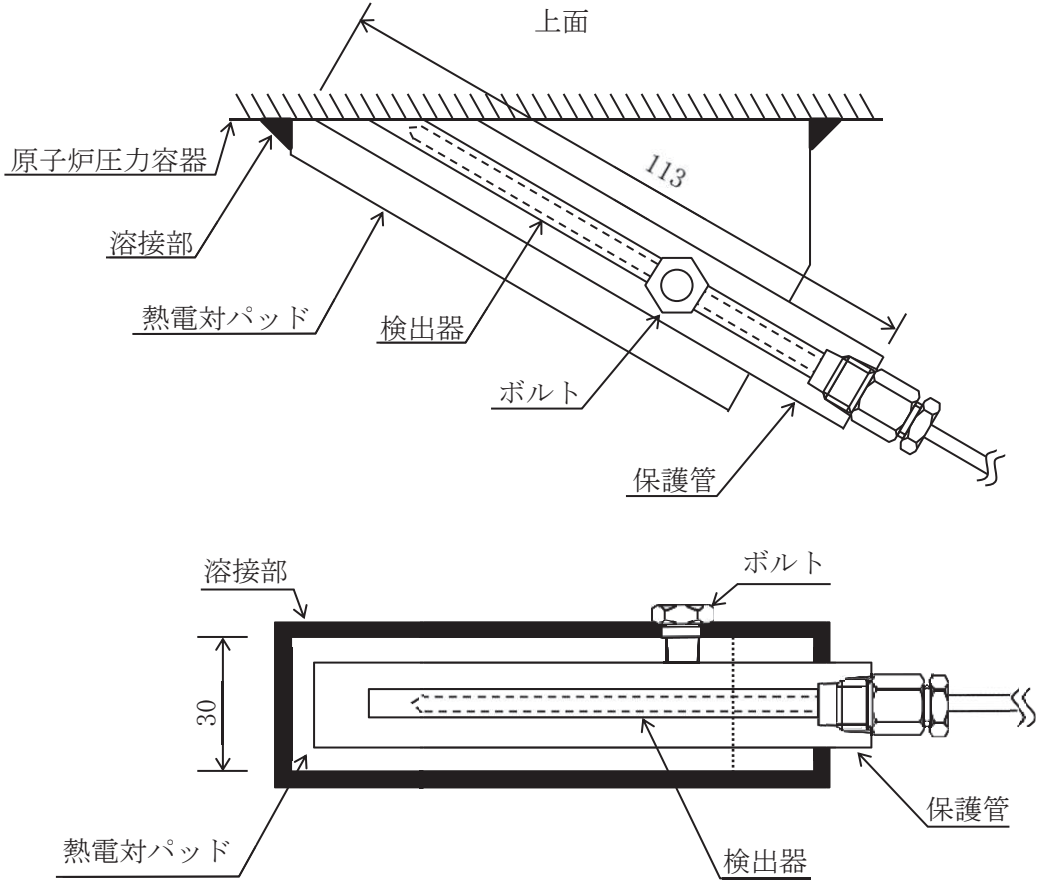
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、原子炉圧力容器に直接取り付けられた熱電対パッドにボルトを用いて固定する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、原子炉圧力容器に直接取り付けられた熱電対パッドにボルトで固定される構造)</p>	<p>【原子炉圧力容器温度 (B21-TE030B, J, M)】</p>  <p>上面</p> <p>原子炉圧力容器</p> <p>溶接部</p> <p>熱電対パッド</p> <p>検出器</p> <p>ボルト</p> <p>保護管</p> <p>113</p> <p>正面</p> <p>30</p> <p>溶接部</p> <p>熱電対パッド</p> <p>ボルト</p> <p>検出器</p> <p>保護管</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、原子炉圧力容器のノズルに直接取り付けられたバンドの熱電対ハウジング部にボルトを用いて固定する。</p>	<p>熱電対 (検出器は、原子炉圧力容器のノズルに直接取り付けられたバンドの熱電対ハウジング部にボルトで固定される構造)</p>	<p>【原子炉圧力容器温度 (B21-TE030D, F)】</p> <p>正面</p> <p>原子炉圧力容器</p> <p>バンド</p> <p>ノズル</p> <p>熱電対ハウジング</p> <p>検出器</p> <p>ボルト</p> <p>616</p> <p>側面</p> <p>熱電対ハウジング</p> <p>検出器</p> <p>ボルト</p> <p>ノズル</p> <p>バンド</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉圧力容器温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、原子炉圧力容器温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

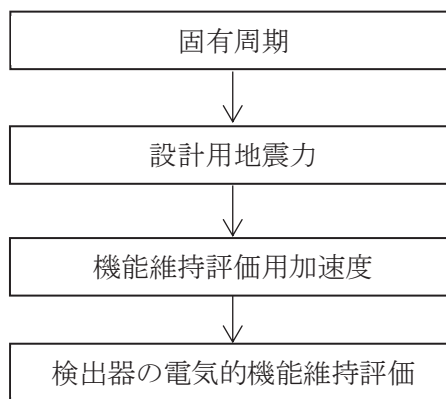


図 2-1 原子炉圧力容器温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- (3) 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）

3. 評価部位

原子炉圧力容器温度は、原子炉圧力容器に直接取り付けられた熱電対パッド及びバンドに固定されることから、原子炉圧力容器が支持している。原子炉圧力容器の構造強度評価は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉圧力容器の地震応答解析結果を用いた原子炉圧力容器温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

原子炉圧力容器温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

原子炉圧力容器温度は、原子炉圧力容器に直接取り付けられた熱電対パッド及びバンドに固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度の値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
原子炉圧力容器温度 (B21-TE030B)	原子炉圧力容器 O. P. 23. 667 (O. P. 25. 858*)	水平方向	2. 80
		鉛直方向	1. 20
原子炉圧力容器温度 (B21-TE030D, F)	原子炉圧力容器 O. P. 18. 417 (O. P. 21. 770*)	水平方向	2. 32
		鉛直方向	1. 17
原子炉圧力容器温度 (B21-TE030J)	原子炉圧力容器 O. P. 9. 334 (O. P. 11. 310*)	水平方向	1. 65
		鉛直方向	1. 05
原子炉圧力容器温度 (B21-TE030M)	原子炉圧力容器 O. P. 7. 040 (O. P. 9. 334*)	水平方向	1. 57
		鉛直方向	1. 02

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

原子炉圧力容器温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力容器温度 (B21-TE030B, D, F, J, M)	水平方向	
	鉛直方向	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力容器温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉压力容器温度 (B21-TE030B, D, F, J, M) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉压力容器温度 (B21-TE030B)	水平方向	2.80	
	鉛直方向	1.20	
原子炉压力容器温度 (B21-TE030D, F)	水平方向	2.32	
	鉛直方向	1.17	
原子炉压力容器温度 (B21-TE030J)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.05	
原子炉压力容器温度 (B21-TE030M)	水平方向	1.57	
	鉛直方向	1.02	

注記* : 基準地震動 S_s により定まる応答加速度 (1.0ZPA) の値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。