

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 添-2-040-41 改0
提出年月日	2024年1月15日

VI-2-9-4-8-1 下部ドライウェルアクセストンネルの耐震性についての計算書

2024年1月
東京電力ホールディングス株式会社

VI-2-9-4-8-1 下部ドライウェルアクセストンネルの
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
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
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度	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力度	7
4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件	7
4.2.4 設計荷重	11
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	16
4.5 設計用地震力	21
4.6 計算方法	28
4.6.1 応力評価点	28
4.6.2 応力度計算方法	30
4.7 計算条件	30
4.8 応力度の評価	30
5. 評価結果	31
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	31
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	38
6. 参照図書	43

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に準じて、下部ドライウェルアクセストンネル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。

下部ドライウェルアクセストンネルは設計基準対象施設においてはSクラス相当施設に、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相当に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応設工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による下部ドライウェルアクセストンネルの評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェルアクセストンネルの構造計画を表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>下部ドライウェルアクセストンネルは、原子炉本体の基礎（以下「原子炉本体基礎」という。）及び原子炉格納容器に支持される。</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネルの鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>下部ドライウェルアクセストンネルは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm の円筒胴で構成される鋼製構造物である。</p>	<p>下部ドライウェルアクセストンネル</p> <p>原子炉建屋</p> <p>原子炉格納容器シェル部</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネル 拡大図</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに「2.3 適用規格・基準等」にて設定される許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力度等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルの耐震評価フローを図2-1に示す。

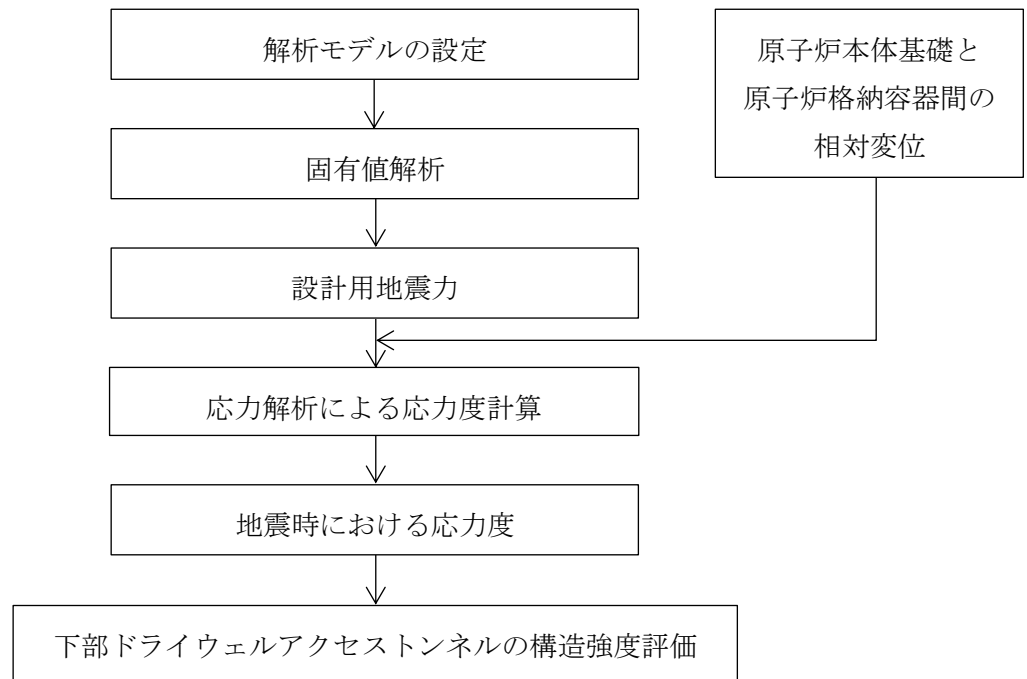


図2-1 下部ドライウェルアクセストンネルの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005改定)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_i	地震層せん断力係数	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D_i	直径 ($i = 1, 2$)	mm
E	縦弾性係数	N/mm ²
f_b	許容曲げ応力度	N/mm ²
f_c	許容圧縮応力度	N/mm ²
f_p	許容支圧応力度	N/mm ²
f_s	許容せん断応力度	N/mm ²
f_t	許容引張応力度	N/mm ²
F	許容応力度の基準値	N/mm ²
l_i	長さ ($i = 1, 2, 3$)	mm
m_i	質量 ($i = 0, 1$)	kg
M	機械的荷重	—
M_L	地震と組み合わせる機械的荷重	—
M_{SAL}	機械的荷重 (SA後長期機械的荷重)	—
M_{SALL}	機械的荷重 (SA後長々期機械的荷重)	—
P	圧力	—
P_L	地震と組み合わせる圧力	—
P_{SAL}	圧力 (SA後長期圧力)	kPa
P_{SALL}	圧力 (SA後長々期圧力)	kPa
S_d	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力	—
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ	N/mm ²
S_y	設計降伏点	N/mm ²
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3$)	mm
T	温度	°C
ν	ポアソン比	—

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

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
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
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
縦弾性係数	N/mm ²	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
許容応力度	N/mm ²	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力度	N/mm ²	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*

注記*：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法を図 3-1 に、評価部位及び使用材料を表 3-1 に示す。

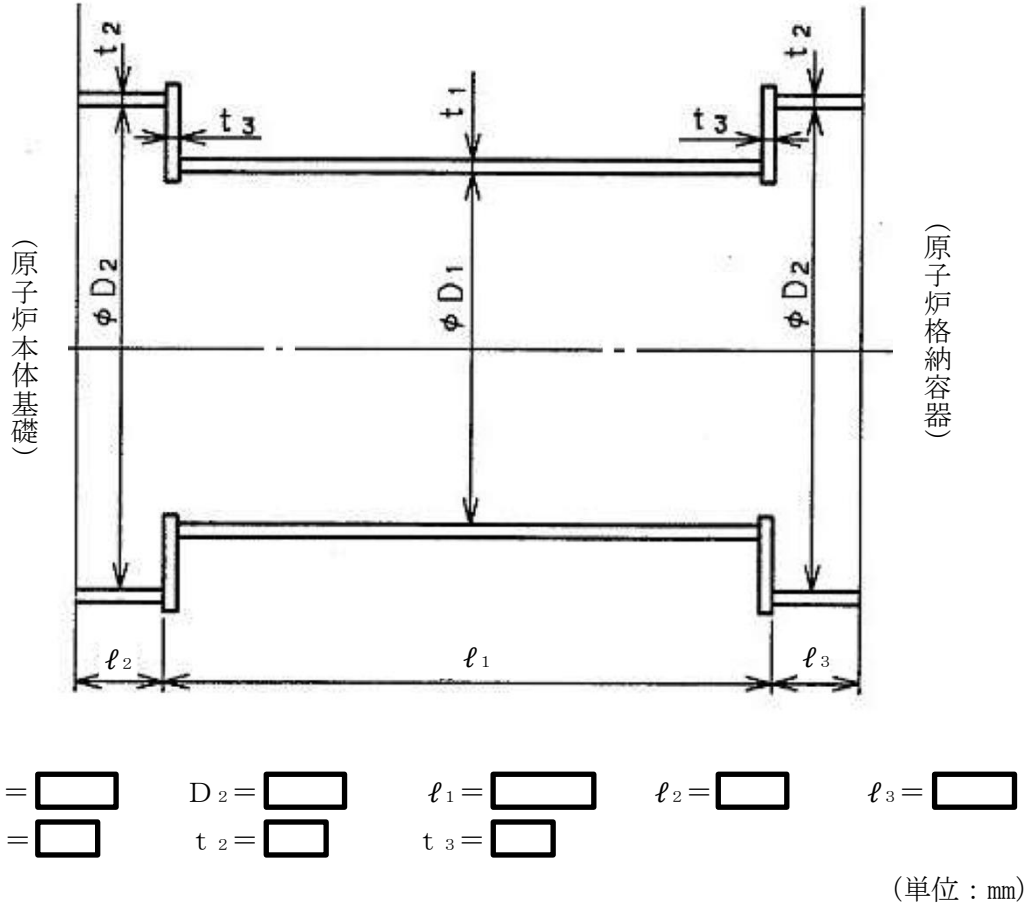


図 3-1 下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
下部ドライウェル アクセストンネル	<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>

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) 下部ドライウェルアクセストンネルの地震荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器コンクリート部を介して原子炉建屋に伝達される。下部ドライウェルアクセストンネルの耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及びVI-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。また、重大事故等対処設備としての評価においては、没水時における下部ドライウェルアクセストンネル内部の水重量及び浮力を考慮する。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力度

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェルアクセストンネルの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力度

下部ドライウェルアクセストンネルの許容応力度は、「2.3 適用規格・基準等」に基づき表 4-3 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルの使用材料の許容応力度評価条件を表 4-4 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*2		許容応力状態
原子炉 格納施設	圧力低減 設備その他 の安全設備	下部ドライウエル アクセストンネル	—*1	建物・ 構築物	D + P + M + S d **3	(10)	Ⅲ _A S <短期>*4
						(11)	
					(14)		
					D + P _L + M _L + S d **3	(16)	Ⅲ _A S <短期>*4
					D + P + M + S s *3	(12)	Ⅳ _A S <短期>*4
						(13)	
						(15)	

注記*1：Sクラス相当として評価する。

∞ *2：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*3：VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3に従い、温度荷重を組み合わせる。

*4：鋼構造設計規準によるため、< >内の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*2		許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	下部ドライウエルアクセストンネル	—*1	建物・構築物	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*3}$	(V(L)-1)	$V_A S$ <短期>*4
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s^{*3}$	(V(LL)-1)	$V_A S$ <短期>*4

注記*1：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相当として評価する。

*2：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4の荷重の組合せのNo.を示す。

*3：VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4に従い、重大事故等時の温度荷重は組み合わせない。

*4：鋼構造設計規準によるため、< >内の許容応力状態を適用する。

表 4-3 許容応力度

許容応力状態	引張/ 組合せ	せん断	圧縮	曲げ	支圧
短期	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$

表4-4 使用材料の許容応力度評価条件
(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

評価部材	材料	F (N/mm ²)	S _y (N/mm ²)	S _u (N/mm ²)
下部ドライウェル アクセストンネル				

注記* :

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設として地震荷重によるもの以外の設計荷重については、既工認（参照図書(1)）からの変更はなく、次のとおりである。

また、設計荷重による相対変位を表 4-5 に示す。

a. 圧力

外圧（差圧） 14 kPa

b. 死荷重

下部ドライウェルアクセストンネル胴 N

内部機器・配管 N

c. 活荷重

活荷重 N

d. 浮力

通常運転時 N

上昇水流作用時 N

e. 熱荷重

通常運転時 46 °C

異常時 (2) * 52 °C

注記*：地震荷重と組合せる異常時温度を示す。

f. 逃がし安全弁作動時荷重

最大正圧 kPa

最大負圧 kPa

g. 水位

水位 T.M.S.L. (サプレッションチェンバ) -1100 mm

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

a. 重大事故等対処設備としての評価圧力

重大事故等対処設備としての評価圧力は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、以下のとおりとする。

内圧 P_{SAL}	620kPa (SA後長期 : D/W 620kPa, S/C 620kPa)
内圧 P_{SALL}	150kPa (SA後長々期 : D/W 150kPa, S/C 150kPa)
差圧 P_{SAL}	173kPa (SA後長期 : D/W 620kPa, S/C 447kPa)
差圧 P_{SALL}	100kPa (SA後長々期 : D/W 150kPa, S/C 50kPa)

注 : D/W はドライウエル, S/C はサブプレッションチェンバを示す。

b. 水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、下部ドライウエルアクセストンネル内部の水重量を考慮する。

下部ドライウエルアクセストンネル内部水重量 N

c. 浮力

重大事故等対処設備の評価においては、没水時における下部ドライウエルアクセストンネルの浮力を考慮する。

下部ドライウエルアクセストンネルに加わる浮力 N

d. 水力学的動荷重

重大事故等対処設備としてのチャギング荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため、参照図書(1)に示すとおりである。

e. 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位

重大事故等対処設備の評価における、下部ドライウエルアクセストンネルの原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位を表 4-6 に示す。

f. 水位

重大事故等対処設備の評価における水位は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、以下のとおりとする。

水位 (下部ドライウエル)	T. M. S. L.	7400 mm
水位 (サブプレッションチェンバ)	T. M. S. L.	8750 mm

表 4-5 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位（設計基準対象施設）

(単位：mm)

荷重	水平方向 X	軸方向 Y	鉛直方向 Z
最高使用圧力（外圧）			
鉛直方向 S d *地震			
水平方向 S d *地震			
鉛直方向 S s 地震			
水平方向 S s 地震			
熱荷重（通常運転時）			
熱荷重（異常時（2））			
逃がし安全弁作動時荷重			

注：変位は図 4-1 に示す方向を正方向とする。

表 4-6 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位（重大事故等対処設備）

(単位：mm)

荷重	水平方向 X	軸方向 Y	鉛直方向 Z
内圧（S A 後長期：D/W 620kPa, S/C 620kPa）			
内圧（S A 後長々期：D/W 150kPa, S/C 150kPa）			
差圧（S A 後長期：D/W 620kPa, S/C 447kPa）			
差圧（S A 後長々期：D/W 150kPa, S/C 50kPa）			
鉛直方向 S d 地震（S A 後長期）			
水平方向 S d 地震（S A 後長期）			
鉛直方向 S s 地震（S A 後長々期）			
水平方向 S s 地震（S A 後長々期）			
チャギング荷重（S A 後長期）			

注 1：変位は図 4-1 に示す方向を正方向とする。

注 2：D/W はドライウェル，S/C はサプレッションチェンバを示す。

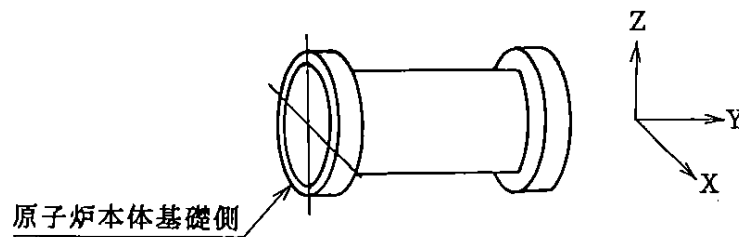


図 4-1 相対変位の方向

4.3 解析モデル及び諸元

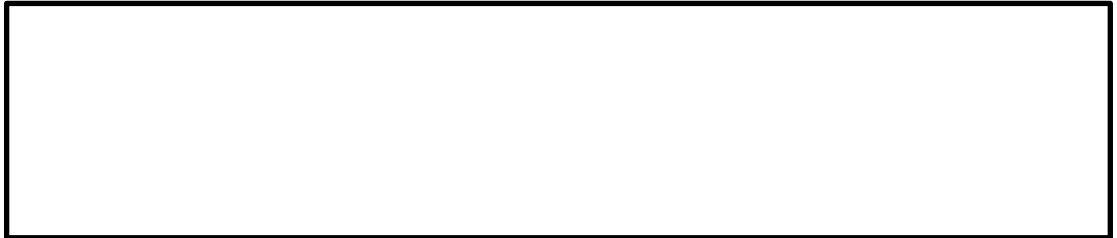
(1) 設計基準対象施設としての解析モデル

設計基準対象施設としての評価は、下部ドライウェルアクセストンネルの質量及び外部の水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析（静解析やスペクトルモーダル解析）を実施する。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. 下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルは、3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。下部ドライウェルアクセストンネルは円筒形状であるため、既工認と同様に、解析は1/2モデルを用いて行う。解析モデルを図4-2に、機器の諸元について表4-7に示す。

b.



- c. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び応力度を求める。下部ドライウェルアクセストンネル内部及び外部の水の影響は「MSC NASTRAN」の機能の1つである付加質量*法（Virtual Mass Method）を用いて考慮する。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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価は、没水による下部ドライウェルアクセストンネル内部及び外部の水の影響を考慮して固有値解析及び応力解析（静解析やスペクトルモーダル解析等）を行う。重大事故対処設備としての解析モデルは、設計基準対象施設と同じとする。諸元を表4-7に示す。

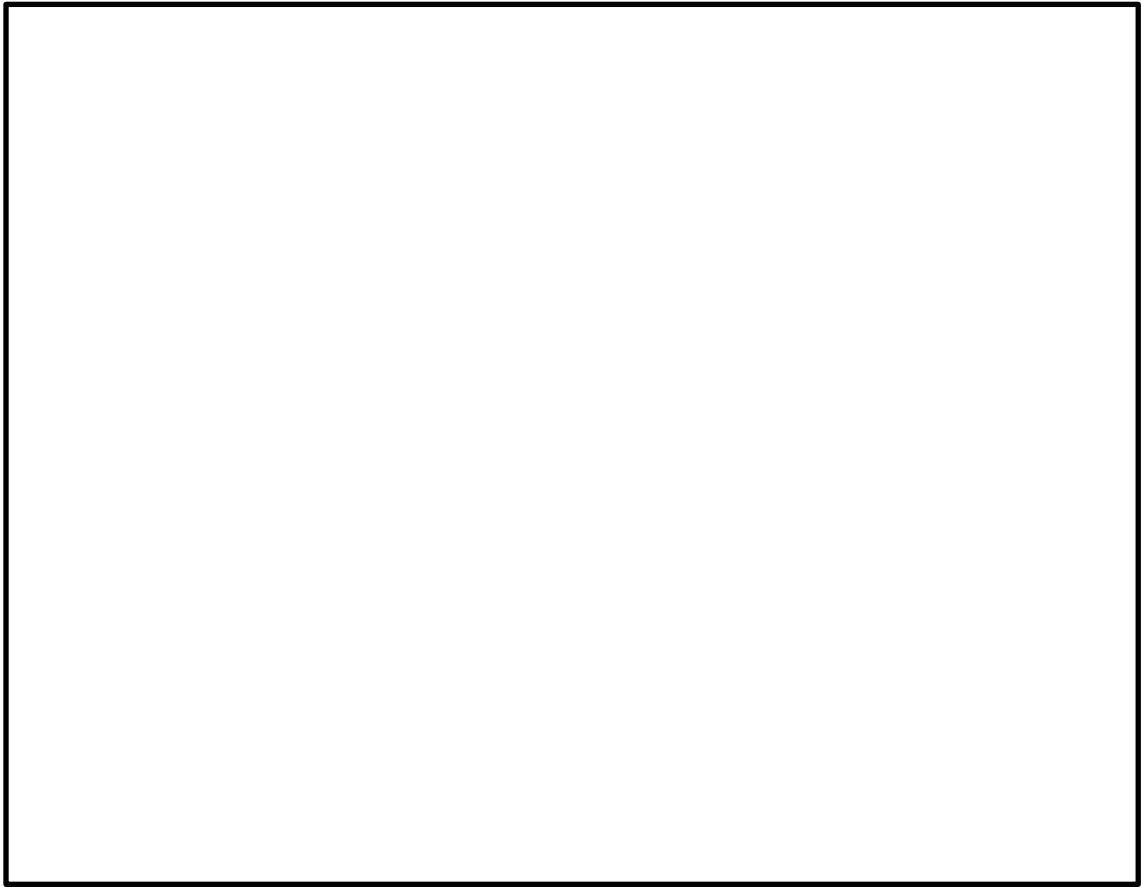


図 4-2 解析モデル

表 4-7 機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
			設計基準対象 施設	重大事故等 対処設備
材質	—	—	[]	
機器質量	m_0	kg	[]	
水質量 (内部水)	m_1	kg	0	118×10^3
温度条件	T	℃	171	200
縦弾性係数	E	N/mm ²	[]	
ポアソン比	ν	—	0.3	
要素数	—	—	[]	
節点数	—	—	[]	

4.4 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設における固有周期を表 4-8 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-3 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 4-8(1) 固有周期（設計基準対象施設：通常運転時）

境界条件	モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X方向	Y方向	Z方向
逆対称 境界	1次	0.070	0.556	—	—
	2次	0.056	-1.043	—	—
	3次	0.048	—	—	—
対称 境界	1次	0.071	—	0.003	-0.009
	2次	0.054	—	0.065	-0.910
	3次	0.052	—	3.978	-0.008
	4次	0.047	—	—	—

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。

表 4-8(2) 固有周期（設計基準対象施設：燃料交換時）

境界条件	モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X方向	Y方向	Z方向
逆対称 境界	1次	0.078	0.460	—	—
	2次	0.065	0.823	—	—
	3次	0.058	-0.589	—	—
	4次	0.050	—	—	—
対称 境界	1次	0.079	—	0.004	0.038
	2次	0.064	—	-4.862	0.033
	3次	0.063	—	0.140	0.566
	4次	0.057	—	0.026	1.001
	5次	0.050	—	0.002	0.278
	6次	0.038	—	—	—

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。

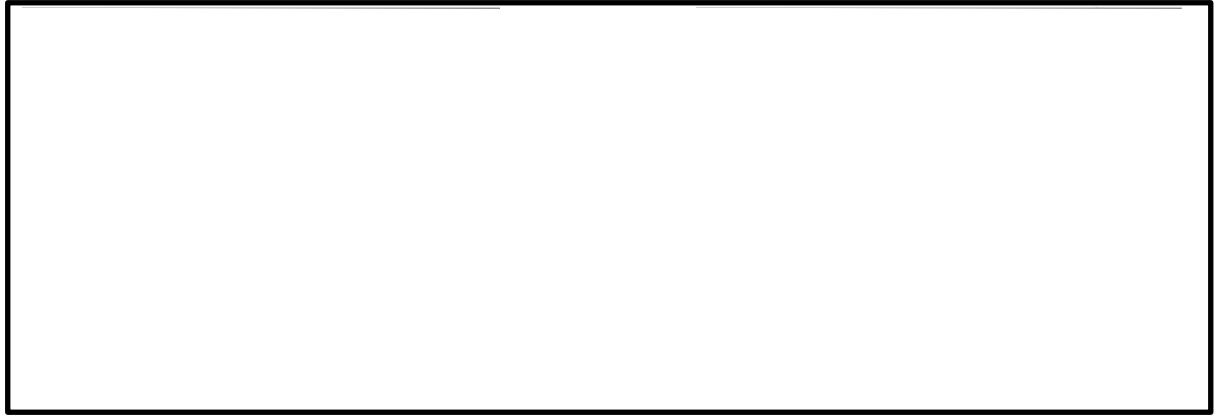
(2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備における固有周期を表 4-9 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-4 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 4-9 固有周期（重大事故等対処設備）

境界条件	モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X方向	Y方向	Z方向
逆対称 境界	1次	0.098	0.067	—	—
	2次	0.089	0.039	—	—
	3次	0.085	0.007	—	—
	4次	0.062	0.080	—	—
	5次	0.060	0.053	—	—
	6次	0.044	—	—	—
対称 境界	1次	0.098	—	0.000	0.055
	2次	0.089	—	0.000	-0.027
	3次	0.085	—	0.000	0.000
	4次	0.062	—	-0.001	-0.058
	5次	0.060	—	0.091	-0.084
	6次	0.054	—	4.316	0.004
	7次	0.044	—	—	—

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。



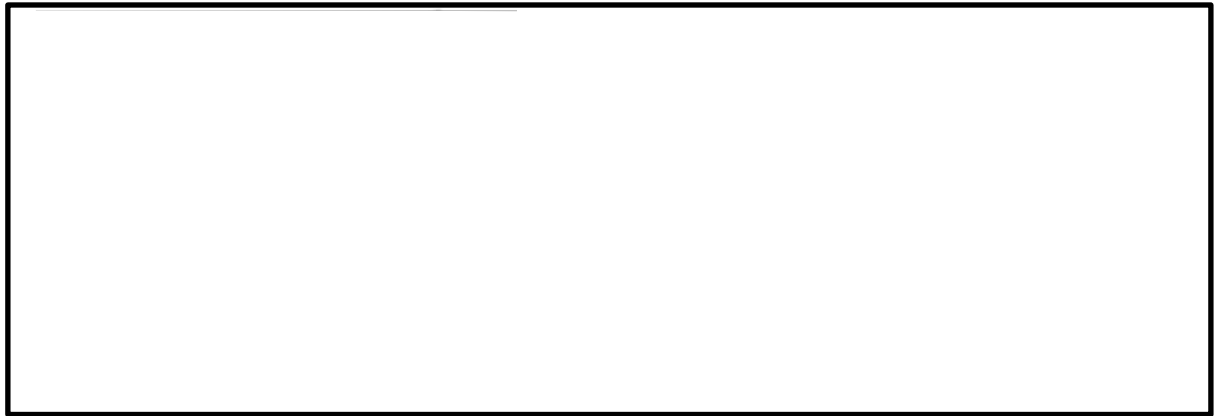
固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.070	0.556	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.071	—	0.003	-0.009

対称境界

1 次モード



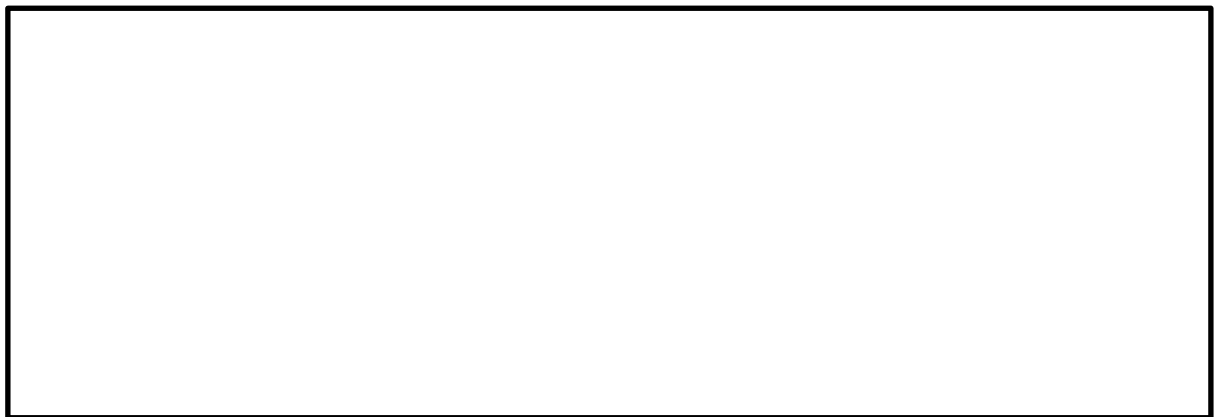
固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.056	-1.043	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.054	—	0.065	-0.910

対称境界

2 次モード



固有周期 0.048(s)

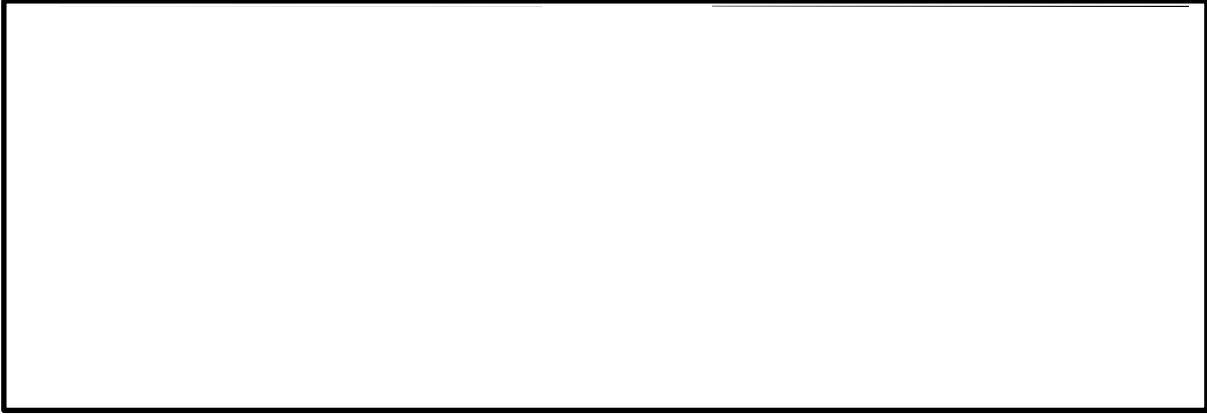
逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.052	—	3.978	-0.008

対称境界

3 次モード

図 4-3 (1) 振動モード図 (設計基準対象施設：通常運転時)



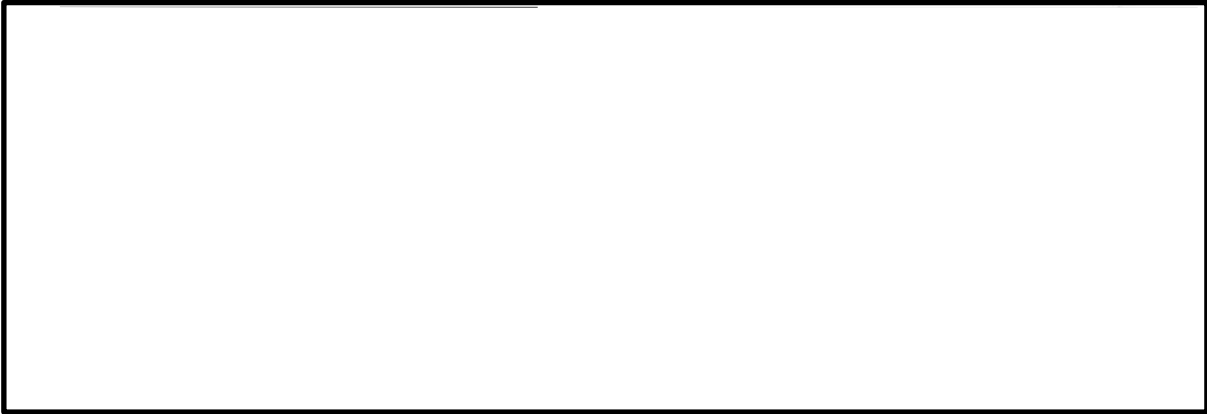
固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.078	0.460	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.079	—	0.004	0.038

対称境界

1 次モード



固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.065	0.823	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.064	—	-4.862	0.033

対称境界

2 次モード



固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.058	-0.589	—	—

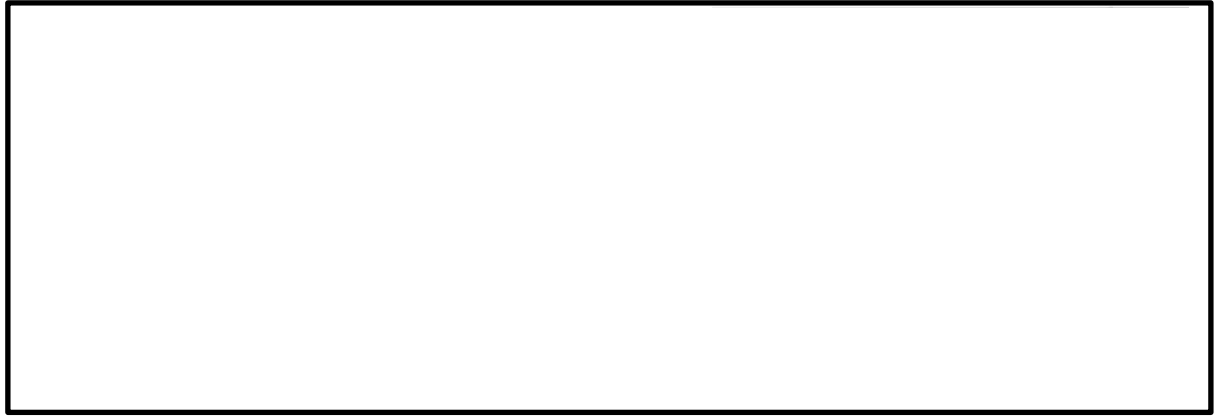
逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.063	—	0.140	0.566

対称境界

3 次モード

図 4-3 (2) 振動モード図 (設計基準対象施設：燃料交換時)



固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.098	0.067	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.098	—	0.000	0.055

対称境界

1次モード



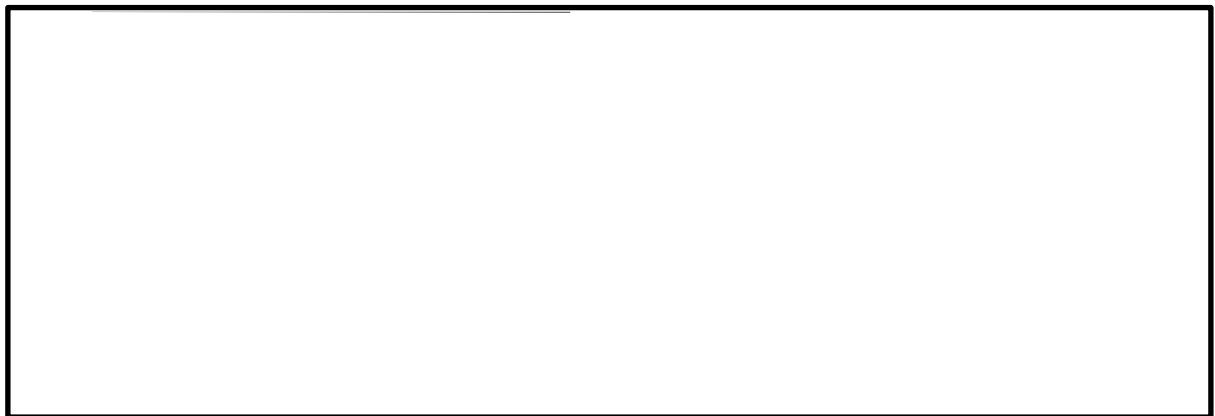
固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.089	0.039	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.089	—	0.000	-0.027

対称境界

2次モード



固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.085	0.007	—	—

逆対称境界

固有周期 (s)	刺激係数		
	X方向	Y方向	Z方向
0.085	—	0.000	0.000

対称境界

3次モード

図4-4 振動モード図（重大事故等対処設備）

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

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

表 4-10 (1) 設計用地震力 (設計基準対象施設：通常運転時 (逆対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平：1.0* ¹ 鉛直：1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.070						
2次	0.056						
3次* ³	0.048						
動的地震力* ⁴							
静的地震力* ⁵							

注記*1：アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3：2次までは固有周期が0.050sより長いモード、3次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4：S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5：静的震度 (3.0C_i及び1.0C_v) を示す。

表 4-10 (2) 設計用地震力 (設計基準対象施設：通常運転時 (対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平：1.0* ¹ 鉛直：1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.071						
2次	0.054						
3次	0.052						
4次* ³	0.047						
動的地震力* ⁴							
静的地震力* ⁵							

注記*1：アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3：3次までは固有周期が0.050sより長いモード、4次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4：S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5：静的震度 (3.0C_i及び1.0C_v) を示す。

表 4-10 (3) 設計用地震力 (設計基準対象施設：燃料交換時 (逆対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平：1.0* ¹ 鉛直：1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.078						
2次	0.065						
3次	0.058						
4次* ³	0.050						
動的地震力* ⁴							
静的地震力* ⁵							

注記*1：アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3：3次までは固有周期が0.050sより長いモード、4次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4：S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5：静的震度 (3.0C_i及び1.0C_v) を示す。

表 4-10 (4) 設計用地震力 (設計基準対象施設: 燃料交換時 (対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平: 1.0* ¹ 鉛直: 1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.079						
2次	0.064						
3次	0.063						
4次	0.057						
5次	0.050						
6次* ³	0.038						
動的地震力* ⁴							
静的地震力* ⁵							

注記*1: アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため, VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3: 5次までは固有周期が 0.050s より長いモード, 6次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4: S_d 又は S_s 地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5: 静的震度 (3.0C_i 及び 1.0C_v) を示す。

表 4-11 (1) 設計用地震力 (重大事故等対処設備 (逆対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平 : 1.0* ¹ 鉛直 : 1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.098	1.34					
2次	0.089	0.97					
3次	0.085	0.74					
4次	0.062	0.67					
5次	0.060	0.62					
6次* ³	0.044	—					
動的地震力* ⁴		0.43					
静的地震力* ⁵		0.52					

注記*1 : アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3 : 5次までは固有周期が 0.050s より長いモード、6次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4 : S_d 又は S_s 地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5 : 静的震度 (3.0C_i 及び 1.0C_v) を示す。

表 4-11 (2) 設計用地震力 (重大事故等対処設備 (対称境界))

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 T. M. S. L. -0.18					
減衰定数 (%)		水平 : 1.0* ¹ 鉛直 : 1.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.098						
2次	0.089						
3次	0.085						
4次	0.062						
5次	0.060						
6次	0.054						
7次* ³	0.044						
動的地震力* ⁴							
静的地震力* ⁵							

注記*1 : アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

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

*3 : 6次までは固有周期が 0.050s より長いモード、7次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4 : S_d 又は S_s 地震動に基づく設計用最大応答加速度 I より定めた震度を示す。

*5 : 静的震度 (3.0C_i 及び 1.0C_v) を示す。

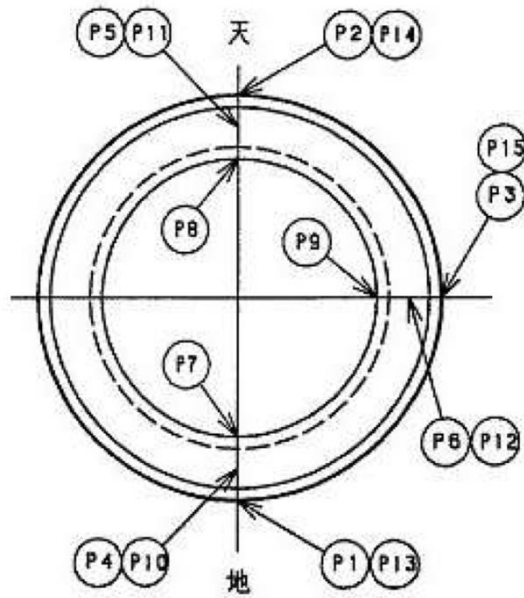
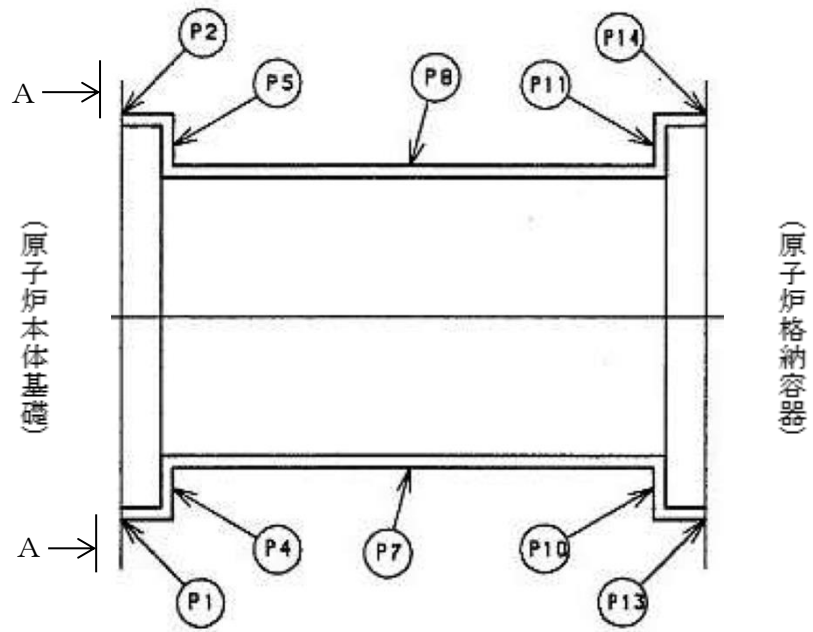
4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

下部ドライウエルアクセストンネルの応力評価点は、下部ドライウエルアクセストンネルを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力度が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-12 及び図 4-5 に示す。

表 4-12 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1 ~ P 3	原子炉本体基礎側端部
P 4 ~ P 6	原子炉本体基礎側フレキシブルジョイント部
P 7 ~ P 9	下部ドライウエルアクセストンネル円筒胴
P 1 0 ~ P 1 2	原子炉格納容器側フレキシブルジョイント部
P 1 3 ~ P 1 5	原子炉格納容器側端部



A~A矢視図

図4-5 下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価点

4.6.2 応力度計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルの応力度計算方法について以下に示す。なお、水平方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せには、絶対値和を適用する。

(1) 設計基準対象施設としての応力度計算

設計基準対象施設における応力度計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

各荷重による応力度は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルにより算出した値を用い評価する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力度計算

下部ドライウェルアクセストンネルに作用する圧力、死荷重、地震荷重及び水力学的動荷重による応力度は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルにより算出する。

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力度」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力度の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力度が許容応力度以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

下部ドライウェルアクセストネルの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を記載する。

表 5-1(1) 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の 組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm ²	N/mm ²		
下部ドライ ウェルアクセ ス トンネル	P1	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	115		○	(14)
	P2	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	100		○	(14)
	P3	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	59		○	(14)
	P4	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	274		○	(14)
	P5	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	211		○	(14)
	P6	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	235		○	(14)
	P7	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	33		○	(14)
	P8	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	23		○	(14)
	P9	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	23		○	(14)

表 5-1(1) 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の 組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm ²	N/mm ²		
下部ドライウ ェルアクセ ストンネル	P10	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	218		○	(14)
	P11	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	245		○	(14)
	P12	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	248		○	(14)
	P13	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	72		○	(14)
	P14	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	72		○	(10), (14)
	P15	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	109		○	(14)

表 5-1(2) 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d*) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライウ ェルアクセス トンネル	P1	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	109		○
	P2	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	105		○
	P3	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	69		○
	P4	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	118		○
	P5	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	174		○
	P6	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	136		○
	P7	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	13		○
	P8	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	15		○
	P9	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	16		○

表 5-1(2) 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d*) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライウ ェルアクセス トンネル	P10	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	183		○
	P11	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	121		○
	P12	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	144		○
	P13	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	84		○
	P14	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	85		○
	P15	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	110		○

表 5-2 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D+P+M+S_s) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の 組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm ²	N/mm ²		
下部ドライウ ェルアクセ ス トンネル	P1	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	135		○	(15)
	P2	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	113		○	(15)
	P3	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	60		○	(15)
	P4	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	390		○	(15)
	P5	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	328		○	(15)
	P6	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	347		○	(15)
	P7	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	36		○	(15)
	P8	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	29		○	(15)
	P9	下部ドライウエル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	28		○	(15)

表 5-2 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D+P+M+S_s) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の 組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm ²	N/mm ²		
下部ドライウ ェルアクセ ス トンネル	P10	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	333		○	(15)
	P11	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	360		○	(15)
	P12	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	363		○	(15)
	P13	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	77		○	(15)
	P14	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	73		○	(15)
	P15	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	129		○	(15)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネル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表 5-3 に示す。

表 5-3(1) 許容応力状態V_ASに対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライ ウェルアクセ ス トンネル	P1	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	45		○
	P2	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	41		○
	P3	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	23		○
	P4	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	191		○
	P5	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	137		○
	P6	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	165		○
	P7	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	40		○
	P8	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	39		○
	P9	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	37		○

表 5-3(1) 許容応力状態V_{AS}に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライウ ェルアクセス トンネル	P10	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	133		○
	P11	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	200		○
	P12	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	163		○
	P13	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	29		○
	P14	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	26		○
	P15	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	45		○

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライ ウェルアクセ ス トンネル	P1	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	53		○
	P2	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	52		○
	P3	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	23		○
	P4	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	225		○
	P5	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	219		○
	P6	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	205		○
	P7	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	16		○
	P8	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	16		○
	P9	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	16		○

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定
				算出応力度	許容応力度	
				N/mm ²	N/mm ²	
下部ドライウ ェルアクセス トンネル	P10	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	217		○
	P11	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	233		○
	P12	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	210		○
	P13	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	30		○
	P14	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	25		○
	P15	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	56		○

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-4-1 「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」