

VI-2-9 原子炉格納施設の耐震性に関する説明書

VI-2-9-1 原子炉格納施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1
3. 技術基準規則第 5 条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算	33
3.1 耐震計算の概要	33

1. 概要

本資料は、原子炉格納施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉格納施設に対して、設計基準対象施設の耐震クラス、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。

原子炉格納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 耐震評価条件整理一覧表 (1/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	原子炉格納容器	S	有	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6
	上部ドライウエル機器搬入 用ハッチ	S	無	VI-2-9-2-7	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-7
	下部ドライウエル機器搬入 用ハッチ	S	無	VI-2-9-2-8	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-8

表1 耐震評価条件整理一覧表 (2/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	原子炉格納容器	サプレッションチェンバ出入口	S	無	VI-2-9-2-9	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-9
		上部ドライウェル所員用エアロック	S	無	VI-2-9-2-10	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-10
		下部ドライウェル所員用エアロック	S	無	VI-2-9-2-11	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-11
		原子炉格納容器配管貫通部	S	無	VI-2-9-2-12	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-12
		原子炉格納容器電気配線貫通部	S	無	VI-2-9-2-13	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-2-13

表1 耐震評価条件整理一覧表 (3/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	原子炉建屋	原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）	S	有	VI-2-9-3-1	常設／緩和	無	VI-2-9-3-1
		原子炉建屋機器搬出入口	S	—*2	VI-2-9-3-2	常設／緩和	無	VI-2-9-3-2
		原子炉建屋エアロック	S	—*2	VI-2-9-3-3	常設／緩和	無	VI-2-9-3-3
		原子炉建屋基礎スラブ	S	有	VI-2-9-3-4	—	無	VI-2-9-3-4

表1 耐震評価条件整理一覧表 (4/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	真空破壊弁	S	—*2	VI-2-9-4-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-1
		ダイヤフラムフロア	S	無	VI-2-9-4-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-2
		ベント管	S	無	VI-2-9-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (5/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器スプレイ冷却系	残留熱除去系熱交換器 (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-1
			残留熱除去系ポンプ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-2
			残留熱除去系ストレー ナ (原子炉冷却系統施 設に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-3
			原子炉格納容器スプレ イ管 (ドライウエル側)	S	無	VI-2-9-4-4-1-1	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	有	VI-2-9-4-4-1-1
			原子炉格納容器スプレ イ管 (サブプレッション チェンバ側)	S	無	VI-2-9-4-4-1-2	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	有	VI-2-9-4-4-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (6/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器スプレイ冷却系	主配管（原子炉冷却系 統施設に記載）	—	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-5
		原子炉格納容器（原子 炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11	
		原子炉格納容器配管貫 通部（原子炉格納容器 に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-12	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (7/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	サブ プレッ ション チェン バプ ール 水冷却系	残留熱除去系熱交換器 (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-1
			残留熱除去系ポンプ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-2
			残留熱除去系ストレー ナ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-3
			主配管 (原子炉冷却系 統施設に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-5

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (8/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	サブプレッションチェンバール水冷却系	原子炉格納容器（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-12

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (9/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器下部注水系	復水移送ポンプ（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-1
			復水貯蔵槽（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-2
			主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-4-2-1
			主配管（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-4-1 VI-2-5-5-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (10/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器下部注水系	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
		原子炉格納容器配管貫 通部（原子炉格納容器 に記載）						—

表1 耐震評価条件整理一覧表 (11/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替格納容器スプレ イ冷却系	復水移送ポンプ（原子 炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-1
			復水貯蔵槽（原子炉冷 却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-2
			原子炉格納容器スプレ イ管（ドライウエル側）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1
			原子炉格納容器スプレ イ管（サプレッション チェンバ側）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-4-4-1-2
			主配管（原子炉冷却系 統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-3-1-5 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-4-1 VI-2-5-5-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (12/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替格納容器スプレイ冷却系	原子炉格納容器（原子 炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫 通部（原子炉格納容器 に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (13/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替循環冷却系	残留熱除去系熱交換器 (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-1
			残留熱除去系ポンプ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-2
			復水移送ポンプ(原子 炉冷却系統施設に記 載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-1
			残留熱除去系ストレー ナ(原子炉冷却系統施 設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-3
			主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-2-1 VI-2-9-4-4-3-1
			原子炉格納容器スプレ イ管(ドライウェル側)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-4-1-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (14/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替循環冷却系	主配管（原子炉冷却系 統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-1 VI-2-5-3-1-5 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-4-1 VI-2-5-5-1-3
			原子炉圧力容器（原子 炉圧力容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパージャ（原子 炉圧力容器内部構造物 に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (15/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	代替循環冷却系	原子炉格納容器（原子 炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫 通部（原子炉格納容器 に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (16/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	高圧代替注水系	高圧代替注水系ポンプ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-3-1
			復水貯蔵槽 (原子炉冷 却系統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-2
			主配管 (原子炉冷却系 統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-1 VI-2-5-2-1-2 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-5 VI-2-5-4-3-2
			原子炉圧力容器 (原子 炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (17/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	高圧代替注水系	給水スパージャ（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3
		原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-12	
		低圧代替注水系	復水移送ポンプ（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-1
		復水貯蔵槽（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-2	
		主配管（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-5-1 VI-2-5-3-1-5 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-4-1 VI-2-5-5-1-3	

表1 耐震評価条件整理一覧表 (18/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	低圧代替注水系	原子炉圧力容器（原子炉圧力容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパージャ（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3
			低圧注水スパージャ（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (19/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ (計測制御系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-1
			ほう酸水注入系貯蔵タ ンク (計測制御系統施 設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-2
			主配管 (原子炉冷却系 統施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4
			主配管 (計測制御系統 施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-4-1-3
			原子炉圧力容器 (原子 炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-1-3
			高压炉心注水スパー ジャ (原子炉圧力容器内 部構造物に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (20/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ほう酸水注入系	高压炉心注水系配管 (原子炉压力容器内 部)(原子炉压力容器内 部構造物に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器配管貫 通部(原子炉格納容器 に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-12
	非常用ガス処理系	非常用ガス処理系乾燥 装置	S	無	VI-2-9-4-5-1-1	常設/緩和	有	VI-2-9-4-5-1-1	
		主要弁	S	無	VI-2-9-4-5-1-2	—	—	—	
		主配管	S	有	VI-2-9-4-5-1-2 VI-2-9-4-6-1-1	常設/緩和	有	VI-2-9-4-5-1-2	

表1 耐震評価条件整理一覧表 (21/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	非常用ガス処理系	非常用ガス処理系排風機	S	無	VI-2-9-4-5-1-3	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-3
			非常用ガス処理系フィルタ装置	S	無	VI-2-9-4-5-1-4	常設／緩和	有	VI-2-9-4-5-1-4
			原子炉建屋原子炉区域 (二次格納施設)(原子 炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-1
			原子炉建屋機器搬出入 口(原子炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-2
			原子炉建屋エアロック (原子炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-3-3
			主排気筒(内筒)(放射 性廃棄物の廃棄施設に 記載)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-7-2-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (22/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	可燃性ガス濃度制御系	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置加熱器	S	無	VI-2-9-1	—	—	—
			主要弁	S	無	VI-2-9-4-5-2-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-9-4-5-2-1	—	—	—
			可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ	S	無	VI-2-9-1	—	—	—
			可燃性ガス濃度制御系 再結合装置	S	無	VI-2-9-1	—	—	—

表1 耐震評価条件整理一覧表 (23/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	水素濃度抑制系	静的触媒式水素再結合器	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-5-3-1
			原子炉建屋原子炉区域 (二次格納施設)(原子炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-3-1
			原子炉建屋機器搬出入口 (原子炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-3-2
			原子炉建屋エアロック (原子炉建屋に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-3-3
		耐圧強化ベント系	主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-5-1-2 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-5-4-1
			主排気筒(内筒)(放射性廃棄物の廃棄施設に記載)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-7-2-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (24/31)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	耐圧強化ベント系	原子炉格納容器（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (25/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置（放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備）	ドレン移送ポンプ	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-5-1
			ドレンタンク	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1
			フィルタ装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-3
			よう素フィルタ	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-4
			主要弁	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1
			主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-2-1 VI-2-9-4-5-4-1 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-7-1-2

表1 耐震評価条件整理一覧表 (26/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所		
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置（放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備）	原子炉格納容器 （原子炉格納容 器に記載）	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11		
			原子炉格納容器 配管貫通部（原子 炉格納容器に記 載）	—*2	—			常設／緩和	—	VI-2-9-2-12
			ラブチャーディ スク（フィルタ装 置出口側）	—*2	—			常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (27/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置 (放射性物質濃度制御設備及び可燃性 ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2	
		不活性ガス系	主要弁	S	無	VI-2-9-4-6-1-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-9-4-6-1-1	—	—	—

表1 耐震評価条件整理一覧表 (28/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置（圧力逃がし装置）	ドレンタンク	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-1
			フィルタ装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-3
			よう素フィルタ	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-4
			主要弁	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-6-1-1
			ラプチャーディスク （フィルタ装置出口 側）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2
			ラプチャーディスク （よう素フィルタ出 口側）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-7-1-2
			主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-2-1 VI-2-9-4-5-4-1 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-7-1-2

表1 耐震評価条件整理一覧表 (29/31)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置（圧力逃がし装置）	原子炉格納容器（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納容器に記載）	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-2-12
			ドレン移送ポンプ	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-4-5-5-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (30/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	その他	燃料取替床ブローアウトパ ネル	S	—*2	VI-2-9-3-1-1	—	—	—
		主蒸気系トンネル室ブロー アウトパネル	S	—*2	VI-2-9-3-1-2	常設／緩和	無	VI-2-9-3-1-2
		下部ドライウェルアクセス トンネル	S	有	—	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-9-4-8-1
		コリウムシールド	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-5-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (31/31)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉格納施設	その他	遠隔空気駆動弁操作設備	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-5-2
		遠隔手動弁操作設備	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-5-3
		遠隔手動弁操作設備遮蔽	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-5-4
		燃料取替床ブローアウトパ ネル閉止装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-9-5-5

注記*1 : 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備, 「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張), 「常設／緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張) を示す。

*2 : 本設計及び工事の計画で新規に申請する設備であることから, 差異比較の対象外。

3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1 耐震計算の概要

本章は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納施設のうち、技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である可燃性ガス濃度制御系再結合装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。可燃性ガス濃度制御系再結合装置の計算結果を次ページ以降に示す。

(1) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書

1. 可燃性ガス濃度制御系再結合装置

目 次

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	1-3
2.3 適用規格・基準等	1-4
2.4 記号の説明	1-5
2.5 計算精度と数値の丸め方	1-6
3. 評価部位	1-7
4. 固有周期	1-8
4.1 固有値解析方法	1-8
4.2 解析モデル及び諸元	1-8
4.3 固有値解析結果	1-10
5. 構造強度評価	1-11
5.1 構造強度評価方法	1-11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	1-11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	1-11
5.2.2 許容応力	1-11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	1-11
5.3 設計用地震力	1-15
5.4 計算方法	1-16
5.4.1 応力の計算方法	1-16
5.5 計算条件	1-19
5.5.1 取付ボルトの応力計算条件	1-19
5.6 応力の評価	1-19
5.6.1 取付ボルトの応力評価	1-19
6. 評価結果	1-20
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	1-20

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、可燃性ガス濃度制御系再結合装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

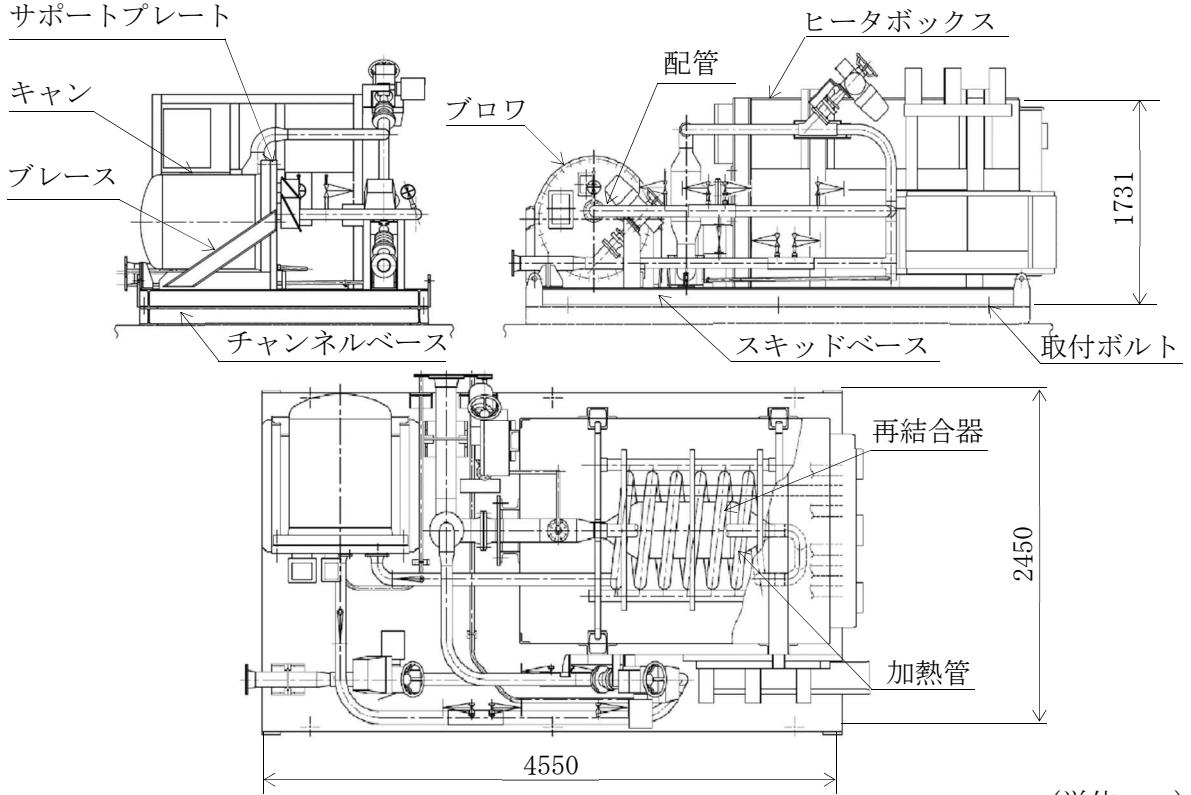
可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、チャンネルベースに取付ボルトにより据付ける。</p>	<p>熱反応式 (スキッドベース上にブロワ及びヒータボックスを取付けた構造)</p>	 <p>サポ-トプレート キャン ブレース チャンネルベース ブロワ 配管 ヒータボックス スキッドベース 取付ボルト 再結合器 加熱管 1731 4550 2450 (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す可燃性ガス濃度制御系再結合装置の部位を踏まえ「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。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

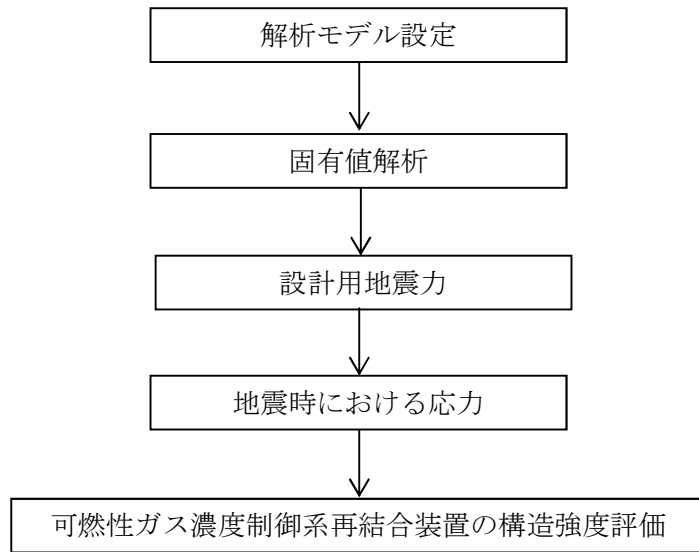


図 2-1 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	取付ボルトの呼び径	mm
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	取付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取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
l_1	重心と取付ボルト間の水平方向距離* ¹	mm
l_2	重心と取付ボルト間の水平方向距離* ¹	mm
m	可燃性ガス濃度制御系再結合装置の荷重	kg
n	せん断力を受ける取付ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する取付ボルトの本数	—
Q_b	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	取付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

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
縦弾性係数* ¹	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁* ²
設計震度	—	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* ³
断面積	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* ⁴	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：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縦弾性係数は、比例法により補間した値の有効数字 4 桁目を四捨五入し、有効数字 3 桁までの値とする。

*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。

*4：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 位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。可燃性ガス濃度制御系再結合装置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

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の解析モデル（鳥瞰図）を図4-1(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【可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 解析モデルは、はり部材をはり要素、板部材を板要素でモデル化し、各要素の自重は要素荷重として各々の要素で考慮し、配管等の荷重は集中荷重として該当する節点に作用させる。

図4-1(2)にはり要素と板要素の解析モデル（説明図）を示す。

- (2) 拘束条件として、スキッドベースの並進方向を拘束する。なお、取付ボルト部は、剛体として評価する。
- (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、「K S A P」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

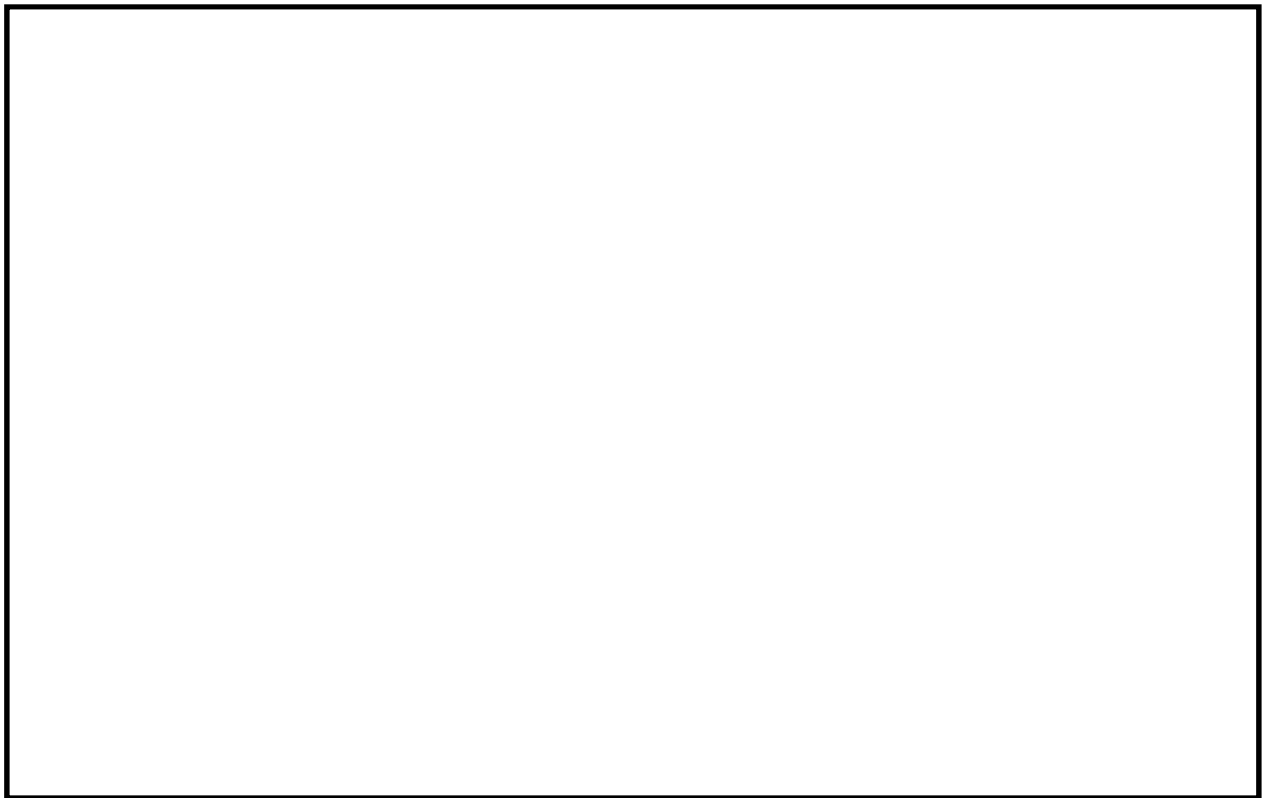


図4-1(1) 解析モデル（鳥瞰図）

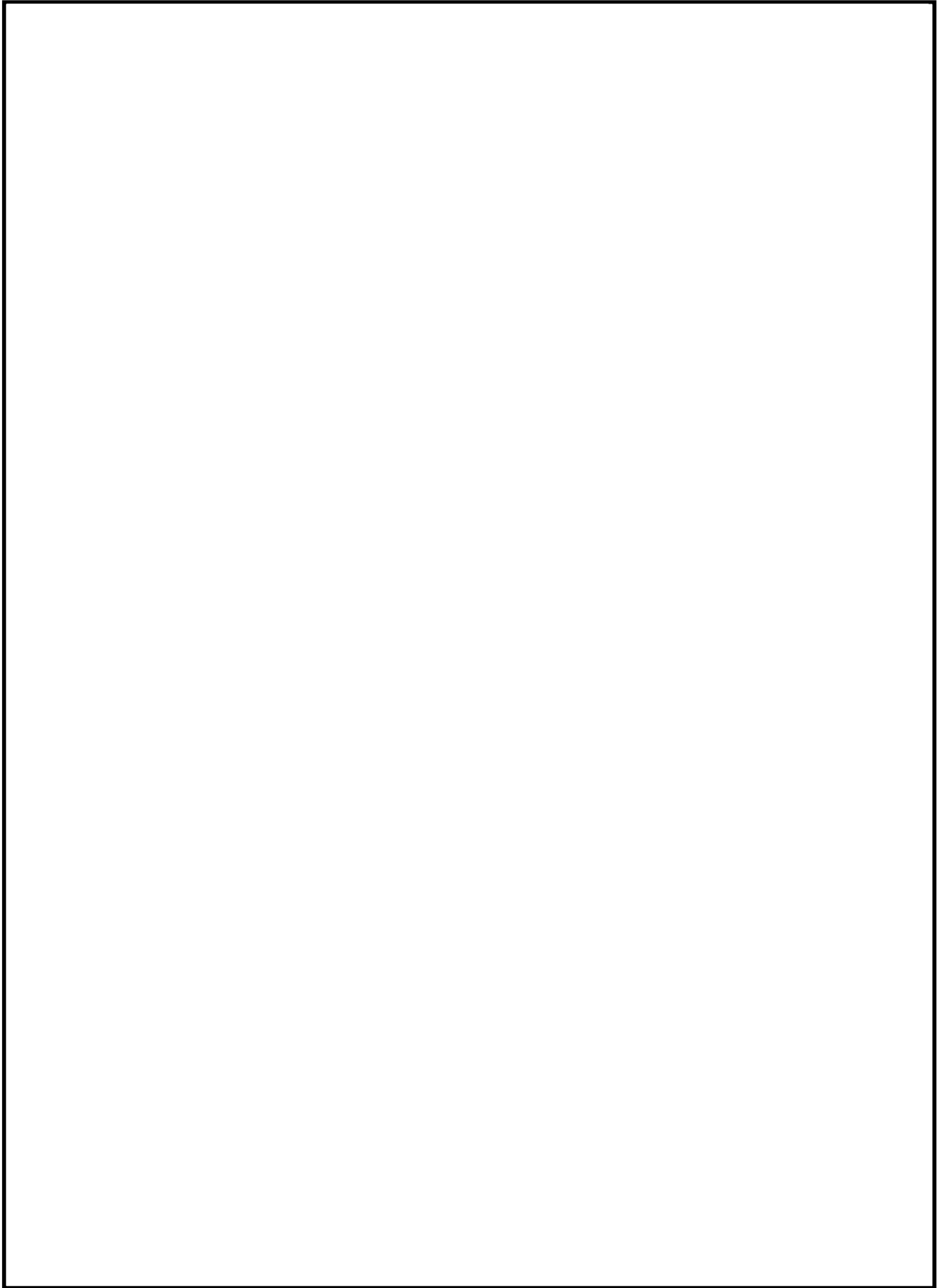


図 4-1(2) 解析モデル (説明図)

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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	Y方向	
1次	水平方向		—	—	—
3次	鉛直方向		—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(3)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は、可燃性ガス濃度制御系再結合装置に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置全体の構造強度評価に対する可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの運転による影響は微小であるため、可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの振動は考慮しないものとする。
- (4) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置は取付ボルトでチャンネルベースに固定された固定端とする。ここで、チャンネルベースについては剛となるように設定する。
- (5) 転倒方向は図 5-1 及び図 5-2 における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方を記載する。

5.2 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

可燃性ガス濃度制御系再結合装置取付ボル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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備	可燃性ガス濃度制御系再結合装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	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 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)
		取付ボルト		周囲環境温度	66	730

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T. M. S. L. 12.8 (T. M. S. L. 12.3*)	□	□	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.39	C _V =1.33

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

取付ボルトの応力は地震による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

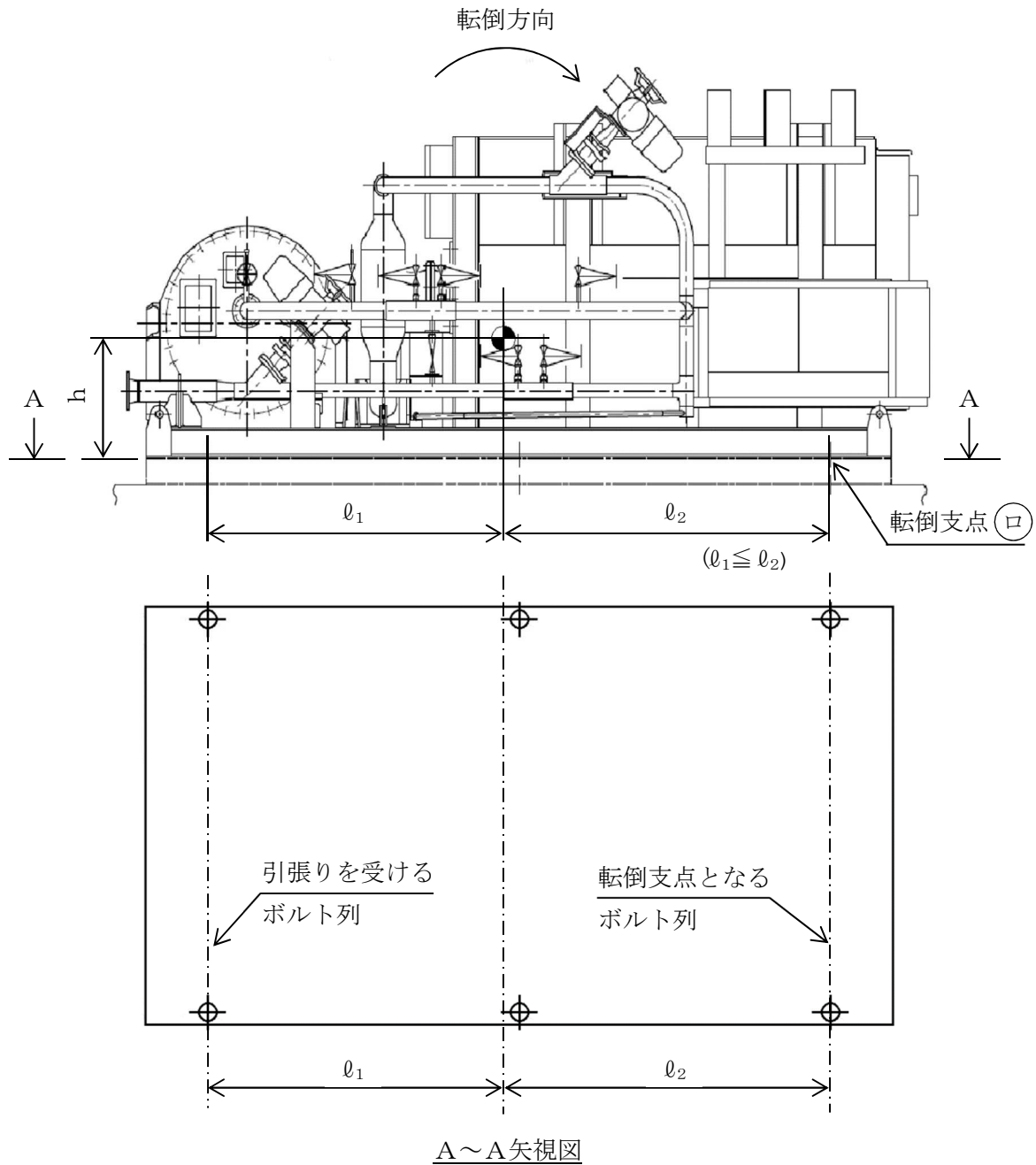


図5-1 計算モデル（長辺方向転倒 $C_v > 1$ の場合）

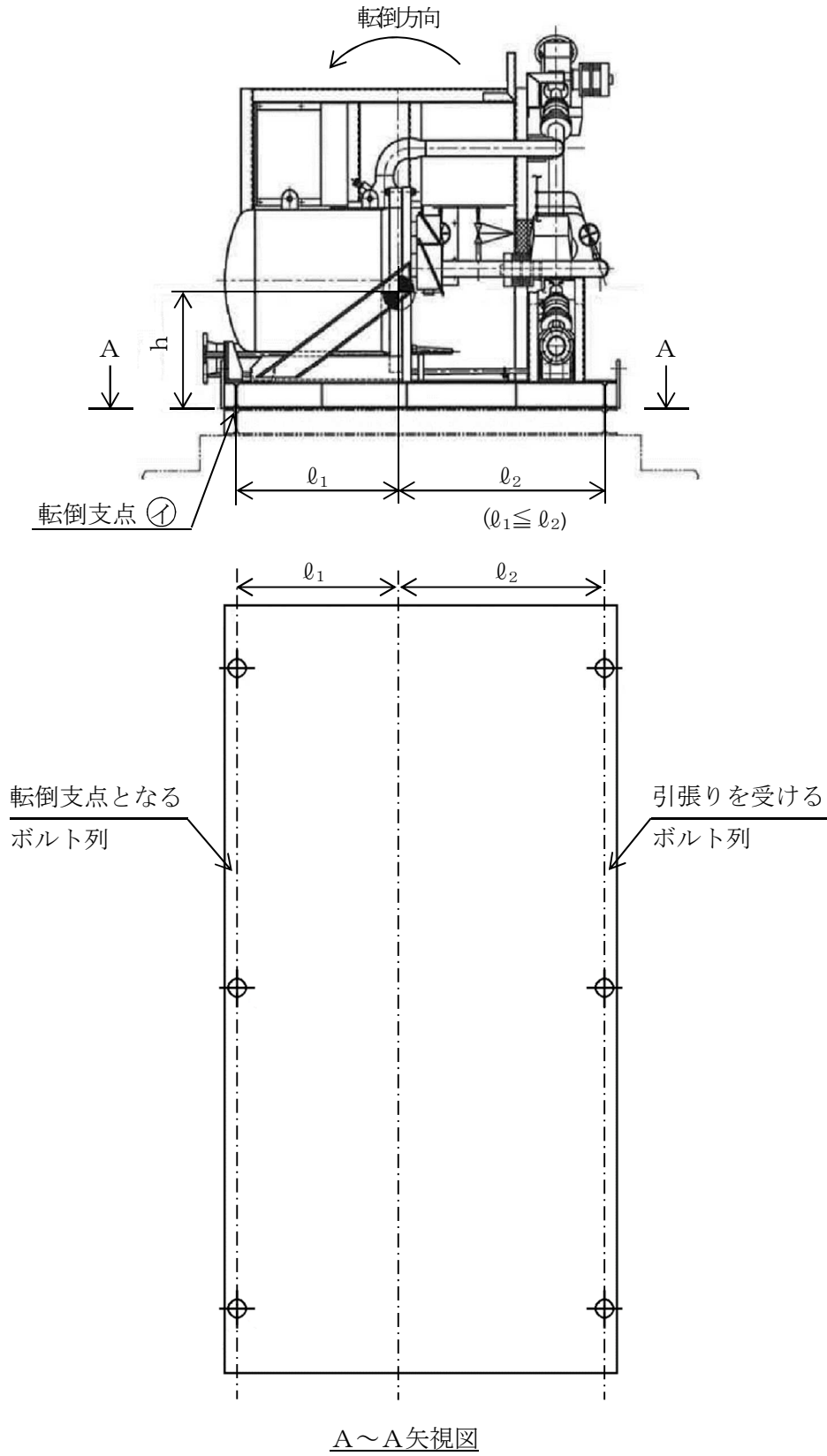


図5-2 計算モデル (短辺方向転倒 $C_v \leq 1$ の場合)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 に示すモデルにより(イ)点($C_v \leq 1$)及び(ロ)点($C_v > 1$)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

($C_v \leq 1$)

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

($C_v > 1$)

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_v) \cdot m \cdot g \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

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

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、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

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.6)$$

5.5 計算条件

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【可燃性ガス濃度制御系再結合装置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 取付ボルトの応力評価

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

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

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は表 5-6 による。

表 5-6 許容応力

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

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

可燃性ガス濃度制御系再結合装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度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。

【可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	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		
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 12.8 (T. M. S. L. 12.3*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.39	C _V =1.33	—	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

(1) 取付ボルト

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f *
取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	730	868	607	607	短辺方向	長辺方向

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

(2) 固有値解析

部材		材料	温度 (°C)	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比	要素数	節点数
スキッドベース		SS400	66	2.00×10^5	0.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ヒータボックス		SS400	66	2.00×10^5			
ブロワ	サポートプレート	SM400B	66	2.00×10^5			
	キャン	SM400B	66	2.00×10^5			
	ブレース	SS400	66	2.00×10^5			

1.3 計算数値

1.3.1 取付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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結 論

1.4.1 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
取付ボルト	<input type="text"/>	引張り	$\sigma_b = 5$	$f_{ts} = 455^*$	$\sigma_b = 49$	$f_{ts} = 455^*$
		せん断	$\tau_b = 28$	$f_{sb} = 350$	$\tau_b = 55$	$f_{sb} = 350$

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. 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ

目 次

1. 概要	2-1
2. 一般事項	2-1
2.1 構造計画	2-1
2.2 評価方針	2-3
2.3 適用規格・基準等	2-4
2.4 記号の説明	2-5
2.5 計算精度と数値の丸め方	2-7
3. 評価部位	2-8
4. 固有周期	2-9
4.1 固有周期の計算方法	2-9
4.2 固有周期の計算条件	2-10
4.3 固有周期の計算結果	2-10
5. 構造強度評価	2-11
5.1 構造強度評価方法	2-11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	2-12
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-12
5.2.2 許容応力	2-12
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	2-12
5.3 設計用地震力	2-16
5.4 計算方法	2-17
5.4.1 応力の計算方法	2-17
5.5 計算条件	2-19
5.5.1 ブレースの応力計算条件	2-19
5.5.2 ベース取付溶接部の応力計算条件	2-19
5.6 応力の評価	2-20
5.6.1 ブレースの応力評価	2-20
5.6.2 ベース取付溶接部の応力評価	2-20
6. 機能維持評価	2-21
6.1 動的機能維持評価方法	2-21
7. 評価結果	2-22
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	2-22

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ（以下「ブロワ」という。）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。

ブロワは、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動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ブロワの構造計画を表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>遠心式ブロワと原動機は、これを収めるキャンと共にサポートプレートに固定される。サポートプレートはスキッドベース上にベース及びブレースにより支持される構造となっている。よって、キャン及びその内側の遠心式ブロワと原動機の荷重は、サポートプレート、ベース取付溶接部を経てスキッドベースに伝達する。また、サポートプレートからはブレース、ベースを経てもスキッドベースに荷重が伝達される。</p>	<p>キャンド形遠心式 (キャンに遠心式ブロワと原動機を収めた構造)</p>	<p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ブロワの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すブロワの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく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、ブロワの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した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。

ブロワの耐震評価フローを図2-1に示す。

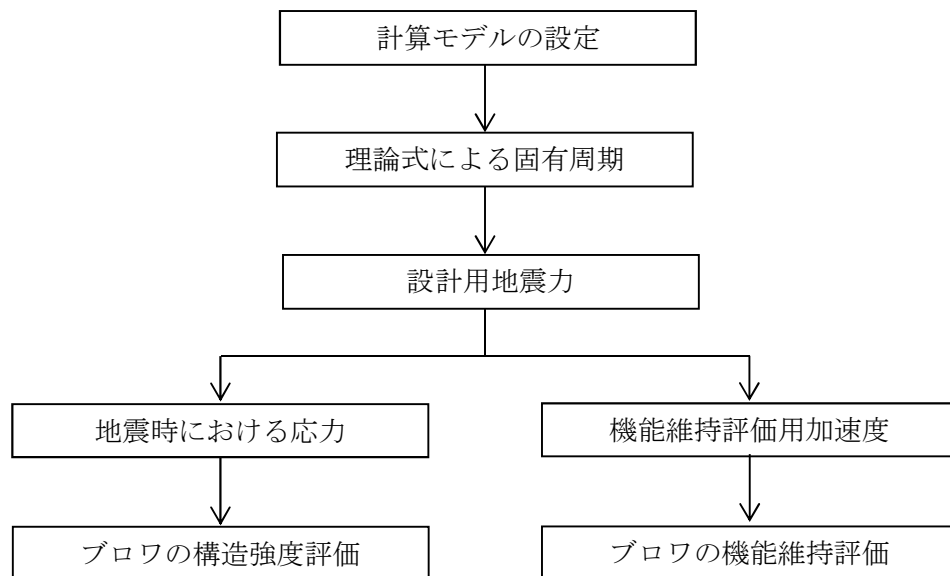


図2-1 ブロワの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	鉛直方向荷重を受ける支持構造物の断面積	mm ²
A _b	ブレースの断面積	mm ²
A _s	水平方向荷重を受ける支持構造物の有効せん断断面積	mm ²
A _{s b}	ブレースの有効せん断断面積	mm ²
A _{s s}	サポートプレートの有効せん断断面積	mm ²
A _{HW}	水平方向荷重を受ける溶接部の有効断面積	mm ²
A _{VW}	鉛直方向荷重を受ける溶接部の有効断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
C _P	ブロワ振動による震度	—
E	支持構造物の縦弾性係数	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に定める値	MPa
F _C	ブレースに作用する圧縮力	N
F _H	ブレースに作用する水平方向反力	N
F _{HW}	ベース取付溶接部に作用する水平方向せん断荷重	N
F _V	ブレースに作用する鉛直方向反力	N
F _{VW}	ベース取付溶接部に作用する鉛直方向せん断荷重	N
f _{b c}	ブレースの許容圧縮応力	MPa
f _{w s}	ベース取付溶接部の許容せん断応力	MPa
G	支持構造物のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9. 80665)	m/s ²
H _P	予想最大両振幅	μ m
h	ブロワ水平方向重心位置	mm
I _H	水平方向荷重を受ける支持構造物の断面二次モーメント	mm ⁴
I _b	ブレースの断面二次モーメント	mm ⁴
I _V	鉛直方向荷重を受ける支持構造物の断面二次モーメント	mm ⁴
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
L	ブロワ中心高さ及び重心高さ	mm
ℓ	ブロワベース長さ	mm
ℓ _b	ブレース水平方向投影長さ	mm
ℓ _k	ブレース長さ	mm
m	ブロワ質量	kg
N	回転速度 (原動機の同期回転速度)	rpm
P	ブレースに作用する水平方向荷重	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
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
τ_w	ベース取付溶接部に作用する最大せん断応力	MPa
τ_{w1}	ベース取付溶接部に作用する水平方向せん断応力	MPa
τ_{w2}	ベース取付溶接部に作用する鉛直方向せん断応力	MPa
σ_c	ブレースに生じる圧縮応力	MPa
Λ	圧縮材の限界細長比	—
λ	圧縮材の有効細長比	—
ν	設計・建設規格 SSB-3121.1(3)に定める値	—
π	円周率	—

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
縦弾性係数* ¹	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²
断面積	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
設計震度	—	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* ³
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* ⁴	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：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縦弾性係数は、比例法により補間した値の有効数字4桁目を四捨五入し、有効数字3桁までの値とする。

*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。

*4：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位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ブロワの耐震評価は、「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ブレース及びベース取付溶接部について実施する。ブロワの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

ブローの固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. ブローの質量は重心に集中するものとする。
- b. ブローは溶接によりスキッドベースに固定されており，固定端とする。ここで，スキッドベースについて剛となるよう設計する。
- c. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

ブローは，図 4-1 及び図 4-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

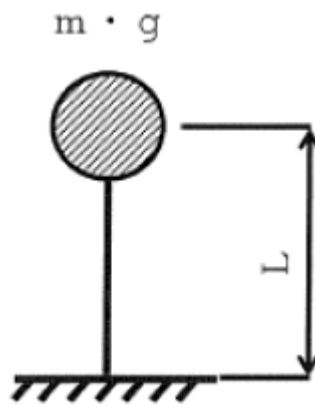


図 4-1 水平方向固有周期の計算モデル

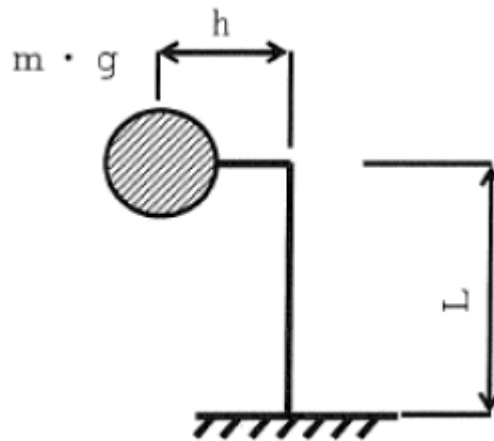


図 4-2 鉛直方向固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{L^3}{3 \cdot E \cdot I_H} + \frac{L}{G \cdot A_s} \right)} \dots (4.1.1)$$

ここで、水平方向荷重を受ける支持構造物の断面二次モーメントは、

$$I_H = I_V + 2 \cdot I_b \dots (4.1.2)$$

水平方向荷重を受ける支持構造物の有効せん断断面積は、

$$A_s = A_{s s} + 2 \cdot A_{s b} \dots (4.1.3)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{L \cdot h^2}{E \cdot I_V} + \frac{L}{E \cdot A} \right)} \dots (4.1.4)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【プロワの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 示す。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	<input type="text"/>
鉛直	<input type="text"/>

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1 項 a. ～ c. のほか、次の条件で評価する。

- (1) 地震力はブロー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) ブレース
 - a. ブローの質量は、2本のブレースに均等にかかるため、1本のブレースについて計算する。
 - b. 荷重方向はブレースの応力が最も厳しい方向として図5-1に示す方向を計算する。

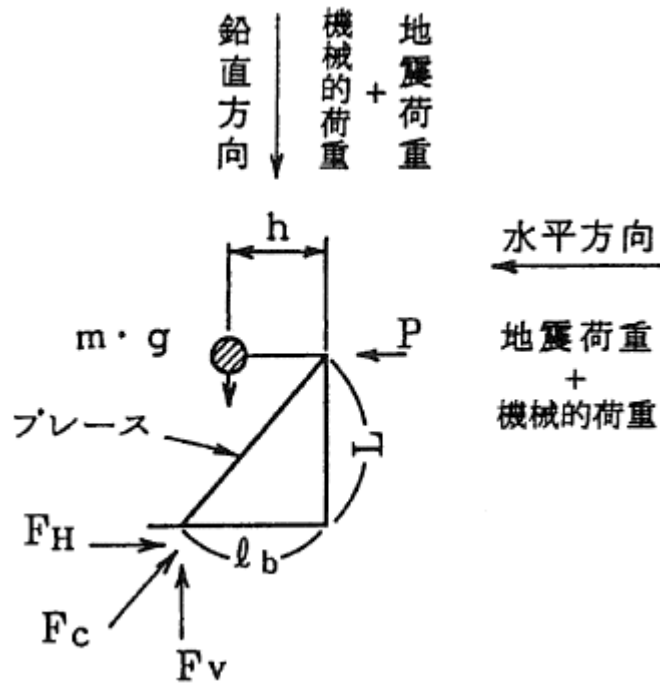


図5-1 ブレースに作用する荷重

- (3) ベース取付溶接部
 - a. 荷重がベース取付溶接部に水平方向せん断荷重として作用する場合と、転倒モーメントによる鉛直方向せん断荷重として作用する場合について計算する。
 - b. 転倒方向はベース取付溶接部に対する鉛直方向せん断荷重が最も厳しい方向として図5-2の転倒支点を支点とする方向を計算する。

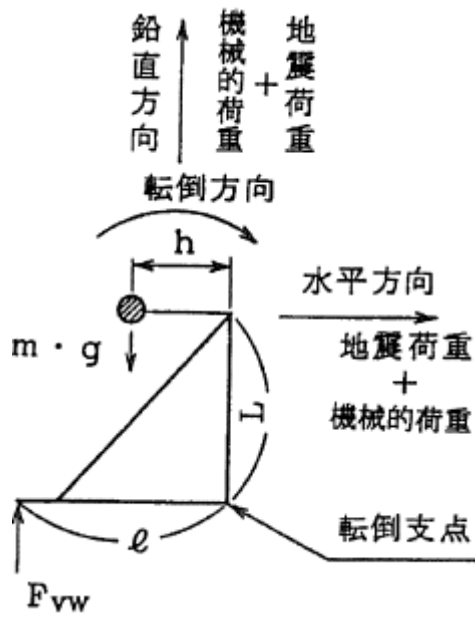


図 5-2 ベース取付溶接部に作用する荷重

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

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

5.2.2 許容応力

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

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態 (設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
	$D + P_D + M_D + S_s$				Ⅳ _A S	

注記* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度	171			
ブレース		最高使用温度	171	201	373	—
ベース取付 溶接部		最高使用温度	171	201	373	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

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

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T. M. S. L. 12.95 (T. M. S. L. 12.3*)	□	□	$C_H=0.72$	$C_V=0.68$	$C_H=1.39$	$C_V=1.33$

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 ブレースの応力

(1) 圧縮応力

ブレースに作用する水平方向反力は

$$F_H = P = \frac{1}{2} \cdot (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

ここで、 C_P はブロワ振動による振幅及び原動機の同期回転速度を考慮して定める値である。

$$C_P = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_P}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

ブレースに作用する鉛直方向反力は

$$F_V = \frac{\frac{1}{2} \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot L}{\ell_b} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

ブレースに作用する圧縮力は

$$F_C = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_C}{A_b} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 ベース取付溶接部の計算方法

(1) 水平方向せん断応力

水平方向せん断荷重はベース取付溶接部に作用するものとして計算する。

水平方向せん断荷重

$$F_{HW} = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.1)$$

水平方向せん断応力

$$\tau_{w1} = \frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.2)$$

(2) 鉛直方向せん断応力

転倒方向はベース取付溶接部に対する鉛直方向せん断荷重が最も厳しい方向として図 5-2 の転倒支点を支点とする方向を計算する。

鉛直方向せん断荷重

$$F_{VW} = \frac{(C_V + C_P - 1) \cdot m \cdot g \cdot h + (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot L}{\ell} \quad \dots (5.4.1.2.3)$$

鉛直方向せん断応力

$$\tau_{w2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.4)$$

(3) ベース取付溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max}[\text{水平方向せん断応力} (\tau_{w1}), \text{鉛直方向せん断応力} (\tau_{w2})] \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 ブレースの応力計算条件

ブレースの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ブローの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 ベース取付溶接部の応力計算条件

ベース取付溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ブロー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 ブレースの応力評価

5.4 項で求めたブレースの圧縮応力 σ_c は許容圧縮応力 f_{bc} 以下であること。ただし、 f_{bc} 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
許容圧縮応力 f_{bc}	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu} \cdot 1.5$

ここで、 λ は、圧縮材の有効細長比で、次の計算式による。

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} \dots \dots \dots (5.6.1.1)$$

Λ は、圧縮材の限界細長比で、次の計算式による。

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots \dots \dots (5.6.1.2)$$

注：基準地震動 S s 評価の場合は、F を F^* に置き換える。

ν は、次の計算式による。

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots \dots \dots (5.6.1.3)$$

5.6.2 ベース取付溶接部の応力評価

5.4 項で求めたベース取付溶接部に作用するせん断応力 τ_w は許容せん断応力 f_{ws} 以下であること。ただし、 f_{ws} 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_{ws}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

ブロワの地震時又は地震後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。

ブロワ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、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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ブロワ	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
原動機	横型ころがり軸受 電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

ブロー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。

(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。

【ブロー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		ブローの振動 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			
可燃性ガス濃度制御系再結合 装置ブロー	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 95 (T. M. S. L. 12. 3*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0. 72	C _V =0. 68	C _H =1. 39	C _V =1. 33	<input type="text"/>	171	—

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	L (mm)	h (mm)	ℓ (mm)	ℓ _b (mm)	ℓ _k (mm)	A _b (mm ²)	A _{s s} (mm ²)	A _{s b} (mm ²)
ブレース及び ベース取付溶接部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部 材	A _{HW} (mm ²)	A _{VW} (mm ²)	A (mm ²)	i (mm)	E (MPa)	G (MPa)	I _b (mm ⁴)	I _V (mm ⁴)
ブレース及び ベース取付溶接部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F [*] (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
ブレース及び ベース取付溶接部	201*	373*	201	241	軸	軸

HP (μm)	N (rpm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記*：最高使用温度で算出。

1.3 計算数値

1.3.1 ブレースに作用する力

(単位：N)

部 材	F_H		F_V		F_C	
	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 S_s
ブレース						

1.3.2 ベース取付溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F_{HW}		F_{VW}	
	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 S_s
ベース取付溶接部				

1.4 結論

1.4.1 応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ブレース		圧縮	$\sigma_c = 5$	$f_{bc} = 179$	$\sigma_c = 7$	$f_{bc} = 210$
ベース取付溶接部		せん断	$\tau_w = 12$	$f_{ws} = 116$	$\tau_w = 27$	$f_{ws} = 139$

すべて許容応力以下である。

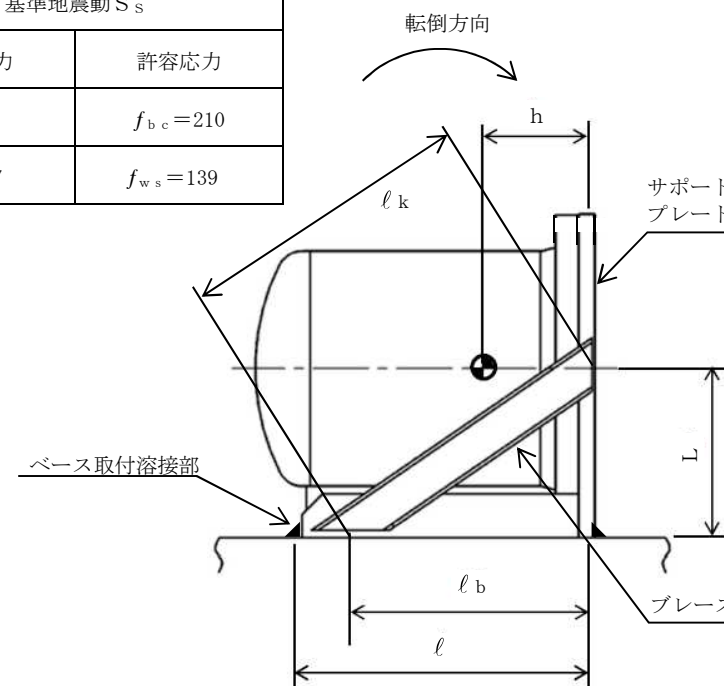
1.4.2 動的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ブロフ	水平方向	0.90	2.6
	鉛直方向	0.88	1.0
原動機	水平方向	0.90	4.7
	鉛直方向	0.88	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 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



3. 可燃性ガス濃度制御系再結合装置内配管

設計基準対象施設

目 次

1. 概要	3-1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	3-2
2.1 概略系統図	3-2
2.2 鳥瞰図	3-4
3. 計算条件	3-6
3.1 計算方法	3-6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	3-7
3.3 設計条件	3-8
3.4 材料及び許容応力	3-12
3.5 設計用地震力	3-13
4. 解析結果及び評価	3-14
4.1 固有周期及び設計震度	3-14
4.2 評価結果	3-20
4.2.1 管の応力評価結果	3-20
4.2.2 支持構造物評価結果	3-21
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	3-22
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	3-23

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、可燃性ガス濃度制御系再結合装置内配管の管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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2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

設計及び工事の計画書に記載される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。




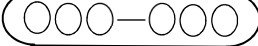

(3) 弁

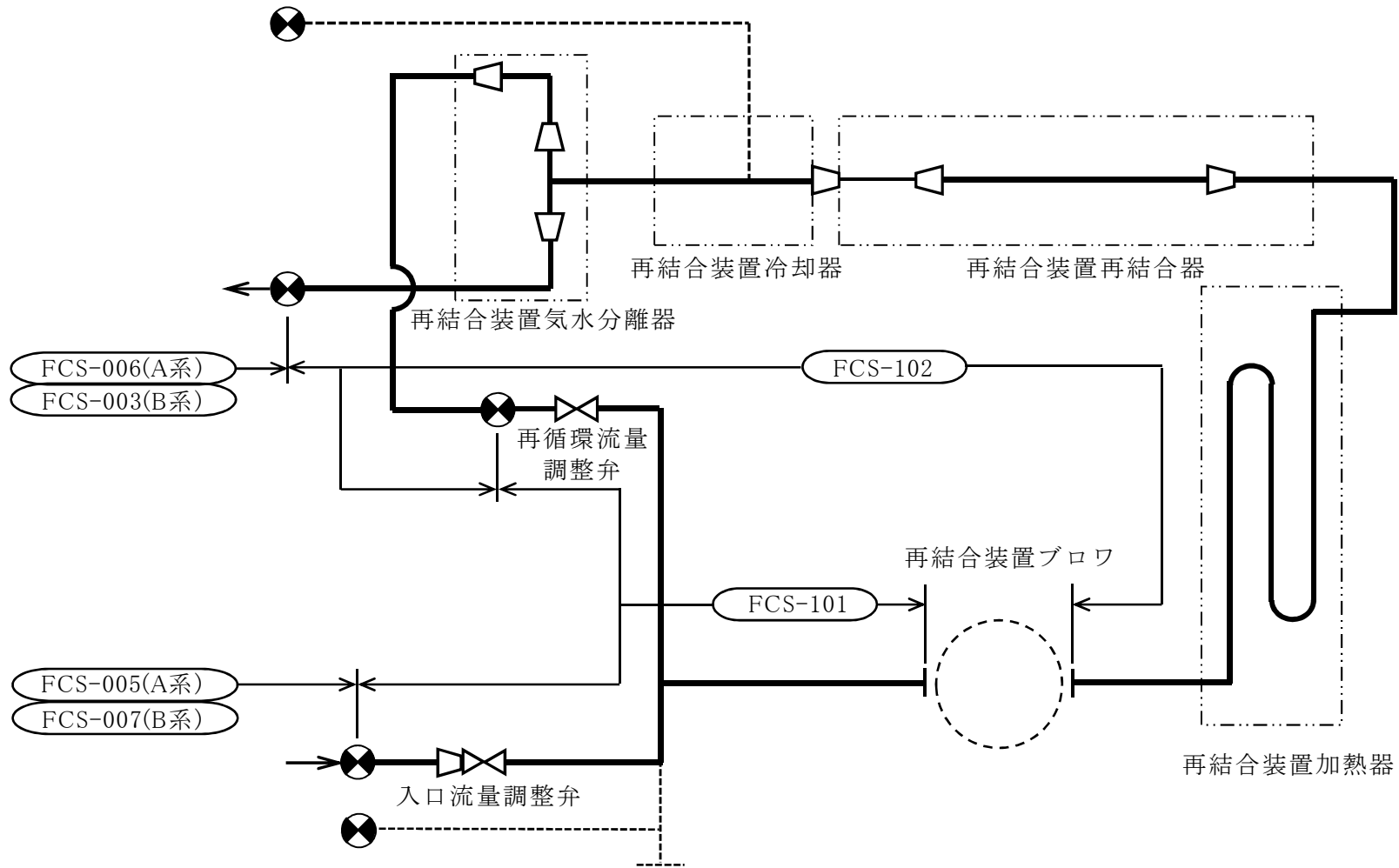
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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


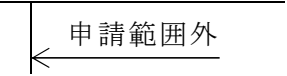



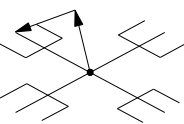
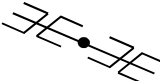

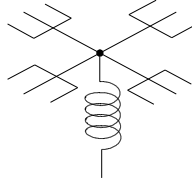
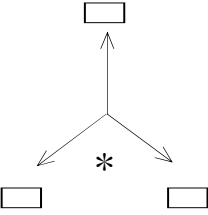
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



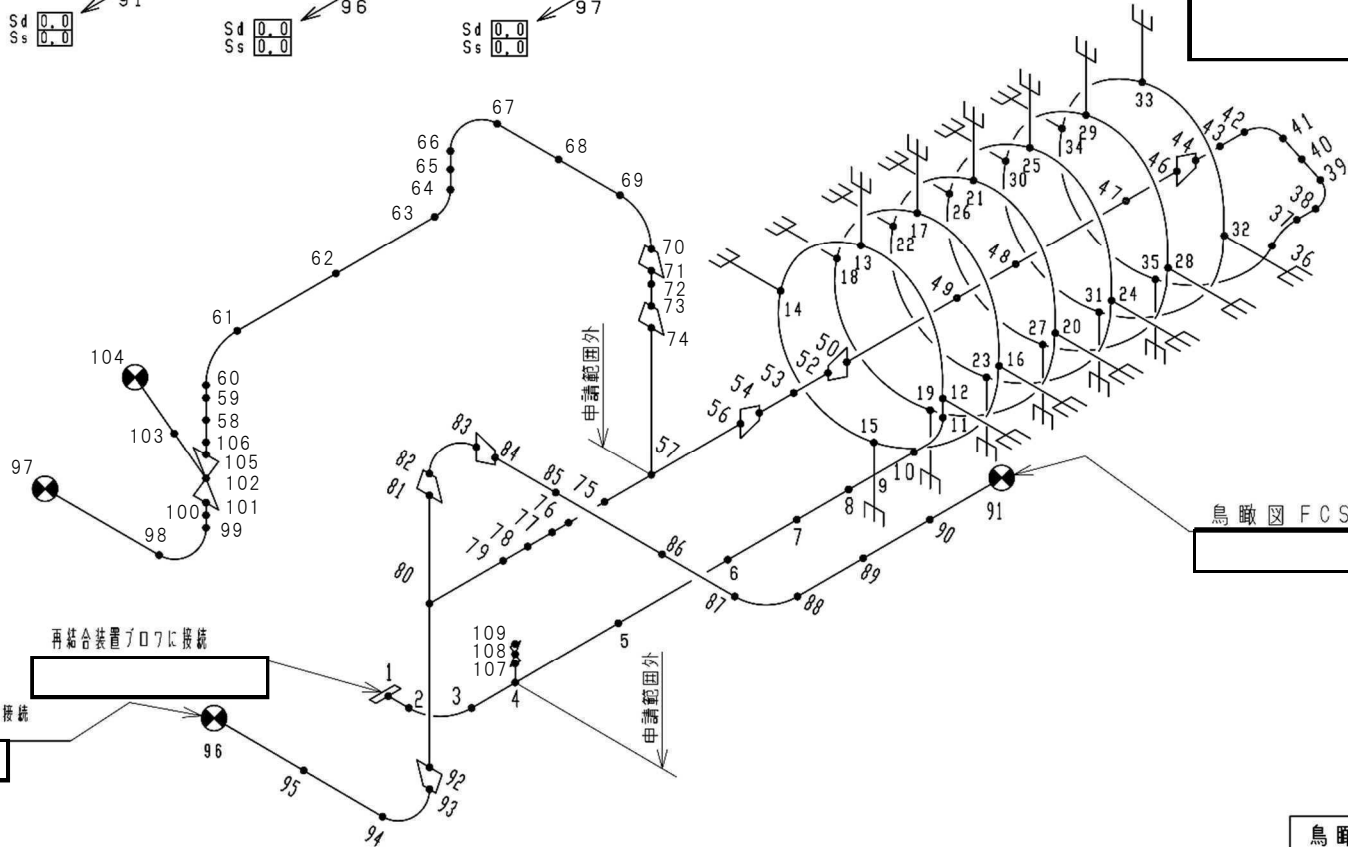
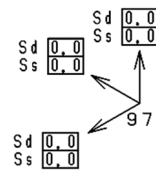
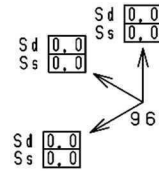
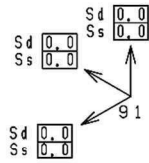
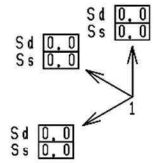
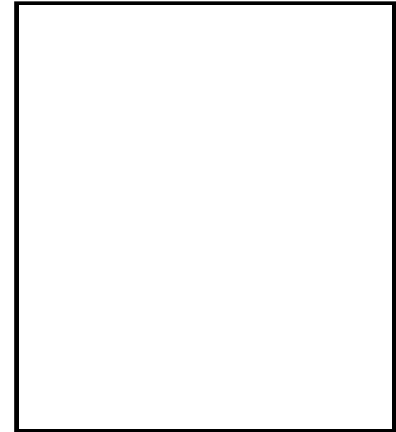
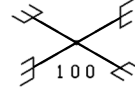
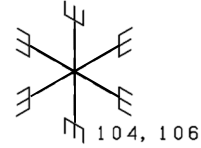
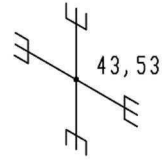
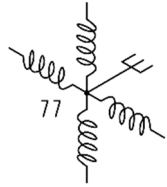
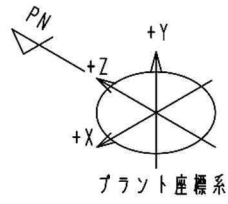
可燃性ガス濃度制御系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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>

K6 ① VI-2-9-1(1) (設) R0



鳥瞰図 FCS-102

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、「K S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「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
原子炉格納施設	放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備	可燃性ガス濃度制御系	D B	—	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：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2：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 F C S - 1 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.31	171	89.1	5.5	SUSF304	S	184320
2	0.31	777	89.1	5.5	SUS304TP	S	130220
3	0.31	777	89.1	6.5	SUS304TP	S	130220
4	0.31	777	406.4	8.0	SUSF304	S	130220
5	0.31	777	114.3	6.0	SUS304TP	S	130220
6	0.31	777	165.2	7.1	SUS304TP	S	130220
7	0.31	171	165.2	7.1	SUSF304	S	184320
8	0.31	171	165.2	7.1	SUS304TP	S	184320
9	0.31	171	267.4	9.3	SUS304TP	S	184320
10	0.31	171	114.3	6.0	SUS304TP	S	184320
11	0.31	171	89.1	5.5	SUS304TP	S	184320

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 F C S - 1 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点												
1	1	2											
2	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											
3	42	43	44										
4	46	47	48	49	50								
5	52	53	54										
6	56	57	75	76	77								
7	77	78	79										
8	79	80	93	94	95	96							
9	80	81	92										
10	82	83											
11	84	85	86	87	88	89	90	91					

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 F C S - 1 0 2

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)
1		23		46		87	
2		24		47		88	
3		25		48		89	
4		26		49		90	
5		27		50		91	
6		28		52		92	
7		29		53		93	
8		30		54		94	
9		31		56		95	
10		32		57		96	
11		33		75			
12		34		76			
13		35		77			
14		36		78			
15		37		79			
16		38		80			
17		39		81			
18		40		82			
19		41		83			
20		42		84			
21		43		85			
22		44		86			

K6 ① VI-2-9-1(1) (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F C S - 1 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						
12, 16, 20, 24, 28, 32						
13, 17, 21, 25, 29, 33						
14, 18, 22, 26, 30, 34						
15, 19, 23, 27, 31, 35						
43						
53						
77						
91						
93						
96						

注記* : サポートパイプとコイル配管の支持構造を仮想の剛要素でモデル化している。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	171	—	150	413	—
SUSF304	777	—	75	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(m)	減衰定数(%)
FCS-102	原子炉建屋	T. M. S. L. 12.300	<input type="text"/>

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FCS-102

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	0.100	1.76	1.76	2.53	3.20	3.20	5.42
2 次	0.086	1.08	1.08	1.50	2.16	2.16	2.88
3 次	0.052	0.58	0.58	0.51	1.27	1.27	0.99
4 次	0.044	—	—	—	—	—	—
動的震度*2		0.57	0.57	0.52	1.07	1.07	1.05
静的震度*3		0.67	0.67	0.29	—	—	—

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

*3： $3.6C_i$ 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 FCS-102

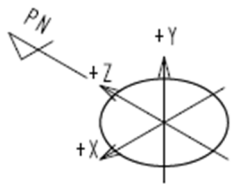
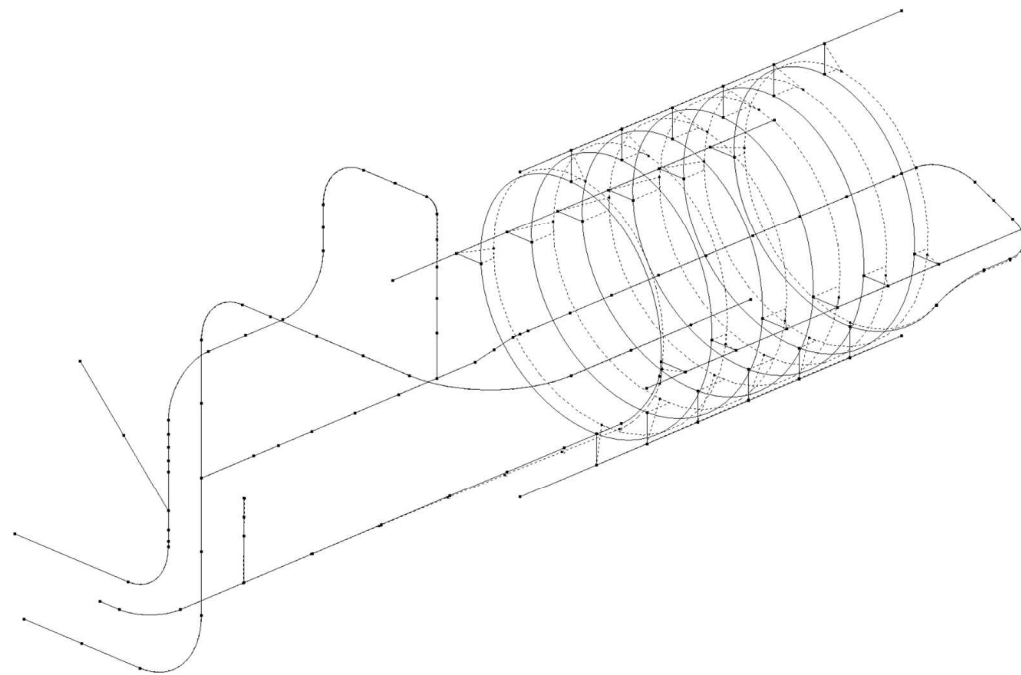
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 次	0.100	0.352	0.002	0.001
2 次	0.086	0.135	0.024	0.012
3 次	0.052	0.000	0.041	0.024

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

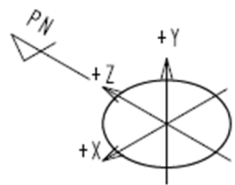
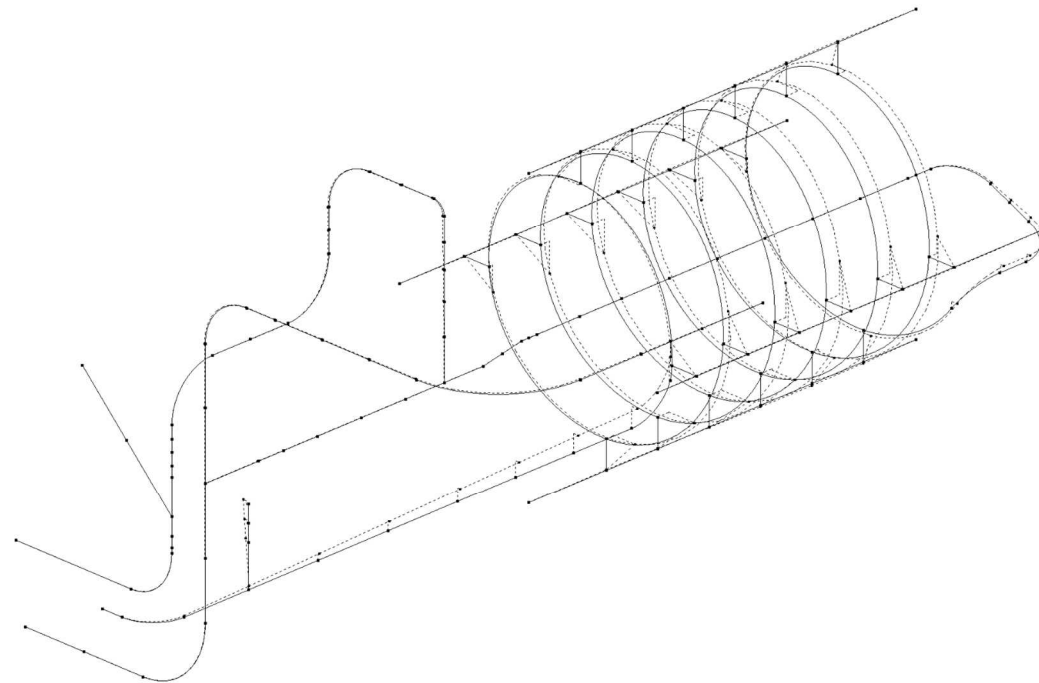
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



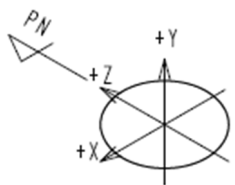
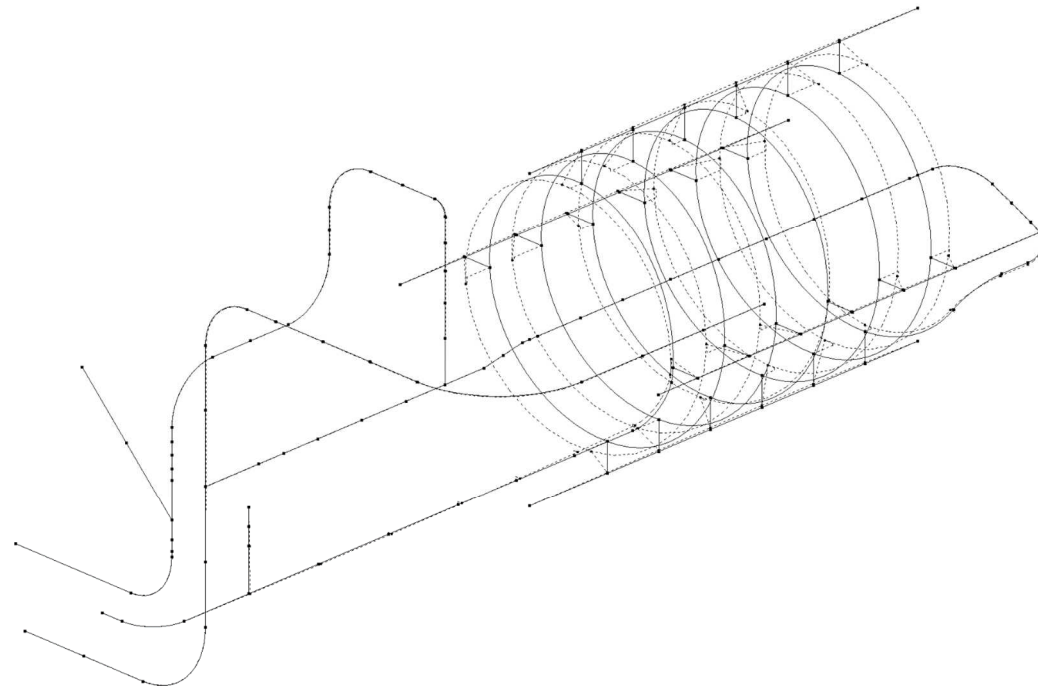
3-17

代表的振動モード図 (2次)



3-18

代表的振動モード図 (3次)



3-19

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
				$S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	S_y^* $0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
F C S - 1 0 2	III _A S	11	$S_{pr m}(S_d)$	23	75	—	—	—
	IV _A S	11	$S_{pr m}(S_s)$	38	163	—	—	—
	IV _A S	11	$S_n(S_s)$	—	—	68	150	—

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

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)
—	—	—	—	—	—	—

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			
S-11	アンカ	—		171	4	3	2	0	0	1	曲げ 組合せ	16	
S-15	レストレイント	—		66	0	7	5	0	0	0	圧縮	9	
S-14	ガイド	—		66	5	0	0	0	1	1	引張	4	

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

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

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計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	FCS-101	36	26	150	5.76	—	36	39	371	9.51	—	36	58	300	5.17	—	—	—	—
2	FCS-102	11	23	75	3.26	○	11	38	163	4.28	○	11	68	150	2.20	○	—	—	—

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+二次応力の裕度最小を代表とする。

VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

VI-2-9-2-1 原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格・基準等	10
3. 地震応答解析による評価方法	11
4. 応力解析による評価方法	14
4.1 評価対象部位及び評価方針	14
4.2 荷重及び荷重の組合せ	16
4.2.1 荷重	16
4.2.2 荷重の組合せ	39
4.3 許容限界	40
4.4 解析モデル及び諸元	43
4.4.1 モデル化の基本方針	43
4.4.2 解析諸元	48
4.4.3 材料構成則	49
4.5 評価方法	51
4.5.1 応力解析方法	51
4.5.2 断面の評価方法	60
5. 評価結果	70
5.1 地震応答解析による評価結果	70
5.2 応力解析による評価結果	71
6. 局部応力に対する評価	93
6.1 貫通部	93
6.1.1 貫通部の評価方法	95
6.1.2 貫通部の評価結果	96
6.2 局部	107
6.2.1 局部の評価方法	107
6.2.2 局部の評価結果	108
7. 引用文献	116

別紙 1 鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（原子炉格納容器コンクリート部）

別紙 2 温度分布解析

1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉格納容器のうちコンクリート部の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉格納容器は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

原子炉格納容器は、原子炉建屋の一部を構成している。原子炉格納容器を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

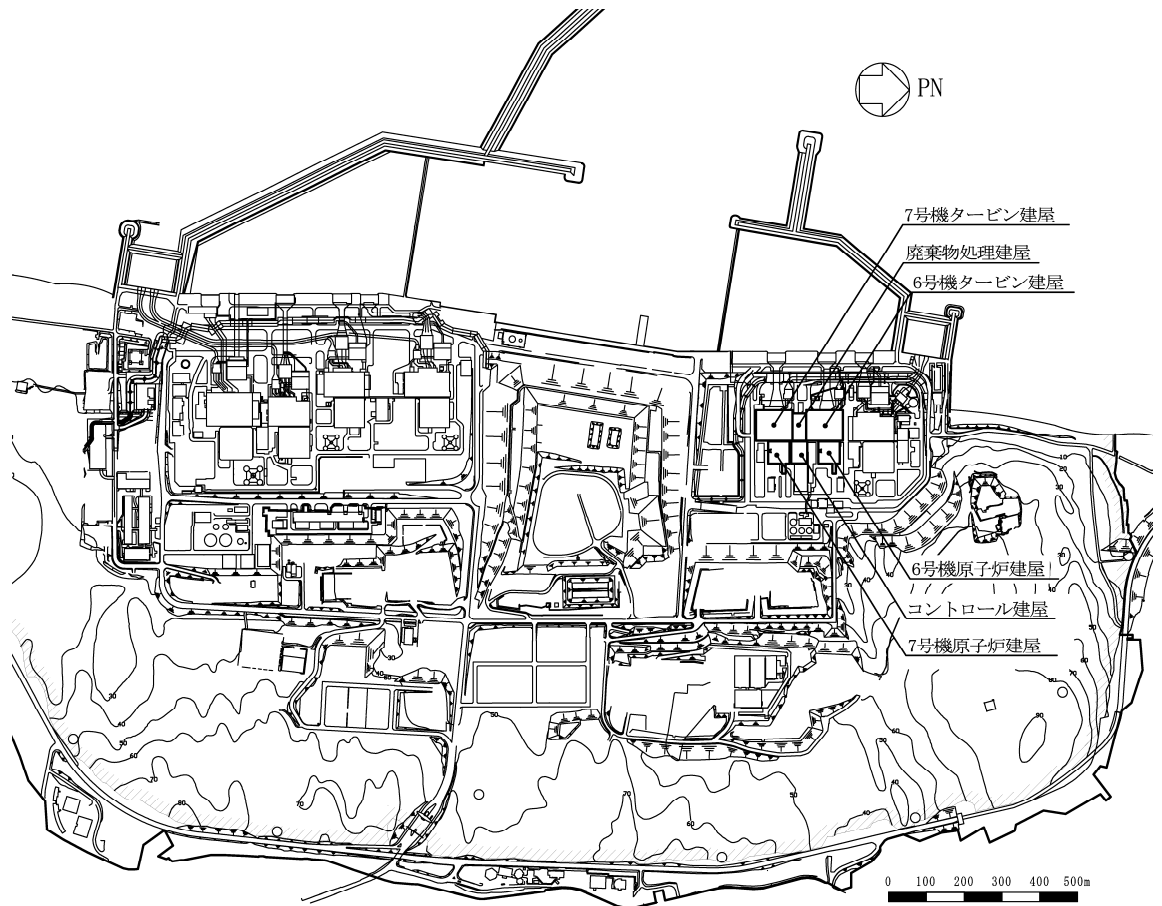


図 2-1 原子炉格納容器を含む原子炉建屋の設置位置

2.2 構造概要

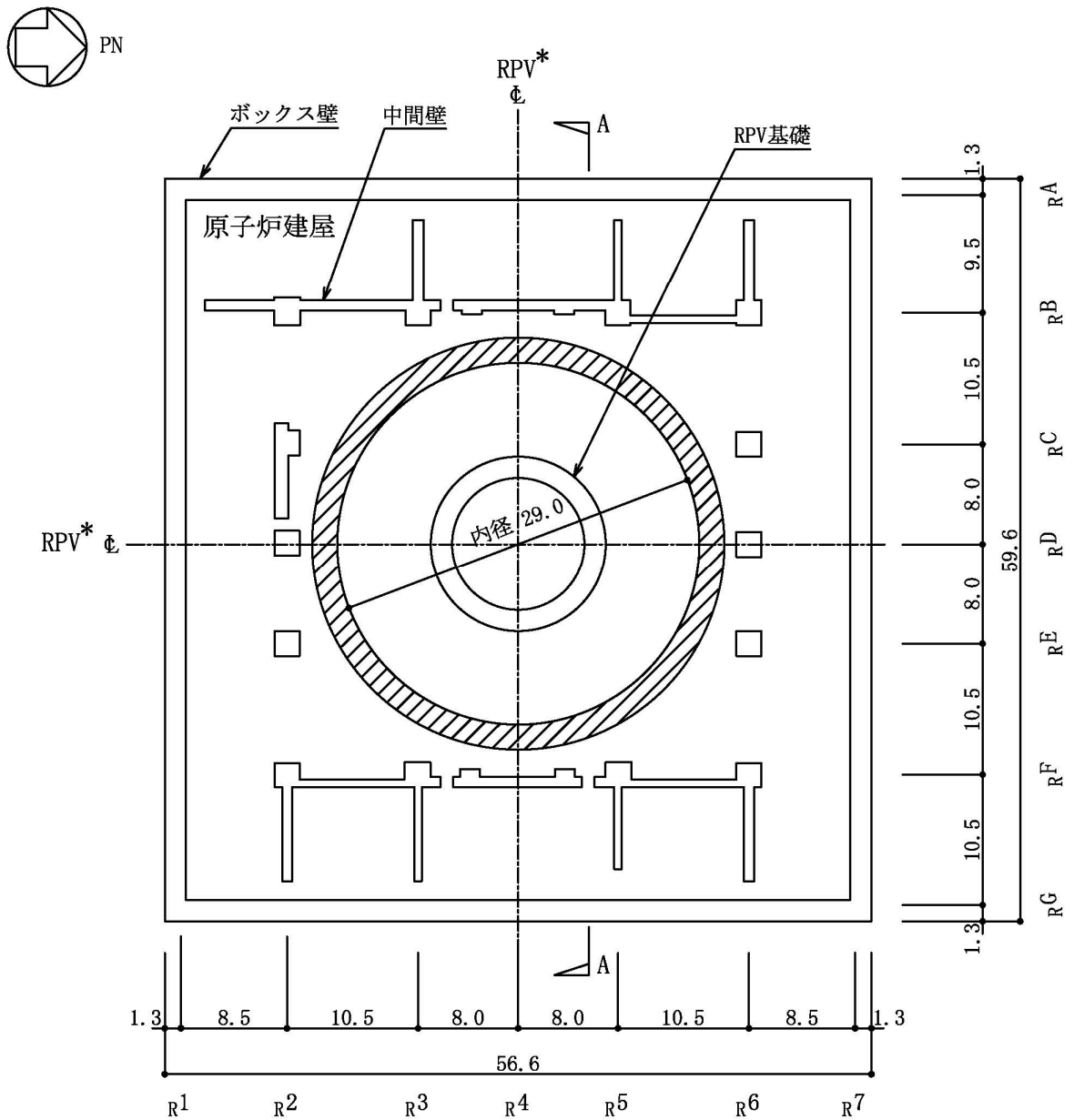
原子炉格納容器は、コンクリート部が耐圧、耐震及び遮蔽の機能を有し、コンクリート部に内張りした鋼板であるライナプレートが漏えい防止の機能を有する鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下「RCCV」という。）である。

コンクリート部は、シェル部、トップスラブ部及び底部から構成され、シェル部は、原子炉建屋の床と接合されている。また、トップスラブ部の一部は、使用済燃料貯蔵プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット等を兼ねる構造となっている。底部は、底部以外の原子炉建屋の基礎（以下「周辺部基礎」という。）とともに原子炉建屋基礎スラブを構成している。この基礎スラブの上部構造物として、原子炉本体基礎（以下「RPV 基礎」という。）、原子炉建屋の外壁（以下「ボックス壁」という。）、RCCV とボックス壁の間の耐震壁（以下「中間壁」という。）等が配置されている。

RCCV の内径は 29.0m、底部上端からトップスラブ部下端までの高さは 29.5m、ドライウエル上鏡を含めた全体高さは約 36m である。また、シェル部の厚さは 2.0m、トップスラブ部の厚さは 2.2m（一部 2.4m）、底部の厚さは 5.5m である。RCCV の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

RCCV の内部は、ダイヤフラムフロア及び原子炉本体基礎によりドライウエルとサブレーションチェンバに区分されている。

なお、本資料では、シェル部、トップスラブ部及び底部について記述し、ライナ部は、VI-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」に記述する。

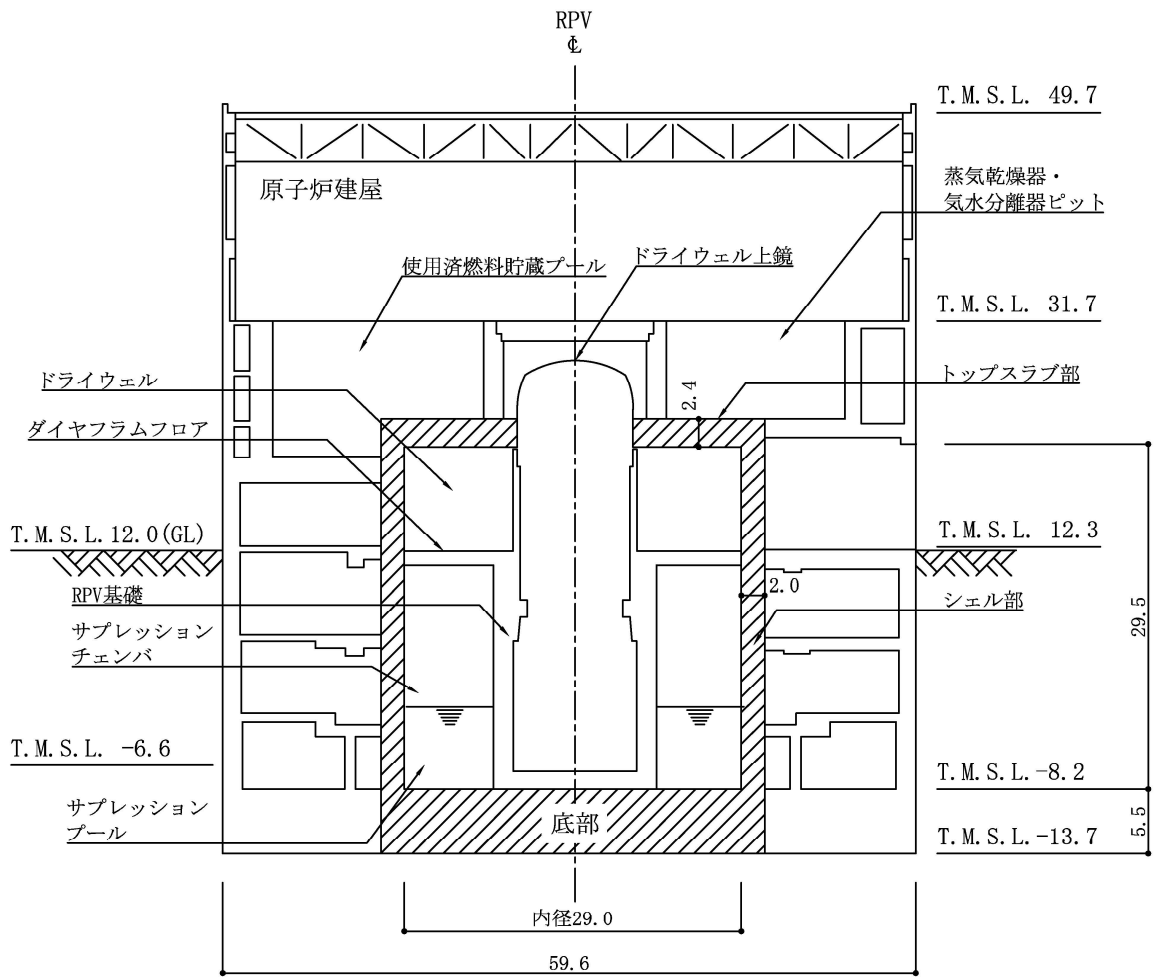


注 1 : ハッチング部分は, RCCV を示す。

注 2 : 東京湾平均海面を, 以下「T.M.S.L.」という。

注記* : 原子炉圧力容器を, 以下「RPV」という。

図 2-2 RCCV の概略平面図 (T.M.S.L. -8.2m) (単位 : m)



注：ハッチング部分は、RCCVを示す。

図 2-3 RCCV の概略断面図 (A-A 断面) (単位 : m)

2.3 評価方針

RCCV は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）の間接支持構造物」に分類される。

RCCV の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力（以下「 S_d 地震時」という。）に対する評価、基準地震動 S_s による地震力（以下「 S_s 地震時」という。）に対する評価及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

RCCV において考慮すべき荷重は、通常荷重、運転時荷重、異常時荷重、地震荷重等種類が多く、各々性質を異にしている。また、これらの荷重はその発生確率、他の荷重発生との同時性等が各々異なっている。

したがって、以下の4つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅲ及びⅣの地震時に関する荷重の組合せについて評価を行う。

- (1) 荷重状態Ⅰ：通常運転時の状態
- (2) 荷重状態Ⅱ：逃がし安全弁作動時、試験時の状態
- (3) 荷重状態Ⅲ：荷重状態Ⅰ、荷重状態Ⅱ及び荷重状態Ⅳ以外の状態
- (4) 荷重状態Ⅳ：コンクリート製原子炉格納容器の安全設計上想定される異常な事態が生じている状態

RCCV の評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみ、接地圧及びRCCVを含む原子炉建屋の保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、RCCVの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。なお、接地圧は、RCCV底部及び周辺部基礎を一体として扱い、原子炉建屋基礎スラブ全体として評価する。機能維持の確認においては、遮蔽性及び支持機能を確認する。評価にあたっては、 S_d 地震時及び S_s 地震時に対する評価で、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。なお、気密性の確認については、VI-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」にて実施するが、ライナプレートの変形がRCCVの変形に追従する形で制限されていることから、RCCVの構造強度を確認する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、上記の荷重状態Ⅰ～Ⅳに以下の荷重状態Ⅴを加えた5つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅲ～Ⅴにおける地震時の評価に関する荷重の組合せに対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。

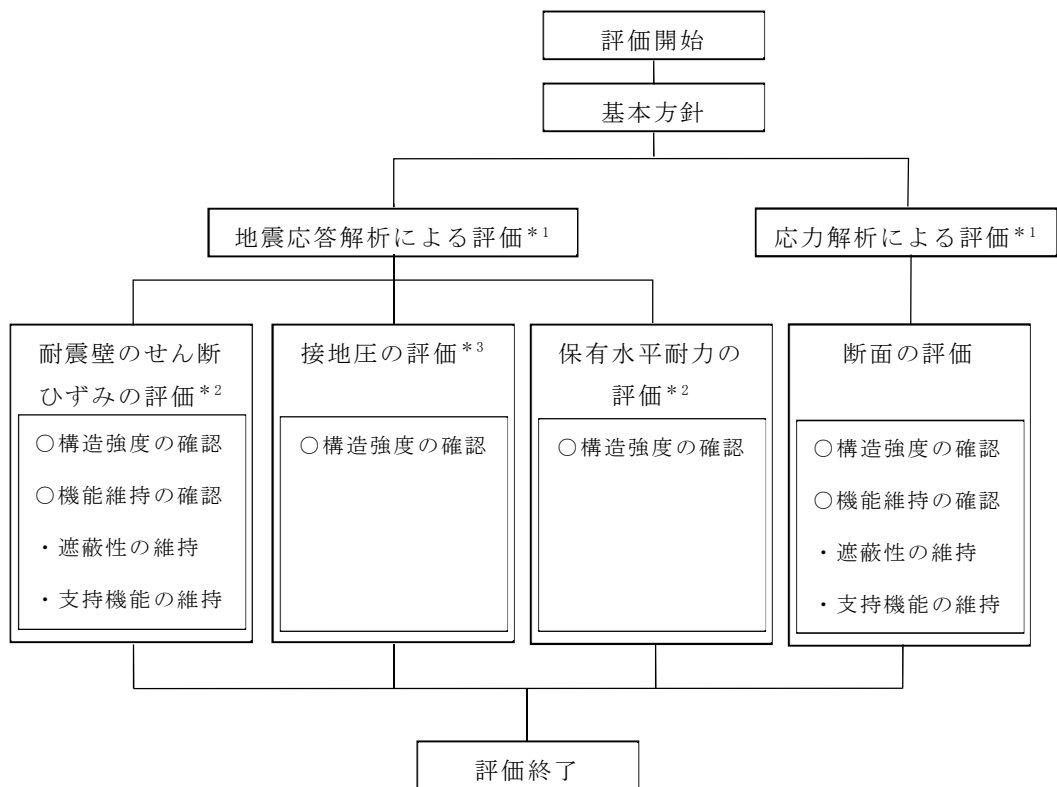
(5) 荷重状態Ⅴ：発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故，又は重大事故の状態，重大事故等対処施設の機能が必要とされる状態

ここで，RCCV における荷重状態Ⅲ及びⅣでは，運転時，設計基準事故時の状態において，温度の条件が異なる。コンクリートの温度が上昇した場合においても，コンクリートの圧縮強度の低下は認められず，剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられる（別紙 1「鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（原子炉格納容器コンクリート部）」参照）こと，また，「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（（社）日本機械学会，2003）では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから，重大事故等対処施設としての評価は，設計基準対象施設と同一となる。

RCCV の評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート剛性	回転ばね定数	地盤剛性	備考
①ケース1 (設工認モデル)	実強度 (43.1N/mm ²)	100%	標準地盤	基本ケース
②ケース2 (建屋剛性+ σ 及び 地盤剛性+ σ)	実強度+ σ (46.0N/mm ²)	100%	標準地盤+ σ (新期砂層+13%, 古安田層+25%及び 西山層+10%)	—
③ケース3 (建屋剛性- σ 及び 地盤剛性- σ)	実強度- σ (40.2N/mm ²)	100%	標準地盤- σ (新期砂層-13%, 古安田層-25%及び 西山層-10%)	—
④ケース4 (建屋剛性コア平均)	実強度 (コア平均) (55.7N/mm ²)	100%	標準地盤	—
⑤ケース5 (建屋剛性-2 σ)	実強度-2 σ (37.2N/mm ²)	100%	標準地盤	—
⑥ケース6 (回転ばね低減)	実強度 (43.1N/mm ²)	50%	標準地盤	—



注記*1 : VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

*2 : VI-2-2-2「原子炉建屋の耐震性についての計算書」にて評価を行う。

*3 : VI-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」にて評価を行う。

図 2-4 RCCV の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー（（社）日本建築学会，1999 改定）（以下「RC 規準」という。）
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）（以下「RC-N 規準」という。）
- ・ 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）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）
- ・ 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）（以下「CCV 規格」という。）

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、RCCV の構造強度については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、S_s地震時は、材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないことを確認し、S_d地震時は、材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。また、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、遮蔽性及び支持機能の維持については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価におけるRCCVの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

なお、地震応答解析による評価においては、温度荷重、圧力荷重及び水圧荷重による影響が軽微であることから、S_s地震時（荷重状態Ⅳ・地震時）及びS_d地震時（荷重状態Ⅲ・地震時）の評価を実施することとする。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
		基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度* ¹ 5980 kN/m^2
		弾性設計用 地震動 S_d 及び 静的地震力	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	短期許容支持力度* ² 4110 kN/m^2
		保有水平耐力	シェル部	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
支持機能* ³	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記*¹ : 平成 3 年 8 月 23 日付け 3 資庁第 6674 号にて認可された工事計画の添付書類 IV-2-7-1 「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に基づく。

*² : 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 IV-1-3 「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」に基づく。

*³ : 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
		基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度*1 5980 kN/m^2
		保有水平耐力	シェル部	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
支持機能*2	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	シェル部	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記*1 : 平成 3 年 8 月 23 日付け 3 資庁第 6674 号にて認可された工事計画の添付書類 IV-2-7-1「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に基づく。

*2 : 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

RCCV の応力解析による評価対象部位はシェル部，トップスラブ部，底部，貫通部及び局部とし，3次元 FEM モデルを用いた応力解析により評価を行う。3次元 FEM モデルを用いた応力解析に当たっては，VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及び平成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IV-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」並びにIV-3-4-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」（以下「既工認」という。）による荷重を用いて，荷重の組合せを行う。

荷重状態Ⅲ～Ⅴに対しては，以下の(1)～(3)の方針に基づき断面の評価を行う。また，応力解析による評価フローを図4-1に示す。

(1) 荷重状態Ⅲに対する評価

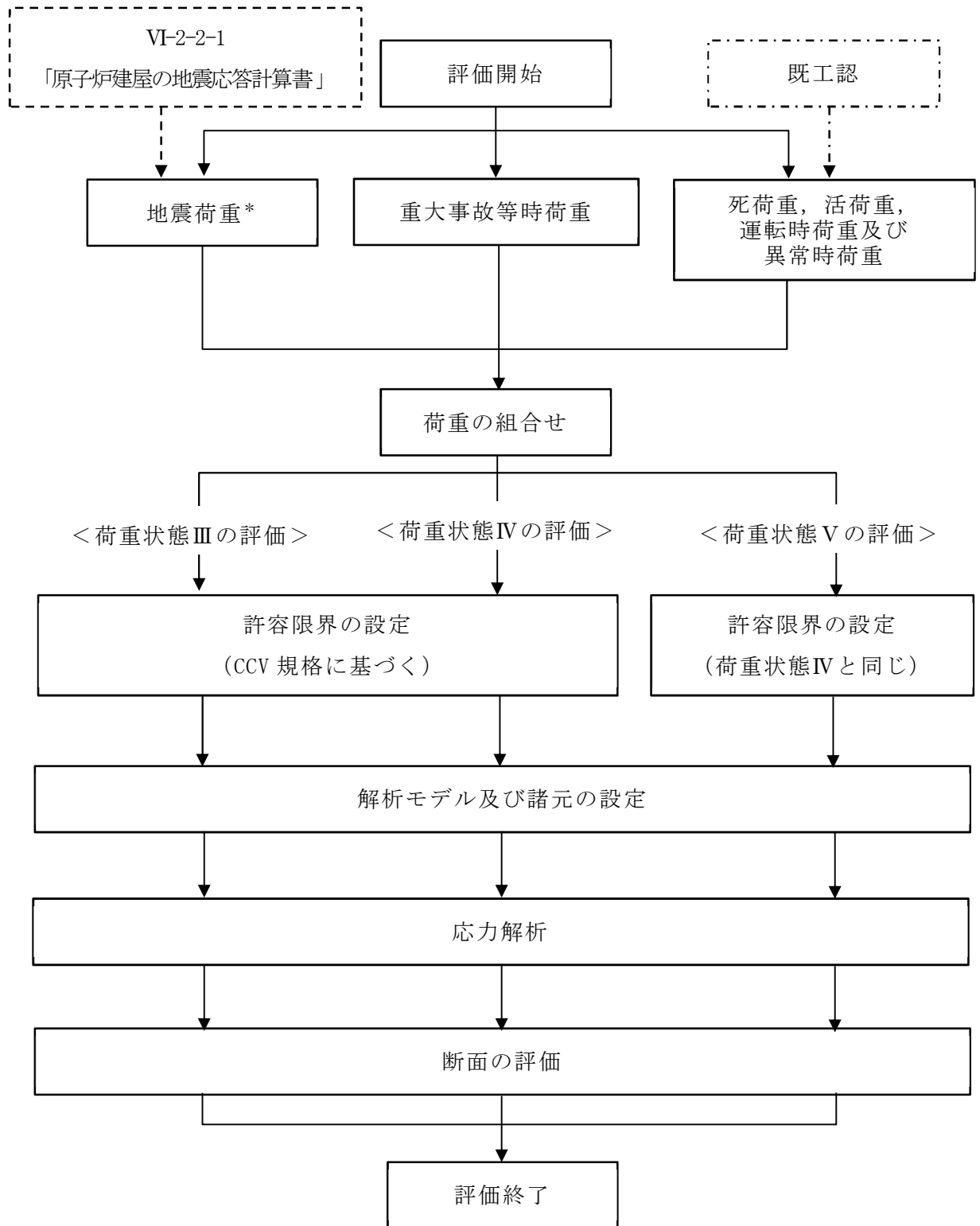
荷重状態Ⅲに対する評価は，RCCV について，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が，CCV 規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) 荷重状態Ⅳに対する評価

荷重状態Ⅳに対する評価は，RCCV について，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力又はひずみが，CCV 規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(3) 荷重状態Ⅴに対する評価

荷重状態Ⅴに対する評価は，RCCV について，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力又はひずみが，荷重状態Ⅳと同じものとして設定した許容限界を超えないことを確認する。



注記* : 材料物性の不確かさについては, VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき設定する。

図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

ここで，既工認における荷重の組合せのうち地震荷重のない組合せについては，その組合せを構成する死荷重，活荷重，運転時荷重及び異常時荷重が既工認から変更ないこと，また，「4.4 解析モデル及び諸元」に示すとおり既工認では別モデルとしていた RCCV と基礎スラブの応力解析モデルを一体としているが，死荷重，活荷重，運転時荷重及び異常時荷重に対してシェル部脚部の境界条件の違いによる影響は小さいことから，評価を行わないこととしている。

4.2.1 荷重

(1) 死荷重及び活荷重 (DL)

RCCV に作用する死荷重及び活荷重として，既工認に基づき，次のものを考慮する。

- ・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・23.5kN/m³
- ・ライナプレート及びライナアンカの自重並びに RCCV にとりつく機器配管等の付加重量
- ・サプレッションプール内静水圧（水深 7.1m）
- ・使用済燃料貯蔵プール，原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットの自重，内部機器重量及び内容水による静水圧（水面を T.M.S.L. 31.7m より 0.31m 下りとする。）
- ・床スラブを介して伝わる自重並びに機器及び配管の重量
- ・ダイヤフラムフロアを介して伝わる自重並びに機器及び配管の重量
- ・ボックス壁，RCCV，中間壁，柱等から作用する上部構造物の自重並びに機器及び配管の重量
- ・基礎スラブ上の機器，配管等の重量
- ・浮力・・・53.9kN/m²

(2) 運転時荷重

RCCV において、運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。各荷重については、既工認に基づき設定する。（既工認時の温度分布解析については、別紙 2「温度分布解析」参照）

a. 運転時圧力（ P_1 ）

運転時において、RCCV の内部と外部との圧力差によって生じる荷重で、次の値とする。

$$P_1 = 13.7 \text{ kPa} \dots\dots\dots (4. 1)$$

b. 運転時温度荷重（ T_1 ）

運転時において、RCCV 及び周辺部基礎に生じる温度変化による荷重及び RCCV の内部と外部及び基礎スラブの上面と下面との温度差によって生じる荷重で、内外表面の温度を表 4-1 及び表 4-2 のとおり設定する。

表 4-1 運転時温度荷重 (T_1) (シェル部及びトップスラブ部)

(単位 : °C)

	記号		季節	シェル部				トップスラブ部	
				A部		B部		内面	外面
				内面	外面	内面	外面		
運転時	T_1	$s T_1$	夏	54.0	44.0	35.5	40.5	54.5	43.5
		$w T_1$	冬	48.5	17.5	35.5	14.5	50.0	18.0

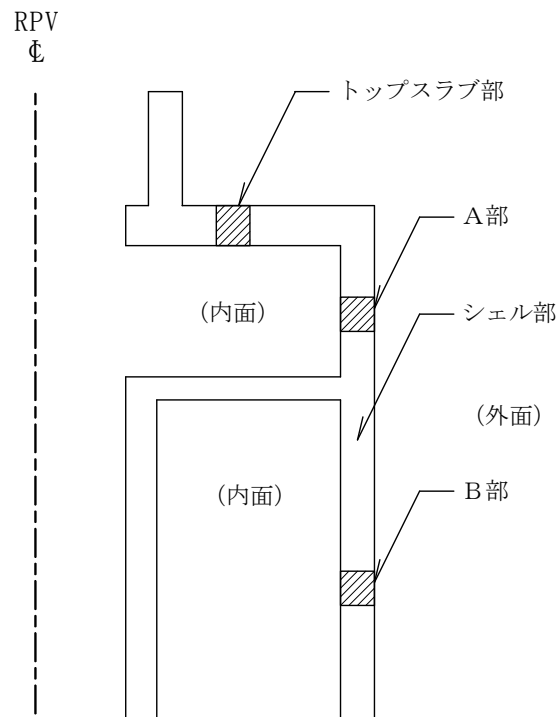
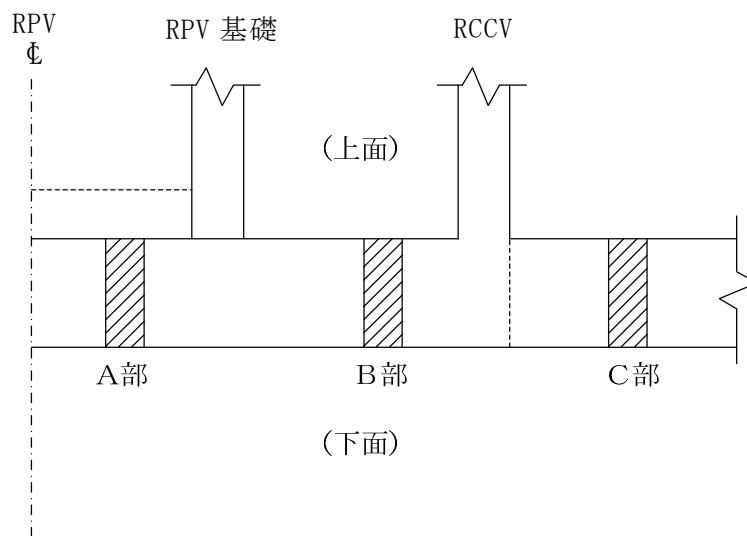


表 4-2 運転時温度荷重 (T₁) (基礎スラブ)

(単位: °C)

	記号		季節	RCCV 底部				周辺部基礎	
				A 部		B 部		C 部	
				上面	下面	上面	下面	上面	下面
運転時	T ₁	s T ₁	夏	45.0	15.0	36.0	16.0	38.5	15.5
		w T ₁	冬	45.0	15.0	35.0	15.0	11.0	17.0



K6 ① VI-2-9-2-1 R0

c. 逃がし安全弁作動時荷重 (H₁)

逃がし安全弁作動時において、サプレッションプール部に考慮する水力学的動荷重は、次の値とする。

$$H_1 = \boxed{} \dots\dots\dots (4.2)$$

(3) 異常時荷重

異常発生後，長時間継続する状態における荷重で，次のものとする。各荷重については，既工認に基づき設定する。（既工認時の温度分布解析については，別紙2「温度分布解析」参照）

a. 異常時圧力（ P_2 ）

異常時において，RCCV の内部と外部との圧力差によって生じる荷重で，荷重の発生状況を考慮し，表4-3に示す2ケースを採用する。

表4-3 異常時圧力（ P_2 ）

（単位：kPa）

異常発生後の経過時間	記号	ドライウエル	サプレッション チェンバ
直後	P_{21}	248	177
720時間	P_{25}	34.3	34.3

b. 異常時温度荷重（ T_2 ）

異常時において，RCCV 及び周辺部基礎に生じる温度変化による荷重及び RCCV の内部と外部及び基礎スラブの上面と下面との温度の差によって生じる荷重で，ライナプレートの熱膨張による荷重も考慮する。鉄筋コンクリート部分の内外表面の温度を表4-4及び表4-5に示す。

なお，異常時においては，断面内の温度分布は等価な応力を与える直線分布に換算して扱う。

表4-4 異常時温度荷重（ T_2 ）（シェル部及びトップスラブ部）

（単位：℃）

異常発生後の経過時間	記号		季節	シェル部				トップスラブ部	
				A部		B部			
				内面	外面	内面	外面	内面	外面
720時間	T_{25}	$s T_{25}$	夏	55.5	44.5	55.5	44.5	56.5	45.5
		$w T_{25}$	冬	55.0	19.0	55.0	19.0	56.0	20.0

注：シェル部のA部，B部の位置は，表4-1の説明図を参照のこと。

表 4-5 異常時温度荷重 (T₂) (基礎スラブ)

(単位 : °C)

異常発生後の経過時間	記号		季節	RCCV 底部				周辺部基礎	
				A 部		B 部		C 部	
				上面	下面	上面	下面	上面	下面
720 時間	T ₂₅	S T ₂₅	夏	47.5	14.5	53.0	13.0	38.5	15.5
		W T ₂₅	冬	47.5	14.5	53.0	13.0	11.0	17.0

注 : 基礎スラブの A 部, B 部, C 部の位置は, 表 4-2 の説明図を参照のこと。

(4) 重大事故等時荷重

a. 重大事故等時の荷重で長期的に作用する荷重

重大事故等時の状態で長期的（以下「SA (L) 時」という。）に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (L) 時圧力 ($P_{SA(L)}$)

SA (L) 時において、RCCV の内部と外部の圧力差によって生じる荷重で、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2 荷重の組合せ」より、次の値とする。

$$P_{SA(L)} = 620\text{kPa} \dots\dots\dots (4. 3)$$

(b) SA (L) 時水圧荷重 ($H_{SA(L)}$)

SA (L) 時において、熔融炉心冷却のための注水時のドライウエル水及びサプレッションプール水の静水圧で、死荷重として考慮している静水圧との差分として考慮し、次の水深に応じて各部に作用させるものとする。なお、この水深は、VI-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」、VI-2-9-2-9「サプレッションチェンバ出入口の耐震性についての計算書」等における水位と整合している。

- ・ 下部ドライウエル 水深
- ・ サプレッションプール 水深

(c) チャギング荷重 (SA 時) (H_{SA})

SA (L) 時において、サプレッションプール部に考慮するチャギング荷重は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「4.3.9 重大事故等時に加わる動荷重」より次の値とし、SA (L) 時の水位上昇による分布を考慮する。

$$H_{SA} = \text{} \dots\dots\dots (4. 4)$$

b. 重大事故等時の荷重で SA (L) 時より更に長期的に作用する荷重
 重大事故等時の状態で SA (L) 時よりも更に長期的（以下「SA (LL) 時」という。）に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (LL) 時圧力 (P_{SALL})

SA (LL) 時において，RCCV の内部と外部の圧力差によって生じる荷重で，VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2 荷重の組合せ」より，次の値とする。

$$P_{SALL} = 150\text{kPa} \cdots \cdots \cdots (4. 5)$$

(b) SA (LL) 時水圧荷重 (H_{SALL})

SA (LL) 時において，溶融炉心冷却のための注水時のドライウエル水及びサプレッションプール水の静水圧で，死荷重として考慮している静水圧との差分として考慮し，次の水深に応じて各部に作用させるものとする。なお，この水深は，VI-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」，VI-2-9-2-9「サプレッションチェンバ出入口の耐震性についての計算書」等における水位と整合している。

- ・ 下部ドライウエル 水深
- ・ サプレッションプール 水深

(5) 地震荷重

a. S_d 地震荷重 (K_d)

水平地震力は、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び静的地震力より設定する。動的地震力のうちシェル部及びトップスラブ部のせん断力については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」における最大応答せん断力から補助壁が負担するせん断力を減じて算定する。静的地震力については、既工認時に基準地震動 S_1 による動的地震力及び静的地震力に余裕を考慮して設定した S_1 地震荷重を適用する。

鉛直地震力は、鉛直震度として設定する。鉛直震度は、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される鉛直震度及び軸力係数並びに震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮した高さ一定方向の鉛直震度より設定する。

S_d 地震荷重を表 4-6～表 4-11 に示す。

b. S_s 地震荷重 (K_s)

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力並びに鉛直震度及び軸力係数より設定する。動的地震力のうちシェル部及びトップスラブ部のせん断力については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」における最大応答せん断力から補助壁が負担するせん断力を減じて算定する。

S_s 地震荷重を表 4-12～表 4-17 に示す。

表 4-6 地震荷重 (K_d) (せん断力) (シェル部及びトップスラブ部)

(a) NS 方向

T. M. S. L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)	
	S d	静的地震力
31.7	22.3	67.0
23.5	85.5	120
18.1	79.8	148
12.3	114	166
4.8	134	170
-1.7	140	184
-8.2		

(b) EW 方向

T. M. S. L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)	
	S d	静的地震力
31.7	51.6	76.1
23.5	128	148
18.1	124	160
12.3	119	169
4.8	125	189
-1.7	140	198
-8.2		

表 4-7 地震荷重 (K_d) (曲げモーメント) (シェル部及びトップスラブ部)

(a) NS 方向

T. M. S. L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)	
	S d	静的地震力
31.7	7.00	5.10
23.5	23.0	55.0
	104	79.5
18.1	150	120
	208	140
12.3	267	206
	330	217
4.8	416	330
	460	330
-1.7	525	441
	525	441
-8.2	600	561

(b) EW 方向

T. M. S. L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)	
	S d	静的地震力
31.7	63.0	46.4
23.5	101	62.3
	-112	-95.6
18.1	-52.0	-31.8
	-73.0	-56.9
12.3	127	77.7
	193	124
4.8	272	204
	326	213
-1.7	429	327
	463	327
-8.2	563	455
回転ばね*	249	158

注記* : プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばねを示す。

表 4-8 地震荷重 (K_d) (鉛直震度) (シェル部及びトップスラブ部)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度	
	S d	静的地震力
31.7	0.48	0.24
23.5	0.47	0.24
18.1	0.45	0.24
12.3	0.43	0.24
4.8	0.42	0.24
-1.7	0.42	0.24
-8.2	0.42	0.24

表 4-9 地震荷重 (K_d) (せん断力) (基礎スラブ)

(a) NS 方向

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部 位	せん断力	
	S d	静的地震力
ボックス壁 (R_A 通り)	179	198
中間壁 (R_B 通り)	46.1	54.9
RCCV	129	184
RPV 基礎	41.8	42.0
中間壁 (R_F 通り)	35.7	41.6
ボックス壁 (R_G 通り)	179	198

(b) EW 方向

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部 位	せん断力	
	S d	静的地震力
ボックス壁 (R_1 通り)	209	217
中間壁 (R_2 通り)	26.0	22.3
中間壁 (R_3 通り)	15.1	8.80
RCCV	122	198
RPV 基礎	41.8	42.0
中間壁 (R_5 通り)	12.1	6.70
中間壁 (R_6 通り)	14.1	7.10
ボックス壁 (R_7 通り)	209	217

表4-10 地震荷重 (K_d) (曲げモーメント) (基礎スラブ)

(a) NS 方向

(単位 : $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部 位	曲げモーメント	
	S d	静的地震力
ボックス壁 (_R A 通り)	668	728
中間壁 (_R B 通り)	137	57.5
RCCV	421	611
RPV 基礎	86.7	86.7
中間壁 (_R F 通り)	106	43.6
ボックス壁 (_R G 通り)	668	737

(b) EW 方向

(単位 : $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部 位	曲げモーメント	
	S d	静的地震力
ボックス壁 (_R 1 通り)	693	728
中間壁 (_R 2 通り)	74.7	20.5
中間壁 (_R 3 通り)	43.4	8.10
RCCV	383	510
RPV 基礎	86.7	86.7
中間壁 (_R 5 通り)	34.7	6.20
中間壁 (_R 6 通り)	40.5	6.60
ボックス壁 (_R 7 通り)	693	722

表 4-11 地震荷重 (K_d) (鉛直震度) (基礎スラブ)

部 位	鉛直震度	
	S d (軸力係数)	静的地震力
RCCV, ボックス壁 及び中間壁	0.44	0.24
RPV 基礎	0.48	0.24
基礎スラブ	0.39	0.24

表 4-12 地震荷重 (K_s) (せん断力) (シェル部及びトップスラブ部)

(a) NS 方向

T. M. S. L. (m)	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S_s
31.7	48.6
23.5	183
18.1	170
12.3	276
4.8	296
-1.7	257
-8.2	

(b) EW 方向

T. M. S. L. (m)	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S_s
31.7	85.1
23.5	221
18.1	272
12.3	287
4.8	305
-1.7	280
-8.2	

表 4-13 地震荷重 (K_s) (曲げモーメント) (シェル部及びトップスラブ部)

(a) NS 方向

T. M. S. L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	S s
31.7	14.0
	38.0
23.5	165
	243
18.1	342
	444
12.3	541
	734
4.8	832
	971
-1.7	971
	1120
-8.2	

(b) EW 方向

T. M. S. L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	S s
31.7	120
	178
23.5	-331
	-196
18.1	-147
	201
12.3	315
	463
4.8	573
	750
-1.7	818
	969
-8.2	
回転ばね*	530

注記* : プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばねを示す。

表 4-14 地震荷重 (K_s) (鉛直震度) (シェル部及びトップスラブ部)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
	S_s
31.7	0.96
23.5	0.94
18.1	0.91
12.3	0.87
4.8	0.84
-1.7	0.84
-8.2	0.84

表 4-15 地震荷重 (K_s) (せん断力) (基礎スラブ)

(a) NS 方向

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部 位	せん断力
	S s
ボックス壁 (R_A 通り)	317
中間壁 (R_B 通り)	81.0
RCCV	244
RPV 基礎	57.4
中間壁 (R_F 通り)	62.8
ボックス壁 (R_G 通り)	317

(b) EW 方向

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部 位	せん断力
	S s
ボックス壁 (R_1 通り)	377
中間壁 (R_2 通り)	49.8
中間壁 (R_3 通り)	28.9
RCCV	255
RPV 基礎	57.4
中間壁 (R_5 通り)	23.1
中間壁 (R_6 通り)	27.0
ボックス壁 (R_7 通り)	377

表 4-16 地震荷重 (K_s) (曲げモーメント) (基礎スラブ)

(a) NS 方向

(単位 : $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部 位	曲げモーメント
	S s
ボックス壁 (R_A 通り)	1120
中間壁 (R_B 通り)	254
RCCV	830
RPV 基礎	113
中間壁 (R_F 通り)	197
ボックス壁 (R_G 通り)	1120

(b) EW 方向

(単位 : $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部 位	曲げモーメント
	S s
ボックス壁 (R_1 通り)	1150
中間壁 (R_2 通り)	130
中間壁 (R_3 通り)	75.5
RCCV	703
RPV 基礎	113
中間壁 (R_5 通り)	60.4
中間壁 (R_6 通り)	70.4
ボックス壁 (R_7 通り)	1150

表 4-17 地震荷重 (K_s) (鉛直震度) (基礎スラブ)

部 位	鉛直震度
	S_s (軸力係数)
RCCV, ボックス壁 及び中間壁	0.88
RPV 基礎	0.95
基礎スラブ	0.76

c. 地震時配管荷重 (R_d 及び R_s)

地震時において、配管貫通部には、表 4-18 に示す地震時配管荷重を同時に考慮する。

表 4-18 地震時配管荷重 (R_d 及び R_s)

記号	配管	N (kN)	Q (kN)	M_t (kN・m)	M (kN・m)
R_d	主蒸気配管	2460	780	1010	2770
	給水配管	1130	348	722	970
R_s	主蒸気配管	3050	1000	1260	3510
	給水配管	1500	440	960	1200

注 1 : N, Q, M_t 及び M は、下図に示すとおりである。

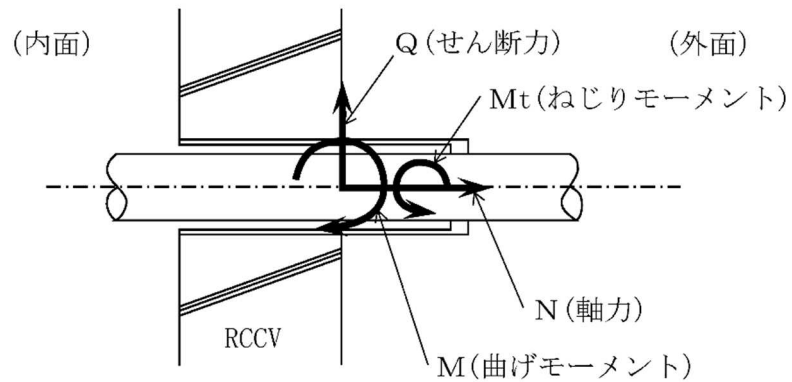
注 2 : 数値は、1 本当たりの絶対値を示す。

注 3 : 開口部の位置及び開口径は「6.1 貫通部」に示す。

注 4 : R_d は、 S_d 地震荷重と同時に作用するものとする。

注 5 : R_s は、 S_s 地震荷重と同時に作用するものとする。

注 6 : M (曲げモーメント) については、せん断力による効果も併せて考慮した。



d. 地震時土圧荷重 (E_d 及び E_s)

地震時土圧荷重は、地震時土圧により地下外壁を介して作用する荷重として、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき算出した荷重を包絡させて設定する。

地震時土圧荷重を表 4-19 に、地震時土圧による荷重分布を図 4-2 に示す。

表 4-19 地震時土圧荷重 (E_d 及び E_s)

標高 (m)	S _d 地震時土圧荷重 (kN/m ²)	S _s 地震時土圧荷重 (kN/m ²)
T. M. S. L. 12.0 ~ T. M. S. L. -6.0	$250 + 0.65 \cdot \gamma \cdot h$	$460 + 0.65 \cdot \gamma \cdot h$
T. M. S. L. -6.0 ~ T. M. S. L. -8.2	710	1190

注：記号は以下のとおり。

γ ：土の単位体積重量 (kN/m³)

h：地表面からの深さ (m)

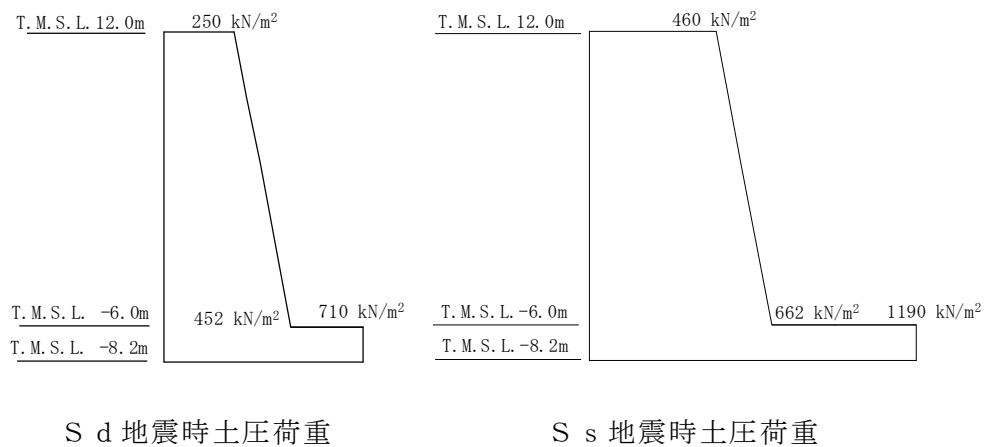


図 4-2 地震時土圧による荷重分布

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-20 に示す。

表 4-20 荷重の組合せ

荷重状態	荷重時	荷重番号	荷重の組合せ
Ⅲ	地震時(1)	1	$DL + P_1 + T_1 + H_1 + K_d + R_d + E_d$
	(異常+地震)時(1)	2	$DL + P_{2.5} + T_{2.5} + K_d + R_d + E_d$
Ⅳ	地震時(2)	3	$DL + P_1 + H_1 + K_s + R_s + E_s$
	(異常+地震)時(2)	4	$DL + P_{2.1} + K_d + R_d + E_d$
Ⅴ	(異常+地震)時(3)	5	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + K_d + R_d + E_d$
	(異常+地震)時(4)	6	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + K_s + R_s + E_s$

注：荷重番号 1 及び 2 については、応力状態 1 及び応力状態 2 を考慮する。応力状態 1 は、CCV 規格の CVE-3120（用語の定義）より、各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態をいう。応力状態 2 は、CCV 規格の CVE-3120（用語の定義）より、各荷重状態において応力が生じている状態をいう。

- DL : 死荷重及び活荷重
- P_1 : 運転時圧力
- T_1 : 運転時温度荷重
- H_1 : 逃がし安全弁作動時荷重
- $P_{2.1}$: 異常時圧力（直後）
- $P_{2.5}$: 異常時圧力（720 時間後）
- $T_{2.5}$: 異常時温度荷重（720 時間後）
- P_{SAL} : SA（L）時圧力
- HS_{SAL} : SA（L）時水圧荷重
- H_{SA} : チャギング荷重（SA 時）
- P_{SALL} : SA（LL）時圧力
- HS_{SALL} : SA（LL）時水圧荷重
- K_d 及び K_s : 地震荷重
- R_d 及び R_s : 地震時配管荷重
- E_d 及び E_s : 地震時土圧荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における RCCV の許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 4-21 及び表 4-22 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-23 及び表 4-24 に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 4-25 に示す。

表 4-21 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	荷重状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)	
—	構造強度を有すること	荷重状態Ⅲ	シェル部	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV 規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値	
			トップスラブ部			
			底部			
		荷重状態Ⅳ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認		CCV 規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値
			トップスラブ部			
			底部			
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	荷重状態Ⅲ	シェル部	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	CCV 規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値	
			トップスラブ部			
			底部			
		荷重状態Ⅳ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認		CCV 規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値
			トップスラブ部			
			底部			
支持機能*	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態Ⅳ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	CCV 規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値	
			トップスラブ部			
			底部			

注記*：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

表 4-22 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	荷重状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)		
—	構造強度を有すること	荷重状態Ⅲ (異常+地震)時	シェル部	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値		
			トップスラブ部				
			底部				
		荷重状態Ⅳ 地震時	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認		CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値	
			トップスラブ部				
			底部				
		荷重状態Ⅴ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認			荷重状態Ⅴの許容値*2
			トップスラブ部				
			底部				
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	荷重状態Ⅲ (異常+地震)時	シェル部	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値		
			トップスラブ部				
			底部				
		荷重状態Ⅳ 地震時	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認		CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値	
			トップスラブ部				
			底部				
		荷重状態Ⅴ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認			荷重状態Ⅴの許容値*2
			トップスラブ部				
			底部				
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態Ⅳ (異常+地震)時	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値		
			トップスラブ部				
			底部				
		荷重状態Ⅴ	シェル部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認		荷重状態Ⅴの許容値*2	
			トップスラブ部				
			底部				

注記*1 : 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

*2 : 荷重状態Ⅴの許容値として、荷重状態Ⅳの許容値と同じ許容値を適用する。

表 4-23 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

荷重状態	部位	設計基準強度 F _c	応力状態 1		応力状態 2	
			圧縮	せん断	圧縮	せん断
Ⅲ	シェル部 トップスラブ部	32.3	21.4	1.21	24.2	1.21
	底部	29.4	19.6	1.17	22.0	1.17
Ⅳ	シェル部 トップスラブ部	32.3	21.4*	1.21	—	—
	底部	29.4	—	1.17	—	—
Ⅴ	シェル部 トップスラブ部	32.3	21.4*	1.21	—	—
	底部	29.4	—	1.17	—	—

注記*：膜力の検討に用いる許容圧縮応力度を示す。

表 4-24 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

荷重状態	引張及び圧縮		面外せん断補強
	SD35 (SD345 相当)	SD40 (SD390 相当)	SD35 (SD345 相当)
Ⅲ	345	390	345

表 4-25 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

荷重状態	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
Ⅳ	0.003	0.005
Ⅴ	0.003	0.005

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

荷重状態Ⅲにおける応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。荷重状態Ⅳ及びⅤにおける応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。解析には、解析コード「ABAQUS」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析モデルは、RCCV、使用済燃料貯蔵プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット、ダイヤフラムフロア及び基礎スラブを一体としたモデルである。応力解析における評価対象部位は、RCCV シェル部、トップスラブ部及び底部であるが、各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。また、シェル部では「6.1 貫通部」に示す大開口や小開口をモデル化する。地震荷重時の解析モデルを図 4-3 に示す。

温度応力の解析では、ライナプレートの熱膨張による荷重を考慮するため、シェル部及びトップスラブ部に内張りされたライナプレートも有限要素でモデル化し、コンクリートの弾性係数は、荷重状態Ⅲで 1/3 に低減した値を用いる。

(2) 使用要素

荷重状態Ⅲにおける解析モデルに使用する FEM 要素は、シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で、この要素は均質等方性材料によるシェル要素である。

荷重状態Ⅳ及びⅤにおける解析モデルに使用する FEM 要素は、積層シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で、この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。

各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

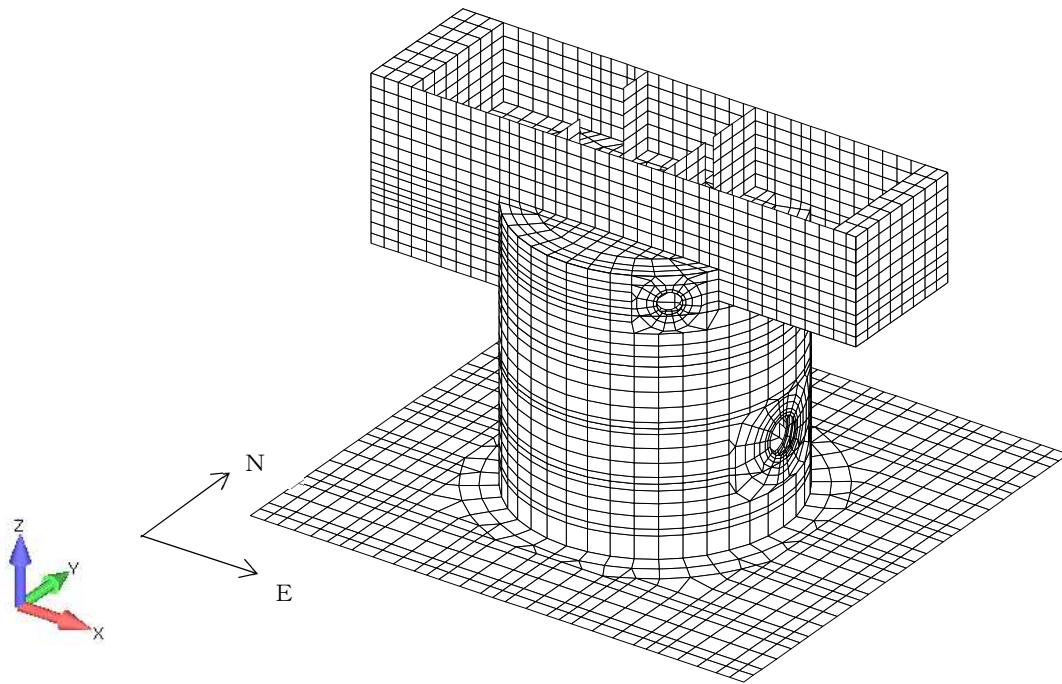
解析モデルの節点数は 8266、要素数は 12028 である。

(3) 境界条件

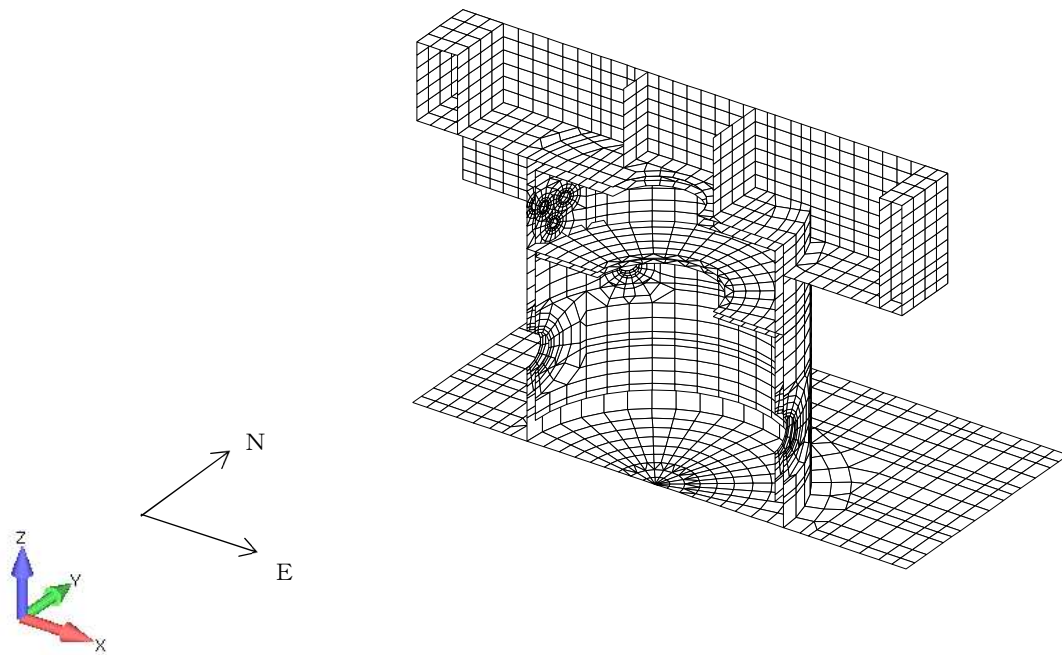
3次元 FEM モデルの基礎スラブ底面及び側面に、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばね及び側面水平ばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデル

のロッキングばね及び側面回転ばねを基に設定を行う。なお、基礎スラブ底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

また、3次元 FEM モデルの上部構造物に対する周辺床及び外壁の剛性並びに基礎スラブに対する上部構造物の剛性を考慮する。中間壁の脚部位置については、はり要素を設ける。

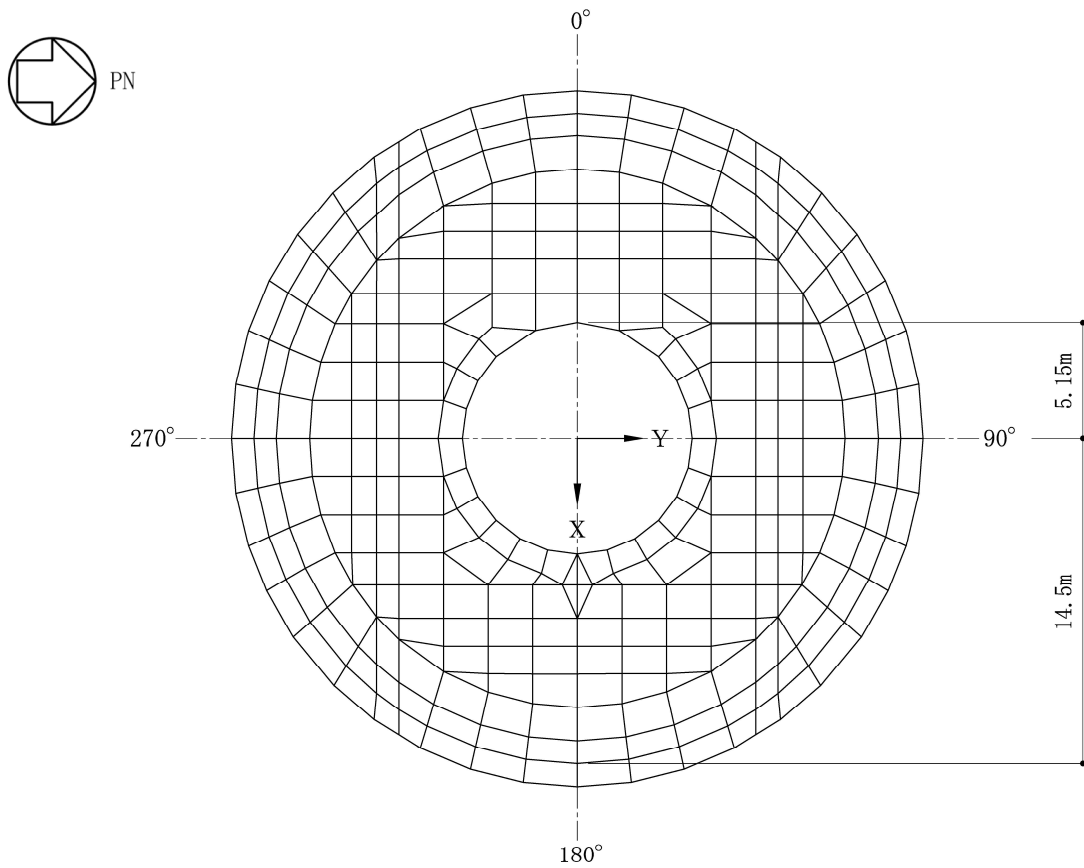


(a) 全体鳥瞰図（地震荷重時）

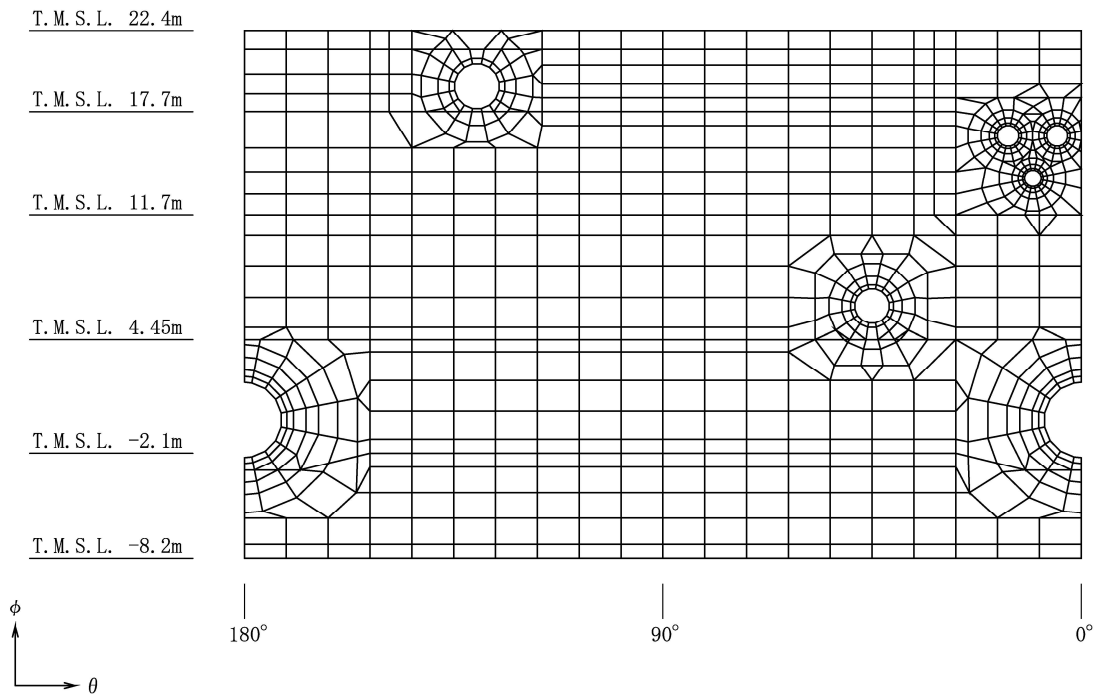


(b) 全体断面図（地震荷重時）

図 4-3 解析モデル (1/3)



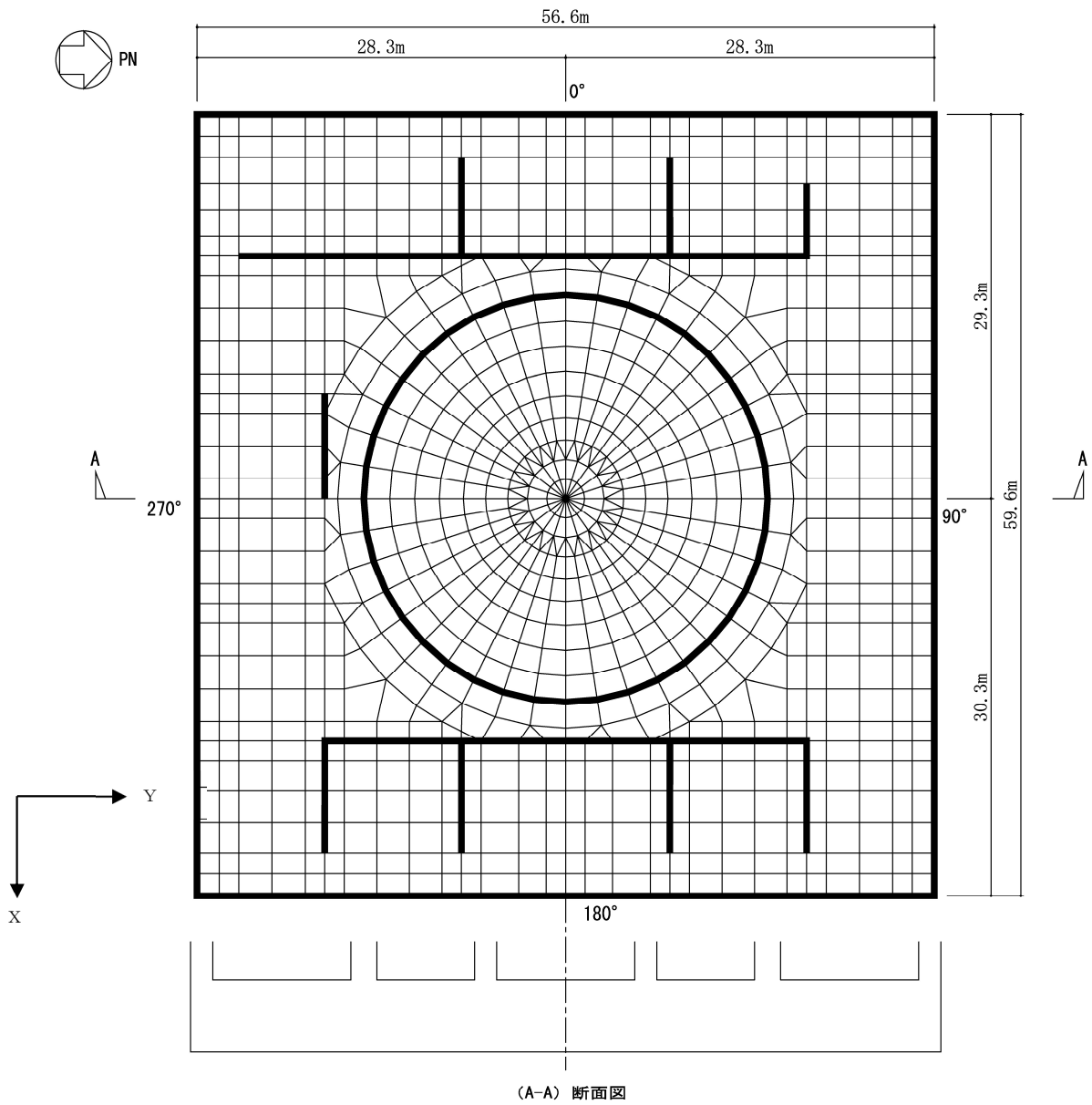
(c) トップスラブ部要素分割図



(d) シェル部要素分割図 (90° 側)

図 4-3 解析モデル (2/3)

K6 ① VI-2-9-2-1 R0



注：太線部は耐震壁の位置を示す。

(e) 基礎スラブ要素分割図

図 4-3 解析モデル (3/3)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-26 及び表 4-27 に示す。

表 4-26 コンクリートの物性値

諸元	物性値	
	上部構造物	基礎スラブ
ヤング係数 (N/mm ²)	2.88×10 ⁴ *1	2.79×10 ⁴ *2
ポアソン比	0.2	0.2

注記*1 : 剛性はコンクリートの実強度 (43.1N/mm²) に基づく。

*2 : 剛性はコンクリートの実強度 (39.2N/mm²) に基づく。

表 4-27 鉄筋の物性値

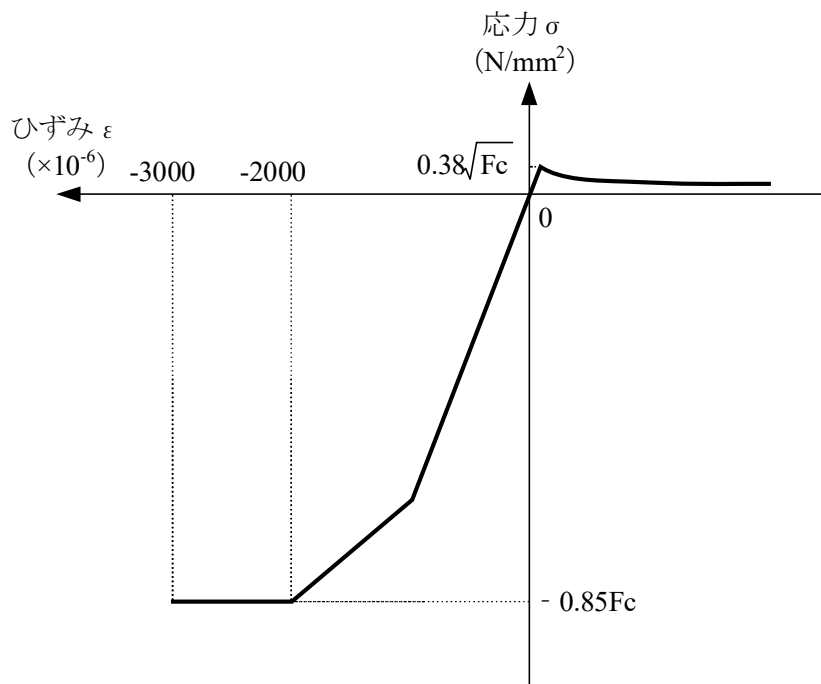
(単位 : N/mm²)

諸元	物性値
鉄筋の種類	SD40 (SD390 相当) SD35 (SD345 相当)
ヤング係数	2.05×10 ⁵

4.4.3 材料構成則

荷重状態Ⅳ及びⅤで用いる材料構成則を図4-4に示す。

なお、ヤング係数は実強度に基づく値とし、コンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。



F_c : コンクリートの設計基準強度

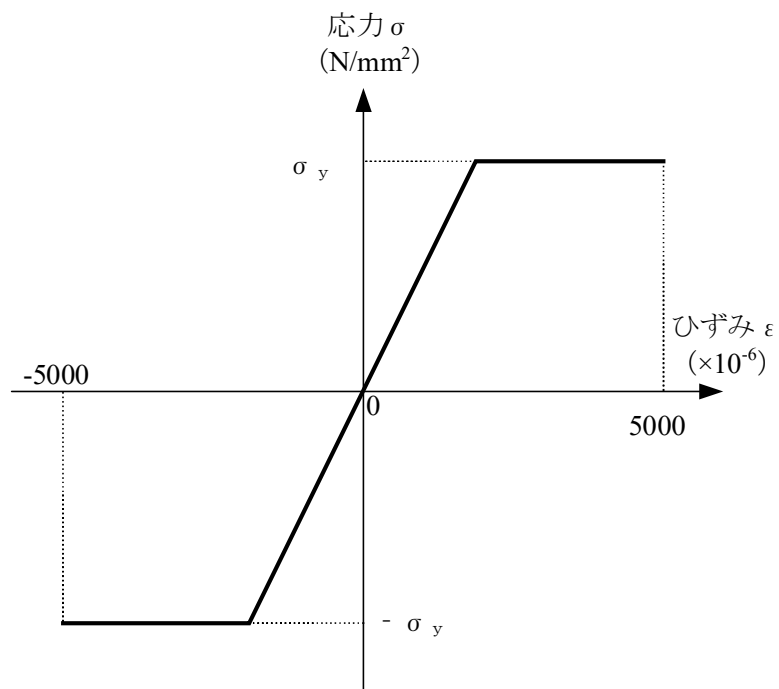
項目	設定
圧縮強度	$-0.85 F_c$ (CCV規格)
終局圧縮ひずみ	-3000×10^{-6} (CCV規格)
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code に基づき設定 (引用文献(1)参照)
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか (1987) による式 ($c=0.4$) (引用文献(2)参照)
引張強度	$\sigma_t = 0.38 \sqrt{F_c}$ (RC規準)

注：引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

図4-4 材料構成則 (1/2)

- ・ 鉄筋の構成則：バイリニア型
- ・ 終局ひずみ： $\pm 5000 \times 10^{-6}$ (CCV 規格)



σ_y : 鉄筋の降伏強度

注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

図 4-4 材料構成則 (2/2)

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

RCCV について、荷重状態Ⅲに対して 3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施し、荷重状態Ⅳ及びⅤに対して 3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

各荷重状態で考慮する地震時及び（異常＋地震）時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

DL	: 死荷重及び活荷重
P ₁	: 運転時圧力
T ₁	: 運転時温度荷重
H ₁	: 逃がし安全弁作動時荷重
P _{2.1}	: 異常時圧力（直後）
P _{2.5}	: 異常時圧力（720 時間後）
T _{2.5}	: 異常時温度荷重（720 時間後）
P _{SAL}	: SA（L）時圧力
HS _{SAL}	: SA（L）時水圧荷重
H _{SA}	: チャギング荷重（SA 時）
P _{SALL}	: SA（LL）時圧力
HS _{SALL}	: SA（LL）時水圧荷重
K _{d1SN} *	: S→N 方向 S _d 地震荷重（動的地震力）
K _{d1WE} *	: W→E 方向 S _d 地震荷重（動的地震力）
K _{d1DU} *	: 鉛直方向 S _d 地震荷重（動的地震力）
K _{d2SN} *	: S→N 方向 S _d 地震荷重（静的地震力）
K _{d2WE} *	: W→E 方向 S _d 地震荷重（静的地震力）
K _{d2DU} *	: 鉛直方向 S _d 地震荷重（静的地震力）
K _{sSN} *	: S→N 方向 S _s 地震荷重
K _{sWE} *	: W→E 方向 S _s 地震荷重
K _{sDU} *	: 鉛直方向 S _s 地震荷重
R _d	: S _d 地震時配管荷重
R _s	: S _s 地震時配管荷重
E _{dNS}	: NS 方向 S _d 地震時土圧荷重
E _{dEW}	: EW 方向 S _d 地震時土圧荷重
E _{sNS}	: NS 方向 S _s 地震時土圧荷重

E_{sEW} : EW 方向 S_s 地震時土圧荷重

注記* : 計算上の座標軸を基準として, EW 方向は W→E 方向の加力, NS 方向は S→N 方向の加力, 鉛直方向は上向きの加力を記載している。

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-28 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは, 「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008」 ((社) 日本電気協会) を参考に, 組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。

表4-28 荷重の組合せケース (1/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅲ	地震時 (1)	1-1	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-2	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-3	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-4	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-5	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-6	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-7	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-8	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-9	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		1-10	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		1-11	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		1-12	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		1-13	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		1-14	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		1-15	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		1-16	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		1-17	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-18	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-19	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-20	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-21	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-22	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		1-23	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		1-24	$DL + P_1 + [T_1] + H_1 - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$

注：[]は応力状態2に対する荷重を表す。

表4-28 荷重の組合せケース (2/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
Ⅲ	(異常+地震)時 (1)	2-1	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-2	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-3	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-4	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-5	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-6	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-7	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-8	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-9	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		2-10	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		2-11	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		2-12	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		2-13	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		2-14	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		2-15	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		2-16	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		2-17	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-18	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-19	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-20	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-21	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-22	$DL + P_{25} + [T_{25}] + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		2-23	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		2-24	$DL + P_{25} + [T_{25}] - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$

注：[]は応力状態2に対する荷重を表す。

表4-28 荷重の組合せケース (3/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
IV	地震時 (2)	3-1	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		3-2	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		3-3	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		3-4	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		3-5	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		3-6	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		3-7	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		3-8	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		3-9	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		3-10	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		3-11	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		3-12	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		3-13	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		3-14	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		3-15	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		3-16	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$

表4-28 荷重の組合せケース (4/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
IV	(異常+地震)時 (2)	4-1	$DL + P_{21} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-2	$DL + P_{21} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-3	$DL + P_{21} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-4	$DL + P_{21} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-5	$DL + P_{21} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-6	$DL + P_{21} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-7	$DL + P_{21} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-8	$DL + P_{21} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-9	$DL + P_{21} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		4-10	$DL + P_{21} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		4-11	$DL + P_{21} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		4-12	$DL + P_{21} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		4-13	$DL + P_{21} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		4-14	$DL + P_{21} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		4-15	$DL + P_{21} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		4-16	$DL + P_{21} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		4-17	$DL + P_{21} + 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-18	$DL + P_{21} + 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-19	$DL + P_{21} - 1.0K_{d2SN} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-20	$DL + P_{21} - 1.0K_{d2WE} + 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-21	$DL + P_{21} + 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-22	$DL + P_{21} + 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		4-23	$DL + P_{21} - 1.0K_{d2SN} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		4-24	$DL + P_{21} - 1.0K_{d2WE} - 1.0K_{d2DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$

表4-28 荷重の組合せケース (5/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震)時 (3)	5-1	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		5-2	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		5-3	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1SN} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		5-4	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1WE} + 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		5-5	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		5-6	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		5-7	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1SN} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dNS}$
		5-8	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 1.0K_{d1WE} - 0.4K_{d1DU} + R_d + 1.0E_{dEW}$
		5-9	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		5-10	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		5-11	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1SN} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		5-12	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1WE} + 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		5-13	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		5-14	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} + 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$
		5-15	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1SN} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dNS}$
		5-16	$DL + P_{SAL} + HS_{SAL} + H_{SA} - 0.4K_{d1WE} - 1.0K_{d1DU} + R_d + 0.4E_{dEW}$

表4-28 荷重の組合せケース (6/6)

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震)時 (4)	6-1	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		6-2	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		6-3	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		6-4	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		6-5	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		6-6	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		6-7	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sNS}$
		6-8	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + R_s + 1.0E_{sEW}$
		6-9	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		6-10	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		6-11	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		6-12	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		6-13	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		6-14	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$
		6-15	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sNS}$
		6-16	$DL + P_{SALL} + HS_{SALL} - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + R_s + 0.4E_{sEW}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

上部構造物に作用する水平地震力については、各階のせん断力及び曲げモーメントを各床レベルの節点に離散化して節点荷重として入力する。

上部構造物に作用する鉛直地震力については、モデル上の各節点における鉛直震度により支配面積に応じた節点力として入力する。

基礎スラブに上部構造物から作用する水平地震力については、上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントを基礎スラブの当該位置の節点に離散化して節点荷重として入力する。

基礎スラブに上部構造物から作用する鉛直地震力については、上部構造物からの軸力とし、鉛直力に置換し、モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

基礎スラブ内に作用する荷重については、地震時の上部構造物から作用する荷重と基礎スラブ底面及び側面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

b. 温度荷重

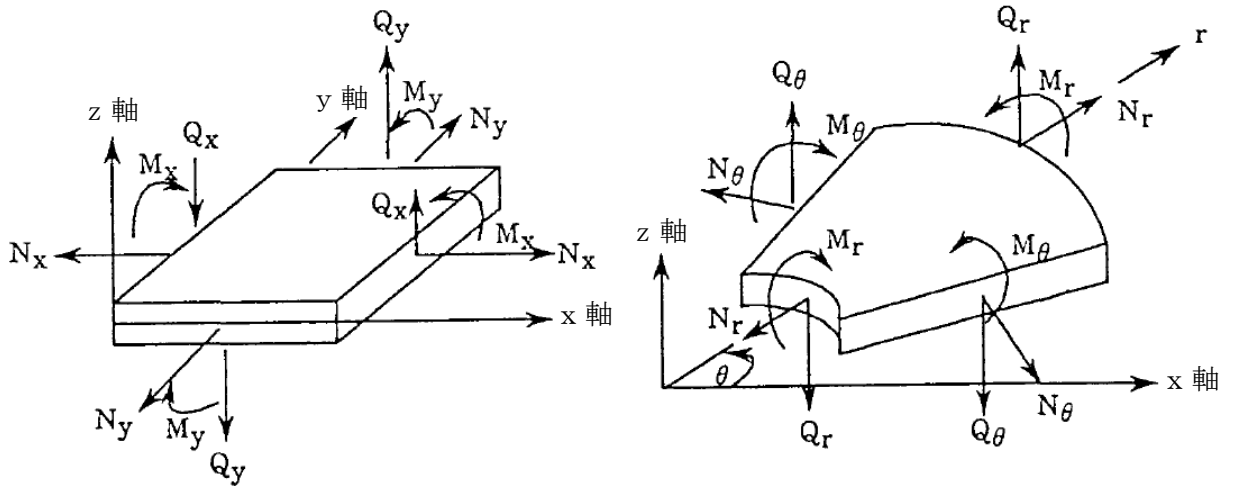
荷重状態Ⅲにおける熱応力については、CCV 規格に基づき、部材の剛性を一律に低減する一律低減法により評価する。

c. 地震荷重及び温度荷重以外の荷重

地震荷重及び温度荷重以外の荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

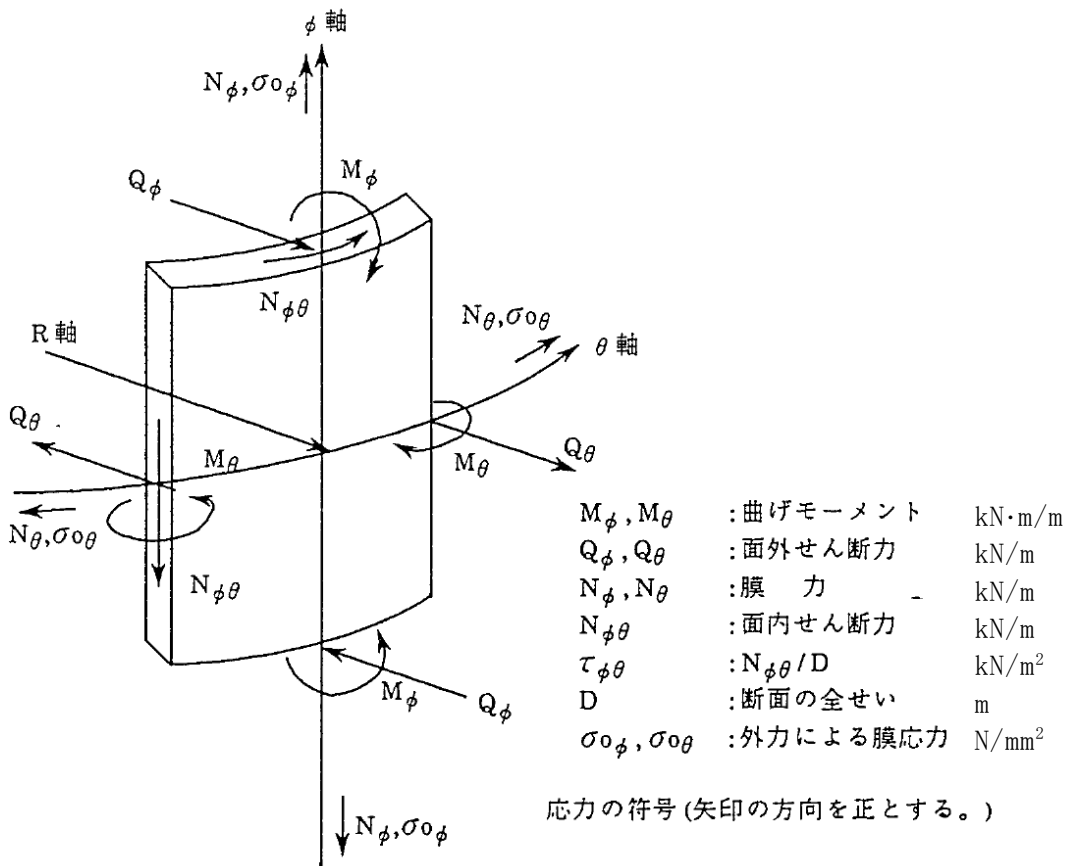
RCCV の断面の評価に用いる応力は、3次元 FEM モデルを用いた応力解析により得られた各荷重による断面力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）とする。トップスラブ部、底部及びシェル部の断面力成分を図 4-5 に示す。



M_x, M_y : 曲げモーメント	kN・m/m	M_r, M_θ : 曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y : せん断力	kN/m	Q_r, Q_θ : せん断力	kN/m
N_x, N_y : 軸力	kN/m	N_r, N_θ : 軸力	kN/m

応力の符号 (矢印の方向を正とする。)

(a) トップスラブ部及び底部



M_ϕ, M_θ	: 曲げモーメント	kN・m/m
Q_ϕ, Q_θ	: 面外せん断力	kN/m
N_ϕ, N_θ	: 膜力	kN/m
$N_{\phi\theta}$: 面内せん断力	kN/m
$\tau_{\phi\theta}$: $N_{\phi\theta}/D$	kN/m ²
D	: 断面の全せい	m
$\sigma_\phi, \sigma_\theta$: 外力による膜応力	N/mm ²

応力の符号 (矢印の方向を正とする。)

(b) シェル部

図 4-5 トップスラブ部, 底部及びシェル部の断面力成分

(1) 荷重状態Ⅲ

a. シェル部

膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 膜力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，子午線方向及び円周方向各々について，膜力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。この場合，膜力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して，CCV 規格の CVE-3511-1 及び CVE-3511-2 に示す等価膜力として評価する。

膜力と面内せん断力の関係図を図 4-6 に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については，表 4-23 及び表 4-24 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

$$N_{\phi}^* = N_{\phi} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (CVE-3511-1)$$

$$N_{\theta}^* = N_{\theta} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (CVE-3511-2)$$

ここで，

- N_{ϕ}^*, N_{θ}^* : ϕ, θ 方向の等価膜力
- N_{ϕ}, N_{θ} : ϕ, θ 方向の膜力
- $N_{\phi\theta}$: 面内せん断力

(ϕ 方向は子午線方向， θ 方向は円周方向とする)

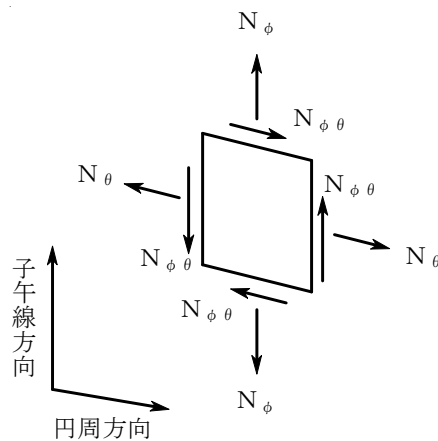


図4-6 膜力と面内せん断力の関係図

(b) 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV規格のCVE-3512.1に基づき行う。

面内せん断応力度が、CVE-3512.2-1及びCVE-3512.2-2より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値の0.75倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_u = 0.5 \left\{ (p_{t\phi} \cdot f_y - \sigma_{0\phi}) + (p_{t\theta} \cdot f_y - \sigma_{0\theta}) \right\} \quad (\text{CVE-3512.2-1})$$

$$\tau_u = 1.10 \sqrt{F_c} \dots\dots\dots (\text{CVE-3512.2-2})$$

ここで、

- τ_u : 終局面内せん断応力度 (N/mm²)
- $p_{t\phi}$: 子午線方向主筋の鉄筋比
- $p_{t\theta}$: 円周方向主筋の鉄筋比
- $\sigma_{0\phi}$: 外力により生じる子午線方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)
- $\sigma_{0\theta}$: 外力により生じる円周方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)
- f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、表4-24に示す値 (N/mm²)
- F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

(c) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE-3513.1 に基づき行う。

面外せん断応力度が、CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R = \Phi \left\{ 0.1(p_t \cdot f_y - \sigma_0) + 0.5 \cdot p_w \cdot f_y + 0.235 \sqrt{F_c} \right\} \quad (\text{CVE-3513.2-1})$$

$$\tau_R = 1.10 \sqrt{F_c} \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-2})$$

ここで、

τ_R : 終局面外せん断応力度 (N/mm²)

p_t : 主筋の鉄筋比

σ_0 : 外力による膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって、次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-3})$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)

b : 断面の幅 (mm)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)

Φ : 低減係数であり、次の計算式により計算した値

(1を超える場合は1, 0.58未満の場合は0.58とする)

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / (Q \cdot d)} \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-4})$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、表4-24に示す値 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

b. トップスラブ部及び底部

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断力を算定し、CCV規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については、表4-23及び表4-24に示す許容応力度を超えないことを確認する。

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV規格のCVE-3522に基づき行う。

面外せん断力が、CVE-3522-1又はCVE-3522-2より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot c f_s \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-1)$$

ここで、

- Q_A : 許容面外せん断力(N)
- b : 断面の幅(mm)
- j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値(mm)
- $c f_s$: コンクリートの許容せん断応力度で、表4-23に示す荷重状態Ⅲの値(N/mm²)

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot c f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \} \cdot \quad (CVE-3522-2)$$

ここで、

- p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、次の計算式により計算した値(0.002以上とし、0.012を超える場合は0.012として計算する)

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-3)$$

- a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm²)
- x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)
- $w f_t$: 面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり、表4-24に示す値(N/mm²)
- α : 割増し係数であり、次の計算式により計算した値(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。また、引張軸力が2N/mm²を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1} \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-4)$$

- M : 曲げモーメント(N・mm)
- Q : せん断力(N)
- d : 断面の有効せい(mm)

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

a. シェル部

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 膜力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみは，子午線方向及び円周方向各々について算定し，CCV 規格の CVE-3511.2 に基づき，表 4-25 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b) 膜力に対する断面の評価方法

膜力による圧縮応力度については、CVE-3511.3 に基づきコンクリートの設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認する。

(c) 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE-3512.2 に基づき行う。

面内せん断応力度が、CVE-3512.2-1 及び CVE-3512.2-2 より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき、鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は、表 4-24 に示す荷重状態Ⅲの値とする。

(d) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE-3513.2 に基づき行う。

面外せん断応力度が、CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき、鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は、表 4-24 に示す荷重状態Ⅲの値とする。

b. トップスラブ部及び底部

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し、CCV 規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、CCV 規格の CVE-3521.2 に基づき、表 4-25 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE-3522 に基づき行う。

面外せん断力が、CVE-3522-1 又は CVE-3522-2 より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

3次元 FEM モデルを用いた応力の算定において、FEM 要素に応力集中等が見られる場合については、RC-N 規準に基づき、応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

地震応答解析による評価のうち最大せん断ひずみ及び保有水平耐力の確認は、VI-2-2-2「原子炉建屋の耐震性についての計算書」による。また、地震応答解析による評価のうち最大接地圧の確認は、VI-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」による。

5.2 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、3次元FEMモデルの配筋領域図を図5-1～図5-3に、配筋一覧を表5-1～表5-3に示す。

(1) 荷重状態Ⅲ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

シェル部については、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

トップスラブ部及び底部については、軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図5-4及び図5-5に、評価結果を表5-4及び表5-5に示す。

荷重状態Ⅲにおいて、シェル部について、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。また、トップスラブ部及び底部について、軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

シェル部については、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ、膜力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

トップスラブ部及び底部については、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図5-6～図5-9に、評価結果を表5-6～表5-9に示す。

荷重状態Ⅳ及びⅤにおいて、シェル部について、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ、膜力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。また、トップスラブ部及び底部について、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

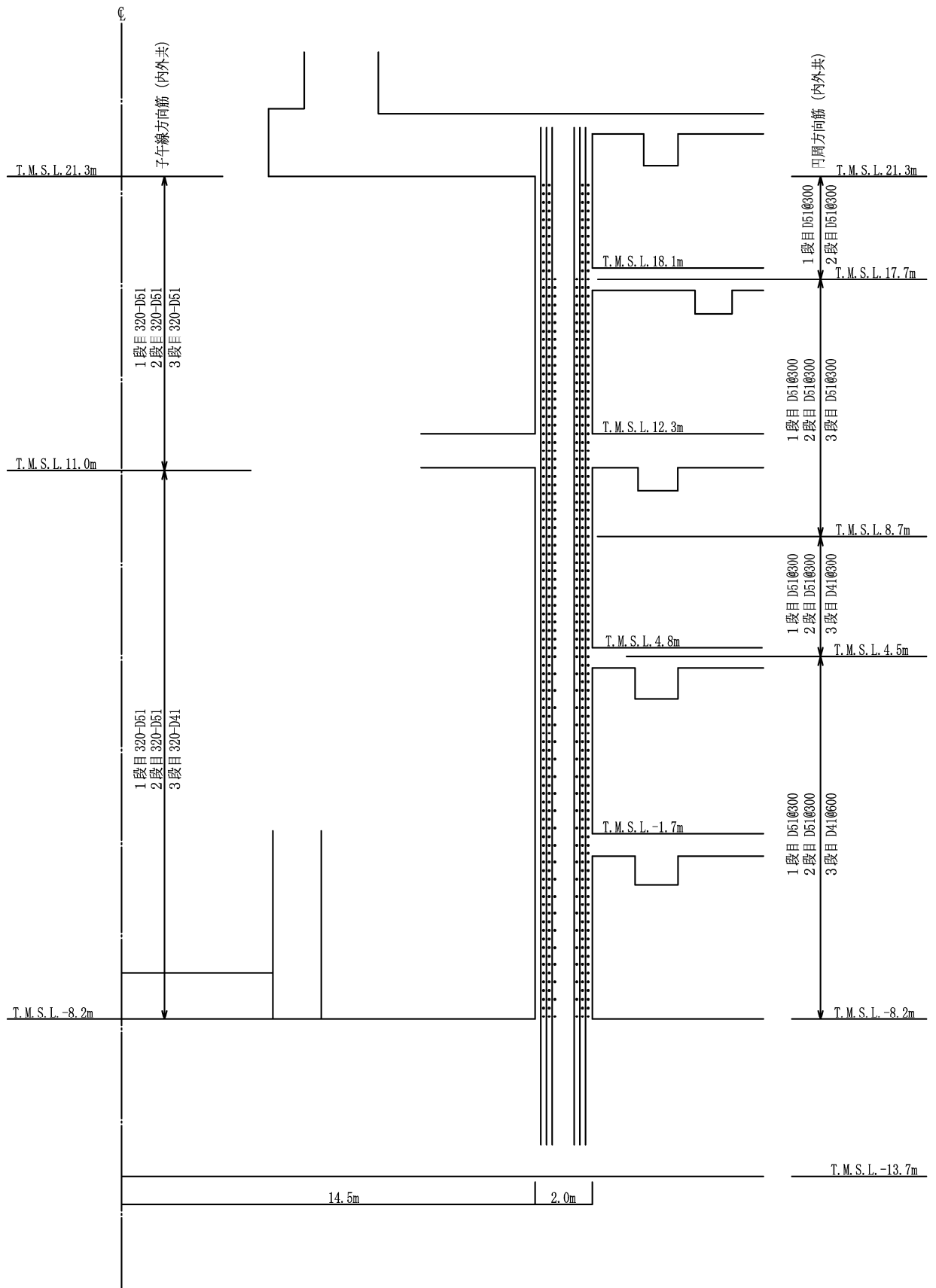


図 5-1 配筋領域図 (シエル部)

表 5-1 配筋一覧 (シェル部)

(a) 子午線 (ϕ) 方向

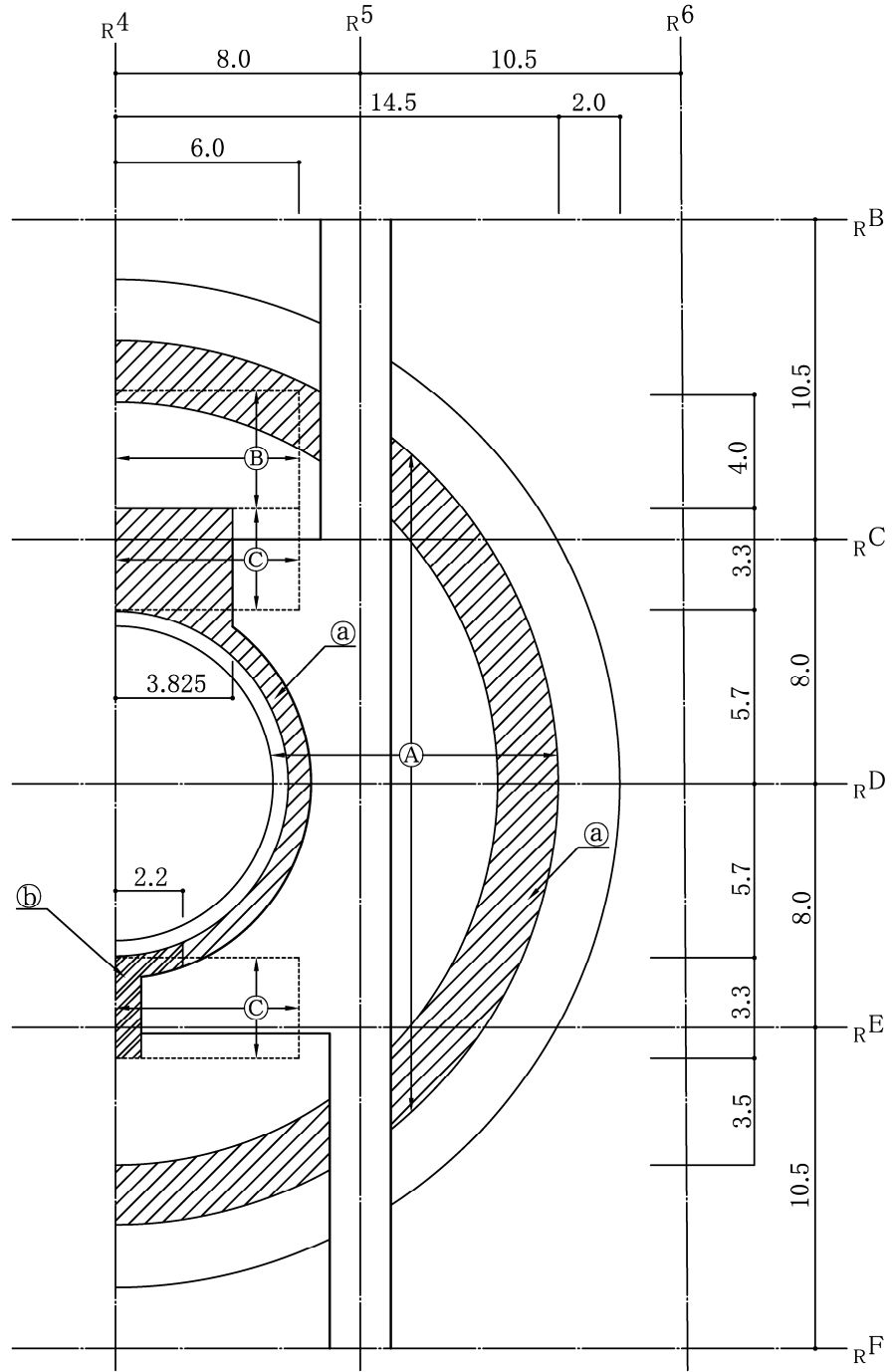
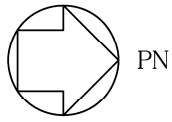
T. M. S. L. (m)	配筋*
21.3	3×320-D51
11.0	2×320-D51 +1×320-D41
-8.2	

注記* : 内側及び外側とも, 同一配筋である。

(b) 円周 (θ) 方向

T. M. S. L. (m)	配筋*
21.3	2-D51@300
17.7	3-D51@300
8.7	2-D51@300 +1-D41@300
4.5	2-D51@300 +1-D41@600
-8.2	

注記* : 内側及び外側とも, 同一配筋である。



注：配筋は R4 通りに対して対称である。

図 5-2 配筋領域図（トップスラブ部）（単位：m）

表 5-2 配筋一覧 (トッスラブ部)

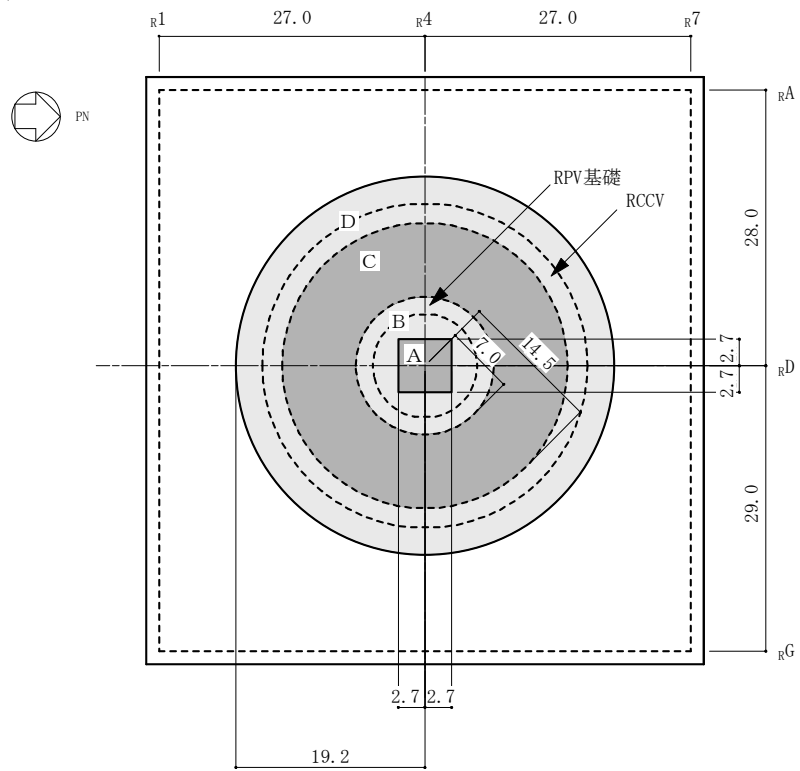
(a) 主筋

領域	方向	配筋*
A	NS	3-D41@300
	EW	3-D41@300
B	NS	1-D41@150 + 2-D41@300
	EW	3-D41@300
C	NS	2-D41@150 + 1-D41@300
	EW	3-D41@300

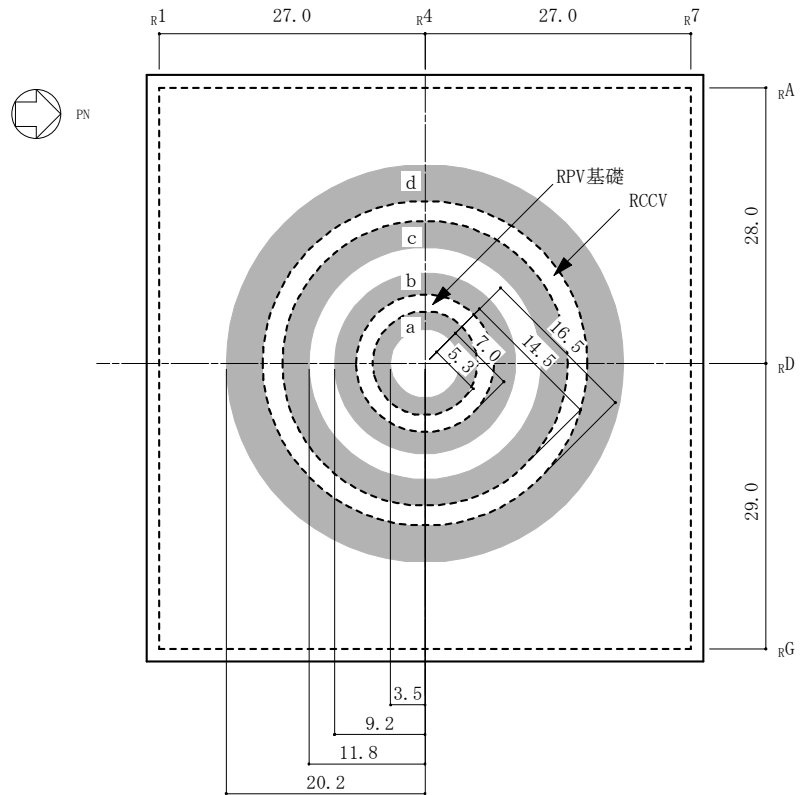
注記* : 上ば筋及び下ば筋とも、同一配筋である。

(b) せん断補強筋

領域	せん断補強筋
a	D19@300×300
b	D19@150×150



(a) 主筋



(b) せん断補強筋

图 5-3 配筋領域図 (底部) (单位 : m)

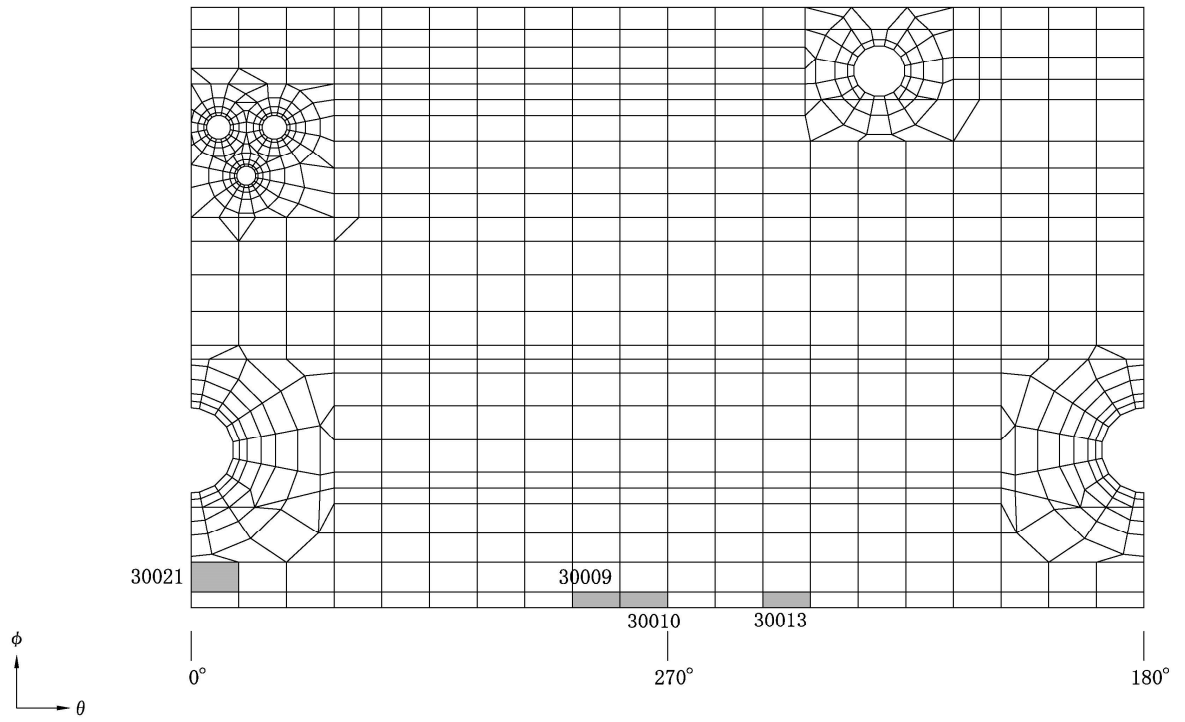
表 5-3 配筋一覧 (底部)

(a) 主筋

領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	3-D38@130	NS	5-D38@200
	EW	3-D38@130	EW	5-D38@200
B	放射	5×160-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 + 3-D38@400	EW	5-D38@200
C	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 + 3-D38@400	EW	5-D38@200
D	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	5-D38@200	EW	5-D38@200

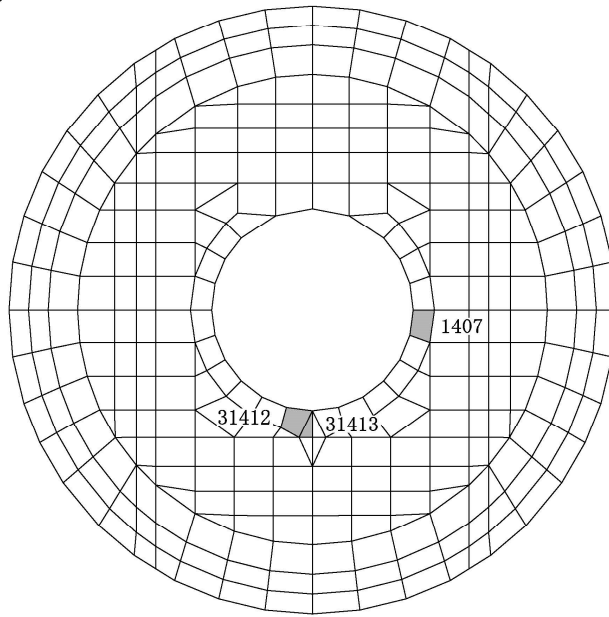
(b) せん断補強筋

領域	配筋
a	D35@200×80/周
b	D35@200×160/周
c	D35@200×160/周
d	D35@400×400

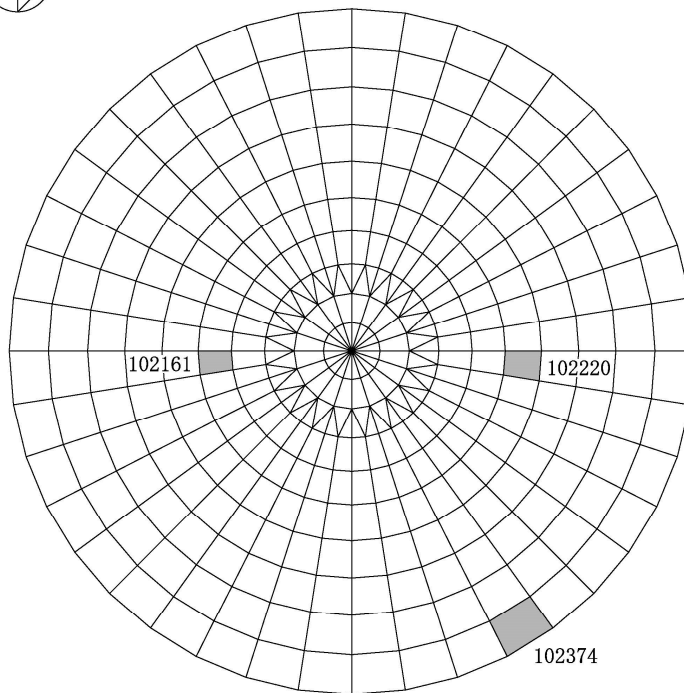


(a) シェル部

図 5-4 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・地震時(1) (1/2)

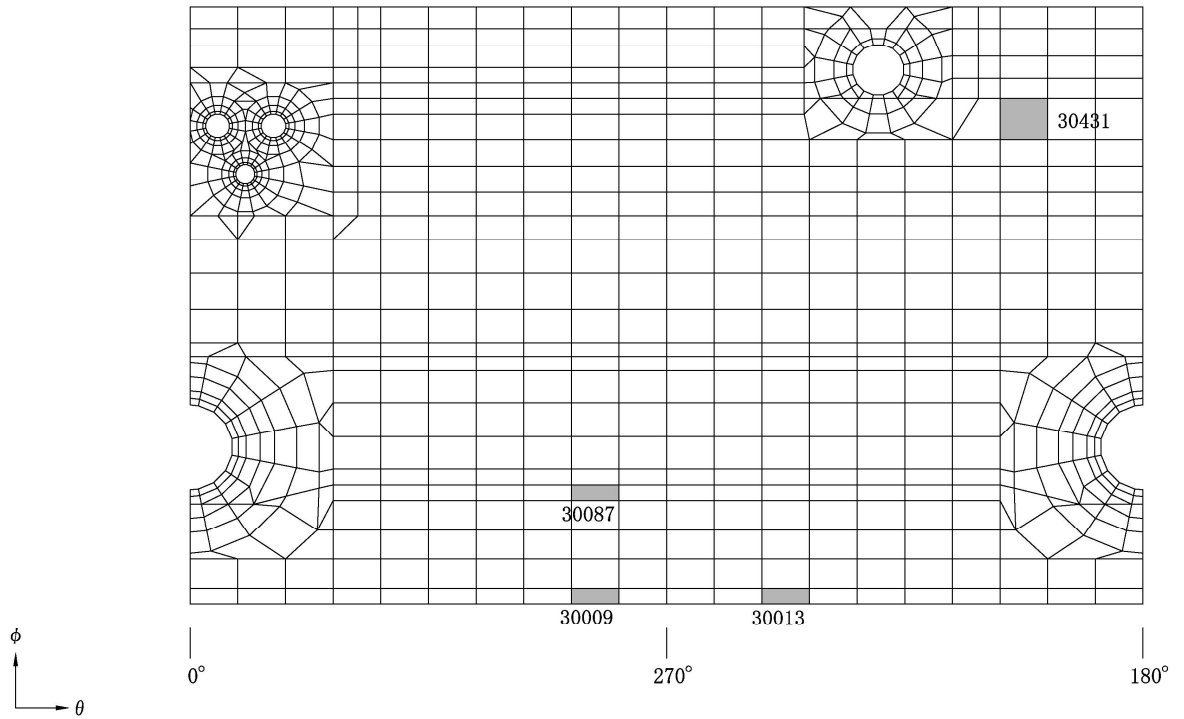


(b) トップスラブ部



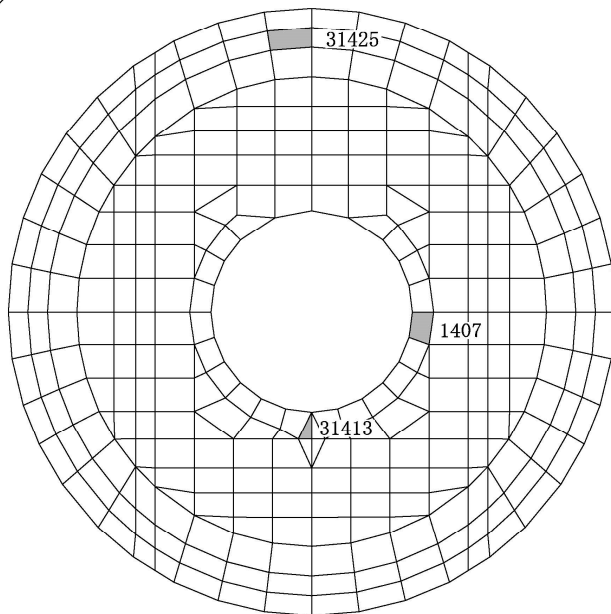
(c) 底部

図 5-4 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・地震時(1) (2/2)

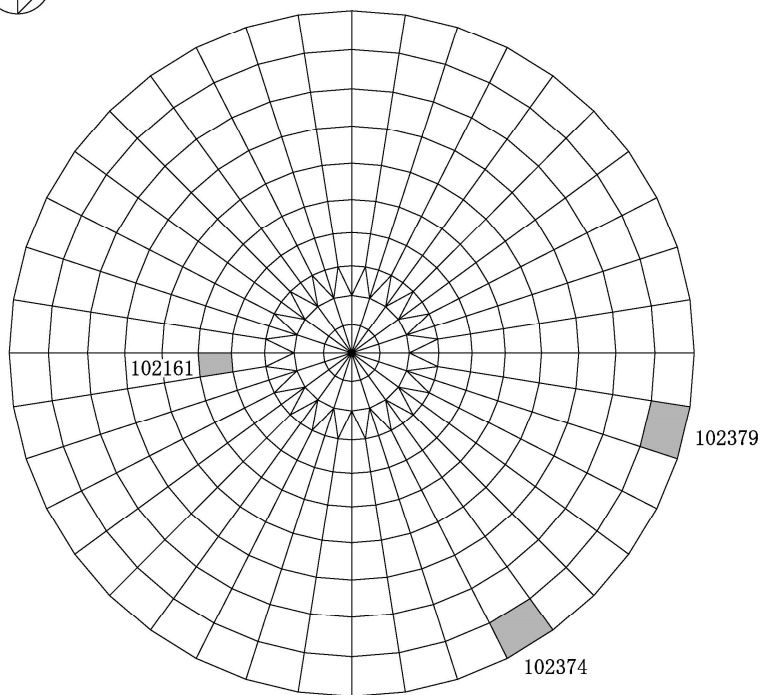


(a) シェル部

図 5-5 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1) (1/2)



(b) トップスラブ部



(c) 底部

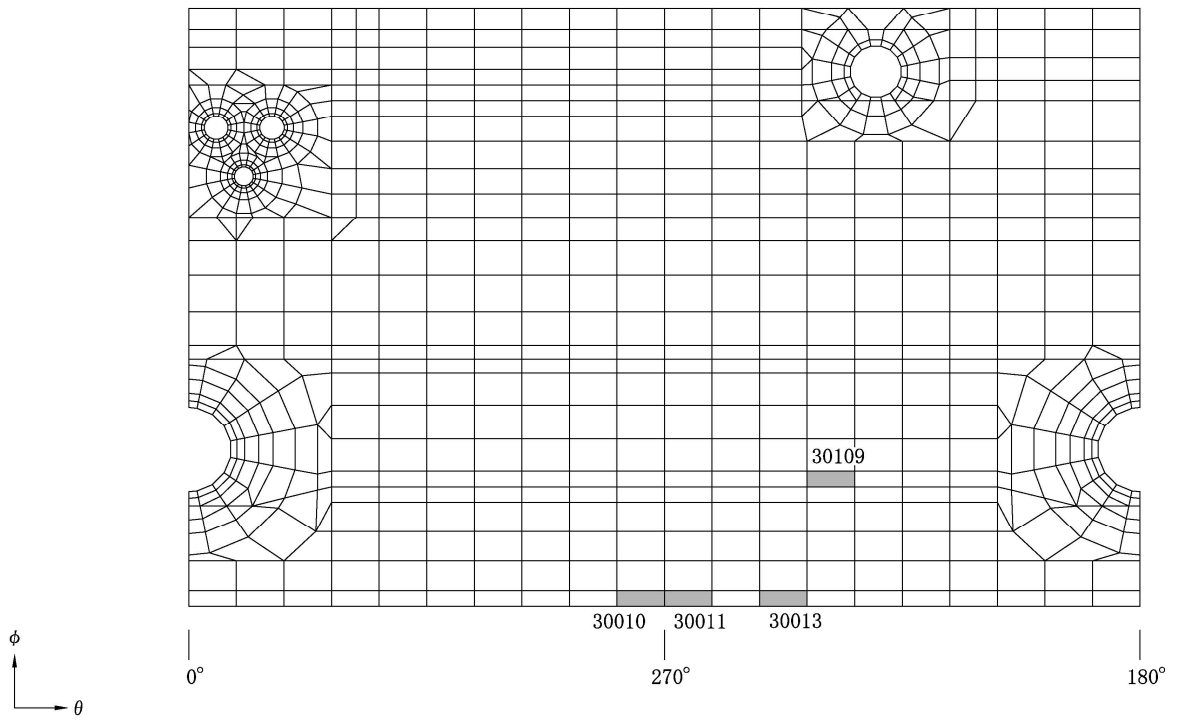
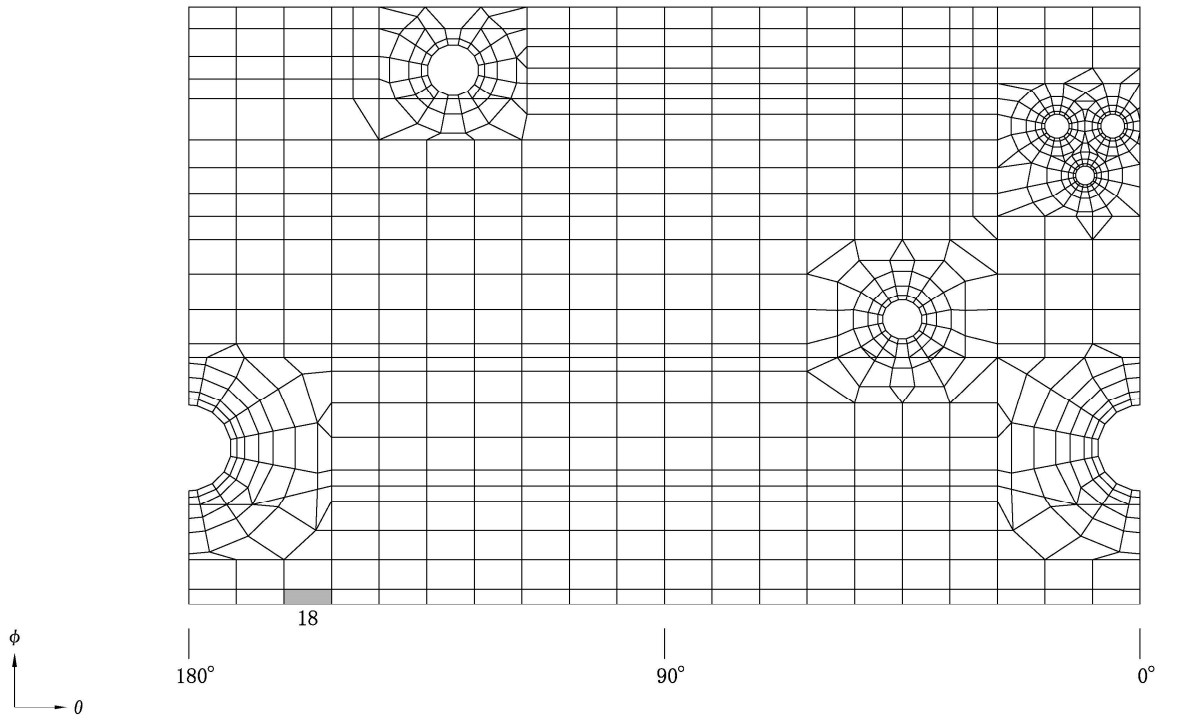
図 5-5 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1) (2/2)

表 5-4 評価結果 荷重状態Ⅲ・地震時(1)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	30013	1-23	7.69	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	子午線	30009	1-1	284	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	30021	1-21	2.88	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	子午線	30010	1-19	0.763	1.96
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	NS	31412	1-21	7.03	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	EW	1407	1-6	173	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	NS	31413	1-23	3.75	4.14
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	放射	102161	1-19	10.2	22.0
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	放射	102220	1-23	231	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	放射	102374	1-22	1.36	3.01

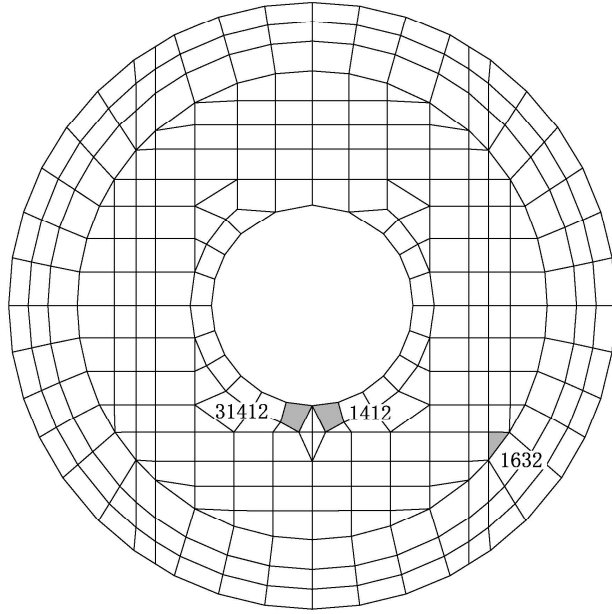
表 5-5 評価結果 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	30013	2-23	7.57	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	子午線	30009	2-1	321	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	30087	2-22	2.67	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	子午線	30431	2-4	0.590	1.65
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	EW	31425	2-14	8.20	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	EW	1407	2-6	156	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	NS	31413	2-23	3.83	4.14
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	放射	102161	2-19	11.0	22.0
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	円周	102379	2-23	207	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	放射	102374	2-22	1.32	3.01

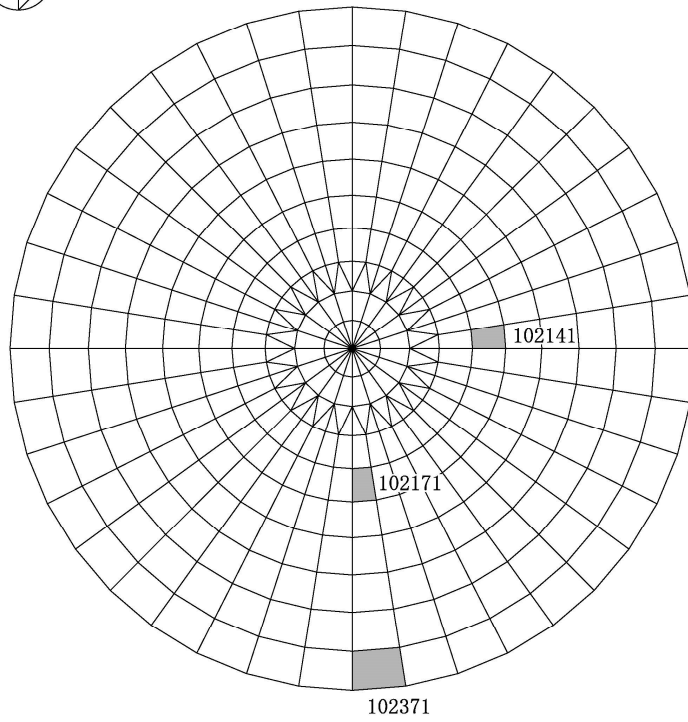


(a) シェル部

図 5-6 選定した要素の位置 荷重状態Ⅳ・地震時(2) (1/2)

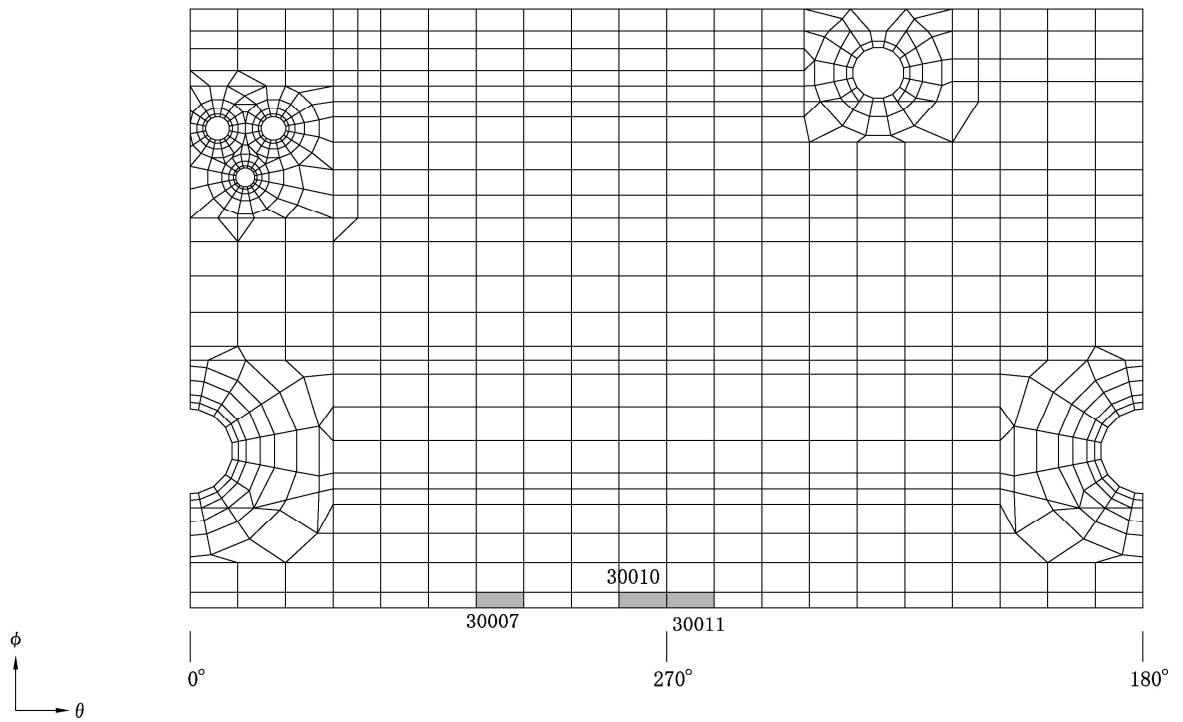
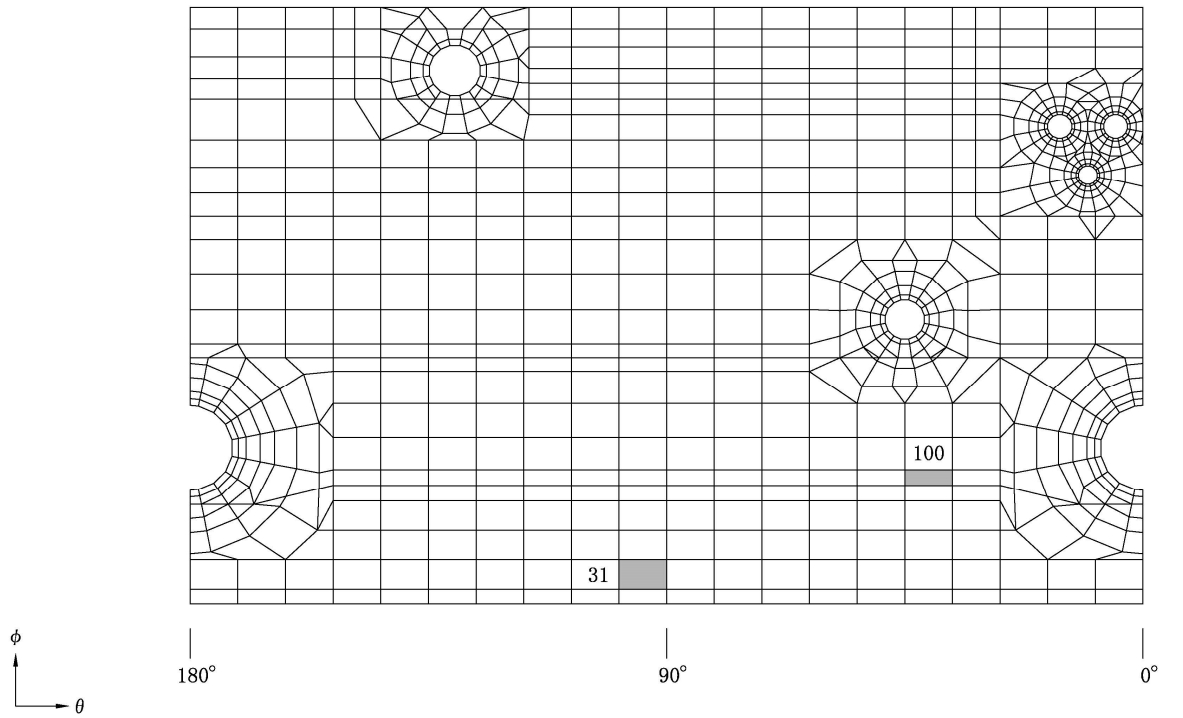


(b) トップスラブ部



(c) 底部

図 5-6 選定した要素の位置 荷重状態Ⅳ・地震時(2) (2/2)

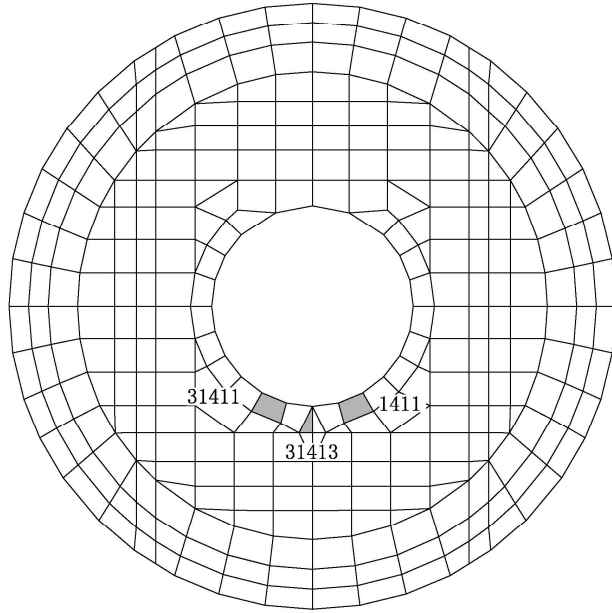


(a) シェル部

図 5-7 選定した要素の位置 荷重状態IV・(異常+地震)時(2) (1/2)



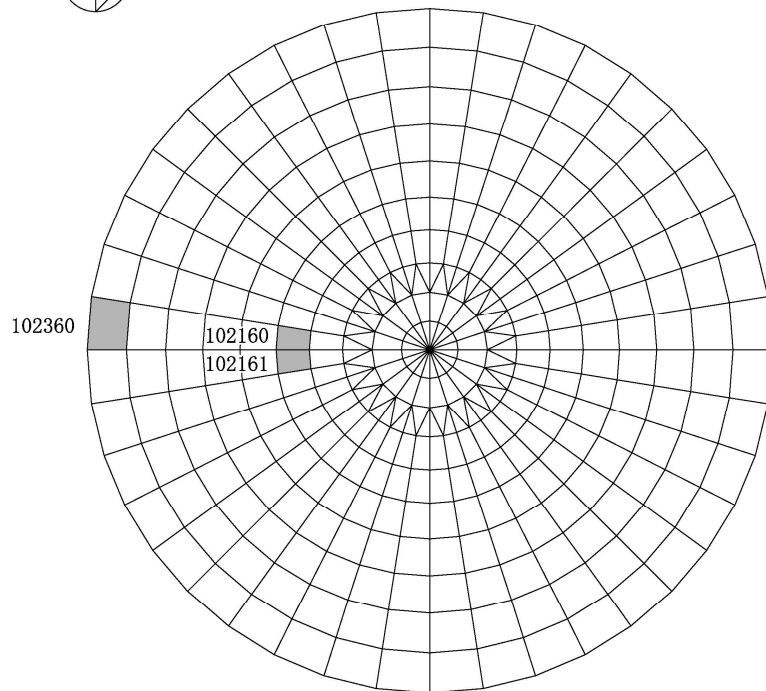
PN



(b) トップスラブ部



PN



(c) 底部

図 5-7 選定した要素の位置 荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2) (2/2)

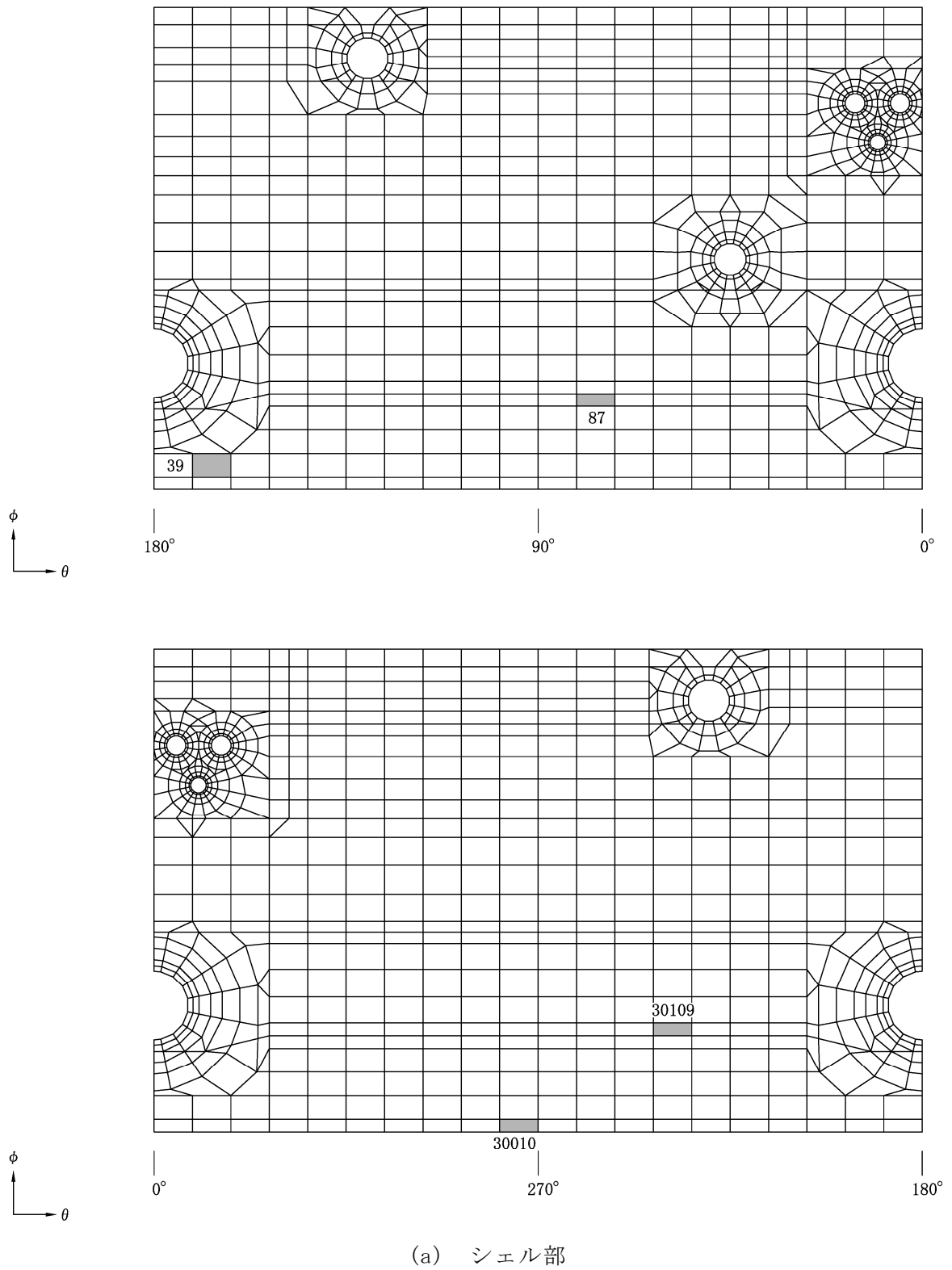
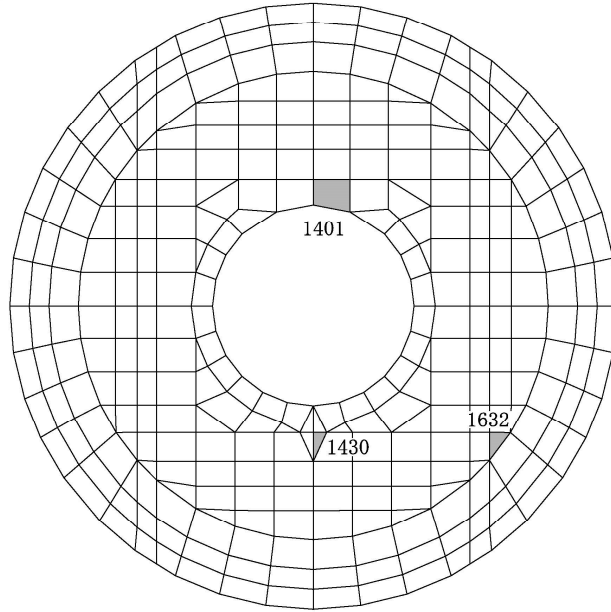
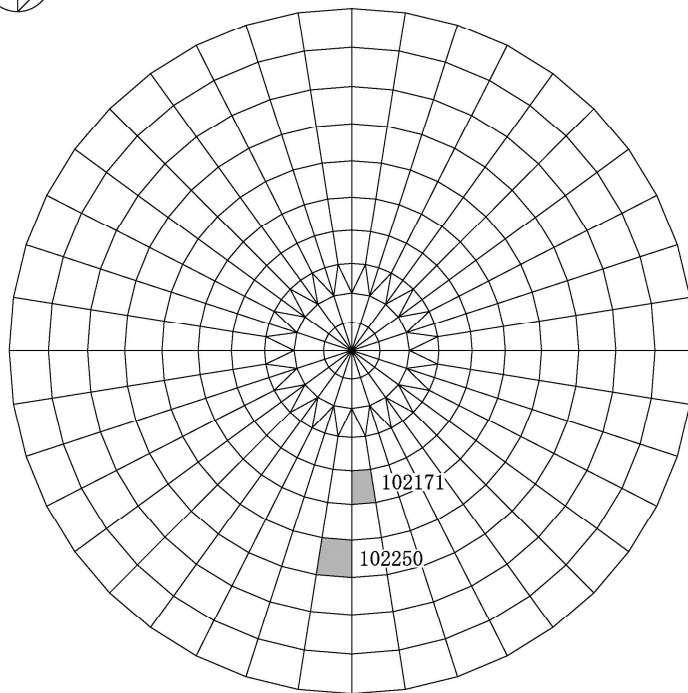


図 5-8 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震)時(3) (1/2)

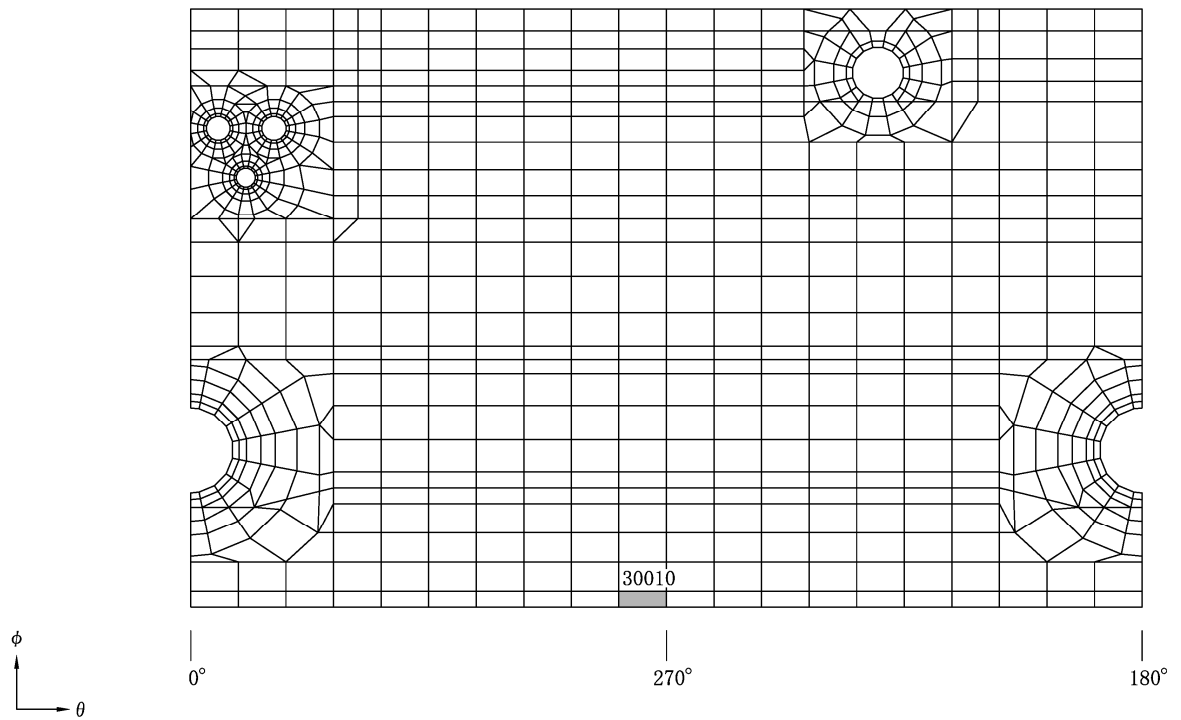
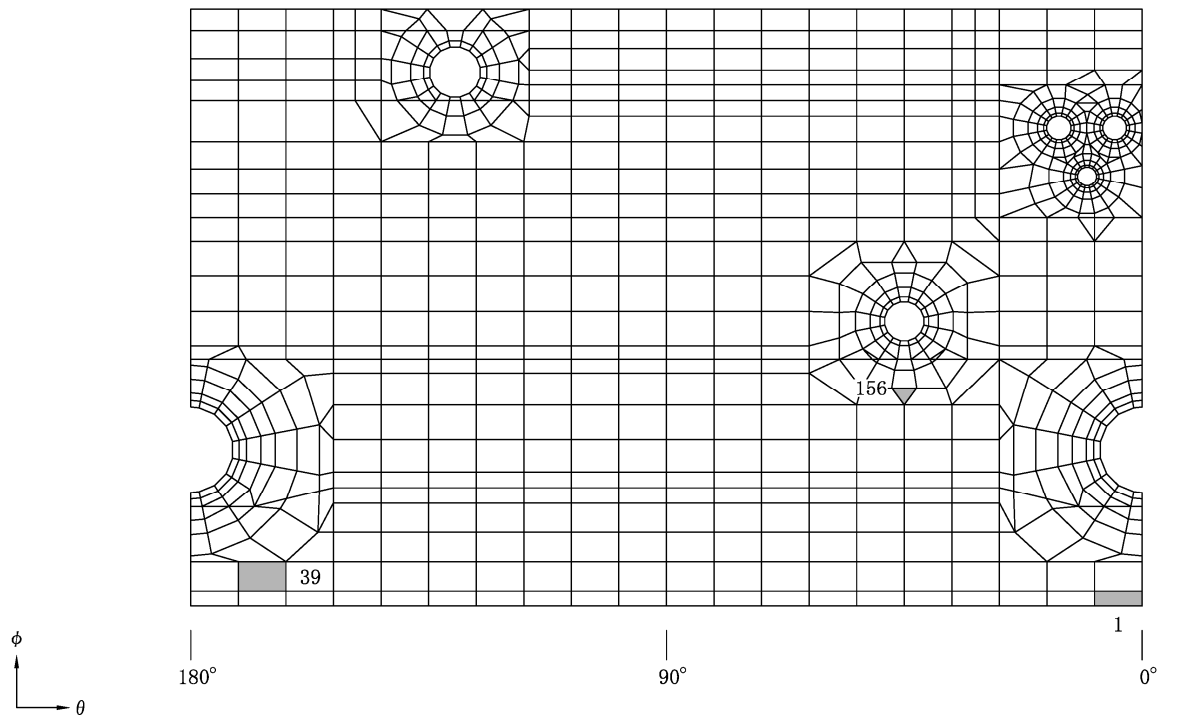


(b) トップスラブ部



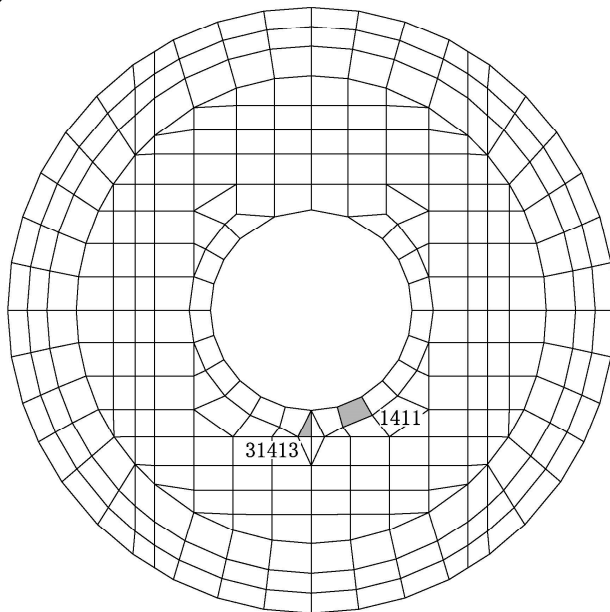
(c) 底部

図 5-8 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震)時(3) (2/2)

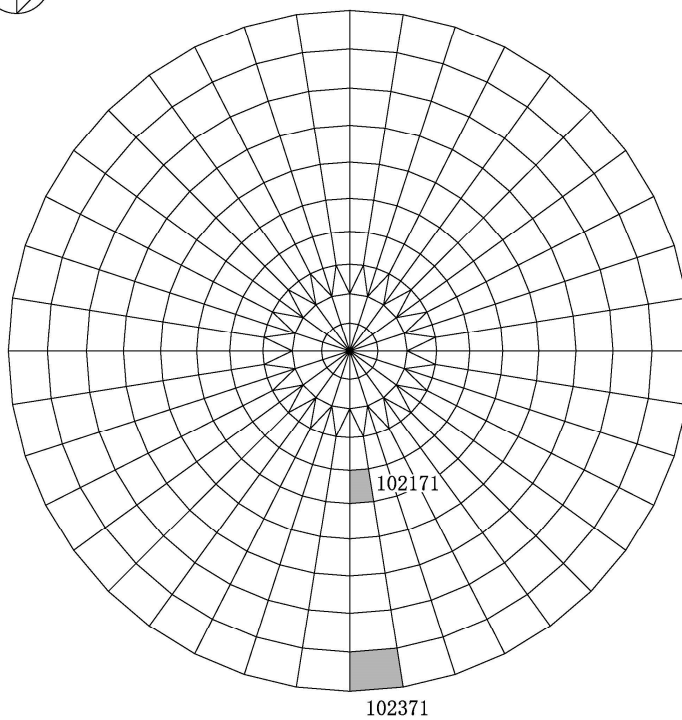


(a) シェル部

図 5-9 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震)時(4) (1/2)



(b) トップスラブ部



(c) 底部

図 5-9 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震)時(4) (2/2)

表 5-6 評価結果 荷重状態Ⅳ・地震時(2)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30010	3-3	0.872	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	18	3-4	1.14	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30011	3-3	18.2	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	30109	3-3	5.11	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	30013	3-2	1.05	2.12
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	31412	3-5	0.169	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1412	3-7	0.149	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1632	3-5	0.867	1.21
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	102171	3-2	0.448	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	102141	3-1	0.331	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102371	3-2	2.60	3.01

表 5-7 評価結果 荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30010	4-19	0.341	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	31	4-19	0.442	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30011	4-19	7.65	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	100	4-17	2.93	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	30007	4-19	0.605	2.19
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1411	4-17	0.199	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	31411	4-19	0.198	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	31413	4-17	3.38	4.14
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	102161	4-19	0.196	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	102160	4-19	0.120	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102360	4-21	1.23	3.01

表 5-8 評価結果 荷重状態 V・(異常+地震) 時(3)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30010	5-3	0.522	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	39	5-4	1.30	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30010	5-3	9.66	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	30109	5-2	3.27	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	87	5-2	1.04	1.79
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	5-9	0.398	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1430	5-9	0.720	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1632	5-11	1.06	1.21
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	102171	5-2	0.258	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	102171	5-6	0.294	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102250	5-2	0.992	1.17

表 5-9 評価結果 荷重状態 V・(異常+地震) 時(4)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30010	6-3	0.961	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	39	6-4	1.41	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30010	6-3	18.6	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	156	6-4	4.96	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	1	6-4	1.12	2.26
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1411	6-1	0.136	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1411	6-7	0.104	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	31413	6-1	3.01	4.14
底部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	102171	6-2	0.478	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	102171	6-2	0.388	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102371	6-2	2.48	3.01

6. 局部応力に対する評価

6.1 貫通部

シェル部には、大開口として下部ドライウェルアクセストンネル開口（以下「L/D アクセストンネル開口」という。）（2箇所）、サプレッションチェンバ出入口（以下「S/C アクセスハッチ」という。）、所員用エアロック及び機器搬入用ハッチが、中開口として主蒸気配管及び給水配管（以下「MS/FDW 開口」という。）が設置されている。主要な開口の配置及び形状寸法を図 6-1 に示す。なお、各開口とも形状は円形である。

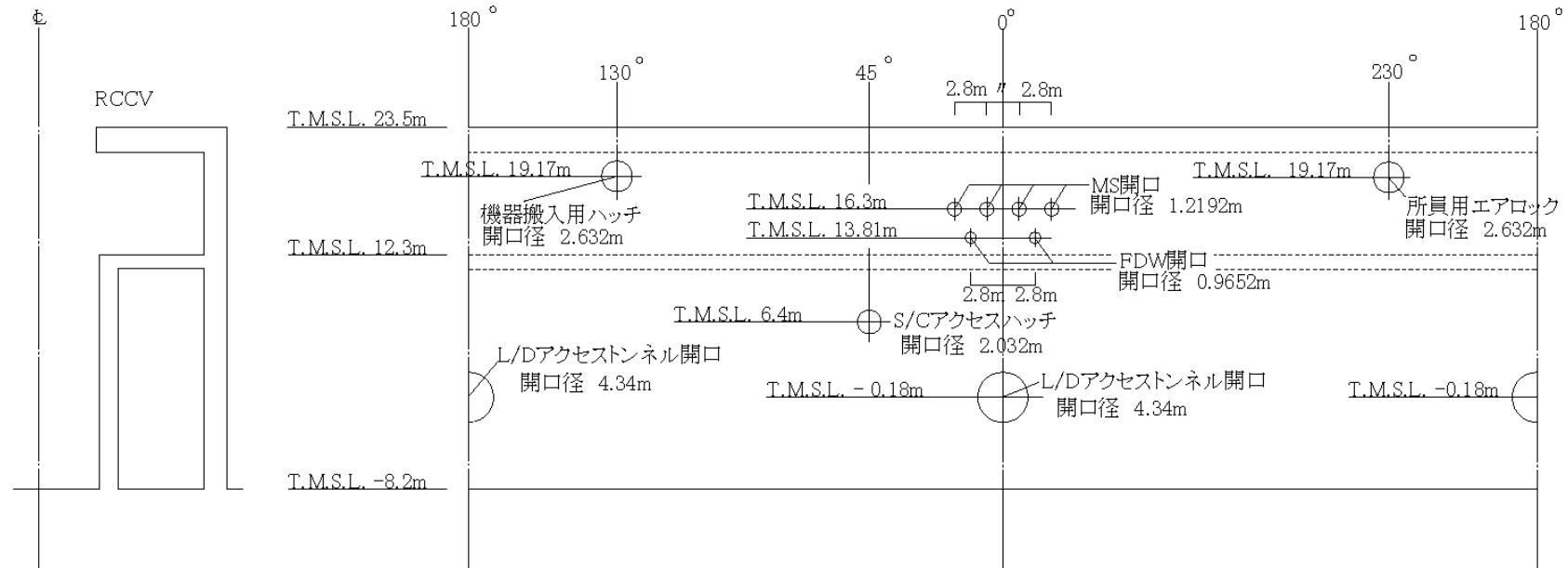


図 6-1 主要な開口の配置及び形状寸法

6.1.1 貫通部の評価方法

貫通部の評価は、「4. 応力解析による評価方法」に示す応力解析により得られた応力及びひずみを用いて断面の評価を行うことで実施する。

断面の評価はCCV規格のCVE-3532に基づき行う。ここで、断面の評価に用いる応力は、CCV規格のCVE-3531に基づき、開口の縁から直径の3/4倍の範囲の平均応力とする。なお、断面の評価方向は、子午線方向及び円周方向の直交二方向とする。

(1) 荷重状態Ⅲ

膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断力を算定し、CCV規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度について、「4.5.2 断面の評価方法」の「(1) 荷重状態Ⅲ」の「a. シェル部」に示す方法により評価する。

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し、CCV規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度について、「4.5.2 断面の評価方法」の「(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ」の「a. シェル部」に示す方法により評価する。

6.1.2 貫通部の評価結果

「6.1.1 貫通部の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。貫通部の評価は各開口について実施しているが、ここでは主要な MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口に対する評価結果を示す。また、開口補強筋概要図を図 6-2 に示す。

(1) 荷重状態Ⅲ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口それぞれについて、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定する。

選定した要素の位置を図 6-3 及び図 6-4 に、評価結果を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

荷重状態Ⅲにおいて、MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口について、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口それぞれについて、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定する。

選定した要素の位置を図 6-5～図 6-8 に、評価結果を表 6-3～表 6-6 に示す。

荷重状態Ⅳ及びⅤにおいて、MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口について、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

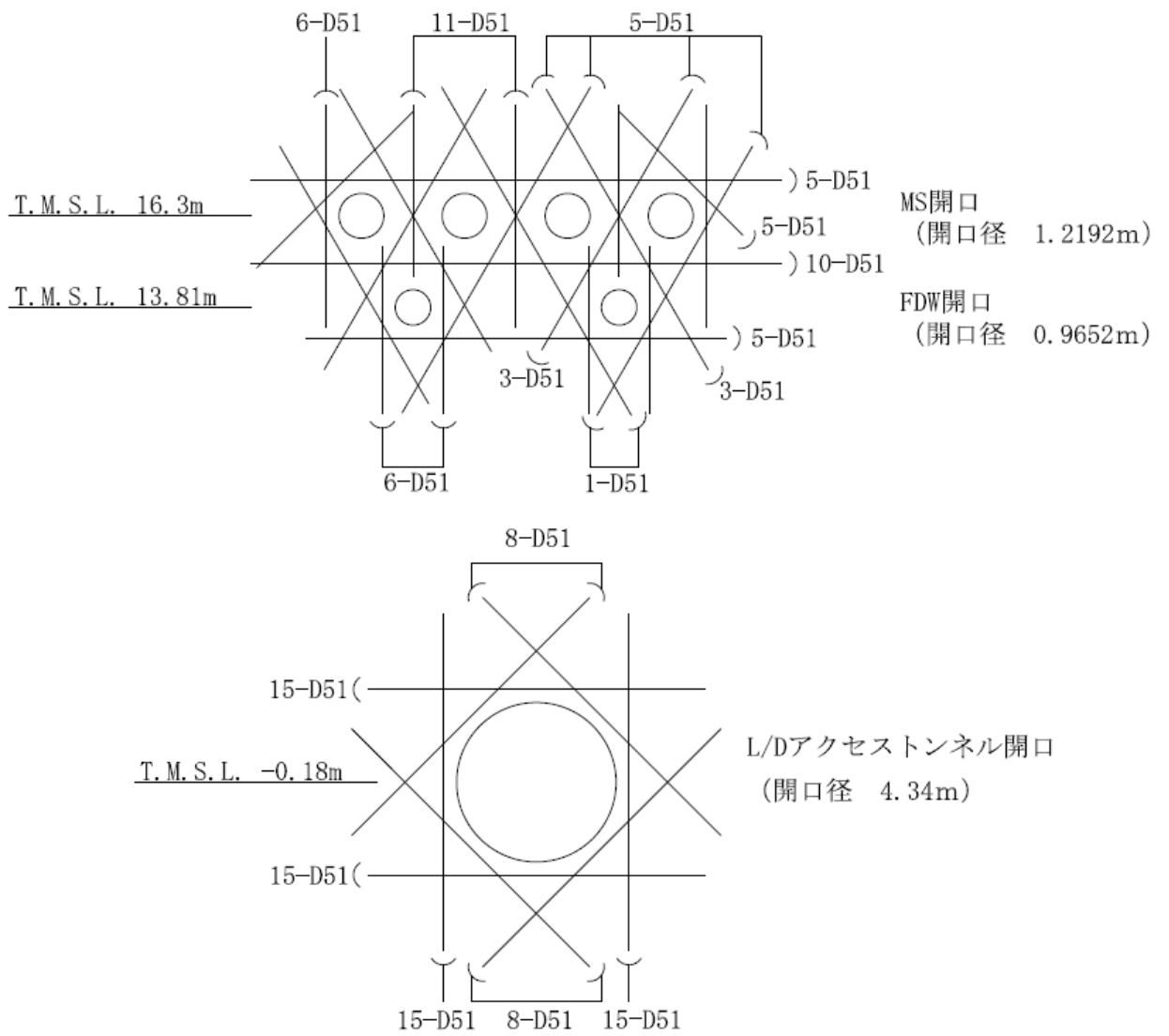
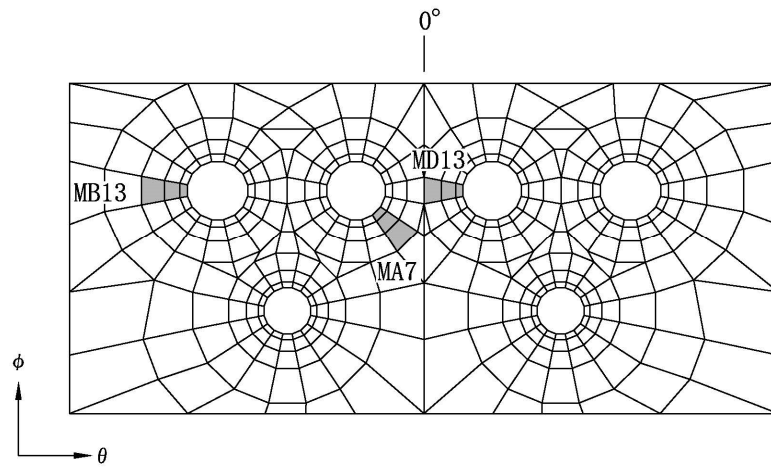
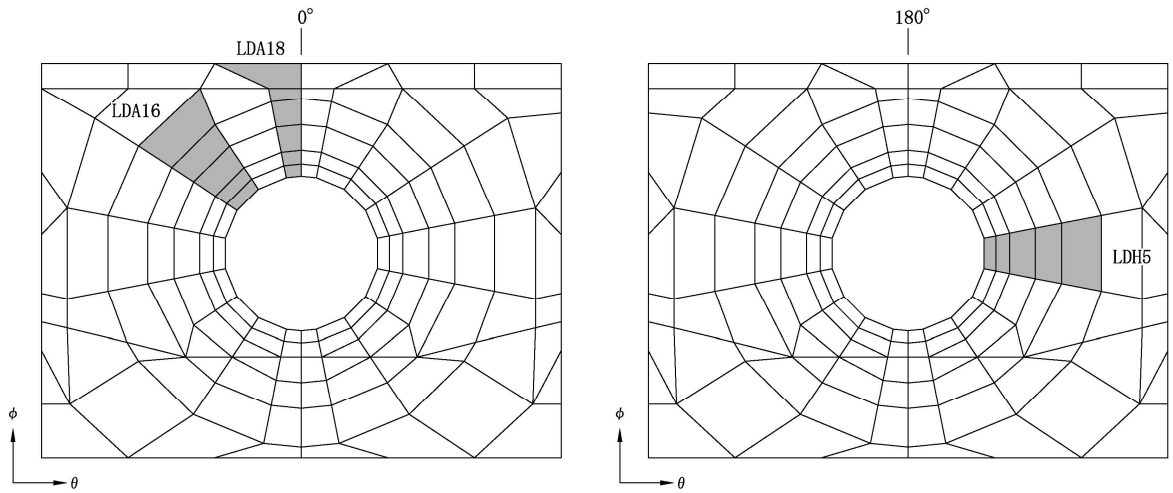


図 6-2 開口補強筋概要図 (片面当たり)

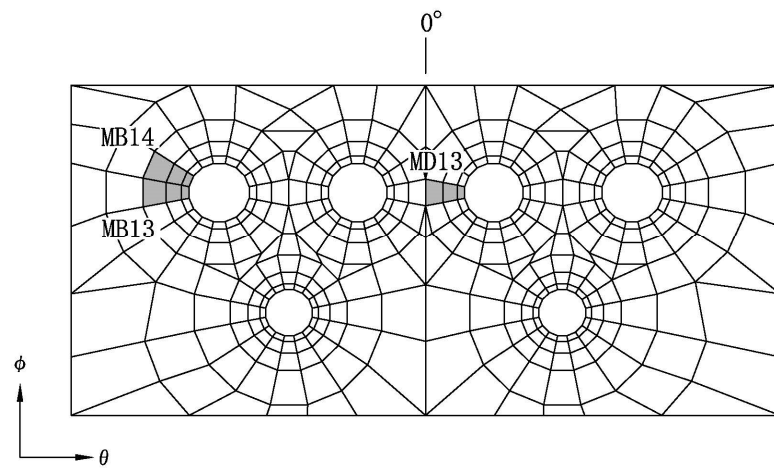


(a) MS/FDW 開口

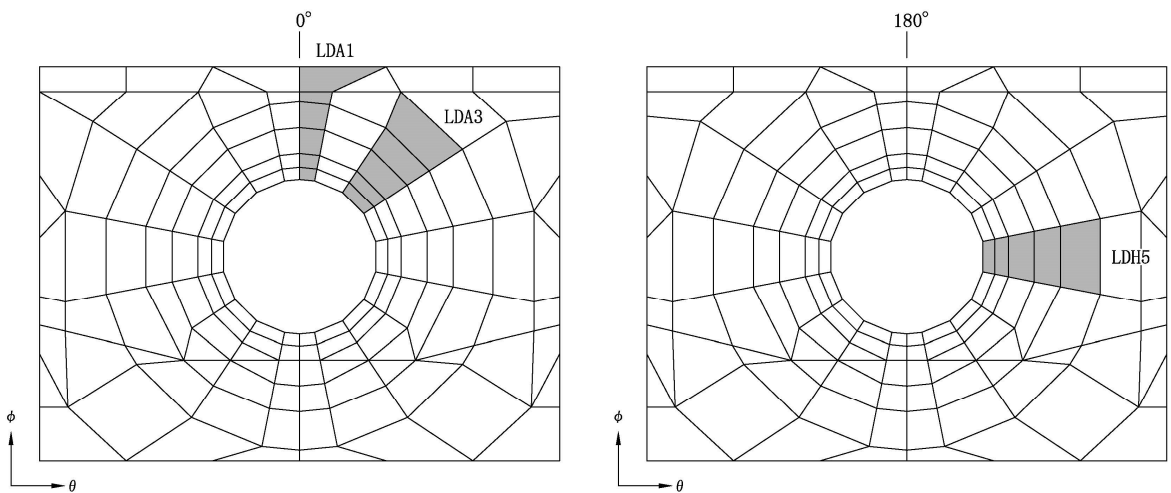


(b) L/D アクセストンネル開口

図 6-3 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・地震時(1)



(a) MS/FDW 開口



(b) L/D アクセストンネル開口

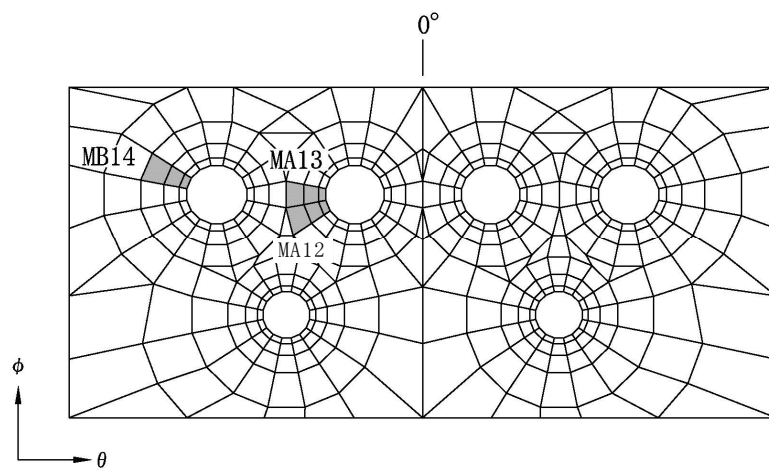
図 6-4 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1)

表 6-1 評価結果 荷重状態Ⅲ・地震時(1)

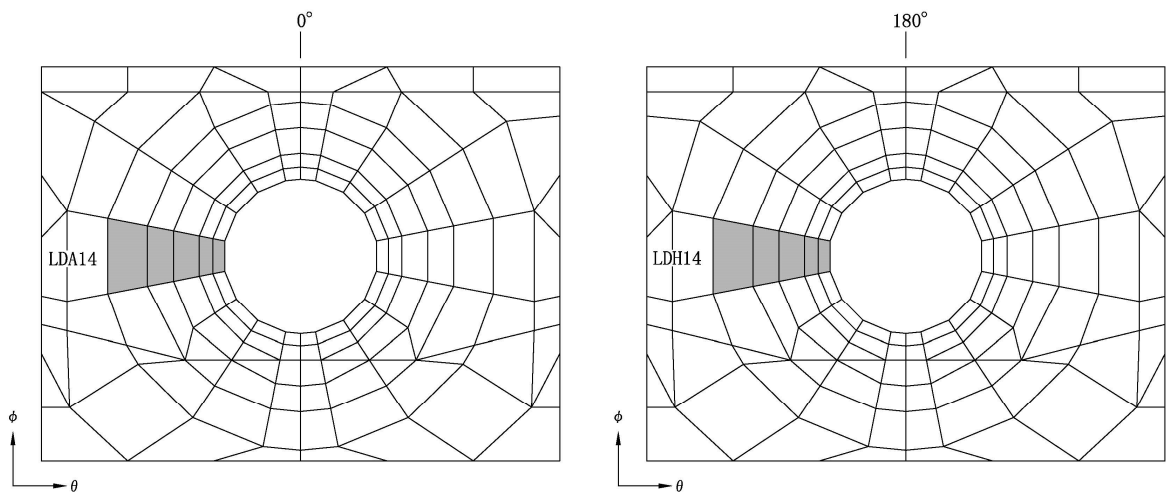
部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	MD13	1-23	10.8	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	子午線	MA7	1-19	235	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MB13	1-15	0.958	1.56
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	LDH5	1-6	8.66	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	LDA16	1-19	251	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	LDA18	1-17	0.254	1.41

表 6-2 評価結果 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1)

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	MD13	2-23	9.20	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	MB14	2-23	224	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MB13	2-15	0.900	1.56
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	LDH5	2-6	9.41	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	LDA3	2-17	229	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	LDA1	2-19	0.220	1.01

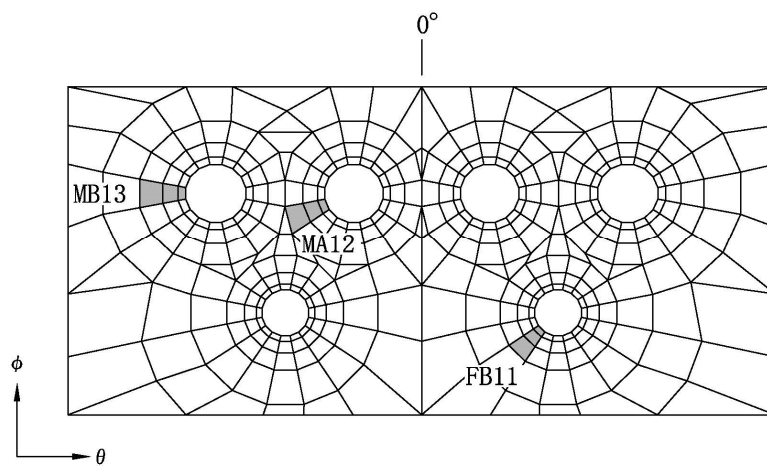


(a) MS/FDW 開口

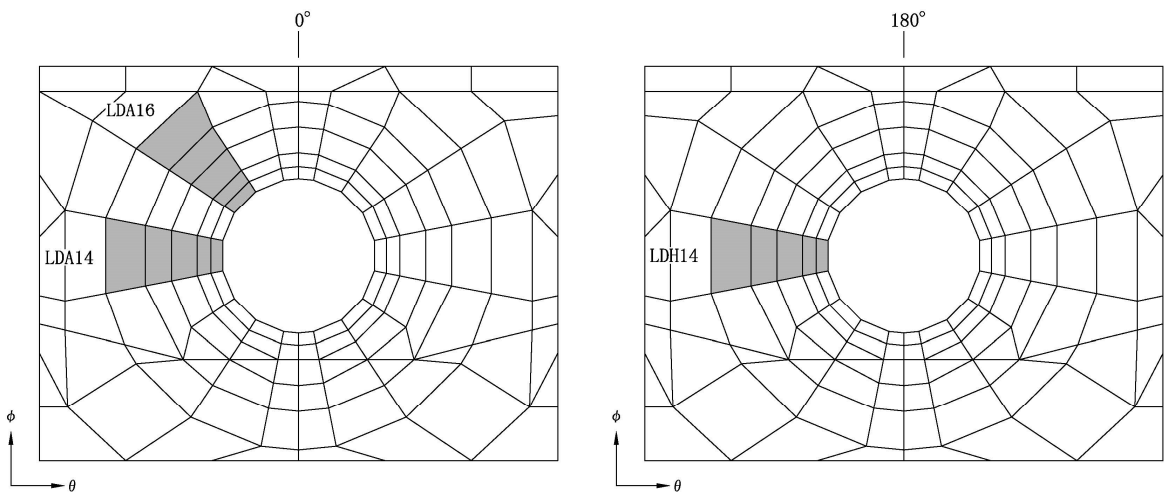


(b) L/D アクセストンネル開口

図 6-5 選定した要素の位置 荷重状態IV・地震時(2)

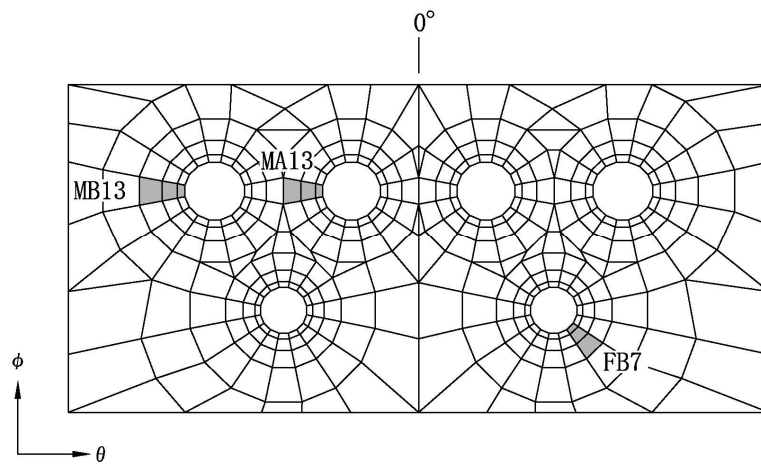


(a) MS/FDW 開口

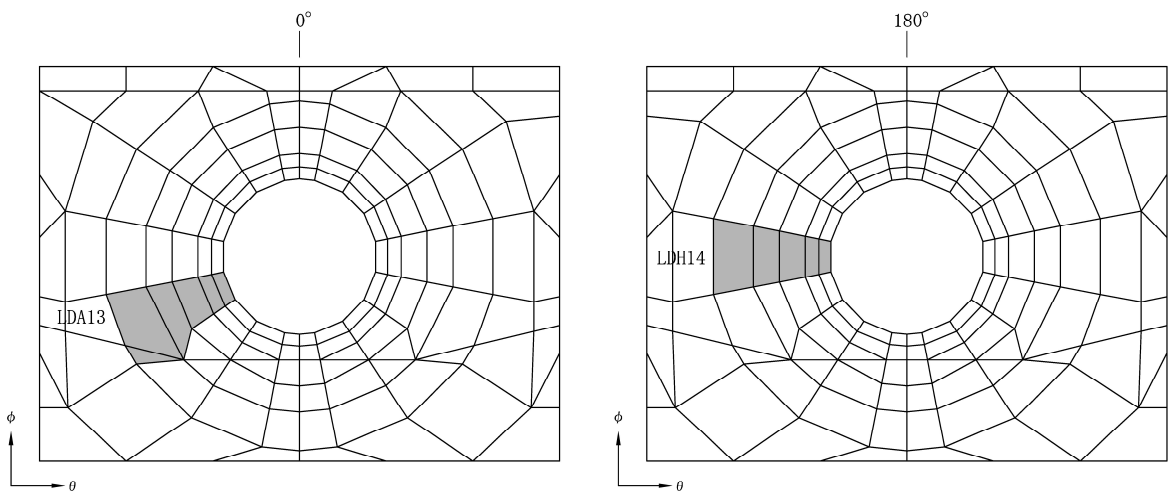


(b) L/D アクセストンネル開口

図 6-6 選定した要素の位置 荷重状態IV・(異常+地震)時(2)

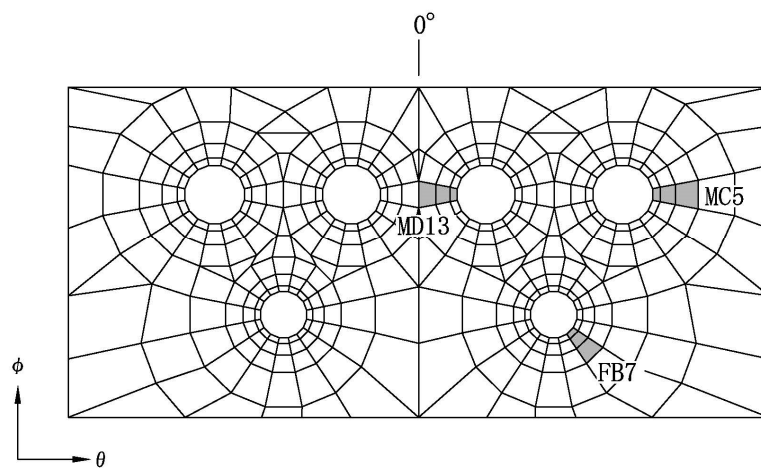


(a) MS/FDW 開口

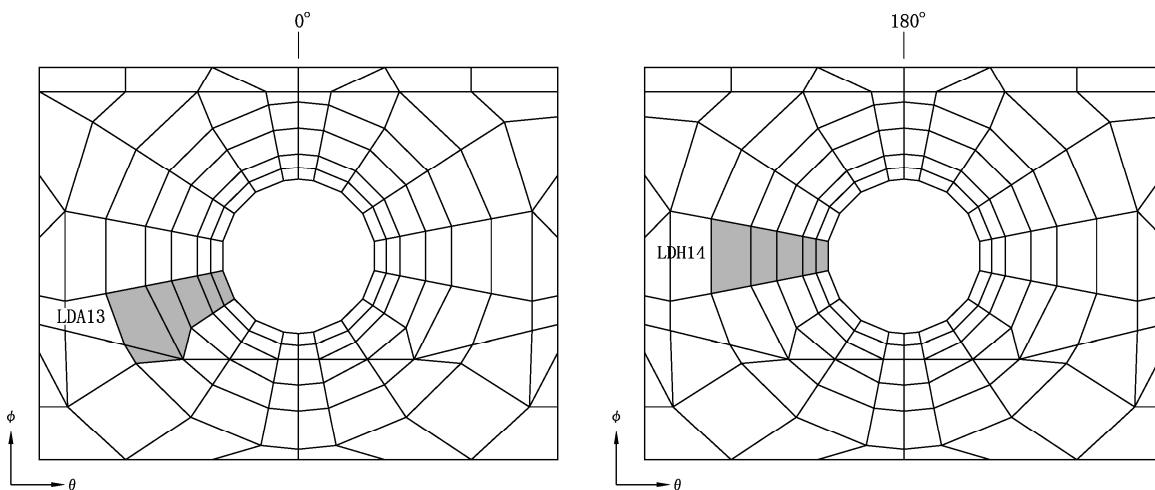


(b) L/D アクセストンネル開口

図 6-7 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震) 時(3)



(a) MS/FDW 開口



(b) L/D アクセストンネル開口

図 6-8 選定した要素の位置 荷重状態 V・(異常+地震) 時(4)

表 6-3 評価結果 荷重状態Ⅳ・地震時(2)

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA12	3-7	0.365	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB14	3-3	0.554	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MA13	3-15	1.10	2.15
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	3-6	1.01	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	3-4	1.90	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA14	3-5	0.505	2.22

表 6-4 評価結果 荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2)

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA12	4-23	0.309	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB13	4-19	0.582	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB11	4-19	1.15	2.30
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	4-6	0.519	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA16	4-19	0.649	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA14	4-1	0.302	1.60

表 6-5 評価結果 荷重状態 V・(異常+地震)時(3)

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA13	5-3	0.508	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB13	5-3	1.38	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB7	5-1	1.63	2.08
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	5-6	0.891	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	5-4	2.18	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA13	5-1	0.986	2.28

表 6-6 評価結果 荷重状態 V・(異常+地震)時(4)

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MD13	6-8	0.366	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MC5	6-1	0.764	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB7	6-1	1.26	2.24
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	6-6	1.16	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	6-4	2.40	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA13	6-1	0.691	2.27

6.2 局部

シェル部において、MS/FDW 開口の上部，各開口の周辺部並びに使用済燃料貯蔵プールの壁及び床が取り付く部分のような，局部的に応力の増加する部分（以下「局部」という。）は，局部補強筋を配して補強している。

6.2.1 局部の評価方法

局部の評価は，「4. 応力解析による評価方法」に示す応力解析により得られた応力及びひずみを用いて断面の評価を行うことで実施する。

断面の評価は CCV 規格の CVE-3533 に基づき行う。なお，断面の評価方向は，子午線方向及び円周方向の直交二方向とする。

(1) 荷重状態Ⅲ

膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には，等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度について，「4.5.2 断面の評価方法」の「(1) 荷重状態Ⅲ」の「a. シェル部」に示す方法により評価する。

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度について，「4.5.2 断面の評価方法」の「(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ」の「a. シェル部」に示す方法により評価する。

3次元 FEM モデルを用いた応力の算定において，FEM 要素に応力集中等が見られる場合については，RC-N 規準に基づき，応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

6.2.2 局部の評価結果

「6.2.1 局部の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。局部の評価は各局部について実施しているが、ここではMS/FDW開口の上部及び周辺部に対する評価結果を示す。局部評価対象範囲を図6-9に示す。また、局部補強範囲を図6-10に、局部補強筋一覧を表6-7に示す。

(1) 荷重状態Ⅲ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定する。

選定した要素の位置を図6-11及び図6-12に、評価結果を表6-8及び表6-9に示す。

荷重状態Ⅲにおいて、等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

(2) 荷重状態Ⅳ及びⅤ

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ、膜力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図6-13～図6-16に、評価結果を表6-10～表6-13に示す。

荷重状態Ⅳ及びⅤにおいて、等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ、膜力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

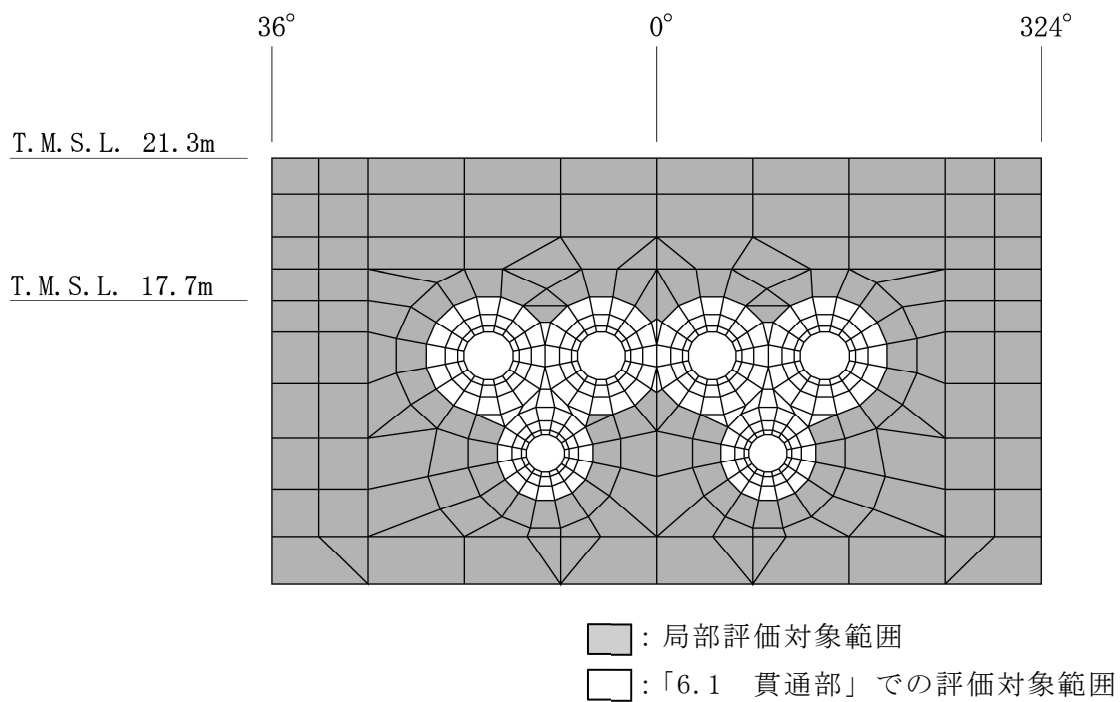


図 6-9 局部評価対象範囲

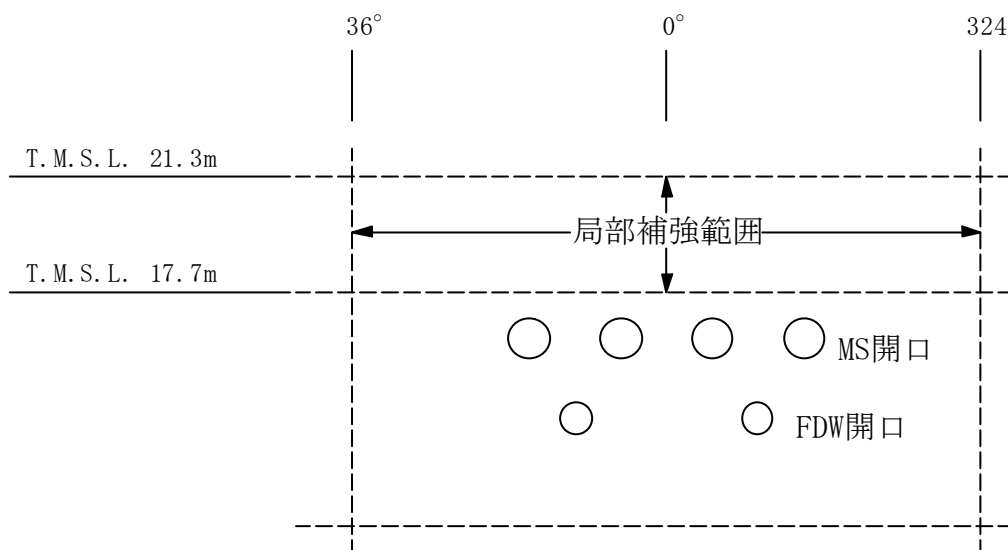


図 6-10 局部補強範囲

表 6-7 局部補強筋一覧

方向	配筋*
子午線 (ϕ)	3×64-D51
円周 (θ)	2-D51@150 + 1-D51@300

注記*：内側及び外側とも，同一配筋である。

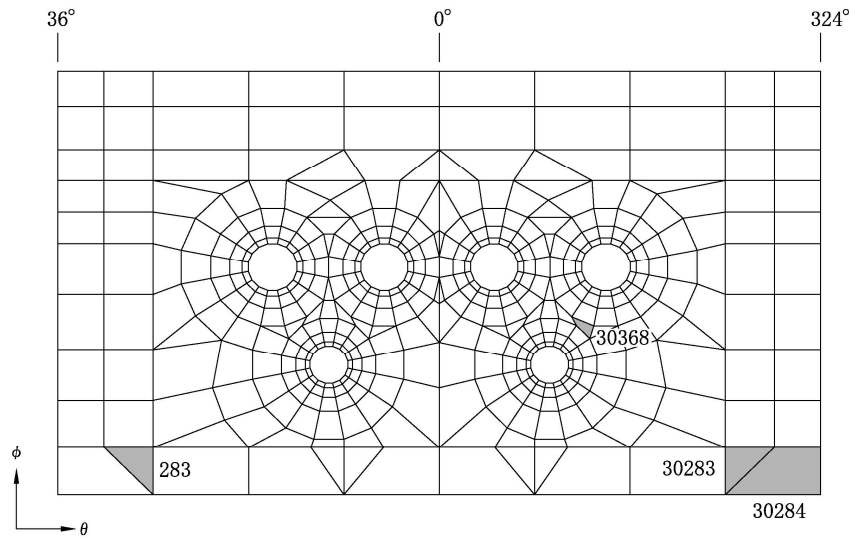


図 6-11 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・地震時(1)

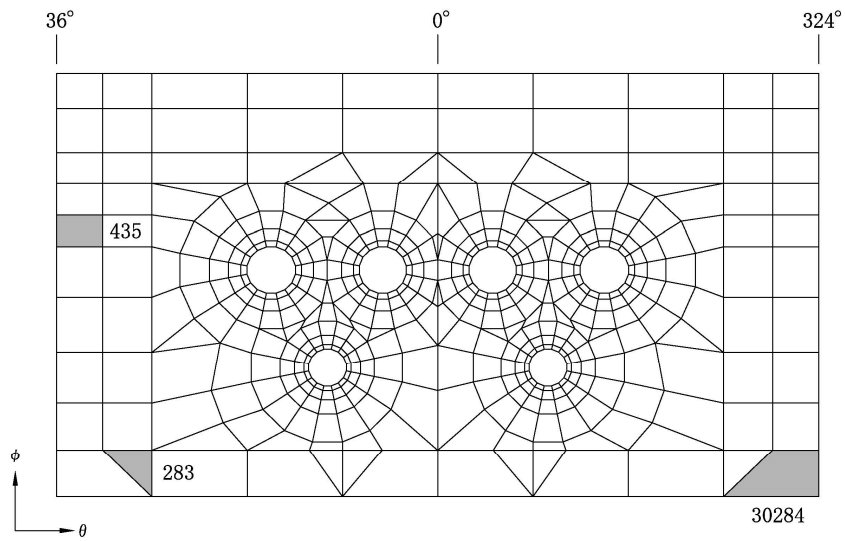


図 6-12 選定した要素の位置 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1)

表 6-8 評価結果 荷重状態Ⅲ・地震時(1)

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	30283	1-4	8.73	24.2
	鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	円周	30284	1-20	272	390
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	30368	1-17	2.84	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	円周	283	1-4	1.39	1.55

表 6-9 評価結果 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時(1)

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	30284	2-4	8.81	24.2
	鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	子午線	30284	2-17	231	390
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	435	2-21	2.51	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	円周	283	2-6	1.44	1.63

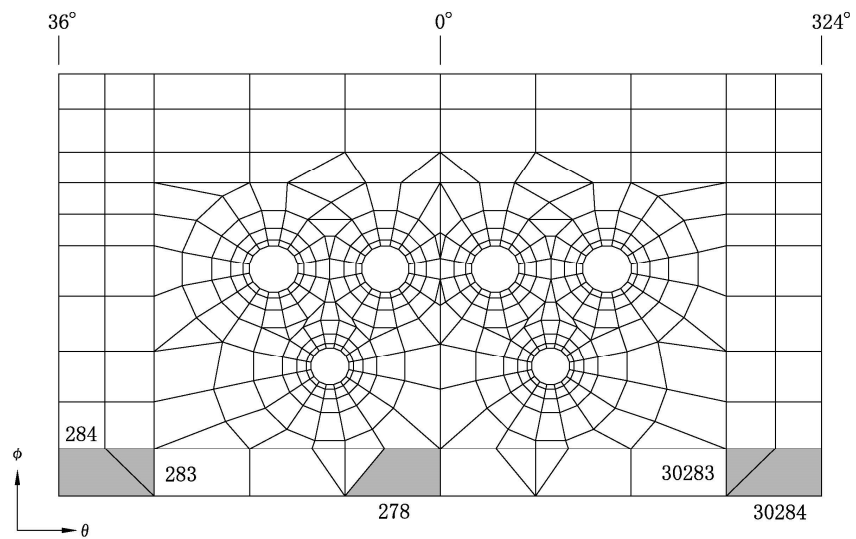


図 6-13 選定した要素の位置 荷重状態IV・地震時(2)

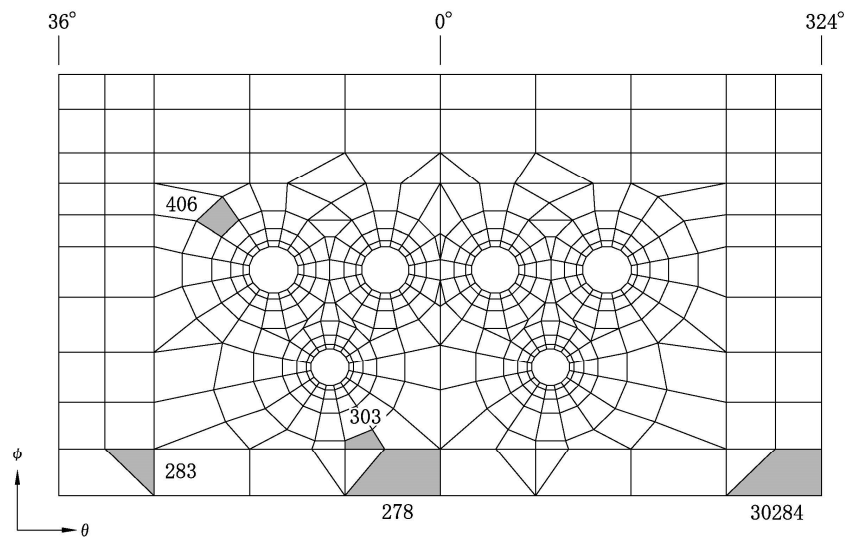


図 6-14 選定した要素の位置 荷重状態IV・(異常+地震)時(2)

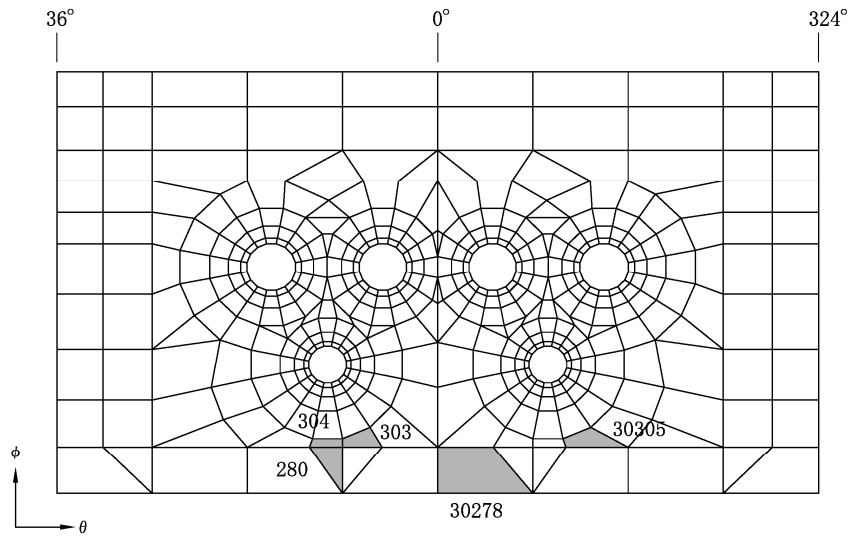


図 6-15 選定した要素の位置 荷重状態 V ・ (異常+地震) 時 (3)

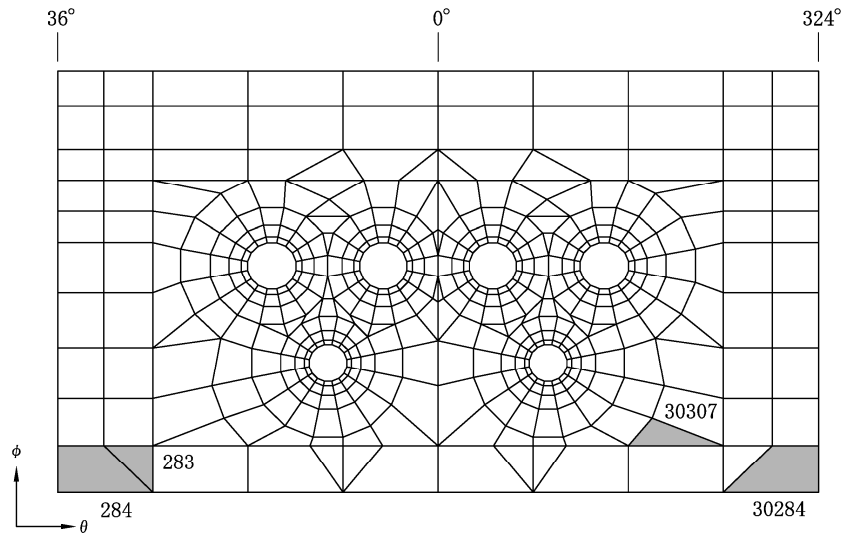


図 6-16 選定した要素の位置 荷重状態 V ・ (異常+地震) 時 (4)

表 6-10 評価結果 荷重状態Ⅳ・地震時(2)

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30284	3-4	0.432	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	283	3-2	0.321	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	284	3-8	6.14	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	278	3-5	3.56	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	30283	3-6	0.486*	2.25

注記*：応力の再配分等を考慮して応力の平均化を行った結果を示す。

表 6-11 評価結果 荷重状態Ⅳ・(異常+地震)時(2)

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	303	4-17	0.249	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	406	4-23	0.325	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30284	4-7	3.02	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	278	4-21	2.52	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	283	4-6	1.07	2.14

表 6-12 評価結果 荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(3)

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	303	5-1	0.588	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30305	5-1	0.958	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30278	5-5	1.18	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	280	5-1	1.87	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	304	5-1	1.41	1.95

表 6-13 評価結果 荷重状態 V・(異常+地震)時(4)

評価項目	方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値	
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30284	6-4	0.472	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	30307	6-1	0.545	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	284	6-8	5.70	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	30284	6-7	3.45	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	283	6-4	0.407*	2.05

注記*：応力の再配分等を考慮して応力の平均化を行った結果を示す。

7. 引用文献

- (1) Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993
- (2) 出雲淳一, 島弘, 岡村甫 : 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol.25, No.9, 1987.9

別紙 1 鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響
(原子炉格納容器コンクリート部)

目 次

1. 概要	別紙 1-1
2. コンクリート及び鉄筋の温度の影響に関する調査	別紙 1-1
2.1 鉄筋コンクリートの高温時の特性	別紙 1-1
2.2 既往の文献による高温時のコンクリートの特性	別紙 1-2
3. 施設を構成する部材の構造特性	別紙 1-4
4. まとめ	別紙 1-4

1. 概要

原子炉格納容器コンクリート部（以下「RCCV」という。）は、炉心が損傷するような重大事故等時において、設計圧力、設計温度を超えることが想定される。RCCV 内の温度は、重大事故等時には高温状態が一定期間継続すると推定される。

よって、RCCV について、既往の文献・規格等に基づき、高温時の健全性を確認する。

2. コンクリート及び鉄筋の温度の影響に関する調査

2.1 鉄筋コンクリートの高温時の特性

鉄筋コンクリートは、コンクリートと鉄筋で構成され、「構造材料の耐火性ガイドブック」（（社）日本建築学会，2009）によると、一般に、コンクリート・鉄筋は、温度の上昇と共に強度・剛性は劣化し、ひずみが大きくなる傾向にあるとされている。

コンクリートについては、セメント水和物及びその吸着水、水和物で構成される細孔内に存在する毛管水、毛管より大きな空隙に存在する自由水から成る多孔体である。一般的にコンクリートの温度が 70℃程度では、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100℃以下では圧縮強度の低下は小さいとされる。また、コンクリートの温度が大気圧において 100℃を超すと自由水が脱水し始め、その温度作用時間が長期間になると結晶水も脱水し始める。コンクリート温度が 190℃付近では結晶水が解放され始め、更に高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされる。

鉄筋については、「構造材料の耐火性ガイドブック」（（社）日本建築学会，2009）によると、強度及び剛性は、概ね 200℃から 300℃までは常温時の特性を保持するとされている。

2.2 既往の文献による高温時のコンクリートの特性

RCCV シェル部及びトップスラブ部は、高温となる内表面が鋼製ライナで覆われていることから、高温によるコンクリートからの水分逸散のないシール状態にある。また、RCCV 底部は、鋼製ライナとコンクリートが一体となっていること、重大事故等時に下部ドライウェル及びサブプレッションプールが水で満たされていることから、高温によるコンクリートからの水分逸散のないシール状態にある。それを踏まえ、シール状態で高温加熱を受けたコンクリートの文献収集を行った。高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献を表 2-1 に示す。

文献 No. 1 及び No. 2 では、加熱温度 175℃のコンクリートへの影響について検討されている。文献 No. 1 では、シール状態において強度は熱水反応により一様な変化は示さないとされており、加熱期間 91 日までは、概ね加熱前と強度は同等と考えられる。アンシール状態では加熱期間 28 日までの低下率は 10%以内に収まるとされている。文献 No. 2 では、シール状態においては、加熱期間 91 日まで強度の低下は認められない。

また、文献 No. 3～No. 7 は、加熱温度 110℃のコンクリートへの影響について検討されている。No. 4 は加熱期間 50 日について検討されており、強度低下は認められない。また、No. 3 は加熱期間 3.5 年間、No. 5～No. 7 は加熱期間 2 年間について検討され、いずれも強度の低下傾向は認められないとされている。

それぞれの加熱温度における剛性に着目すると、加熱温度 175℃において、アンシールの条件下では、加熱期間 1 日でも急激に低下する場合があるとされており、水分の逸散と高い相関があると考えられる。一方、シール状態では大きな低下はなく、加熱温度 110℃では加熱後ごく初期に剛性の変化は収束するとされている。

以上より、175℃程度までの高温環境ではコンクリート強度への影響は小さい。また、コンクリートの剛性については、高温環境による水分逸散の影響が大きく、シール状態においても剛性の低下の傾向は認められるが、加熱後ごく初期に収束するため影響はない。

表 2-1 高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献一覧

No.	文献名 (出典)	著者	試験条件		
			温度	加熱期間	水分
1	高温 (175 °C) を受けたコンクリートの強度性状 (セメント・コンクリートNo.449, July 1984)	川口 徹, 高橋久雄	175°C	1~91日	シール アンシール
2	高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究 (日本建築学会構造系論文集 第457号, 1994年3月)	長尾覚博, 中根 淳	40 ~ 175 , 300 , 600°C	1~91日 (~175°C) 7日 (300, 600°C)	シール アンシール
3	熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究 (第48回セメント技術大会講演集, 1994)	長尾覚博, 鈴木智巳, 田渕正昭	①65, 90, 110°Cの 一定加熱 ②20~110°Cのサイ クル加熱	1日~3.5年間	シール アンシール
4	長期高温加熱がコンクリートの力学特性に及ぼす影響の検 討 (日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), 2010年9月)	木場将雄, 山本知弘, 久野通也, 島本 龍, 一瀬賢一, 佐藤 立	①20°Cの一定加熱 ②110°Cのサイクル 加熱	①50日 ②1~50サイクル (1サイクル: 1日, 110°Cの期間: 9時間)	シール アンシール
5	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その1 実験計画と結果概要) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	藪田 敏, 長尾覚博, 北野剛人, 守屋正裕, 池内俊之, 大池 武			
6	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その2 普通コンクリートの力学特性試験結果) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	池内俊之, 長尾覚博, 北野剛人, 守屋正裕, 藪田 敏, 大池 武	①20, 110, 180, 325°Cの一定加熱 ②~110°C, ~180°C ~325°Cのサイク ル加熱	①1日~24か月 ②1~180サイクル (1サイクル: 72時間, 高温保持時間: 24時 間)	シール アンシール
7	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その3 耐熱コンクリートの力学特性試験結果) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	大池 武, 池内俊之, 北野剛人, 長尾覚博, 藪田 敏, 守屋正裕			

3. 施設を構成する部材の構造特性

「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（（社）日本機械学会，2003）では，部材内の温度差及び拘束により発生する熱応力は，自己拘束的な応力であることから，十分な塑性変形能力がある場合，終局耐力に影響しないこととされている。

また，RCCV 底部について，コンクリート内表面が高温となっても，十分な厚さのコンクリートがあり，その底面の地中温度は不易層より深い地中の温度（15.5℃）であるため，全体が高温になることはない。更に，RCCV 底部の内表面が高温となると，その下端には水平方向に引張りが発生するが，地盤による拘束もあるため，その応力レベルは部材剛性に影響を与えるものではない。

更に，基礎地盤の支持性能について，重大事故等時の状態と設計基準状態とで，材料特性の相違は小さく，地震応答解析による接地圧への影響は大きくないと考えられ，かつ設計基準の状態における基準地震動 S_s に対する最大接地圧は，許容限界に対して十分な余裕を有していることから，構造特性についても設計基準状態との相違は小さい。

4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の高温時の健全性について，既往の文献・規格等に基づき評価を行い，原子炉格納容器の重大事故等時における高温状態に対しても，鉄筋コンクリート構造物の強度及び剛性への影響は小さいことを確認した。

別紙 2 温度分布解析

目 次

1. 概要	別紙 2-1
2. 解析概要	別紙 2-1
3. 解析条件	別紙 2-3
4. 解析結果及び設計用温度荷重	別紙 2-8

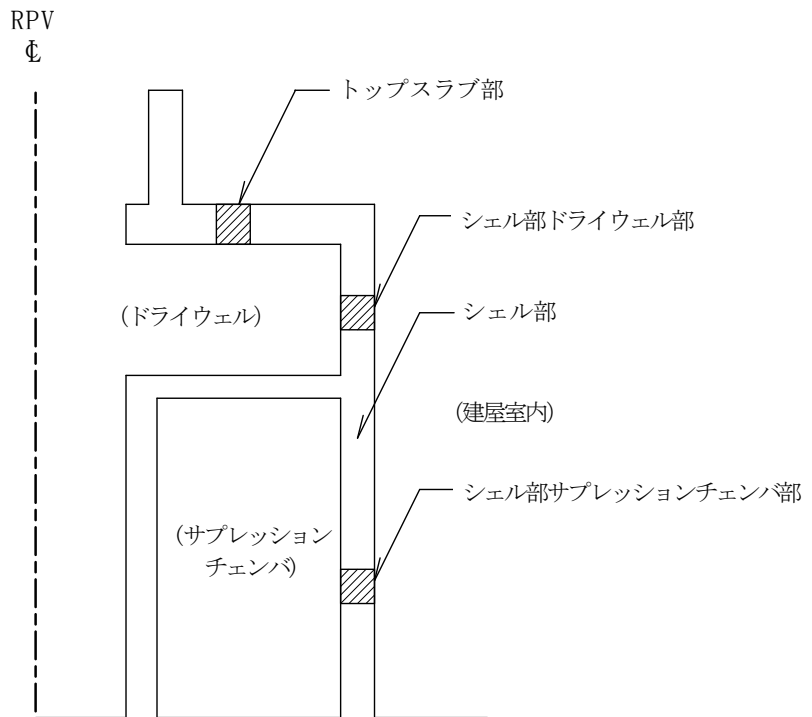
1. 概要

既工認に基づき設定する運転時温度荷重 (T_1) 及び異常時温度荷重 (T_2) について、既工認時の温度分布解析の内容を示す。

なお、本資料では、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 IV-1-3 「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」及び IV-3-4-1-1 「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」並びに平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14561 号にて認可された工事計画の添付書類 IV-2-4-2-1 「使用済燃料貯蔵プール（キャスクピットを含む。）の耐震性についての計算書」を、以下「既工認」という。

2. 解析概要

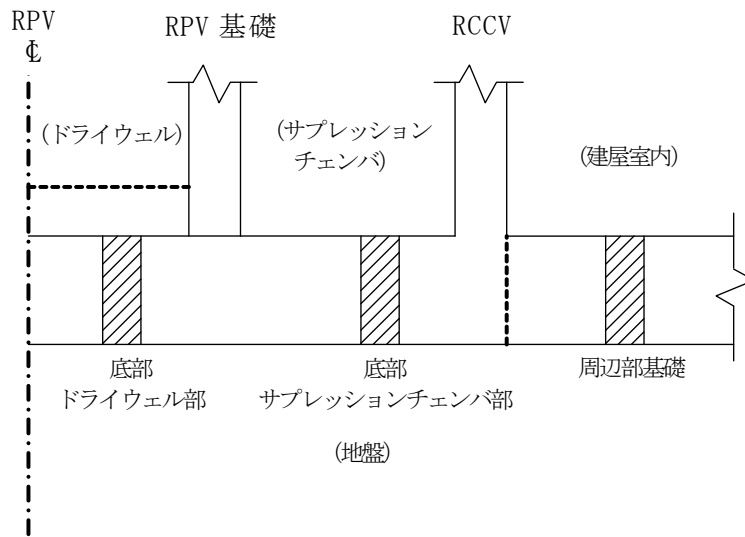
運転時については、熱流が定常状態であるため、定常温度分布解析を行っている。また、異常時については、時間的な温度変化があるため、非定常温度分布解析を行っている。解析箇所を図 2-1 に示す。



注：原子炉圧力容器を、以下「RPV」という。

(a) シェル部及びトップスラブ部

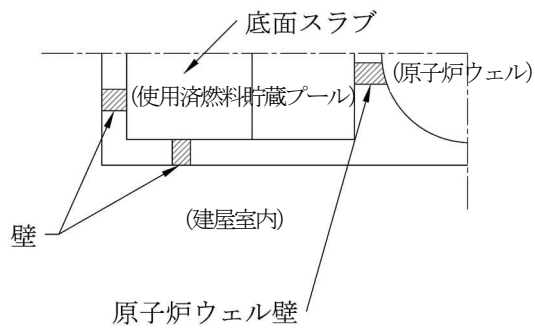
図 2-1 解析箇所 (1/2)



注 1 : 原子炉本体基礎を、以下「RPV 基礎」という。

注 2 : 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器を、以下「RCCV」という。

(b) 基礎スラブ



(c) 使用済燃料貯蔵プール

図 2-1 解析箇所 (2/2)

3. 解析条件

解析に用いる各部位の雰囲気温度を表 3-1 に、RCCV 内部の異常時の非定常温度条件を図 3-1 に示す。また、解析モデルを図 3-2 に、材料の物性値を表 3-2 に、表面熱伝達率を表 3-3 に示す。なお、図 2-1 に示した解析箇所のうち、図 3-2 に示した解析箇所以外については、解析モデルを用いず、理論解により解析を実施している。

表 3-1 各部位の雰囲気温度

(単位：℃)

部位		運転時	異常時
使用済燃料貯蔵プール		52.0	
蒸気乾燥器・気水分離器ピット	夏	40.0	
	冬	10.0	
原子炉ウエル		*	
ドライウエル		57.0	図 3-1
サプレッションチェンバ		35.0	
建屋室内	夏	40.0	
	冬	10.0	
地盤		15.5	

注記*：ドライウエル上鏡を介してのドライウエルからの熱伝達を考慮する。

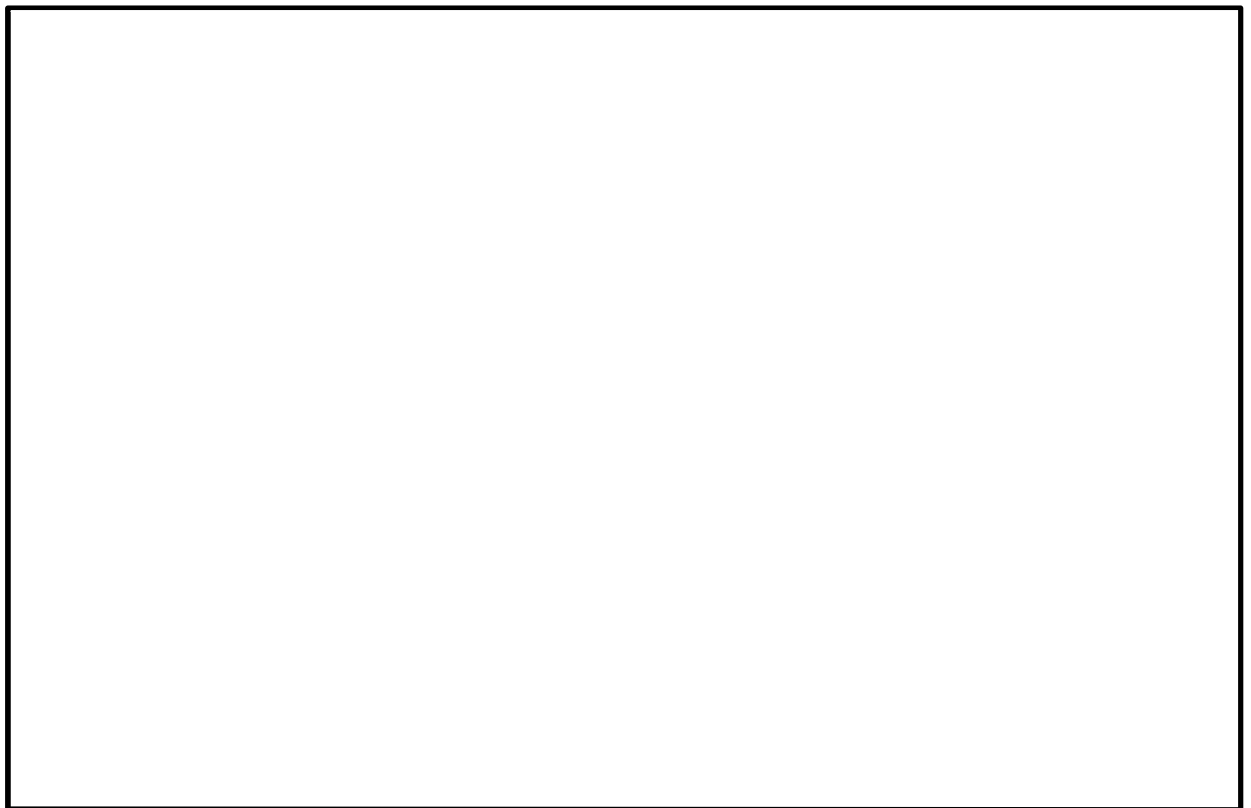
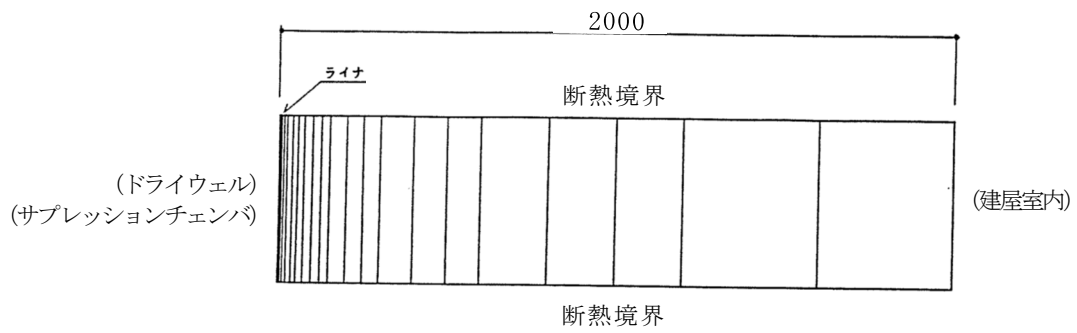
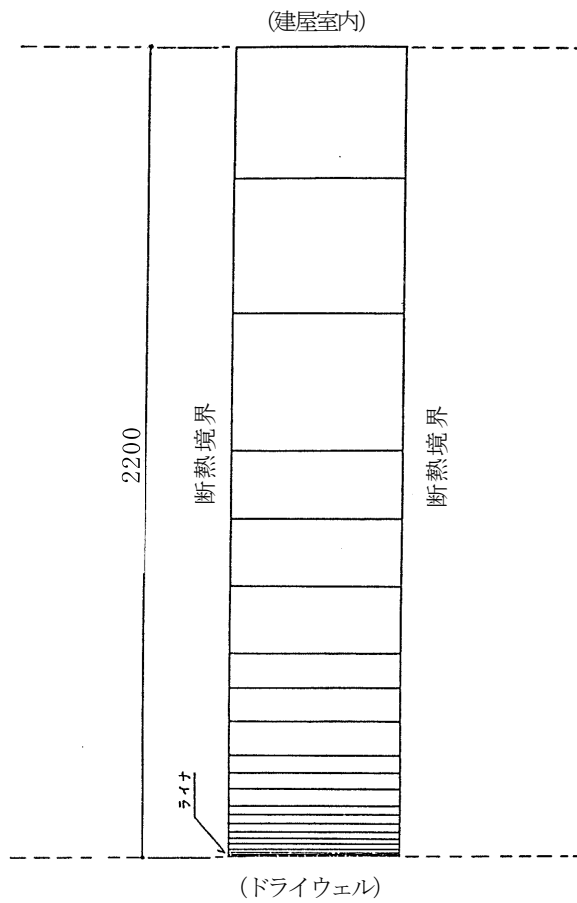


図 3-1 RCCV 内部の異常時の非定常温度条件

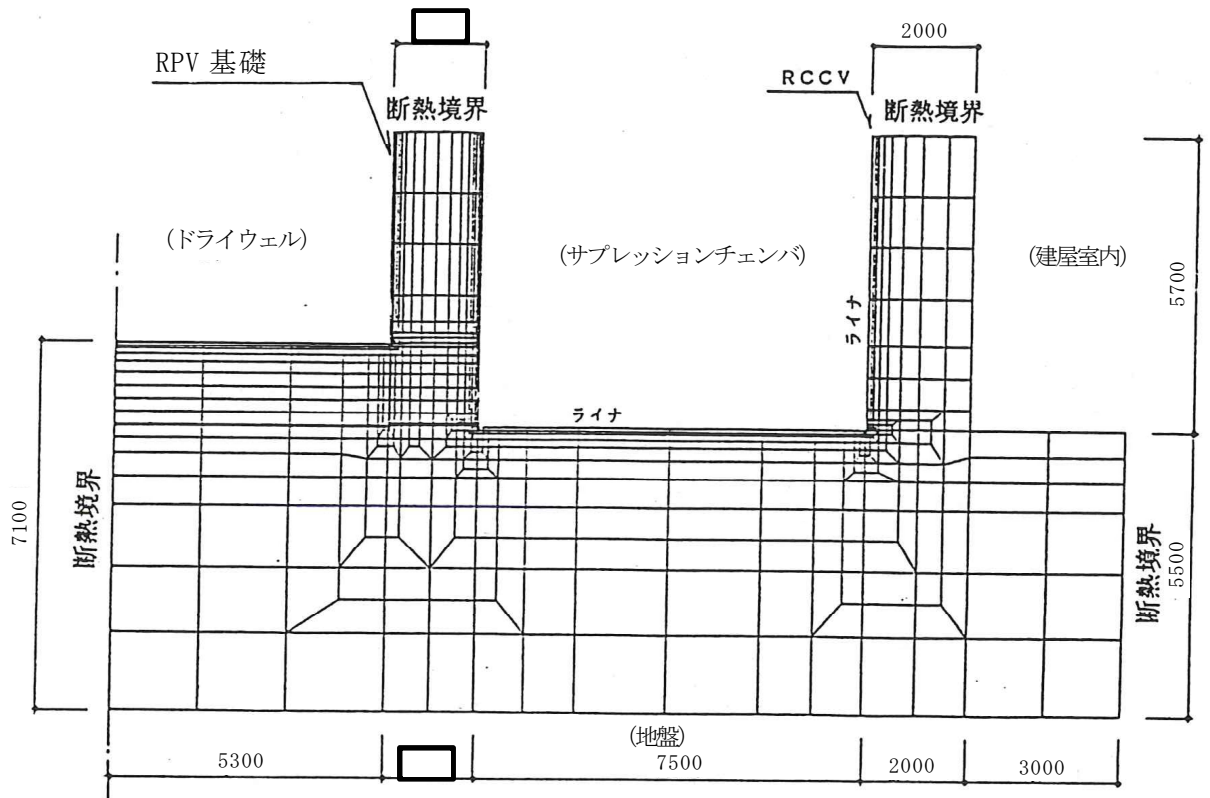


(a) シェル部

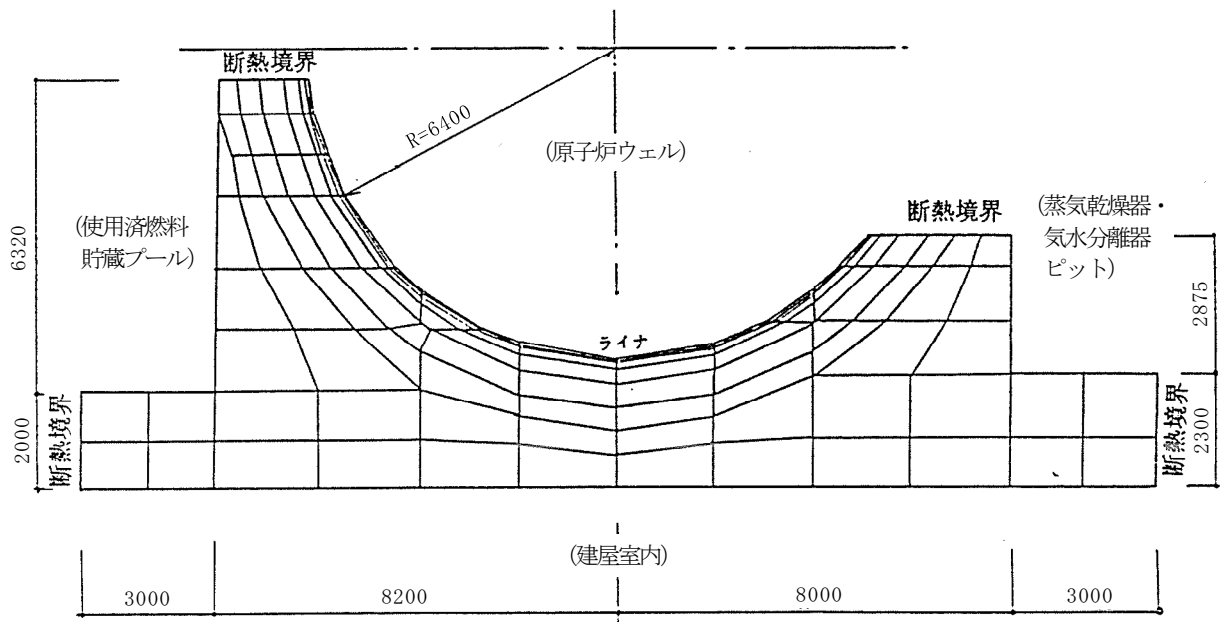


(b) トップスラブ部

図 3-2 解析モデル (1/2) (単位 : mm)



(c) 底部



(d) 原子炉ウエル壁

図 3-2 解析モデル (2/2) (単位 : mm)

表 3-2 材料の物性値

材料	比重量 ρ (kg/m ³)	比熱 c (kcal/kg・°C)	熱伝導率 λ (kcal/m・h・°C)
コンクリート	2200	0.21	1.40
一般炭素鋼*	7830	0.11	46.0
ステンレス鋼*	7820	0.118	14.0

注記*：ステンレス鋼はサプレッションプールのシェル部ライナに使用し、一般炭素鋼はそれ以外のライナに使用する。

表 3-3 表面熱伝達率

(単位：kcal/m²・h・°C)

表面	熱伝達率	
	運転時	異常時
使用済燃料貯蔵プール	∞	
蒸気乾燥器・気水分離器ピット	3.0	
原子炉ウエル	1.0	6.0
ドライウエル	1.2	∞
サプレッションチェンバ	∞	
建屋室内	3.0	
地盤	∞	

4. 解析結果及び設計用温度荷重

各部位の設計用温度荷重は、温度分布解析により得られた平均温度（ T_d ）と表面の温度差（ T_g ）を包絡するように設定する。各部位の解析結果及び設計用温度荷重を表4-1に示す。

表 4-1 各部位の解析結果及び設計用温度荷重 (1/3)

(a) シェル部ドライウエル部

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	46.5	49.0	9.2	10.0	54.0	44.0
	冬	28.1	33.0	25.5	31.0	48.5	17.5
異常時 (720 時間後)	夏	49.3	50.0	10.2	11.0	55.5	44.5
	冬	36.7	37.0	35.0	36.0	55.0	19.0

(b) シェル部サプレッションチェンバ部

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	37.1	38.0	-4.1	-5.0	35.5	40.5
	冬	24.5	25.0	20.5	21.0	35.5	14.5
異常時 (720 時間後)	夏	49.1	50.0	10.4	11.0	55.5	44.5
	冬	36.6	37.0	35.1	36.0	55.0	19.0

(c) トップスラブ部

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	46.9	49.0	9.7	11.0	54.5	43.5
	冬	29.2	34.0	26.9	32.0	50.0	18.0
異常時 (720 時間後)	夏	49.6	51.0	10.3	11.0	56.5	45.5
	冬	37.1	38.0	35.2	36.0	56.0	20.0

表 4-1 各部位の解析結果及び設計用温度荷重 (2/3)

(d) 底部ドライウエル部

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	上面	下面
運転時	夏	29.9	30.0	30.0	30.0	45.0	15.0
	冬	29.9	30.0	30.0	30.0	45.0	15.0
異常時 (720 時間後)	夏	30.6	31.0	32.9	33.0	47.5	14.5
	冬	30.6	31.0	32.9	33.0	47.5	14.5

(e) 底部サプレッションチェンバ部

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	上面	下面
運転時	夏	25.3	26.0	19.5	20.0	36.0	16.0
	冬	24.9	25.0	19.5	20.0	35.0	15.0
異常時 (720 時間後)	夏	32.6	33.0	39.6	40.0	53.0	13.0
	冬	32.2	33.0	39.7	40.0	53.0	13.0

(f) 周辺部基礎

(単位: °C)

	季節	平均温度 T d		温度差 T g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	上面	下面
運転時	夏	26.8	27.0	22.6	23.0	38.5	15.5
	冬	13.0	14.0	-5.1	-6.0	11.0	17.0
異常時 (720 時間後)	夏	26.8	27.0	22.6	23.0	38.5	15.5
	冬	13.0	14.0	-5.1	-6.0	11.0	17.0

表 4-1 各部位の解析結果及び設計用温度荷重 (3/3)

(g) 使用済燃料貯蔵プール壁

(単位：℃)

	季節	平均温度 T _d		温度差 T _g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	47.1	47.15	9.7	9.7	52.0	42.3
	冬	35.0	35.0	34.0	34.0	52.0	18.0

(h) 使用済燃料貯蔵プール底面スラブ

(単位：℃)

	季節	平均温度 T _d		温度差 T _g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	47.0	47.0	10.0	10.0	52.0	42.0
	冬	34.5	34.55	34.9	34.9	52.0	17.1

(i) 原子炉ウエル壁

(単位：℃)

	季節	平均温度 T _d		温度差 T _g		設計用温度荷重 (表面温度)	
		解析結果	採用値	解析結果	採用値	内面	外面
運転時	夏	53.4	53.4	-2.8	-2.8	52.0	54.8
	冬	53.2	53.3	-2.5	-2.6	52.0	54.6

VI-2-9-2-2 原子炉格納容器ライナ部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	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	9
4.1 構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容値	9
4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態	9
4.2.2 許容値	9
4.2.3 設計荷重	13
4.3 設計用地震力	14
4.4 計算方法	15
4.5 計算条件	17
4.6 ひずみ及び変位の評価	17
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	28
6. 参照図書	35

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器ライナ部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は原子炉格納容器ライナ部のうち、ライナプレートのひずみ評価及びライナアンカの変位評価により行う。

原子炉格納容器ライナ部は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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原子炉格納容器ライナ部の評価は、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

原子炉格納容器ライナ部の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉格納容器ライナ部は、ライナプレート及びライナアンカで構成され、原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p>	<p>原子炉格納容器ライナ部は、ライナプレート及びライナアンカで構成される鋼製構造物である。</p>	<p>原子炉格納容器ライナ部</p> <p>コンクリート部</p> <p>ライナアンカ</p> <p>A~A断面図</p> <p>ライナプレート</p> <p>シェル部ライナ 詳細図</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉格納容器ライナ部の評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「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ひずみ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。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉格納容器ライナ部の耐震評価フローを図2-1に示す。

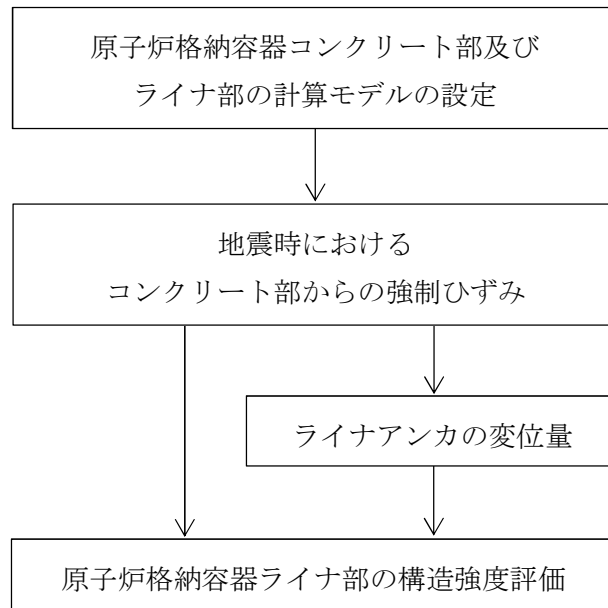


図2-1 原子炉格納容器ライナ部の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格(コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE 1-2003)
(以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径 ($i = 1, 2$)	mm
L	活荷重	—
l_i	長さ ($i = 1, 2, 3\cdots$)	mm
P_i	圧力 ($i = 1, 2, 3\cdots$)	—
P_{SAL}	圧力 (SA後長期内圧)	kPa
P_{SALL}	圧力 (SA後長々期内圧)	kPa
R_i	配管荷重 ($i = 1, 2, 3\cdots$)	—
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	—
T_i	温度	—
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3\cdots$)	mm
δ_u	ライナアンカの破断変位量	mm
ε_x	ライナプレートのX方向のひずみ	—
ε_y	ライナプレートのY方向のひずみ	—

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。

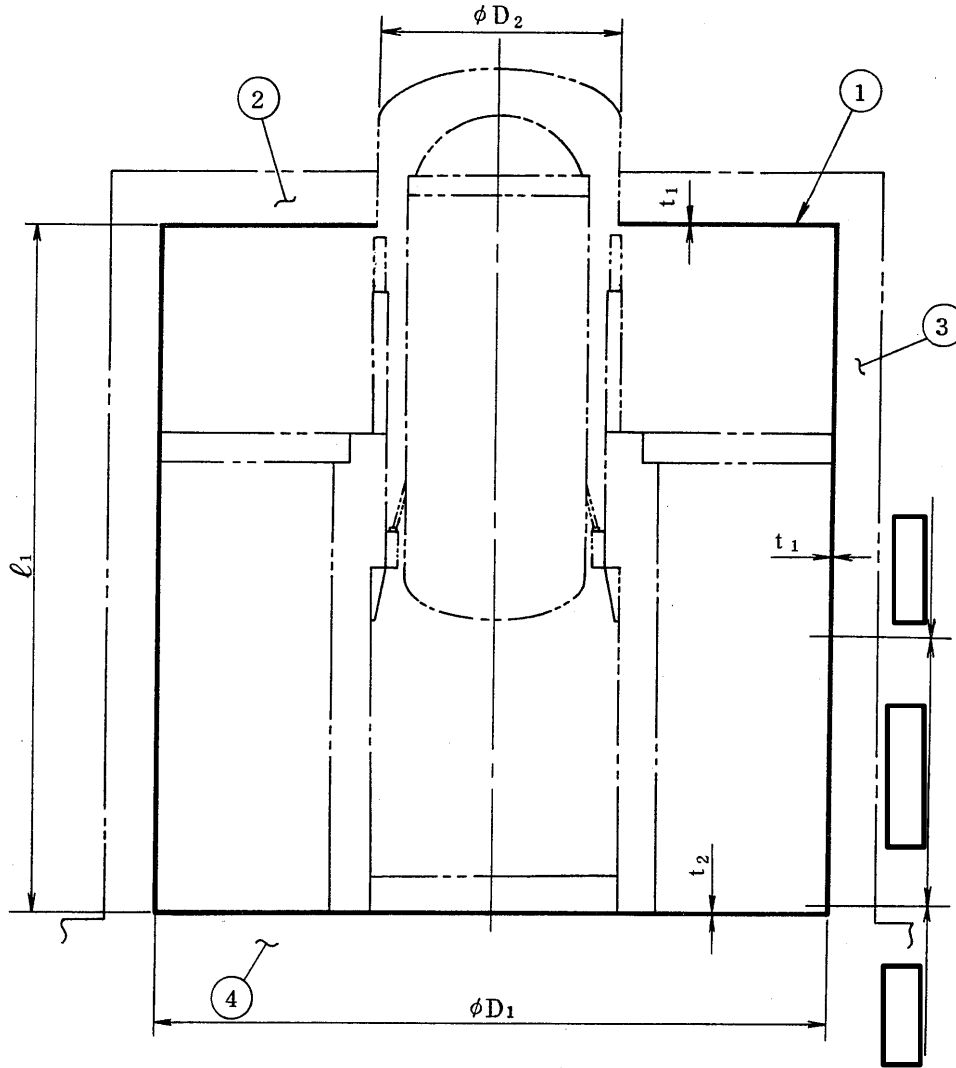
表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位*
許容ひずみ	—	—	—	小数点以下第3位
算出ひずみ	—	小数点以下第6位	切上げ	小数点以下第5位
許容変位量	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
算出変位量	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位

注記*：必要に応じて小数点以下第1位を用いる。

3. 評価部位

原子炉格納容器ライナ部の形状及び主要寸法を図3-1～図3-3に、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。

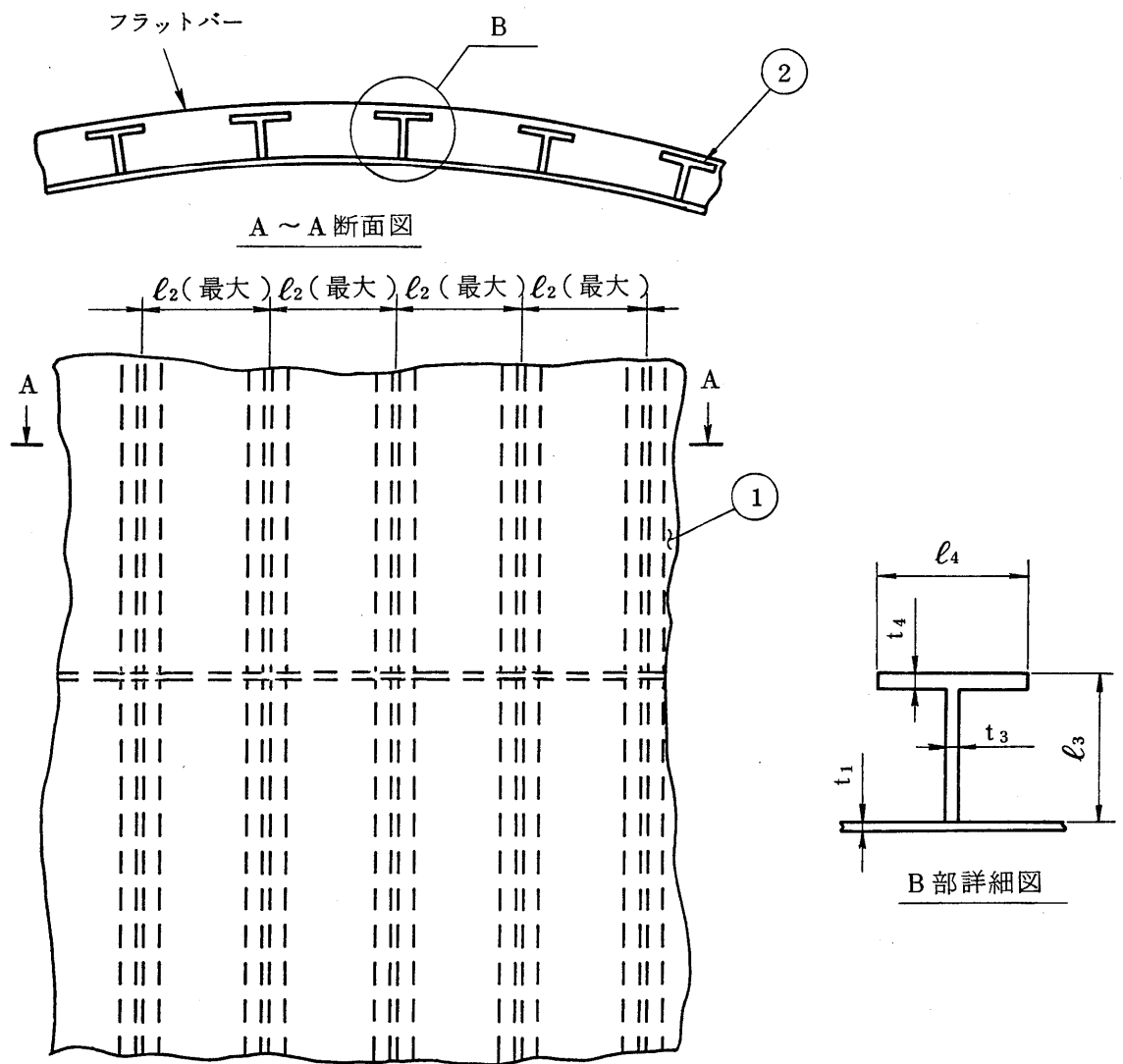


注：貫通部フランジプレート，ライナプレートの隅角部及び附属物を取り付くライナプレートは，厚板としている箇所がある。

①ライナプレート ②トップスラブ部 ③シェル部 ④底部

$D_1 =$
 $D_2 =$
 $\ell_1 =$
 $t_1 =$
 $t_2 =$
 (単位：mm)

図3-1 原子炉格納容器ライナ部の形状及び主要寸法



①ライナプレート ②ライナアンカ

$l_2 =$
 $t_4 =$

$l_3 =$

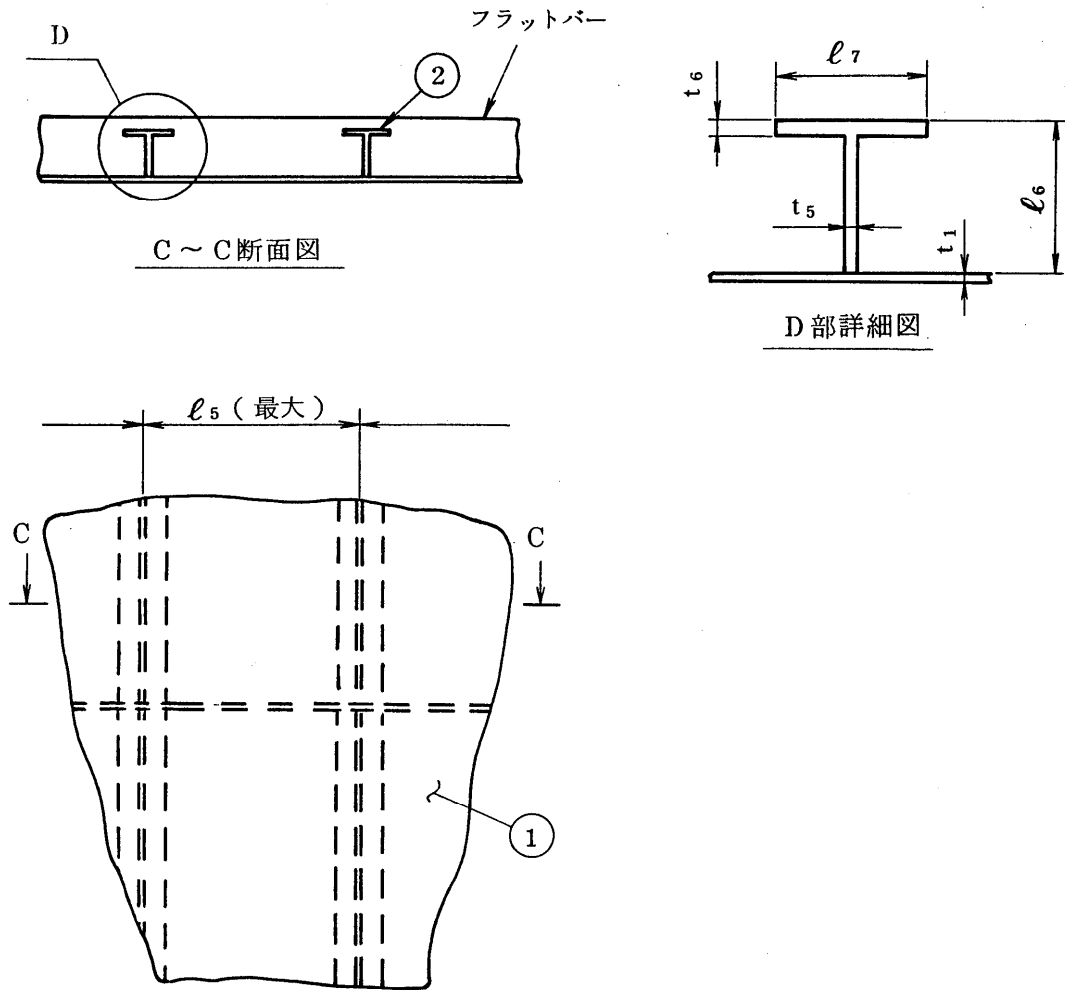
$l_4 =$

$t_1 =$

$t_3 =$

(単位: mm)

図 3-2 シェル部ライナの形状及び主要寸法



①ライナプレート ②ライナアンカ

$l_5 =$ $l_6 =$ $l_7 =$ $t_1 =$ $t_5 =$
 $t_6 =$

(単位：mm)

図 3-3 トップスラブ部ライナ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
ライナプレート			
ライナアンカ			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器ライナ部のライナプレートは、コンクリート部に加わる荷重により、コンクリート部に生じる変形に伴う強制ひずみを受ける。VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」において計算された荷重に基づき、VI-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」において計算されたライナプレートのひずみを用いて、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。
- (2) 構造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値

4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態

原子炉格納容器ライナ部の荷重の組合せ及び荷重状態の評価のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

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

4.2.2 許容値

原子炉格納容器ライナ部の許容値はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-3に示すとおりとする。

表 4-1 荷重の組合せ及び荷重状態 (設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1		荷重状態
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	原子炉格納 容器ライナ部	S	クラスMC 容器	$D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S d^*$	(10)	Ⅲ
						(11)	
					(14)		
					$D + L + P_1 + R_1 + S s$	(12)	Ⅳ
						(13)	
						(14)	
							(15)
					$D + L + P_2 + R_2 + S d^{**2}$	(17)	Ⅳ

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

*2：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

表 4-2 荷重の組合せ及び荷重状態（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		荷重状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + L + P_3 + R_3 + S_d$ *3	(V(L)-1)	V *4
					$D + L + P_4 + R_4 + S_s$	(V(LL)-1)	V *4

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

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

*3：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*4：VとしてIVの許容限界を用いる。

表4-3 原子炉格納容器ライナ部の許容値 (クラスMC容器)

荷重状態	許容限界 (ライナプレート)				許容限界*2 (ライナアンカ) (単位: mm)
	膜ひずみ		膜ひずみ+ 曲げひずみ		強制ひずみ荷重に 対する許容変位量*3
	引張	圧縮	引張	圧縮	
III	0.003	0.005	0.010	0.014	0.5・ δ_u
IV					
V*1					

注記*1: VとしてIVの許容限界を用いる。

*2: C C V規格 CVE-3651.1の許容値を用いることができる。

*3: CVE-3622においては、「ライナプレートの降伏時の荷重が、ライナアンカの最大荷重を超えない場合は、この限りではない」旨が規定されているが、本計算書においてはこの規定にかかわらず、許容変位量との比較により評価を実施する。

4.2.3 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

a. コンクリート部からの強制ひずみ

原子炉格納容器ライナ部のライナプレートは、以下に示すコンクリート部に加わる荷重により、コンクリート部に生じる変形に伴う強制ひずみを受ける。以下に主な荷重を示す。なお、荷重の詳細はVI-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」による。

(a) 圧力

設計基準対象施設の評価に用いる圧力として、下記を考慮する。

圧力（通常運転時）	±13.7kPa
内圧（冷却材喪失事故直後）	248kPa（ドライウエル）
内圧（冷却材喪失事故直後）	177kPa（サプレッションチェンバ）
内圧（冷却材喪失事故後 720 時間）	34.3kPa

(b) 水力的動荷重

設計基準対象施設の評価に用いる水力的動荷重として、サプレッションチェンバに作用する逃がし安全弁作動時荷重を考慮する。

正圧	<input type="text"/> kPa
負圧	<input type="text"/> kPa

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

a. コンクリート部からの強制ひずみ

原子炉格納容器ライナ部のライナプレートは、以下に示すコンクリート部に加わる荷重により、コンクリート部に生じる変形に伴う強制ひずみを受ける。以下に主な荷重を示す。なお、荷重の詳細はVI-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」による。

(a) 圧力

重大事故等時の圧力として、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、下記を考慮する。

内圧 P _{SAL}	620kPa（S A 後長期）
内圧 P _{SALL}	150kPa（S A 後長々期）

(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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、下記に示す水位によるドライウエル及びサブプレッションチェンバの水荷重及び水頭圧を考慮する。

ドライウエル 水位 T. M. S. L. 7400mm

サブプレッションチェンバ 水位 T. M. S. L. 8750mm

(c) 水力学的動荷重

重大事故等対処設備としての水力学的動荷重として、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、サブプレッションチェンバに作用するチャギング荷重を考慮する。

正圧 kPa
負圧 kPa

4.3 設計用地震力

原子炉格納容器ライナ部の評価に用いる地震荷重は、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す原子炉格納施設の地震応答解析結果を用いる。

4.4 計算方法

原子炉格納容器ライナ部の評価点は、原子炉格納容器ライナ部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生ひずみが大きくなる部位を選定する。選定した評価点を表 4-4 及び図 4-1 に示す。

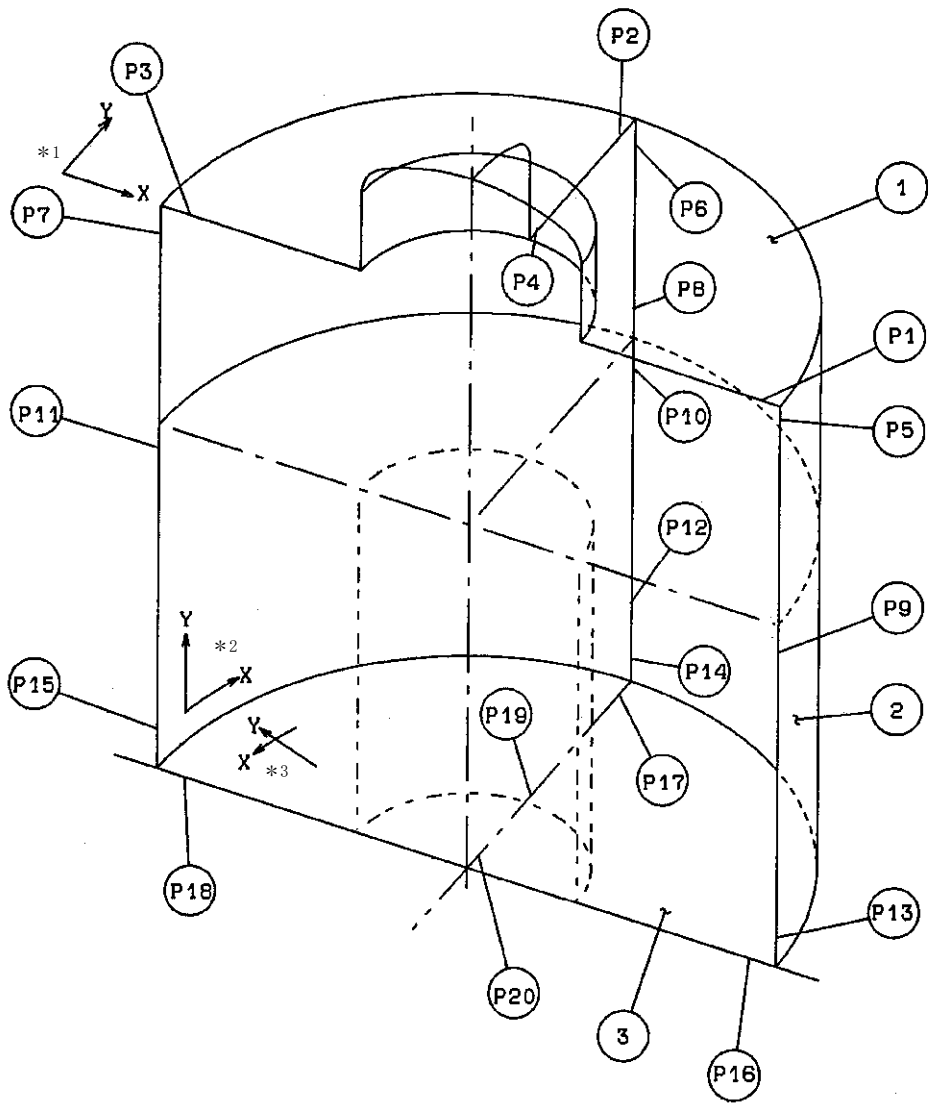
ひずみ及び変位の計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。評価の概要を以下に示す。

ひずみについては、VI-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」において計算されたひずみを用いて評価する。

変位については、ライナアンカ及びライナプレートをばねでモデル化し、コンクリート部からの強制ひずみにより発生する荷重を入力した場合の力の釣り合いを解くことで評価する。

表 4-4 原子炉格納容器ライナ部の評価点

評価点番号	評価点
P 1	トップスラブ部外側 (180° 側)
P 2	トップスラブ部外側 (90° 側)
P 3	トップスラブ部外側 (0° 側)
P 4	トップスラブ部内側 (90° 側)
P 5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)
P 6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)
P 7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)
P 8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)
P 9	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)
P 1 0	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)
P 1 1	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)
P 1 2	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)
P 1 3	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)
P 1 4	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)
P 1 5	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)
P 1 6	底部外側 (180° 側)
P 1 7	底部外側 (90° 側)
P 1 8	底部外側 (0° 側)
P 1 9	底部内側 (90° 側)
P 2 0	底部中央部



① トップスラブ部 ② シェル部 ③ 底部

注記*1：トップスラブ部の座標系。直交座標系である。

*2：シェル部の座標系。Xを円周方向，Yを鉛直方向とする円筒座標系である。

*3：底部の座標系。Xを円周方向，Yを放射方向とする円筒座標系である。

図 4-1 原子炉格納容器ライナ部の評価点

4.5 計算条件

ひずみ及び変位の計算に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容値」に示す。

4.6 ひずみ及び変位の評価

「4.4 計算方法」で求めたひずみ及び変位が許容値以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉格納容器ライナ部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「原子炉格納施設的设计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 荷重状態Ⅲに対する評価結果 (D + L + P₁ + R₁ + T₁ + S d*) (その 1)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	Ⅲ		許容値	判定	荷重の 組合せ
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P1	トップスラブ部外側 (180° 側)	引張	—*	0.00006	0.003	○	(16)
			圧縮	0.00048	0.00043	0.005	○	(14)
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00042	0.00051	0.005	○	(14)
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00052	0.00044	0.005	○	(14)
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	—*	0.00006	0.003	○	(14)
			圧縮	0.00041	0.00044	0.005	○	(14)
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00005	—*	0.003	○	(16)
			圧縮	0.00044	0.00058	0.005	○	(14)
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00001	—*	0.003	○	(16)
			圧縮	0.00042	0.00055	0.005	○	(14)
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00044	0.00052	0.005	○	(14)
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00044	0.00050	0.005	○	(14)
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00018	—*	0.003	○	(14)
			圧縮	0.00040	0.00051	0.005	○	(16)

注記* : 引張ひずみは生じない。

表 5-1 荷重状態Ⅲに対する評価結果 (D + L + P₁ + R₁ + T₁ + S d*) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	Ⅲ			判定	荷重の 組合せ
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P10	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00016	—*	0.003	○	(14)
			圧縮	0.00040	0.00056	0.005	○	(16)
	P11	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00019	—*	0.003	○	(14)
			圧縮	0.00042	0.00053	0.005	○	(16)
	P12	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00060	0.00081	0.005	○	(16)
	P13	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00063	0.00076	0.005	○	(16)
	P14	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00062	0.00079	0.005	○	(16)
	P15	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00063	0.00074	0.005	○	(16)
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00045	0.00048	0.005	○	(16)
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00044	0.00050	0.005	○	(16)
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00045	0.00048	0.005	○	(16)

注記* : 引張ひずみは生じない。

表 5-1 荷重状態Ⅲに対する評価結果 (D + L + P₁ + R₁ + T₁ + S d*) (その 3)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	Ⅲ		許容値	判定	荷重の 組合せ
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器	P19	底部内側 (90° 側)	引張	—*	0.00002	0.003	○	(14)
			圧縮	0.00044	0.00056	0.005	○	(16)
ライナ部	P20	底部中央部	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00046	0.00046	0.005	○	(14)

注記* : 引張ひずみは生じない。

表 5-1 荷重状態Ⅲに対する評価結果 (D + L + P₁ + R₁ + T₁ + S d*) (その 4)

評価対象 設備	評価部位		Ⅲ		判定	荷重の 組合せ
			ライナアンカの 変位量 (mm)	許容変位量 (mm)		
原子炉 格納容器 ライナ部	P14*	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (90° 側)	0.95	4.50	○	(16)

注記* : P1~P15 までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果 (D+L+P₁+R₁+S_s) (その1)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	IV		許容値	判定	荷重の 組合せ
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P1	トップスラブ部外側 (180° 側)	引張	0.00005	0.00003	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00011	0.00001	0.005	○	(15)
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	0.00003	0.00001	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00001	0.00009	0.005	○	(15)
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	0.00004	0.00003	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00014	0.00002	0.005	○	(15)
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	0.00009	0.00001	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00001	0.00002	0.005	○	(15)
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00004	0.00002	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00003	0.00021	0.005	○	(15)
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00003	0.00003	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00001	0.00015	0.005	○	(15)
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	0.00003	0.00004	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00003	0.00011	0.005	○	(15)
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00005	0.00007	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00005	0.00012	0.005	○	(15)
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00009	0.00005	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00002	0.00022	0.005	○	(15)

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果 (D+L+P₁+R₁+S_s) (その2)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	IV			判定	荷重の 組合せ
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P10	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00008	0.00059	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00002	0.00031	0.005	○	(15)
	P11	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00082	0.00033	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00066	0.00033	0.005	○	(15)
	P12	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00012	0.00087	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00004	0.00036	0.005	○	(15)
	P13	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)	引張	0.00008	0.00040	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00007	0.00024	0.005	○	(15)
	P14	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)	引張	0.00008	0.00051	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00012	0.00033	0.005	○	(15)
	P15	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)	引張	0.00004	0.00029	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00009	0.00021	0.005	○	(15)
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	0.00003	0.00008	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00013	0.00024	0.005	○	(15)
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	0.00004	0.00011	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00014	0.00028	0.005	○	(15)
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	0.00003	0.00008	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00014	0.00024	0.005	○	(15)

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果 (D+L+P₁+R₁+S_s) (その3)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	IV			判定	荷重の 組合せ
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P19	底部内側 (90° 側)	引張	0.00003	0.00013	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00012	0.00044	0.005	○	(15)
	P20	底部中央部	引張	0.00002	0.00002	0.003	○	(15)
			圧縮	0.00010	0.00009	0.005	○	(15)

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果 (D+L+P₁+R₁+S_s) (その4)

評価対象 設備	評価部位		IV		判定	荷重の 組合せ
			ライナアンカの 変位量 (mm)	許容変位量 (mm)		
原子炉 格納容器 ライナ部	P11*	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	0.65	4.50	○	(15)

注記* : P1~P15 までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

表 5-2(2) 荷重状態IVに対する評価結果 (D + L + P₂ + R₂ + S d*) (その 1)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	IV		許容値	判定	備考
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P1	トップスラブ部外側 (180° 側)	引張	0.00005	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00002	0.005	○	
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	0.00002	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00001	0.005	○	
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	0.00008	0.00001	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00003	0.005	○	
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	—*1	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00006	—*2	0.005	○	
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00003	0.00005	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00005	0.005	○	
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00003	0.00011	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00004	0.005	○	
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	0.00002	0.00018	0.003	○	
			圧縮	0.00002	—*2	0.005	○	
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00005	0.00004	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00007	0.005	○	
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00007	0.00001	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00012	0.005	○	

注記*1：引張ひずみは生じない。

*2：圧縮ひずみは生じない。

表 5-2(2) 荷重状態Ⅳに対する評価結果 (D + L + P₂ + R₂ + S d*) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	Ⅳ			判定	備考
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P10	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00006	0.00004	0.003	○	
			圧縮	—*	0.00015	0.005	○	
	P11	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00021	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00018	0.00011	0.005	○	
	P12	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00012	0.00033	0.003	○	
			圧縮	—*	0.00019	0.005	○	
	P13	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)	引張	0.00005	0.00004	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00013	0.005	○	
	P14	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)	引張	0.00010	0.00019	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00016	0.005	○	
	P15	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)	引張	0.00006	0.00005	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00011	0.005	○	
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	0.00003	0.00005	0.003	○	
			圧縮	0.00006	0.00008	0.005	○	
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	0.00003	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00005	0.00010	0.005	○	
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	0.00003	0.00004	0.003	○	
			圧縮	0.00006	0.00008	0.005	○	

注記* : 圧縮ひずみは生じない。

表 5-2(2) 荷重状態Ⅳに対する評価結果 (D+L+P₂+R₂+S d*) (その 3)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	Ⅳ			判定	備考
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器	P19	底部内側 (90° 側)	引張	0.00002	0.00008	0.003	○	
			圧縮	0.00005	0.00020	0.005	○	
ライナ部	P20	底部中央部	引張	0.00001	0.00001	0.003	○	
			圧縮	0.00004	0.00004	0.005	○	

表 5-2(2) 荷重状態Ⅳに対する評価結果 (D+L+P₂+R₂+S d*) (その 4)

評価対象 設備	評価部位		Ⅳ		判定	備考
			ライナアンカの変位量 (mm)	許容変位量 (mm)		
原子炉 格納容器 ライナ部	P11*	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	0.18	4.50	○	

注記* : P1~P15 までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器ライナ部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) 荷重状態Vに対する評価結果 (D+L+P₃+R₃+S_d) (その1)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V		許容値	判定	備考
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P1	トップスラブ部外側 (180° 側)	引張	0.00057	—*1	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	—*1	0.00067	0.003	○	
			圧縮	0.00004	—*2	0.005	○	
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	0.00091	—*1	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00005	0.005	○	
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	—*1	0.00006	0.003	○	
			圧縮	0.00024	—*2	0.005	○	
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00005	0.00094	0.003	○	
			圧縮	—*2	—*2	—	—	
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00006	0.00109	0.003	○	
			圧縮	—*2	—*2	—	—	
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	0.00005	0.00113	0.003	○	
			圧縮	0.00002	—*2	0.005	○	
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00013	0.00003	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00007	0.005	○	
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00018	0.00070	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00004	0.005	○	

注記*1：引張ひずみは生じない。

*2：圧縮ひずみは生じない。

表 5-3(1) 荷重状態Vに対する評価結果 (D + L + P₃ + R₃ + S d) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V			判定	備考
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P10	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00013	0.00110	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00012	0.005	○	
	P11	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00110	0.00065	0.003	○	
			圧縮	0.00009	—*2	0.005	○	
	P12	サプレッションチェンバセル部一般部 (90° 側)	引張	0.00039	0.00074	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00034	0.005	○	
	P13	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (180° 側)	引張	0.00036	0.00047	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00004	0.005	○	
	P14	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (90° 側)	引張	0.00042	0.00037	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00010	0.005	○	
	P15	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (0° 側)	引張	0.00040	0.00070	0.003	○	
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	—*1	0.00003	0.003	○	
			圧縮	0.00007	0.00003	0.005	○	
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	—*1	0.00003	0.003	○	
			圧縮	0.00007	0.00007	0.005	○	
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	—*1	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00007	0.00004	0.005	○	

注記*1：引張ひずみは生じない。

*2：圧縮ひずみは生じない。

表 5-3(1) 荷重状態Vに対する評価結果 (D+L+P₃+R₃+S d) (その 3)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V		許容値	判定	備考
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器	P19	底部内側 (90° 側)	引張	—*	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00005	0.00025	0.005	○	
ライナ部	P20	底部中央部	引張	—*	—*	0.003	○	
			圧縮	0.00003	0.00003	0.005	○	

注記* : 引張ひずみは生じない。

表 5-3(1) 荷重状態Vに対する評価結果 (D+L+P₃+R₃+S d) (その 4)

評価対象 設備	評価部位		V		判定	備考
			ライナアンカの 変位量 (mm)	許容変位量 (mm)		
原子炉 格納容器 ライナ部	P4*	トップスラブ部内側 (90° 側)	0.25	4.50	○	

注記* : P1~P15 までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

表 5-3(2) 荷重状態Vに対する評価結果 (D + L + P₄ + R₄ + S_s) (その 1)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V		許容値	判定	備考
				発生値				
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P1	トップスラブ部外側 (180° 側)	引張	0.00011	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00008	0.00001	0.005	○	
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	0.00003	0.00005	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00006	0.005	○	
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	0.00010	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00009	0.00003	0.005	○	
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	0.00005	0.00002	0.003	○	
			圧縮	0.00005	0.00001	0.005	○	
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00005	0.00010	0.003	○	
			圧縮	0.00003	0.00014	0.005	○	
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00003	0.00016	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00011	0.005	○	
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	0.00003	0.00017	0.003	○	
			圧縮	0.00003	0.00006	0.005	○	
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00007	0.00044	0.003	○	
			圧縮	0.00003	0.00014	0.005	○	
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00010	0.00049	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00023	0.005	○	

表 5-3(2) 荷重状態Vに対する評価結果 (D + L + P₄ + R₄ + S_s) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V			判定	備考
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器 ライナ部	P10	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00009	0.00086	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00034	0.005	○	
	P11	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00122	0.00054	0.003	○	
			圧縮	0.00084	0.00036	0.005	○	
	P12	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00021	0.00100	0.003	○	
			圧縮	0.00001	0.00041	0.005	○	
	P13	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)	引張	0.00017	0.00032	0.003	○	
			圧縮	0.00006	0.00020	0.005	○	
	P14	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)	引張	0.00020	0.00054	0.003	○	
			圧縮	0.00002	0.00033	0.005	○	
	P15	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)	引張	0.00033	0.00044	0.003	○	
			圧縮	0.00007	0.00016	0.005	○	
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	0.00002	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00014	0.00022	0.005	○	
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	0.00002	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00015	0.00025	0.005	○	
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	0.00002	0.00007	0.003	○	
			圧縮	0.00014	0.00022	0.005	○	

表 5-3(2) 荷重状態Vに対する評価結果 (D+L+P₄+R₄+S_s) (その3)

評価対象 設備	評価部位		ひずみの 種別	V			判定	備考
				発生値		許容値		
				ϵ_x	ϵ_y			
原子炉 格納容器	P19	底部内側 (90° 側)	引張	0.00002	0.00006	0.003	○	
			圧縮	0.00014	0.00046	0.005	○	
ライナ部	P20	底部中央部	引張	0.00001	0.00001	0.003	○	
			圧縮	0.00011	0.00010	0.005	○	

表 5-3(2) 荷重状態Vに対する評価結果 (D+L+P₄+R₄+S_s) (その4)

評価対象 設備	評価部位		V		判定	備考
			ライナアンカの 変位量 (mm)	許容変位量 (mm)		
原子炉 格納容器 ライナ部	P11*	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	0.78	4.50	○	

注記* : P1~P15 までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

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-3-4-1-2 「原子炉格納容器ライナ部の強度計算書」

VI-2-9-2-3 ドライウェル上鏡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. 固有周期	8
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 設計荷重	15
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	18
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	20
6. 評価結果	21
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
7. 参照図書	33

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ドライウエル上鏡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。

ドライウエル上鏡は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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ドライウエル上鏡の評価は、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

ドライウエル上鏡の構造計画を表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>ドライウエル上鏡は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>ドライウエル上鏡は、原子炉建屋と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。また、上鏡と円筒胴部はフランジにて接合される。</p>	<p>ドライウエル上鏡は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物である。</p> <p>原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。また、上鏡と円筒胴部はフランジにて接合される。</p>	<p style="text-align: center;">ドライウエル上鏡 詳細図</p>
		(単位：mm)

2.2 評価方針

ドライウエル上鏡の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

ドライウエル上鏡の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

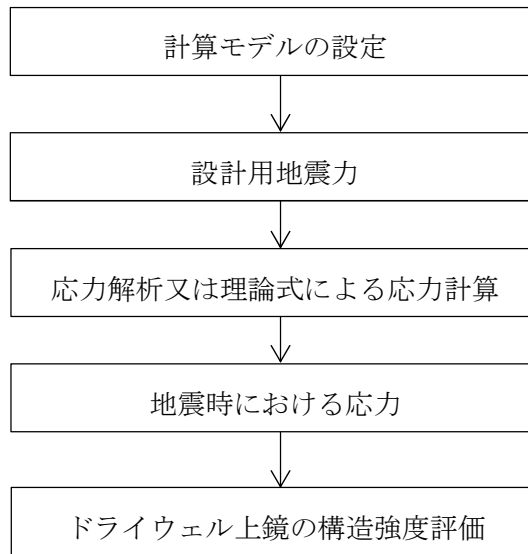


図 2-1 ドライウエル上鏡の耐震評価フロー

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)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E
S N C 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・発電用原子力設備規格 (コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E 1-
2003) (以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D ₁	内径	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
ℓ _i	長さ (i = 1, 2, 3…)	mm
L	活荷重	—
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 (S A後長期機械的荷重)	—
M _{SALL}	機械的荷重 (S A後長々期機械的荷重)	—
P	圧力	—
P _i	圧力 (i = 1, 2, 3…)	—
P _L	地震と組み合わせる圧力	—
P _{SAL}	圧力 (S A後長期圧力)	kPa
P _{SALL}	圧力 (S A後長々期圧力)	kPa
R _i	半径 (i = 1, 2), 配管荷重 (i = 1, 2, 3…)	mm, —
S	許容引張応力	MPa
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 _m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (R T)	40°Cにおける設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2)	mm
T ₁	温度	—
T _{SAL}	温度 (S A後長期温度)	°C
T _{SALL}	温度 (S A後長々期温度)	°C

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

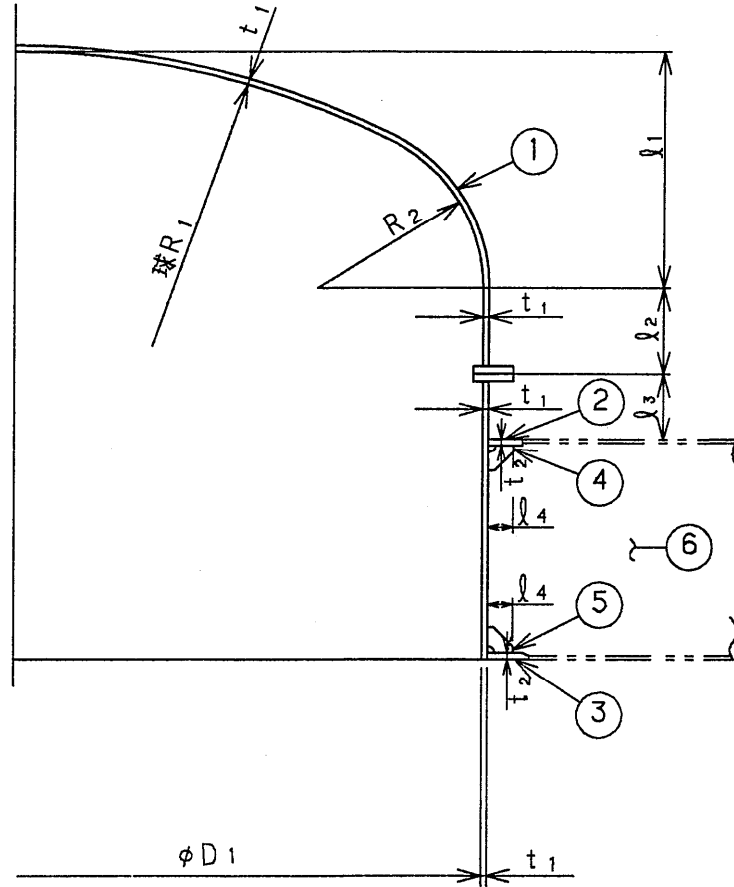
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

ドライウェル上鏡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。



- ①ドライウェル上鏡シェル ②フランジプレート（上側） ③フランジプレート（下側）
 ④ガセットプレート（上側） ⑤ガセットプレート（下側） ⑥コンクリート部

$D_1 =$
 $l_1 =$
 $l_2 =$
 $l_3 =$
 $l_4 =$
 $R_1 =$
 $R_2 =$
 $t_1 =$
 $t_2 =$

(単位：mm)

図 3-1 ドライウェル上鏡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
ドライウエル上鏡シェル		
フランジプレート (上側)		
フランジプレート (下側)		
ガセットプレート (上側)		
ガセットプレート (下側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

4. 固有周期

ドライウエル上鏡は、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに支持された構造であり、コンクリート部からの突出し長さが短いため、固有周期は十分に小さく剛構造となる。

よって、固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) ドライウエル上鏡は、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに支持された構造であり、地震荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウエル上鏡の耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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。

(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。

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

ドライウエル上鏡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。

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

5.2.2 許容応力

ドライウエル上鏡の許容応力及び許容応力度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3～表 5-5 に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウエル上鏡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 5-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-7 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*1, *2		許容応力状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	ドライウエ ル上鏡	S	クラスMC 容器	$D + P + M + S_d^*$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S_d^* \rangle$	(10)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
						(11)	
						(14) (16)	
					$D + P + M + S_s$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + S_s \rangle$	(12) (13) (15)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					$D + P_L + M_L + S_d^{**3}$ $\langle D + L + P_2 + R_2 + S_d^* \rangle$	(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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*2, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	ドライウエル 上鏡	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス 2 容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*4}$	(V(L)-1)	V_{AS}^{*5}
					<D + L + P ₃ + R ₃ + S _d >		<V>
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V(LL)-1)	V_{AS}^{*5}
					<D + L + P ₄ + R ₄ + S _s >		<V>

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：CCV規格による場合は，< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3：()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。

*4：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5： V_{AS} (<V>)として IV_{AS} (<IV>)の許容限界を用いる。

表5-3 クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	3・S*1 〔 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。 〕	*2, *3 S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、 Ⅱにおける疲労累積係数との和 が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S*5				

注記*1：3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値（α）を用いる。

*5：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表 5-4 ライナプレート, ライナアンカ等の許容応力度

荷重 状態	ライナプレート, ライナアンカ等* ¹											ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力		
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断	
Ⅲ	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	
Ⅳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	
V* ²	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	

注：本表の対象部としては、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-5 コンクリート部の許容応力度

荷重状態 \ 応力分類	コンクリート部 (単位：N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ	$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100}\right)$
Ⅳ	$0.85 \cdot F_c$	
V*		

注記*：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-6 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	171				
ドライウエル上鏡シエル, フランジプレート 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記* :

表5-7 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³				
ドライウエル上鏡シエル, フランジプレート 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1 :

*2 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*3 : 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

5.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248 kPa	
外圧	14 kPa	
温度（最高使用温度）	171 °C	
死荷重（通常運転時）	<input type="text"/> N	
死荷重（燃料交換時）		N
活荷重*		N

注記*：燃料交換時にドライウェル主フランジウォーターシール部に作用する水荷重を活荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

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

内圧 P_{SAL}	620kPa（S A後長期）
内圧 P_{SALL}	150kPa（S A後長々期）
温度 T_{SAL}	168°C（S A後長期）
温度 T_{SALL}	100°C（S A後長々期）

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-8～表 5-11 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。なお、水平荷重は、VI-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. 23.7	—*	—*	—	C _v =0.60	—	C _v =1.18

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

表 5-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d		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 T. M. S. L. 23.7	—*	—*	—	C _v =0.60	—	C _v =1.18

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

表 5-10 設計用地震力（設計基準対象施設）

応力評価点*	水平荷重 S d *		水平荷重 S s	
	せん断力 ($\times 10^3$ N)	モーメント ($\times 10^6$ N・mm)	せん断力 ($\times 10^3$ N)	モーメント ($\times 10^6$ N・mm)
P1	112	—	211	—
P2~P7	327	765	587	1410

注記*：応力評価点の位置は、図 5-1 参照のこと。

表 5-11 設計用地震力（重大事故等対処設備）

応力評価点* ¹	水平荷重 S d * ²		水平荷重 S s	
	せん断力 ($\times 10^3$ N)	モーメント ($\times 10^6$ N・mm)	せん断力 ($\times 10^3$ N)	モーメント ($\times 10^6$ N・mm)
P1	112	—	211	—
P2~P7	327	765	587	1410

注記*1：応力評価点の位置は、図 5-1 参照のこと。

*2：重大事故等対処設備の評価に対し、弾性設計用地震動 S d に加えて静的地震力を考慮する。

5.4 計算方法

ドライウェル上鏡の応力評価点は、ドライウェル上鏡を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-12 及び図 5-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 及び P2 は、既工認の各荷重による応力に荷重条件の比（圧力比、震度比等）を乗じて計算することにより評価する。

応力評価点 P3 及び P4 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P5 及び P6 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P7 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表 5-12 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上鏡球殻部とナックル部の結合部
P 2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 3	フランジプレート（上側）
P 4	フランジプレート（下側）
P 5	ガセットプレート（上側）
P 6	ガセットプレート（下側）
P 7	コンクリート部

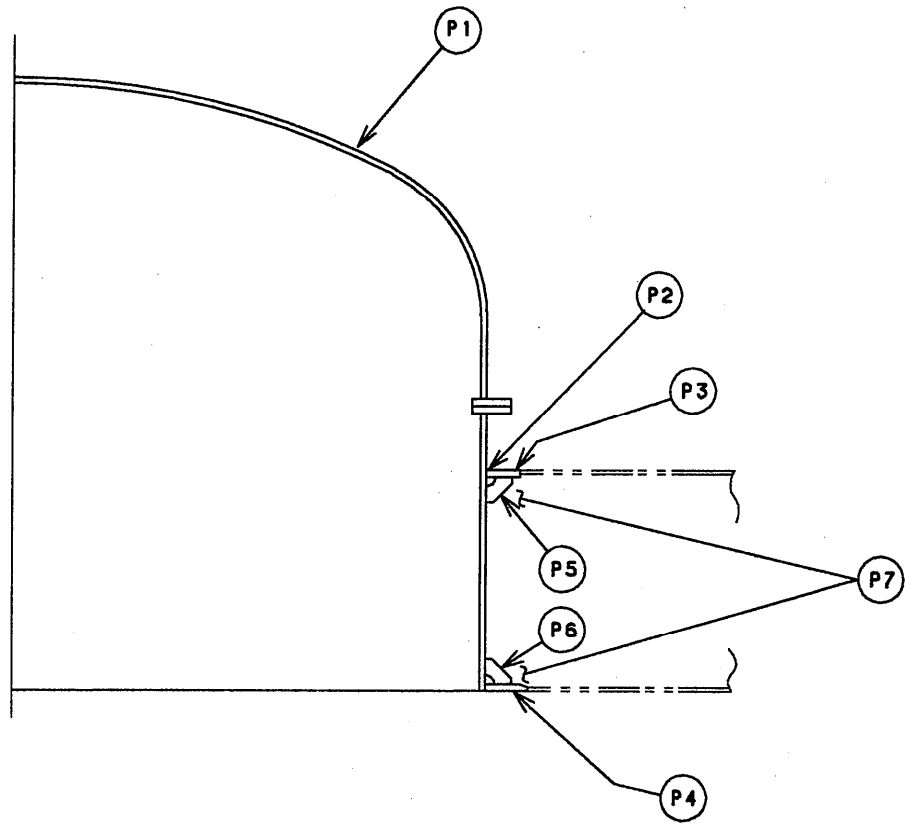


図 5-1 ドライウェル上鏡の応力評価点

5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウエル上鏡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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載のとおり、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P1～P2 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表6-1及び表6-2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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S d*) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	9		○	(10)	
			一次+二次応力	8		○	(10)	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	(10)	
			一次+二次応力	8		○	(10)	

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S d *) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	25		○	(11)	
			せん断応力度	6		○	(11)	
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	11		○	(11)	
			せん断応力度	3		○	(11)	
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	11		○	(11)	
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	5		○	(11)	
	P7	コンクリート部 (フランジプレート上側近傍)	圧縮応力度	1.9	21.5	○	(11)	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート下側近傍)	圧縮応力度	0.8	21.5	○	(11)	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はC C V規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	(12)	
			一次+二次応力	16		○	(12)	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	(12)	
			一次+二次応力	22		○	(12)	

表 6-2(1) 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	Ⅳ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	34		○	(13)	
			せん断応力度	7		○	(13)	
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	20		○	(13)	
			せん断応力度	4		○	(13)	
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	14		○	(13)	
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	8		○	(13)	
	P7	コンクリート部 (フランジプレート上側近傍)	圧縮応力度	2.6	27.5	○	(13)	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート下側近傍)	圧縮応力度	1.5	27.5	○	(13)	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅳ_ASを荷重状態Ⅳに読み替える。

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウエル 上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	99		○	
			一次+二次応力	8		○	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	28		○	
			一次+二次応力	8		○	

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	10		○		
		せん断応力度	3	○				
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	87		○		
		せん断応力度	15	○				
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	5		○		
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	37		○		
	P7	コンクリート部 (フランジプレート上側近傍)	圧縮応力度	0.8		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート下側近傍)	圧縮応力度	7.0		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエル上鏡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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載のとおり、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P1～P2 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 6-3 に示す。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-3(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	V _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウエル 上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	244		○	
			一次+二次応力	8		○	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	68		○	
			一次+二次応力	8		○	

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	10		○		
		せん断応力度	3	○				
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	210		○		
		せん断応力度	34	○				
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	5		○		
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	88		○		
	P7	コンクリート部 (フランジプレート上側近傍)	圧縮応力度	0.8		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート下側近傍)	圧縮応力度	16.9		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は C C V 規格による評価であるため許容応力状態 V A S を荷重状態 V に読み替える。

表 6-3(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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル 上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	61		○	
			一次+二次応力	16		○	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結 合部	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	22		○	

表 6-3(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	V A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	14		○		
		せん断応力度	3	○				
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	59		○		
		せん断応力度	10	○				
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	6		○		
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	25		○		
	P7	コンクリート部 (フランジプレート上側近傍)	圧縮応力度	1.1		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート下側近傍)	圧縮応力度	4.7		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態VASを荷重状態Vに読み替える。

7. 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-3-4-1-4 「ドライウェル上鏡の強度計算書」

VI-2-9-2-4 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
(所員用エアロック付) 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	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
4.2.4 設計荷重	15
4.3 解析モデル及び諸元	18
4.4 固有周期	22
4.5 設計用地震力	25
4.6 計算方法	27
4.6.1 応力評価点	27
4.6.2 応力計算方法	29
4.7 計算条件	30
4.8 応力の評価	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基づき、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm のスリーブ及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物であり、鏡板には所員用エアロックが取り付けられる。原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。</p>	<p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 （所員用エアロック付） 拡大図 （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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 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。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の耐震評価フローを図2-1に示す。

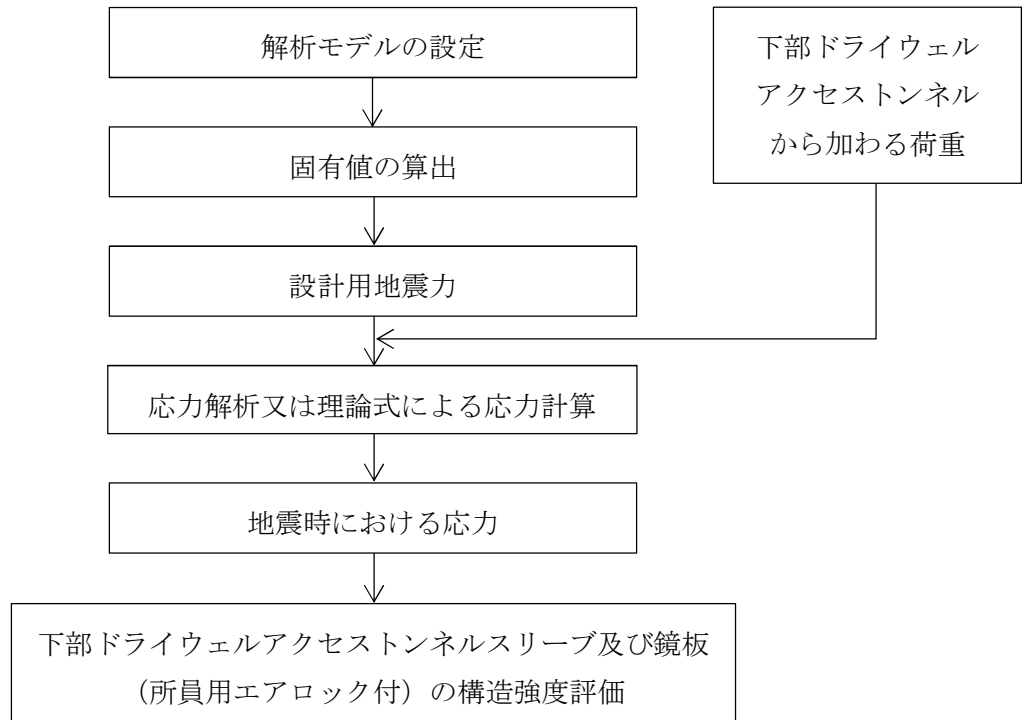


図2-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984
（(社)日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 （(社)日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 （(社)日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） JSME
S NC 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・発電用原子力設備規格（コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE 1-
2003）（以下「CCV規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
C_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	mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
l_i	長さ ($i = 2, 3, 4$)	mm
L	活荷重	—
m_i	質量 ($i = 1, 2, 3$)	kg
M	機械的荷重, 曲げモーメント	—, N・mm
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)	—
N	軸力	N
P	圧力	—
P_i	圧力 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	—
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
R_h	半径	mm
R_i	配管荷重 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	—
S	許容引張応力	MPa
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ほうの地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm

記号	記号の説明	単位
T	温度	℃
T ₁	温度	—
T _{SAL}	温度 (SA後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	℃
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

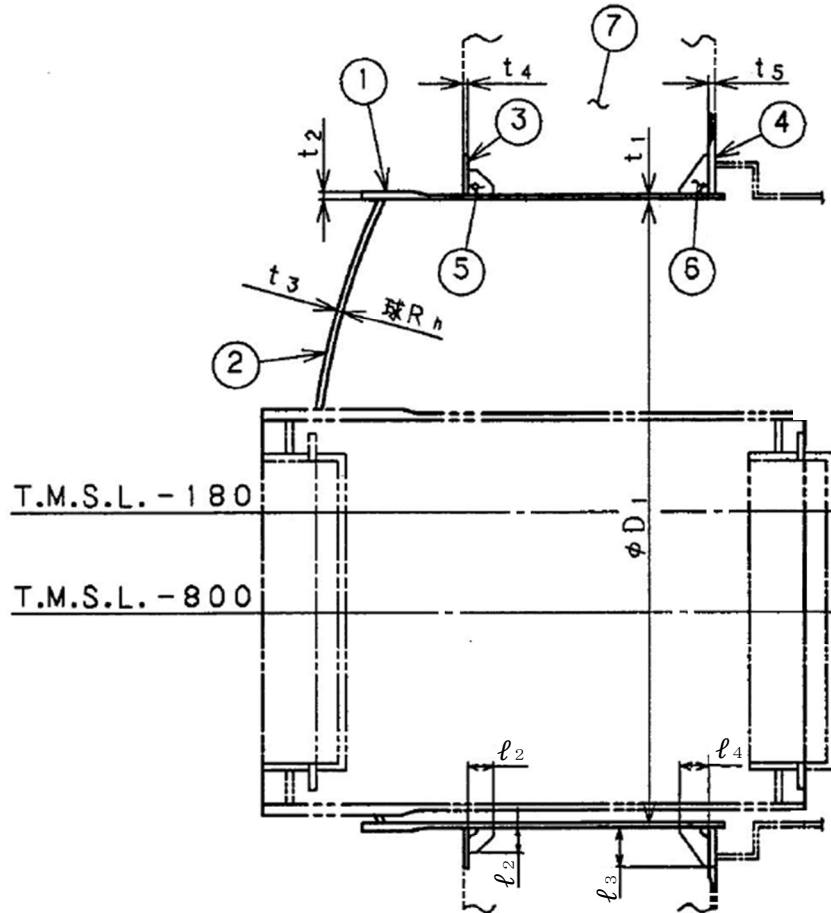
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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。



- ① スリーブ ②鏡板 ③フランジプレート（外側） ④フランジプレート（内側）
 ⑤ガセットプレート（外側） ⑥ガセットプレート（内側） ⑦コンクリート部

$D_1 =$ $l_2 =$ $l_3 =$ $l_4 =$ $R_h =$
 $t_1 =$ $t_2 =$ $t_3 =$ $t_4 =$ $t_5 =$

(単位：mm)

図3-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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
スリーブ		
鏡板		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、地震荷重は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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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」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、没水による水重量及び水頭圧を考慮する。

- (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

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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

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

4.2.2 許容応力

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の許容応力及び許容応力度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3～表 4-5 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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 4-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	下部ドライ ウェルアク セストンネ ルスリーブ 及び鏡板 (所員用エ アロック 付)	S	クラスMC 容器	D + P + M + S _d * <D + L + P ₁ + R ₁ + T ₁ + S _d *>	(10)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
						(11)	
						(14) (16)	
					D + P + M + S _s <D + L + P ₁ + R ₁ + S _s >	(12) (13) (15)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					D + P _L + M _L + S _d **3 <D + L + P ₂ + R ₂ + S _d *>	(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	下部ドライウ ェルアクセス トンネルスリ ーブ及び鏡板 (所員用エア ロック付)	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*4}$	(V(L)-1)	V_{AS}^{*5} <V>
					<D + L + P ₃ + R ₃ + S _d >		
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V(LL)-1)	V_{AS}^{*5} <V>
					<D + L + P ₄ + R ₄ + S _s >		

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

*2:CCV規格による場合は,< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3:()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。

*4:重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5: V_{AS} (<V>)として IV_{AS} (<IV>)の許容限界を用いる。

表4-3 クラスMC容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	3・S*1 〔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。〕	*2, *3 S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、 Ⅱにおける疲労累積係数との和 が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S*5				

注記*1：3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*5：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-4 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 荷重状態	ライナプレート、ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り ／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V*2	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表4-5 コンクリート部の許容応力度

荷重状態	応力分類	コンクリート部 (単位 : N/mm ²)	
		圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ		$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$
Ⅳ		$0.85 \cdot F_c$	
V*			

注記* : VとしてⅣの許容限界を用いる。

表4-6 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*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
スリーブ, 鏡板, フランジプレート (外側) 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
フランジプレート (内側)	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1: は 相当を示す。

*2: は 相当を示す。

表4-7 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*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
スリーブ, 鏡板, フランジプレート (外側) 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ³ (200)* ⁴	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
フランジプレート (内側)	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ³ (200)* ⁴	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1: は 相当を示す。

*2: は 相当を示す。

*3: SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*4: 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 圧力及び最高使用温度

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248 kPa
外圧	14 kPa
温度	171 °C

b. 死荷重

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板と所員用エアロックの自重を死荷重とする。

死荷重 N

c. 活荷重

燃料交換時に下部ドライウェル所員用エアロックに作用する荷重を活荷重とする。

活荷重 N

d. 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

設計基準対象施設としての評価における，下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は，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」の解析に基づき設定する。

下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表 4-8 に示す。

(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及び評価温度

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

内圧 P_{SAL}	620kPa (SA後長期)
内圧 P_{SALL}	150kPa (SA後長々期)
温度 T_{SAL}	168°C (SA後長期)
温度 T_{SALL}	100°C (SA後長々期)

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、没水時における下部ドライウェル所員用エアロック内部の水重量、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部の水重量及び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、下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル所員用エアロック内部水重量

軸方向 N

軸直角方向 N

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部水重量

軸方向 N

水位 T.M.S.L. 7400mm

c. 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

重大事故等対処設備としての評価における、下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は、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」の解析に基づき設定する。

下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表 4-9 に示す。

表 4-8 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（設計基準対象施設）

荷重	軸力* N (N)	曲げモーメント M (N・mm)
最高使用圧力（外圧）		
鉛直荷重（通常運転時）		
鉛直荷重（燃料交換時）		
浮力（地震荷重作用時）		
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）		
逃がし安全弁作動時荷重		
異常時圧力		

注記*：軸力の符号は、原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

表 4-9 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（重大事故等対処設備）

荷重	軸力* N (N)	曲げモーメント M (N・mm)
圧力（S A後長期：D/W 620kPa, S/C 620kPa）		
圧力（S A後長期：D/W 620kPa, S/C 447kPa）		
圧力（S A後長々期：D/W 150kPa, S/C 150kPa）		
圧力（S A後長々期：D/W 150kPa, S/C 50kPa）		
鉛直荷重（S A後長期）		
鉛直荷重（S A後長々期）		
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：D/Wはドライウェル，S/Cはサブプレッションチェンバを示す。

注記*：軸力の符号は、原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

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、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-10に示す。



- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(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所員用エアロックの内部水及び下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の内部水の影響を考慮して固有値解析及び応力解析を行う。

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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-10に示す。
- b. 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルの質量条件について以下に示す。

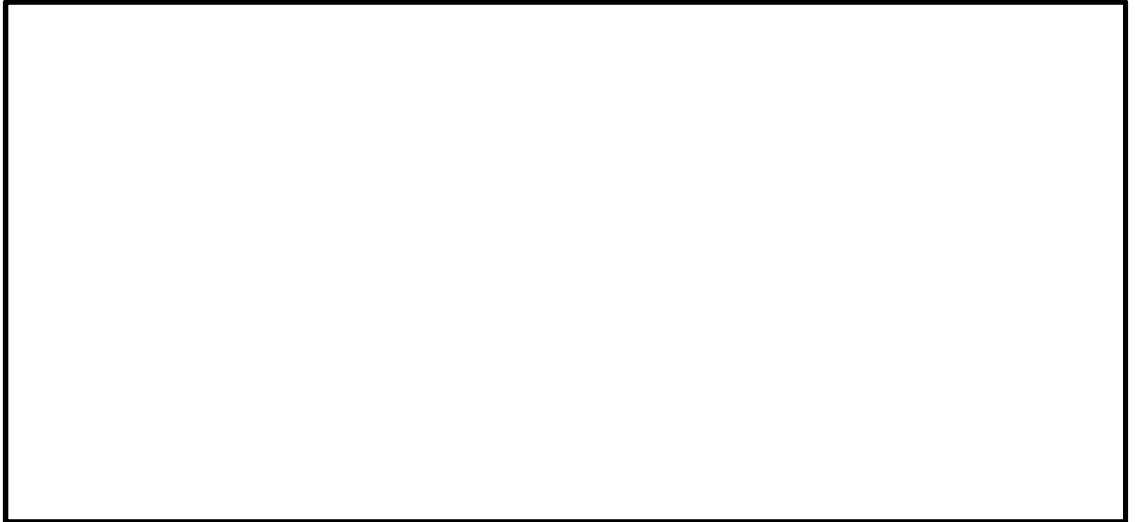
ここで、固有値解析と応力解析においては、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の没水時の内部水による固有周期及び応力への影響を考慮し、内部水の付加方法をそれぞれ設定している。

(a) 固有値解析





(b) 応力解析



c.

- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

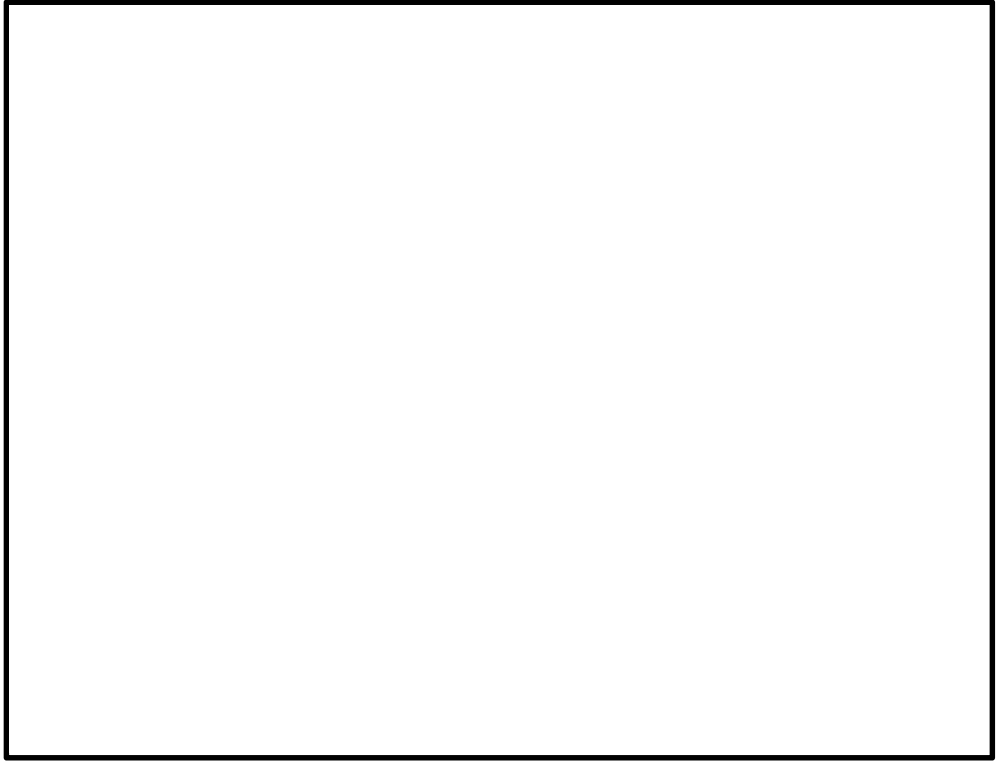


図 4-1 解析モデル

表 4-10 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	下部ドライウェル 所員用エアロック	m ₁	kg	42×10 ³	
	下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板	m ₂	kg	—	
水質量	下部ドライウェル 所員用エアロック	m ₃	kg	—	固有値 解析
					応力 解析
温度条件		T	°C	171	200
縦弾性係数		E	MPa		
ポアソン比		ν	—		
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は、既工認から変更がなく、固有周期は十分小さく剛である。

(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は、「4.2.4 設計荷重」に示す重大事故等時における評価温度及び没水による影響を考慮し算出する。固有周期を表 4-11 に、主要振動モード図を図 4-2 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 4-11 に示すとおり、固有値解析の結果、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の固有周期は、柔領域において各方向の卓越モードが 1 つのみであることから、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、所員用エアロックを質点、スリーブ及び鏡板をバネとした、一質点系モデルとみなすことができる。

以上より、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は、各方向の卓越する固有周期に対応する震度を設計用床応答曲線から読み取り、応力評価を行う。

表 4-11 (1) 固有周期 (重大事故等対処設備) (軸方向)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.126	0.000	-10.283	0.000
2次	0.115	-3.635	0.000	10.144
3次	0.053	13.490	0.000	3.618
4次	0.048	—	—	—

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。なお、軸方向の固有値算定を目的としたモデルによる解析結果であるため、軸方向 (X方向) モードのみ有効となる。

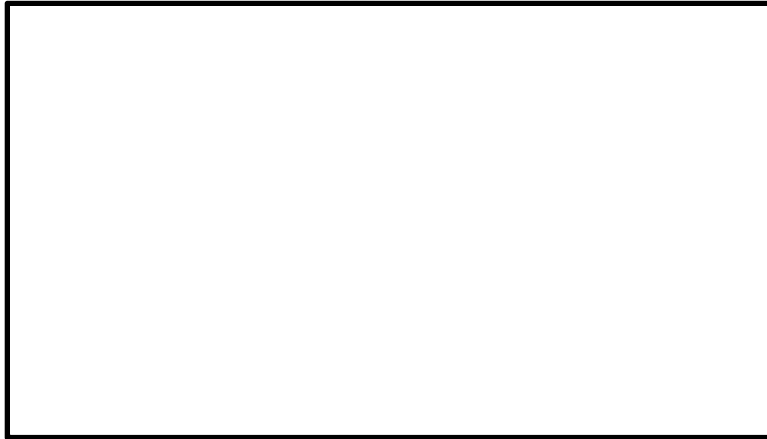
表 4-11 (2) 固有周期 (重大事故等対処設備) (軸直角方向)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.092	0.000	-7.437	0.000
2次	0.084	-2.758	0.000	7.339
3次	0.039	—	—	—

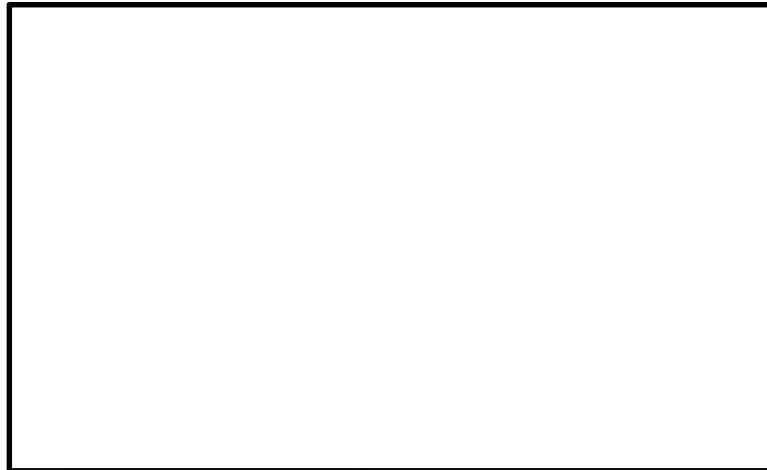
注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。なお、軸直角方向の固有値算定を目的としたモデルによる解析結果であるため、軸直角方向 (Y方向, Z方向) モードのみ有効となる。



1次モード (表 4-11(2))
軸直角方向 (Y方向)



2次モード (表 4-11(2))
軸直角方向 (Z方向)



3次モード (表 4-11(1))
軸方向 (X方向)

図 4-2 主要振動モード図

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-12 及び表 4-13 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 4-12 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. -0.18	—*	—*	C _H =0.52	C _V =0.42	C _H =0.85	C _V =0.84

注記*：固有周期は 0.05(s) 以下で剛構造。

表 4-13 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)			弾性設計用地震動 S _d ^{*2}			基準地震動 S _s			減衰定数 (%)		
	水平方向		鉛直方向	^{*3} 水平方向 設計震度 C _H		^{*3} 鉛直方向 設計震度 C _V	^{*3} 水平方向 設計震度 C _H		^{*3} 鉛直方向 設計震度 C _V	水平 方向	鉛直 方向	
	X方向 ^{*1}	Y方向 ^{*1}	Z方向 ^{*1}	X方向	Y方向		X方向	Y方向				
原子炉 格納容器	0.053	0.092	0.084							1.0 ^{*4}	1.0 ^{*4}	
T.M.S.L.												
-0.18												

注記*1：下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）に対し、X方向は軸方向、Y方向及びZ方向は軸直角方向を示す。

*2：重大事故等対処設備の評価に対し、弾性設計用地震動 S_dに加えて静的震度を考慮する。

*3：上段は設計用床応答曲線より得られる震度、中段は設計用最大応答加速度より得られる震度、下段は静的震度（3.0C_i及び 1.0C_v）を示す。ここで、上段については、「4.4 固有周期」の表 4-11 に示す各方向の卓越する固有周期より剛側の領域の最大震度を示す。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力評価点は、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-14 及び図 4-3 に示す。

表 4-14 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	鏡板
P 2～P 4	鏡板のスリーブとの結合部
P 5～P 7	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 8	フランジプレート（外側）
P 9	フランジプレート（内側）
P 1 0	ガセットプレート（外側）
P 1 1	ガセットプレート（内側）
P 1 2	コンクリート部

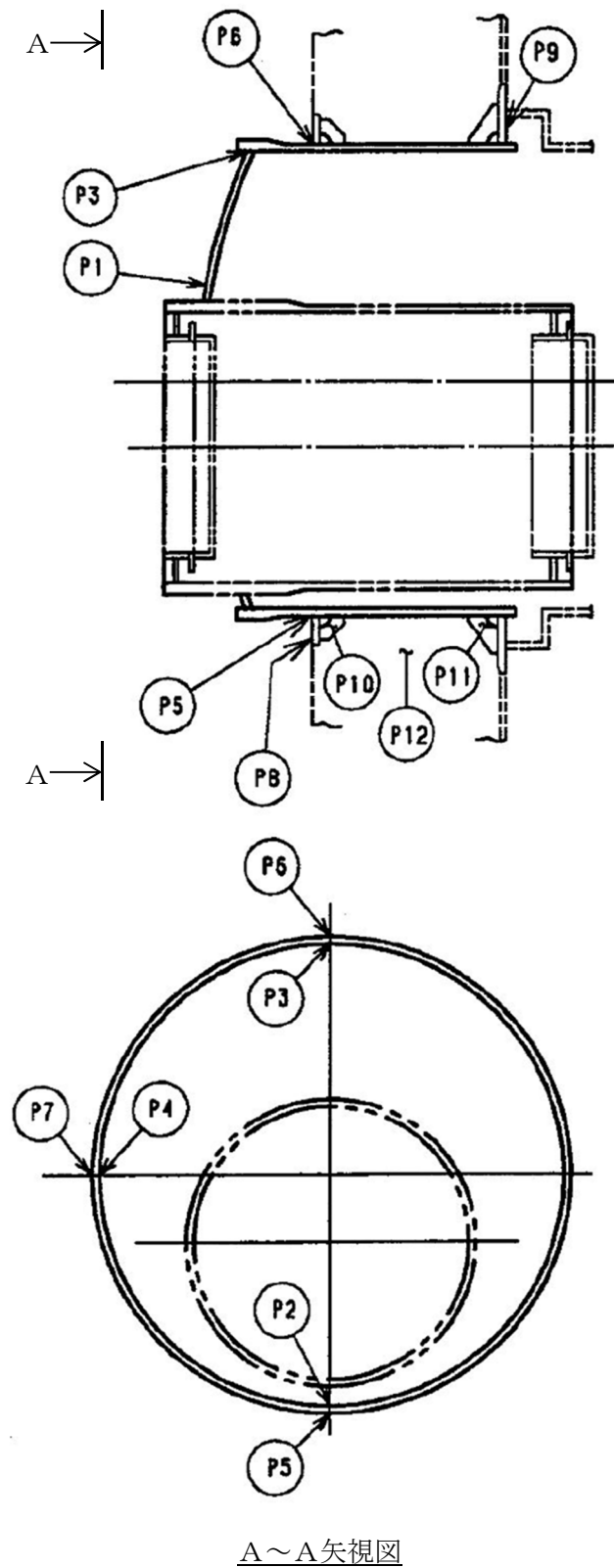


図4-3 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
(所員用エアロック付) の応力評価点

4.6.2 応力計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力計算方法について以下に示す。

(1) 設計基準対象施設としての応力計算

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

応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P1～P7

応力評価点 P1～P7 の応力は、「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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルにより算出し評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

応力評価点 P8～P9 は、フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P10～P11 は、等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P12 は荷重に応じた分布を仮定して、力のつり合い式を解いて評価する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P1～P7

応力評価点 P1～P7 の応力は、「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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルにより算出し評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

重大事故等対処設備における応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。ただし、応力評価点 P8～P12 に作用する下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）からのモーメントを算出する際の長さは、フランジプレート（外側）から所員用エアロック中心までの長さ mm を用いる。

応力評価点 P8～P9 は、フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P10～P11 は、等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P12 は荷重に応じた分布を仮定して、力のつり合い式を解いて評価する。

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」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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。

なお，VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り，地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため，応力評価点 P1～P7 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(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。

なお，表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから，評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	(11)	
			一次+二次応力	40		○	(11)	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	(11)	
			一次+二次応力	112		○	(11)	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	(10)	
			一次+二次応力	28		○	(11)	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	35		○	(11)	
			一次+二次応力	62		○	(11)	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	29		○	(11)	
			一次+二次応力	78		○	(11)	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	(10)	
			一次+二次応力	46		○	(11)	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(11)	
			一次+二次応力	36		○	(11)	

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	110		○	(14)	
		せん断応力度	11		○	(14)		
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	145		○	(14)	
		せん断応力度	11		○	(14)		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	78		○	(14)	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	50		○	(14)	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	5.2	21.5	○	(14)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	4.5	21.5	○	(14)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 5-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	(13)	
			一次+二次応力	62		○	(13)	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	(13)	
			一次+二次応力	208		○	(13)	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	(12), (13)	
			一次+二次応力	58		○	(13)	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	48		○	(13)	
			一次+二次応力	102		○	(13)	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	(13)	
			一次+二次応力	138		○	(13)	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	9		○	(12), (13)	
			一次+二次応力	84		○	(13)	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	(13)	
			一次+二次応力	64		○	(13)	

表 5-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板 (所員用 エアロック付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	166		○	(15)	
		せん断応力度	17		○	(15)		
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	219		○	(15)	
		せん断応力度	17		○	(15)		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	117		○	(15)	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	75		○	(15)	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	7.3	27.5	○	(15)	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	5.4	27.5	○	(15)	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

表 5-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	40		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
			一次+二次応力	112		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	39		○	
			一次+二次応力	28		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	38		○	
			一次+二次応力	62		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	45		○	
			一次+二次応力	78		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	
			一次+二次応力	46		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	36		○	

表 5-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	109		○	
			せん断応力度	11		○	
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	239		○	
			せん断応力度	17		○	
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	77		○	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	81		○	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	4.7	27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	6.3	27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P1～P7 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
			一次+二次応力	43		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	60		○	
			一次+二次応力	145		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	124		○	
			一次+二次応力	52		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	108		○	
			一次+二次応力	57		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	92		○	
			一次+二次応力	118		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	53		○	
			一次+二次応力	87		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	51		○	
			一次+二次応力	39		○	

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	V _{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	129		○	
			せん断応力度	14		○	
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	417		○	
			せん断応力度	33		○	
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	92		○	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	153		○	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	5.6	27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	6.2	27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロッ ク付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	50		○	
			一次+二次応力	88		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	297		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	65		○	
			一次+二次応力	106		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	65		○	
			一次+二次応力	114		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	78		○	
			一次+二次応力	242		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	28		○	
			一次+二次応力	179		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	38		○	
			一次+二次応力	78		○	

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	V _{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	168		○		
			せん断応力度	16		○		
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	289		○		
			せん断応力度	23		○		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	119		○		
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	107		○		
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	7.3		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	4.1		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

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-3-4-1-10 「下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度計算書」

VI-2-9-2-5 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
(機器搬入用ハッチ付)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	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
4.2.4 設計荷重	15
4.3 解析モデル及び諸元	18
4.4 固有周期	21
4.5 設計用地震力	23
4.6 計算方法	25
4.6.1 応力評価点	25
4.6.2 応力計算方法	27
4.7 計算条件	28
4.8 応力の評価	28
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	36
6. 参照図書	41

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm のスリーブ及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物であり、鏡板には機器搬入用ハッチが取り付けられる。原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。</p>	<p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）</p> <p>下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付) 拡大図 (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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の耐震評価フローを図2-1に示す。

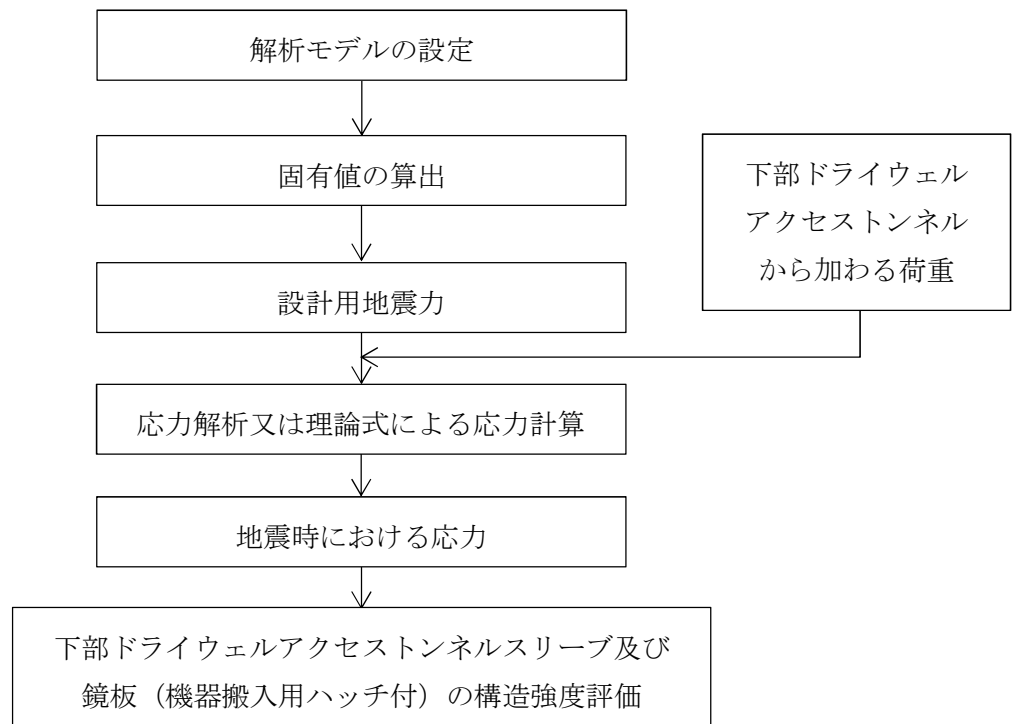


図2-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） JSME S NC 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・発電用原子力設備規格（コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE 1-2003）（以下「CCV規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
C_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	mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
l_i	長さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
L	活荷重	—
m_i	質量 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	kg
M	機械的荷重, 曲げモーメント	—, N・mm
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)	—
N	軸力	N
P	圧力	—
P_i	圧力 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	—
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
R_h	半径	mm
R_i	配管荷重 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	—
S	許容引張応力	MPa
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ほうの地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm

記号	記号の説明	単位
T	温度	℃
T _i	温度	—
T _{SAL}	温度 (SA後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	℃
W	荷重	N
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

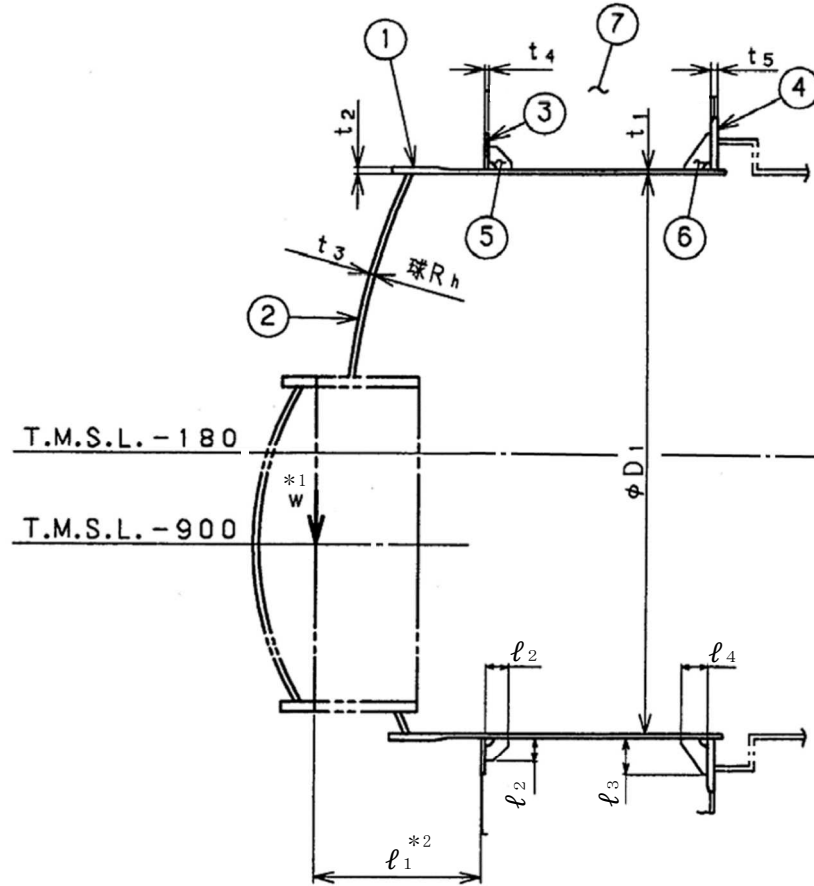
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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。



注記*1: W（荷重）の作用点を示す。

*2: l_1 寸法は最大長さを示す。

- ①スリーブ ②鏡板 ③フランジプレート（外側） ④フランジプレート（内側）
 ⑤ガセットプレート（外側） ⑥ガセットプレート（内側） ⑦コンクリート部

$D_1 =$ <input type="text"/>	$l_1 =$ <input type="text"/>	$l_2 =$ <input type="text"/>	$l_3 =$ <input type="text"/>	$l_4 =$ <input type="text"/>
$R_h =$ <input type="text"/>	$t_1 =$ <input type="text"/>	$t_2 =$ <input type="text"/>	$t_3 =$ <input type="text"/>	$t_4 =$ <input type="text"/>
$t_5 =$ <input type="text"/>				

（単位：mm）

図3-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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
スリーブ		
鏡板		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は、スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、地震荷重は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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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」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、没水による水重量及び水頭圧を考慮する。

- (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

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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の許容応力及び許容応力度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3～表 4-5 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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 4-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	下部ドライ ウェルアク セストンネ ルスリーブ 及び鏡板 (機器搬入 用ハッチ 付)	S	クラスMC 容器	D + P + M + S _d * <D + L + P ₁ + R ₁ + T ₁ + S _d *>	(10) (11) (14) (16)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
					D + P + M + S _s <D + L + P ₁ + R ₁ + S _s >	(12) (13) (15)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					D + P _L + M _L + S _d **3 <D + L + P ₂ + R ₂ + S _d *>	(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	下部ドライウ ェルアクセス トンネルスリ ーブ及び鏡板 (機器搬入用 ハッチ付)	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*4}$ < $D + L + P_3 + R_3 + S_d$ >	(V(L)-1)	V_{AS}^{*5} < V >
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ < $D + L + P_4 + R_4 + S_s$ >	(V(LL)-1)	V_{AS}^{*5} < V >

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:CCV規格による場合は,< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3:()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。

*4:重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5: V_{AS} (<V>)として IV_{AS} (<IV>)の許容限界を用いる。

表4-3 クラスMC容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	$3 \cdot S^{*1}$ [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。]	^{*2, *3} S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、 Ⅱにおける疲労累積係数との和 が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S ^{*5}				

Ⅱ

注記*1：3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*5：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-4 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 荷重状態	ライナプレート、ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V*2	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表4-5 コンクリート部の許容応力度

荷重状態	応力分類	コンクリート部 (単位 : N/mm ²)	
		圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ		$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$
Ⅳ		$0.85 \cdot F_c$	
V*			

注記* : VとしてⅣの許容限界を用いる。

表4-6 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*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
スリーブ, 鏡板, フランジプレート (外側) 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
フランジプレート (内側)	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1: は 相当を示す。

*2: は 相当を示す。

表4-7 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*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
スリーブ, 鏡板, フランジプレート (外側) 及びガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ³ (200)* ⁴	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
フランジプレート (内側)	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ³ (200)* ⁴	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1: は 相当を示す。

*2: は 相当を示す。

*3: SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*4: 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 圧力及び最高使用温度

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248 kPa
外圧	14 kPa
温度	171 °C

b. 死荷重

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板と機器搬入用ハッチの自重を死荷重とする。

死荷重 N

c. 活荷重

燃料交換時に下部ドライウェル機器搬入用ハッチに作用する荷重を活荷重とする。

活荷重 N

d. 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

設計基準対象施設としての評価における，下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は，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」の解析に基づき設定する。

下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表 4-8 に示す。

(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及び評価温度

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

内圧 P_{SAL}	620kPa (SA後長期)
内圧 P_{SALL}	150kPa (SA後長々期)
温度 T_{SAL}	168°C (SA後長期)
温度 T_{SALL}	100°C (SA後長々期)

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，没水時における下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部の水重量，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部の水重量及び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，下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部水重量

軸方向 N

軸直角方向 N

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部水重量

軸方向 N

軸直角方向 N

水位 T.M.S.L. 7400mm

c. 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

重大事故等対処設備としての評価における，下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は，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」の解析に基づき設定する。

下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表 4-9 に示す。

表 4-8 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（設計基準対象施設）

荷重	軸力* N (N)	曲げモーメント M (N・mm)
最高使用圧力（外圧）		
鉛直荷重（通常運転時）		
鉛直荷重（燃料交換時）		
浮力（地震荷重作用時）		
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）		
逃がし安全弁作動時荷重		
異常時圧力		

注記*：軸力の符号は、原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

表 4-9 下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（重大事故等対処設備）

荷重	軸力* N (N)	曲げモーメント M (N・mm)
圧力（S A後長期：D/W 620kPa, S/C 620kPa）		
圧力（S A後長期：D/W 620kPa, S/C 447kPa）		
圧力（S A後長々期：D/W 150kPa, S/C 150kPa）		
圧力（S A後長々期：D/W 150kPa, S/C 50kPa）		
鉛直荷重（S A後長期）		
鉛直荷重（S A後長々期）		
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：D/Wはドライウェル，S/Cはサブプレッションチェンバを示す。

注記*：軸力の符号は、原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

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、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-10に示す。



- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(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機器搬入用ハッチの内部水及び下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の内部水の影響を考慮して固有値解析及び応力解析を行う。

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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-10に示す。
- b. 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の解析モデルの質量条件について以下に示す。

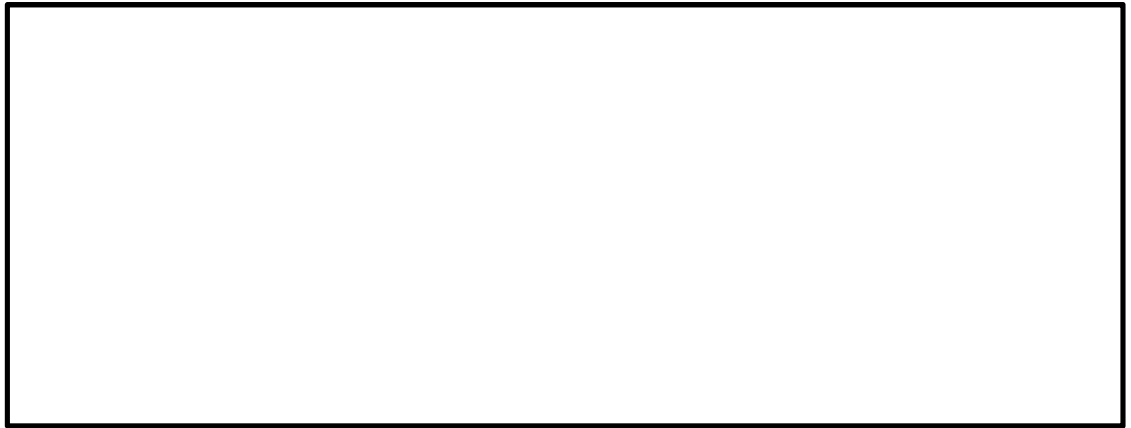
ここで、固有値解析と応力解析においては、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の没水時の内部水による固有周期及び応力への影響を考慮し、内部水の付加方法をそれぞれ設定している。

(a) 固有値解析





(b) 応力解析



c.

d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し，固有値及び応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

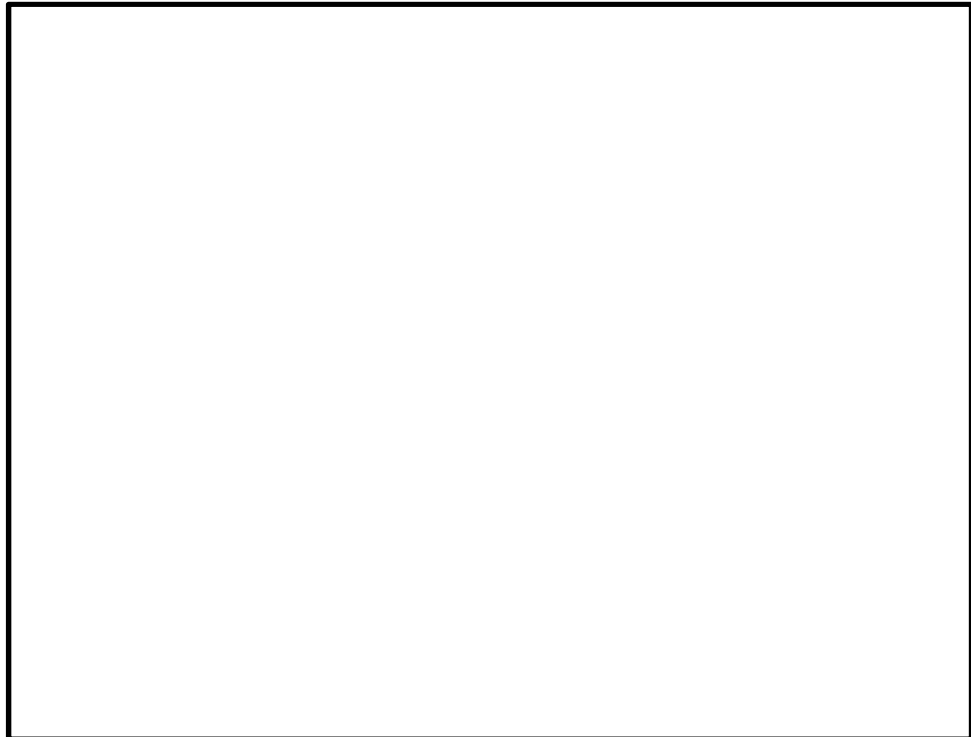


図 4-1 解析モデル

表 4-10 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	下部ドライウエル 機器搬入用ハッチ	m ₁	kg			
	下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板	m ₂	kg			
水質量	下部ドライウエル 機器搬入用ハッチ	m ₃	kg	—	固有値 解析	
				—	応力 解析	
	下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板	m ₄	kg	—	固有値 解析	
				—	応力 解析	
温度条件		T	°C	171	200	
縦弾性係数		E	MPa			
ポアソン比		ν	—			
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は、既工認から変更がなく、固有周期は十分小さく剛である。

(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は、「4.2.4 設計荷重」に示す重大事故等時における評価温度及び没水による影響を考慮し算出する。固有周期を表 4-11 に、主要振動モード図を図 4-2 に示す。水平方向（軸）に対し、固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、水平方向（軸直角）及び鉛直方向（軸直角）に対し、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-11 に示すとおり、固有値解析の結果、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の固有周期は、柔領域における X 方向の卓越モードが 1 つのみであることから、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は、機器搬入用ハッチを質点、スリーブ及び鏡板をバネとした、一質点系モデルとみなすことができる。

以上より、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は、X 方向の卓越する固有周期に対応する震度を設計用床応答曲線から読み取り、応力評価を行う。

表 4-11 (1) 固有周期（重大事故等対処設備）（軸方向）

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.059	9.074	0.000	3.267
2 次	0.052	0.000	4.982	0.000
3 次	0.040	—	—	—

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。なお、軸方向の固有値算定を目的としたモデルによる解析結果であるため、軸方向（X 方向）モードのみ有効となる。

表 4-11 (2) 固有周期（重大事故等対処設備）（軸直角方向）

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.034	—	—	—

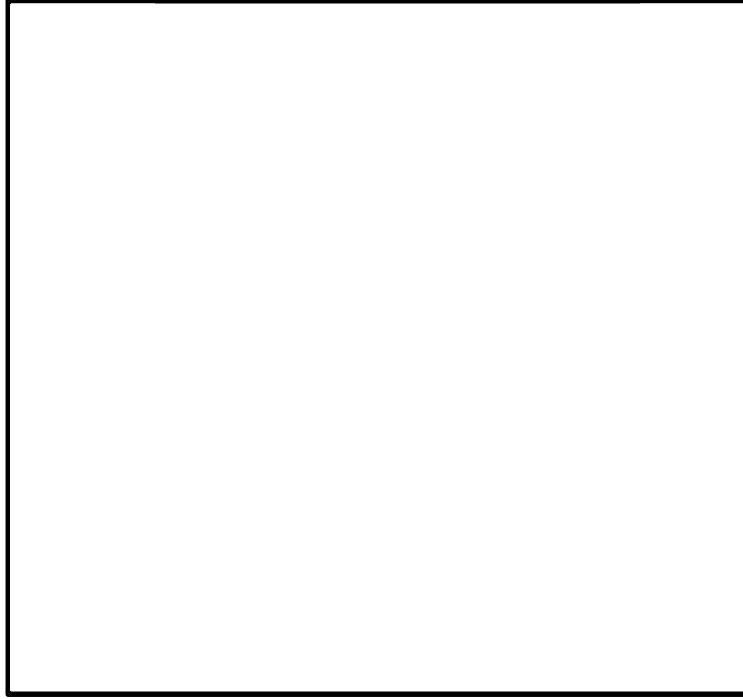


図 4-2 主要振動モード図

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-12 及び表 4-13 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 4-12 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. -0.18	—*	—*	C _H =0.52	C _V =0.42	C _H =0.85	C _V =0.84

注記*：固有周期は 0.05 (s) 以下で剛構造。

表 4-13 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)			弾性設計用地震動 S _d * ²			基準地震動 S _s			減衰定数 (%)	
	水平方向		鉛直方向	* ³ 水平方向 設計震度 C _H		* ³ 鉛直方向 設計震度 C _V	* ³ 水平方向 設計震度 C _H		* ³ 鉛直方向 設計震度 C _V	水平 方向	鉛直 方向
	X方向* ¹	Y方向* ¹	Z方向* ¹	X方向* ¹	Y方向* ¹		X方向* ¹	Y方向* ¹			
原子炉 格納容器 T. M. S. L. -0.18	0.059	0.05 以下	0.05 以下							1.0* ⁴	—

注記*1：下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）に対し、X方向は軸方向、Y方向及びZ方向は軸直角方向を示す。

*2：重大事故等対処設備の評価に対し、弾性設計用地震動 S_dに加えて静的震度を考慮する。

*3：上段は設計用床応答曲線より得られる震度、中段は設計用最大応答加速度より得られる震度、下段は静的震度（3.0C_i及び1.0C_v）を示す。ここで、上段については、「4.4 固有周期」の表 4-11 に示す各方向の卓越する固有周期より剛側の領域の最大震度を示す。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

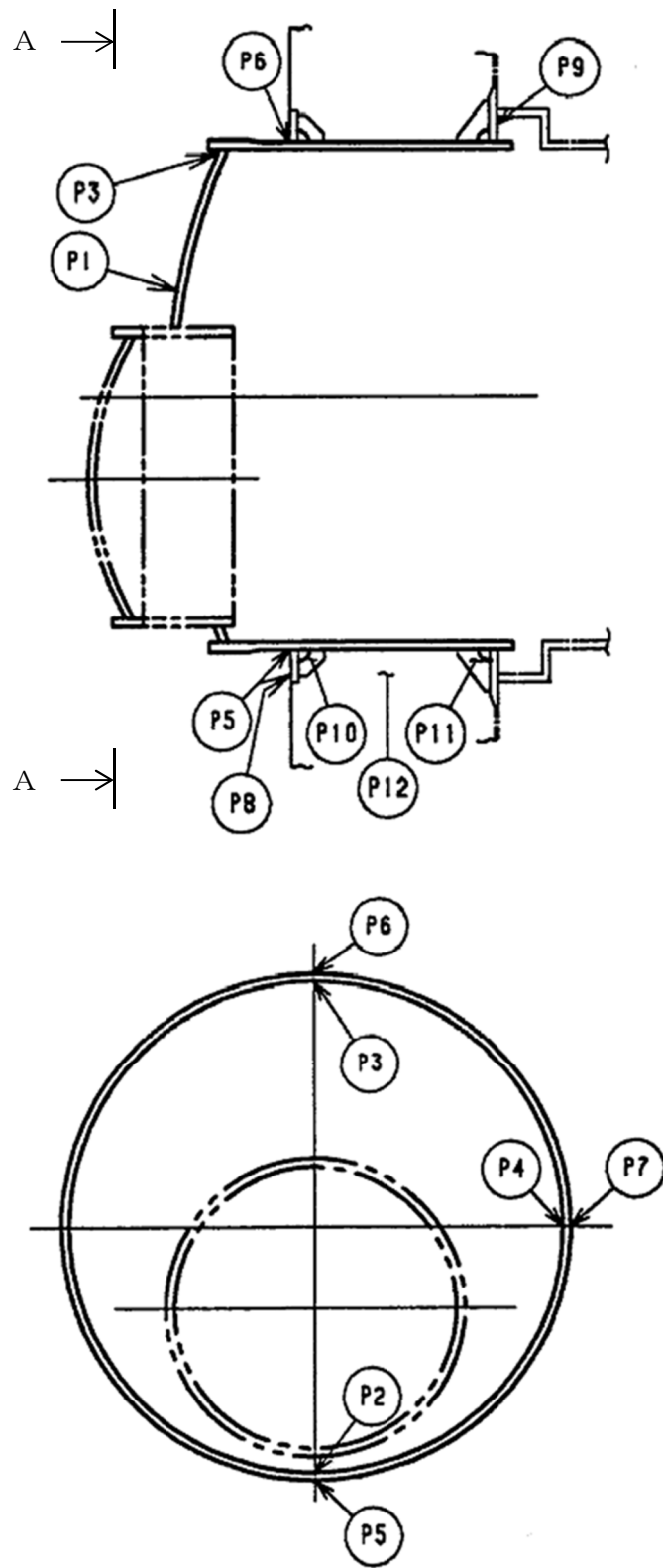
4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力評価点は、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-14 及び図 4-3 に示す。

表 4-14 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	鏡板
P 2～P 4	鏡板のスリーブとの結合部
P 5～P 7	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 8	フランジプレート（外側）
P 9	フランジプレート（内側）
P 1 0	ガセットプレート（外側）
P 1 1	ガセットプレート（内側）
P 1 2	コンクリート部



A~A矢視図

図4-3 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
(機器搬入用ハッチ付)の応力評価点

4.6.2 応力計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力計算方法について以下に示す。

(1) 設計基準対象施設としての応力計算

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

応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P1～P7

応力評価点 P1～P7 の応力は、「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スリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルにより算出し評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

応力評価点 P8～P9 は、フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P10～P11 は、等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P12 は荷重に応じた分布を仮定して、力のつり合い式を解いて評価する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P1～P7

応力評価点 P1～P7 の応力は、「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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の解析モデルにより算出し評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

重大事故等対処設備における応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

応力評価点 P8～P9 は、フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P10～P11 は、等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P12 は荷重に応じた分布を仮定して、力のつり合い式を解いて評価する。

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」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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。

なお，VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り，地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため，応力評価点 P1～P7 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(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。

なお，表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから，評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板 (機器搬 入用ハッチ付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(11)	
			一次+二次応力	24		○	(11)	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	56		○	(11)	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	28		○	(11)	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(11)	
			一次+二次応力	34		○	(11)	
	P5	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	44		○	(11)	
	P6	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	(11)	
			一次+二次応力	32		○	(11)	
	P7	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	24		○	(11)	

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
下部ドライウェ ルアクセスト ンネルスリーブ及 び鏡板（機器搬 入用ハッチ付）	P8	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	76		○	(14)		
		せん断応力度	8	○		(14)			
	P9	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	100		○	(14)		
			せん断応力度	8		○	(14)		
	P10	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	53		○	(14)		
	P11	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	36		○	(14)		
	P12	コンクリート部 （フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	3.8		21.5	○	(14)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 （フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	3.3		21.5	○	(14)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 5-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板 (機器搬 入用ハッチ付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	21		○	(13)	
			一次+二次応力	40		○	(13)	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(13)	
			一次+二次応力	96		○	(13)	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	(13)	
			一次+二次応力	42		○	(13)	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	(13)	
			一次+二次応力	60		○	(13)	
	P5	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	21		○	(13)	
			一次+二次応力	78		○	(13)	
	P6	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	(13)	
			一次+二次応力	58		○	(13)	
	P7	スリーブのフランジプレートと の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(13)	
			一次+二次応力	42		○	(13)	

表 5-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライブ ルアクセス トンネルス リーブ及 び鏡板 (機器搬 入用ハッ チ付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	118		○	(13), (15)	
		せん断応力度	12		○	(13)		
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	158		○	(13)	
			せん断応力度	12		○	(13)	
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	83		○	(15)	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	54		○	(13), (15)	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	5.3	27.5	○	(15)	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	3.9	27.5	○	(13), (15)	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

表 5-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッ チ付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	
			一次+二次応力	24		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	8		○	
			一次+二次応力	56		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	41		○	
			一次+二次応力	28		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
			一次+二次応力	34		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	44		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	32		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	21		○	
			一次+二次応力	24		○	

表 5-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	75		○		
		せん断応力度	8	○				
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	194		○		
			せん断応力度	14		○		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	52		○		
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	67		○		
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	3.3		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	5.1		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

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スリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P1～P7 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッ チ付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	70		○	
			一次+二次応力	40		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	
			一次+二次応力	138		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	117		○	
			一次+二次応力	44		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	140		○	
			一次+二次応力	72		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	50		○	
			一次+二次応力	100		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	46		○	
			一次+二次応力	72		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	53		○	
			一次+二次応力	50		○	

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	V _{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	128		○	
			せん断応力度	12		○	
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	414		○	
			せん断応力度	33		○	
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	90		○	
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	152		○	
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	5.6	27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	6.2	27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッ チ付)	P1	鏡板	一次膜応力+一次曲げ応力	47		○	
			一次+二次応力	94		○	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	300		○	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	67		○	
			一次+二次応力	94		○	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	92		○	
			一次+二次応力	154		○	
	P5	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	39		○	
			一次+二次応力	214		○	
	P6	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	
			一次+二次応力	154		○	
	P7	スリーブのフランジプレートとの 結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	38		○	
			一次+二次応力	110		○	

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	V A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェル アクセストンネル スリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	162		○		
		せん断応力度	15	○				
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	283		○		
		せん断応力度	23	○				
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	115		○		
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	104		○		
	P12	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	7.1		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	4.1		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V A Sを荷重状態Vに読み替える。

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-3-4-1-11 「下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度計算書」

VI-2-9-2-6 クエンチャサポート基礎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. 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	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
4.2.4 設計荷重	14
4.3 設計用地震力	15
4.4 計算方法	16
4.5 計算条件	18
4.6 応力の評価	18
5. 評価結果	19
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	22
6. 参照図書	25

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、クエンチャサポート基礎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。

クエンチャサポート基礎は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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クエンチャサポート基礎の評価は、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

クエンチャサポート基礎の構造計画を表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>クエンチャサポート基礎は原子炉格納容器底部に支持される。</p> <p>クエンチャサポート基礎は、原子炉格納容器底部と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>クエンチャサポート基礎は、ベースプレート、ベアリングプレート及びガセットプレート等で構成される鋼製構造物である。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

クエンチャサポート基礎の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 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。

クエンチャサポート基礎の耐震評価フローを図2-1に示す。

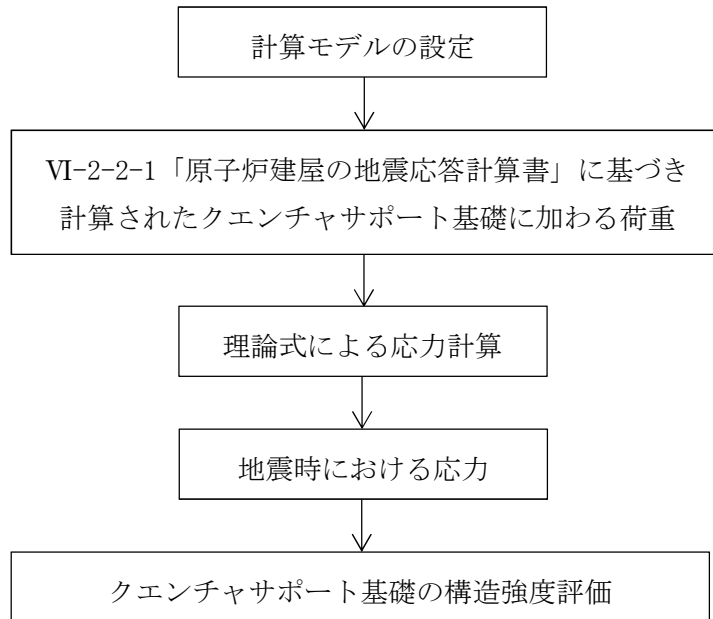


図2-1 クエンチャサポート基礎の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) JSME S NC 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・発電用原子力設備規格 (コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE 1-2003) (以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D _i	直径 (i = 1, 2, 3)	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
H	水平力	N
ℓ _i	長さ (i = 1, 2, 3…)	mm
L	活荷重	—
M	機械的荷重	—
M _i	モーメント (i = 1, 2)	N・mm
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)	—
N _i	軸力 (i = 1, 2)	N
P	圧力	—
P _i	圧力 (i = 1, 3, 4)	—
P _{SAL}	圧力 (SA後長期内圧)	—
P _{SALL}	圧力 (SA後長々期内圧)	—
R _i	配管荷重 (i = 1, 3, 4)	—
S	許容引張応力	MPa
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	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (RT)	40℃における設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
T ₁	温度	—
T _{SAL}	温度 (SA後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	℃

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
温度	℃	—	—	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位

注記*：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

クエンチャサポート基礎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。

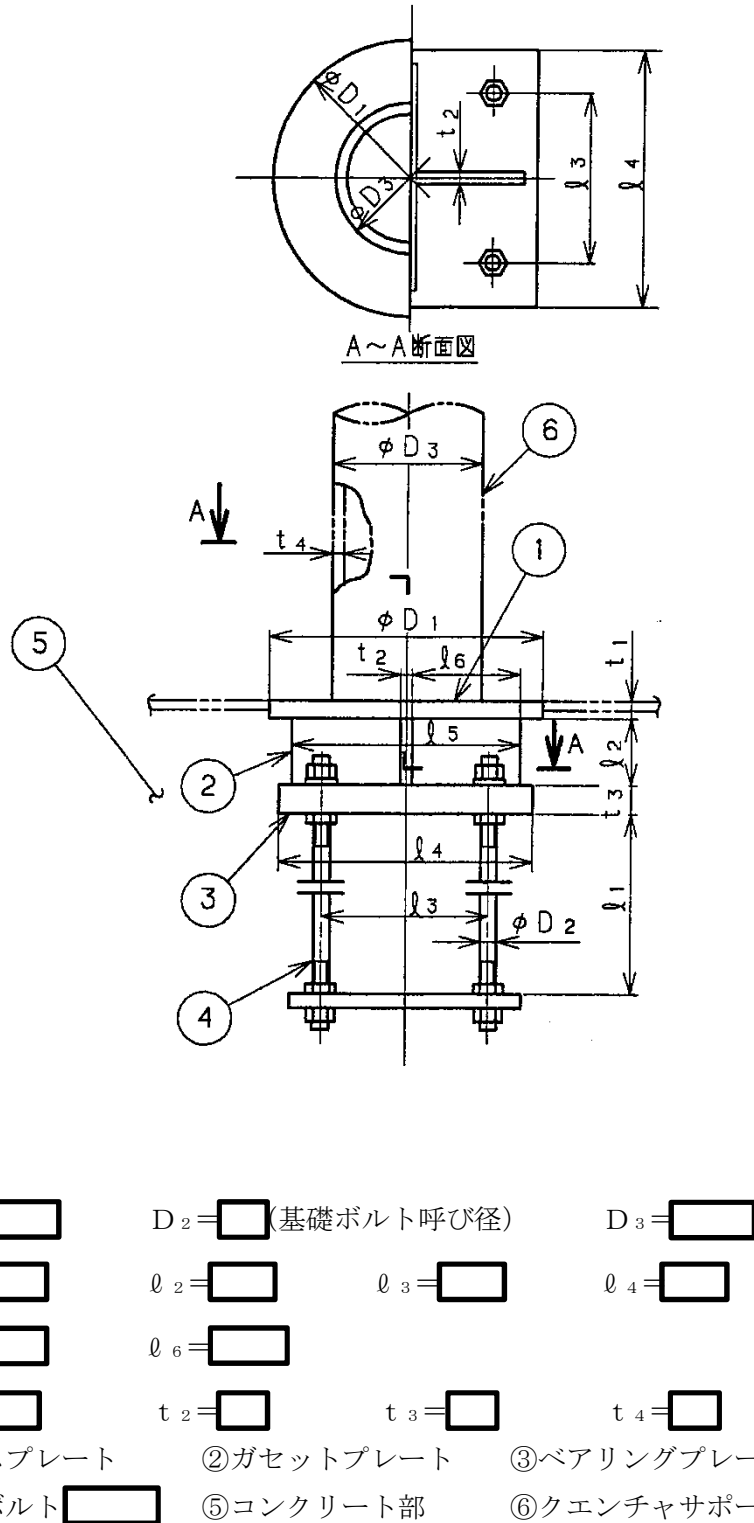


図3-1 クエンチャサポート基礎の形状及び主要寸法 (単位: mm)

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ベースプレート	□	□
ガセットプレート		
ベアリングプレート		
基礎ボルト		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=300\text{kg/cm}^2$)	$F_c=29.4\text{N/mm}^2$

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) クエンチャサポート基礎の地震荷重は，原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達される。クエンチャサポート基礎の耐震評価として，VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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。
- (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

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

クエンチャサポート基礎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

クエンチャサポート基礎の許容応力度は，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 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

クエンチャサポート基礎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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ ^{*1, *2}		許容応力状態 ^{*1} <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	クエンチャ サポート基礎	S	クラスMC 容器	$D + P + M + S d^*$ < $D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S d^*$ >	(14)	$III_A S$ <III>
					$D + P + M + S s$ < $D + L + P_1 + R_1 + S s$ >	(15)	$IV_A S$ <IV>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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。

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, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	クエンチャサポート基礎	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *4 <D + L + P ₃ + R ₃ + S _d >	(V(L)-1)	V _A S*5 <V>
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ <D + L + P ₄ + R ₄ + S _s >	(V(LL)-1)	V _A S*5 <V>

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：CCV規格による場合は，< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3：（ ）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。

*4：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5：V_AS（<V>）としてIV_AS（<IV>）の許容限界を用いる。

表4-3 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度

荷重 状態	応力 分類	ライナプレート、ライナアンカ等*1									ボルト等		
		一次応力					一次+二次応力					一次応力	
		引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り ／ 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ		$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ*2		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては、コンクリート埋込部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：ⅤとしてⅣの許容限界を用いる。

表4-4 コンクリート部の許容応力度

応力分類 荷重状態	コンクリート部 (単位：N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ	$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$
Ⅳ	$0.85 \cdot F_c$	
V*		

注記*：VとしてⅣの許容限界を用いる。

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)
		周囲環境 温度					
ベースプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	104	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ベアリングプレート及び ガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	104	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境 温度	104	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1 :

*2 :

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)
		周囲環境 温度					
ベースプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168 ^{*3} (200) ^{*4}	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ベアリングプレート及び ガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168 ^{*3} (200) ^{*4}	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168 ^{*3} (200) ^{*4}	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1 :

*2 :

*3 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*4 : 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての評価温度

設計基準対象施設としての評価温度は既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

温度（最高使用温度） 104 °C

(2) 重大事故等対処設備としての評価温度

重大事故等対処設備としての評価温度は，VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い，以下のとおりとする。

温度 T_{SAL} 168°C（SA後長期）

温度 T_{SALL} 100°C（SA後長々期）

(3) クエンチャサポート基礎に加わる荷重

クエンチャサポート基礎には配管反力及び水力的動荷重が作用する。

クエンチャサポート基礎に加わる荷重を表4-7に示す。また，㊸点での荷重方向を図4-1に示す。

表4-7 クエンチャサポート基礎に加わる荷重

荷重種別	記号	許容応力状態<荷重状態>		
		Ⅲ _A S<Ⅲ>	Ⅳ _A S<Ⅳ>	V _A S<V>
水平力(N)	H			
軸力(N)	N ₁			
	N ₂			
モーメント (N・mm)	M ₁			
	M ₂			

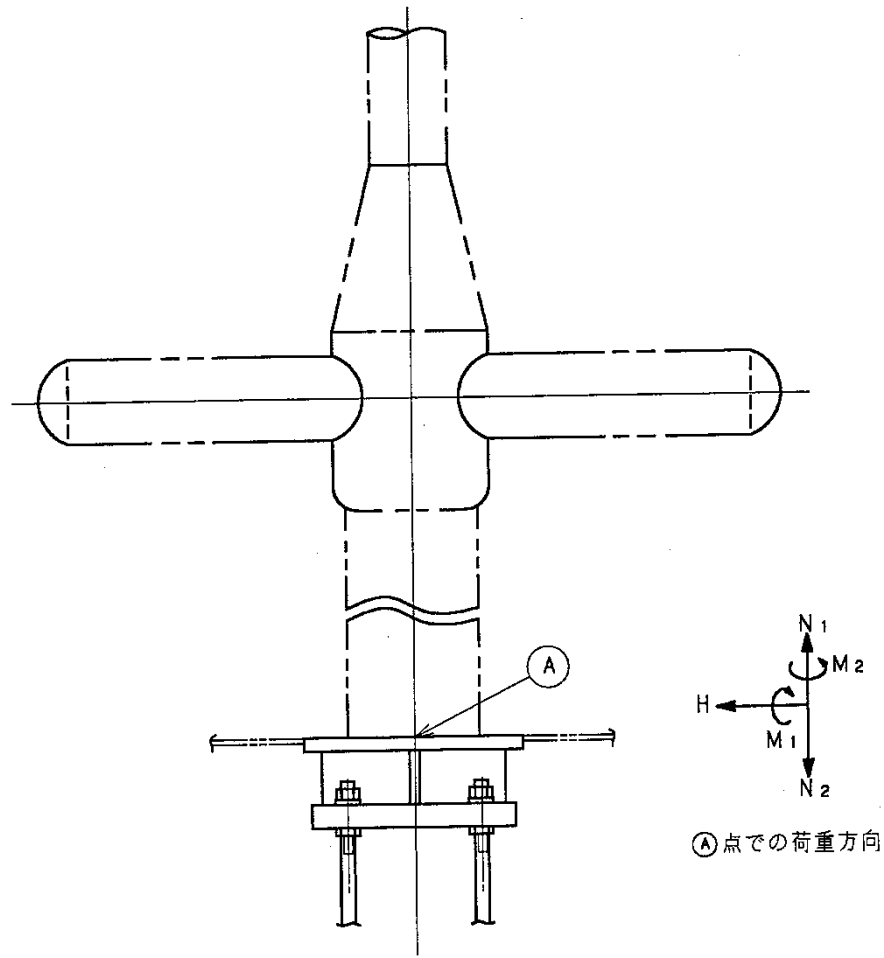


図 4-1 クエンチャサポート基礎に加わる荷重

4.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力は、「4.2.4(3) クエンチャサポート基礎に加わる荷重」に示す地震応答解析で計算された荷重を用いる。

4.4 計算方法

クエンチャサポート基礎の応力評価点は、クエンチャサポート基礎を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-8 及び図 4-2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 は、設計荷重により作用する荷重と評価断面の断面性能により評価する。

応力評価点 P2 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P3 及び P4 は、設計荷重により作用する荷重と評価断面の断面性能により評価する。

応力評価点 P5 は、圧縮応力度についてはベースプレート又はガセットプレートより受ける荷重の大きい方とする。せん断応力度については応力評価点 P3 に作用する引張力によりコンクリートに加わるせん断力と評価断面の断面性能により評価する。

表 4-8 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ベースプレート
P 2	ガセットプレート
P 3	基礎ボルト
P 4	ベアリングプレート
P 5	コンクリート部

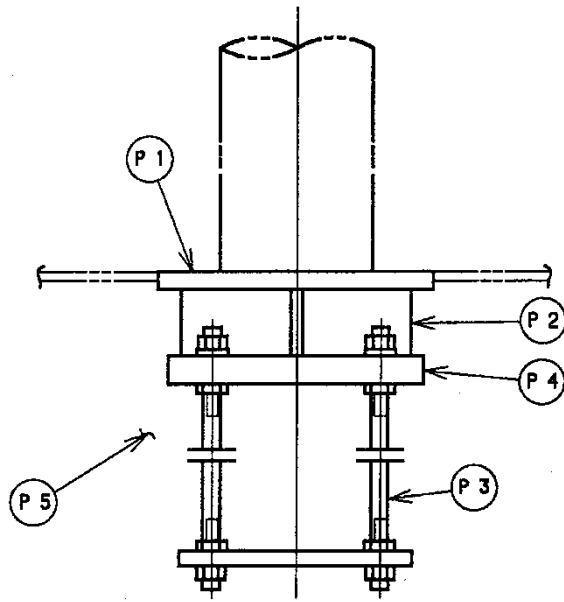


図 4-2 クエンチャサポート基礎の応力評価点

4.5 計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

クエンチャサポート基礎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 5-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S d*)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
クエンチャ サポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	105		○		
			曲げ応力度	235		○		
	P2	ガセットプレート	曲げ応力度	63		○		
			せん断応力度	18		○		
	P3	基礎ボルト	引張応力度	243		○		
	P4	ベアリングプレート	曲げ応力度	157		○		
	P5	コンクリート部	圧縮応力度	8.5		19.6	○	単位：N/mm ²
			せん断応力度	0.2		1.1	○	単位：N/mm ²

注：本表の評価部位はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 5-2 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D+P+M+S_s)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
クエンチャ サポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	105		○		
			曲げ応力度	235		○		
	P2	ガセットプレート	曲げ応力度	63		○		
			せん断応力度	18		○		
	P3	基礎ボルト	引張応力度	243		○		
	P4	ベアリングプレート	曲げ応力度	157		○		
	P5	コンクリート部	圧縮応力度	8.5		25.0	○	単位：N/mm ²
			せん断応力度	0.2		1.1	○	単位：N/mm ²

注：本表の評価部位はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

クエンチャサポート基礎の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-3 に示す。

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

評価対象 設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
クエンチャ サポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	105		○		
			曲げ応力度	235		○		
	P2	ガセットプレート	曲げ応力度	63		○		
			せん断応力度	18		○		
	P3	基礎ボルト	引張応力度	243		○		
	P4	ベアリングプレート	曲げ応力度	157		○		
	P5	コンクリート部	圧縮応力度	8.5		25.0	○	単位：N/mm ²
			せん断応力度	0.2		1.1	○	単位：N/mm ²

注：本表の評価部位はCCV規格による評価であるため許容応力状態 V_{AS} を荷重状態 V に読み替える。

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

評価対象 設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
クエンチャ サポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	105		○		
			曲げ応力度	235		○		
	P2	ガセットプレート	曲げ応力度	63		○		
			せん断応力度	18		○		
	P3	基礎ボルト	引張応力度	243		○		
	P4	ベアリングプレート	曲げ応力度	157		○		
	P5	コンクリート部	圧縮応力度	8.5		25.0	○	単位：N/mm ²
			せん断応力度	0.2		1.1	○	単位：N/mm ²

注：本表の評価部位はCCV規格による評価であるため許容応力状態 V_{AS} を荷重状態 V に読み替える。

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-3-4-1-13 「クエンチャサポート基礎の強度計算書」

VI-2-9-2-7 上部ドライウェル機器搬入用ハッチの
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. 固有周期	8
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 設計荷重	15
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	20
6. 評価結果	21
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
7. 参照図書	33

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

上部ドライウェル機器搬入用ハッチは設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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上部ドライウェル機器搬入用ハッチの評価は、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

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの構造計画を表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>上部ドライウェル機器搬入用ハッチは原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>上部ドライウェル機器搬入用ハッチは、原子炉建屋と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>上部ドライウェル機器搬入用ハッチは、内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm, 長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板、フランジで構成される鋼製構造物である。</p> <p>原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。</p>	<p>上部ドライウェル機器搬入用ハッチ</p> <p>上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 拡大図</p> <p>(単位：mm)</p>

2

2.2 評価方針

上部ドライウエル機器搬入用ハッチの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

上部ドライウエル機器搬入用ハッチの耐震評価フローを図2-1に示す。

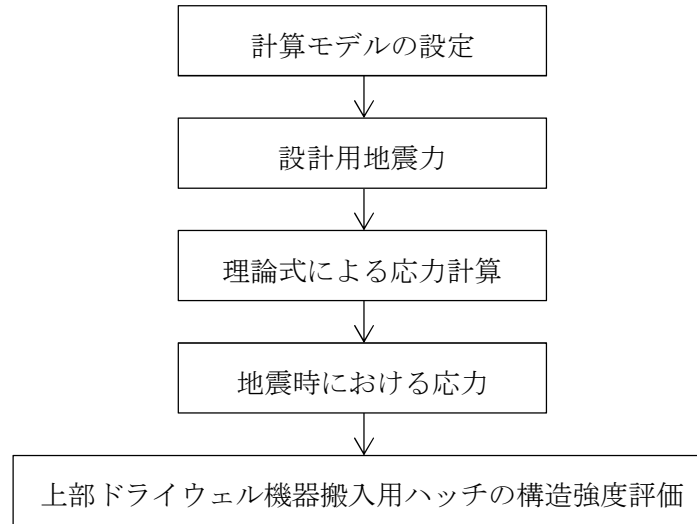


図2-1 上部ドライウエル機器搬入用ハッチの耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E
S N C 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・発電用原子力設備規格 (コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E 1-
2003) (以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D ₁	直径	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
ℓ _i	長さ (i = 1, 2)	mm
L	活荷重	—
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 _i	圧力 (i = 1, 2, 3…)	—
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
R _h	半径	mm
R _i	配管荷重 (i = 1, 2, 3…)	—
S	許容引張応力	MPa
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 ずれか大きいほうの地震力	—
S _m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (RT)	40℃における設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
T ₁	温度	—
T _{SAL}	温度 (SA後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	℃

記号	記号の説明	単位
W	荷重	—

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

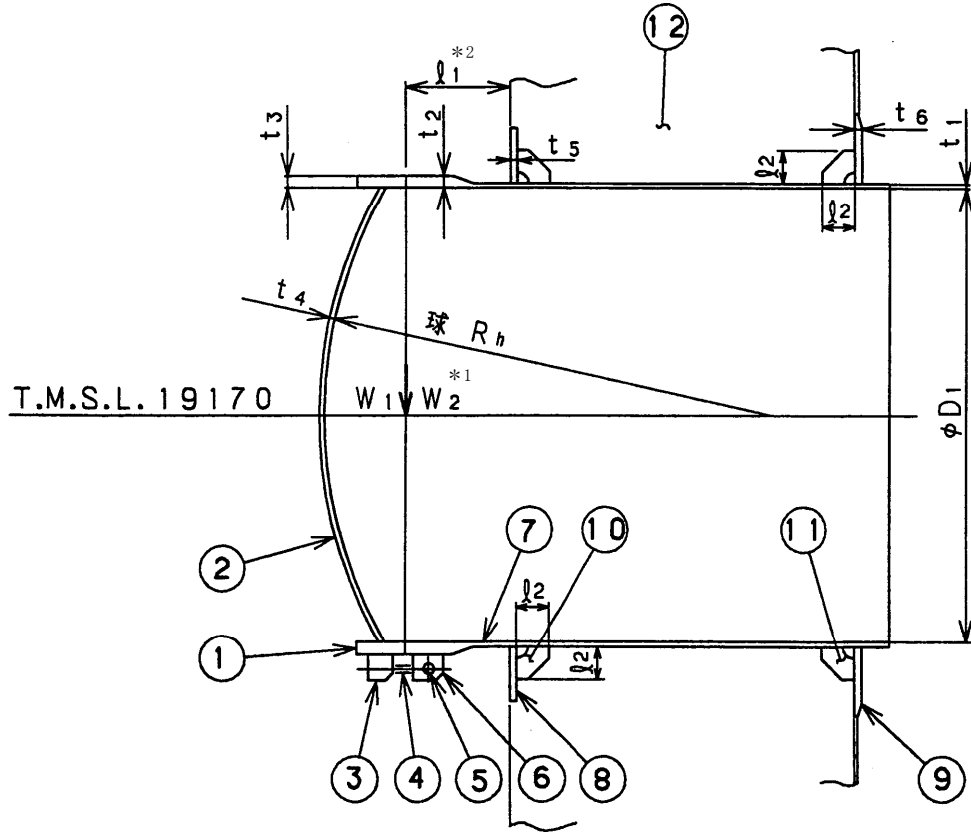
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。



注記*1: W (荷重) の作用点を示す。

*2: l_1 寸法は最大長さを示す。

- ①フランジ ②鏡板 ③ブラケット ④ヒンジボルト ⑤ピン ⑥ブラケット
- ⑦円筒胴 ⑧フランジプレート (外側) ⑨フランジプレート (内側)
- ⑩ガセットプレート (外側) ⑪ガセットプレート (内側) ⑫コンクリート部

$D_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$R_h =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>
$t_2 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_4 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_5 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_6 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>

(単位: mm)

図3-1 上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ヒンジボルト		
ピン		
円筒胴		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c = 330\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 32.4\text{N/mm}^2$

4. 固有周期

上部ドライウェル機器搬入用ハッチは、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに埋め込まれた構造であり、コンクリート部からの突出し長さが短いため、固有周期は十分に小さく剛構造となる。

よって、固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 上部ドライウェル機器搬入用ハッチは、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに埋め込まれた構造であり、地震荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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。

- (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。

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

上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

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。

5.2.2 許容応力

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの許容応力及び許容応力度はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3～表 5-5 に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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 5-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-7 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*1, *2		許容応力状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	上部ドライ ウェル機器 搬入用 ハッチ	S	クラスMC 容器	$D + P + M + S_d^*$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S_d^* \rangle$	(10)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
						(11)	
						(14) (16)	
					$D + P + M + S_s$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + S_s \rangle$	(12) (13) (15)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					$D + P_L + M_L + S_d^{**3}$ $\langle D + L + P_2 + R_2 + S_d^* \rangle$	(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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*2, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*4}$	(V(L)-1)	V_{AS}^{*5}
					<D + L + P ₃ + R ₃ + S _d >		<V>
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V(LL)-1)	V_{AS}^{*5}
					<D + L + P ₄ + R ₄ + S _s >		<V>

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:CCV規格による場合は,<>内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3:()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。

*4:重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5: V_{AS} (<V>)として IV_{AS} (<IV>)の許容限界を用いる。

表5-3 クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	$3 \cdot S^{*1}$ [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。]	*2, *3 S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態I, IIにおける疲労累積係数との和 が1.0以下であること。
IV _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S*5				

11

注記*1: 3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。)

の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2: 設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3: 運転状態I, IIにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4: 設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*5: V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表5-4 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 荷重状態	ライナプレート、ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り ／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V*2	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-5 コンクリート部の許容応力度

応力分類 荷重状態	コンクリート部 (単位：N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ	$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100}\right)$
Ⅳ	$0.85 \cdot F_c$	
V*		

注記*：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-6 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	171				
上部ドライウェル機器搬入用 ハッチ円筒胴, フランジプレ ート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	171	□	□	□	—

注記* : □

表5-7 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³				
上部ドライウェル機器搬入用 ハッチ円筒胴, フランジプレ ート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³	□	□	□	—

注記*1 : □



*2 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*3 : 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

5.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248 kPa
外圧	14 kPa
温度（最高使用温度）	171 °C
死荷重（通常運転時）	 N
活荷重*	 N

注記*：燃料交換時に上部ドライウェル機器搬入用ハッチに作用する荷重を活荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

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

内圧 P_{SAL}	620kPa（SA後長期）
内圧 P_{SALL}	150kPa（SA後長々期）
温度 T_{SAL}	168°C（SA後長期）
温度 T_{SALL}	100°C（SA後長々期）

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S s」による地震力は、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。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. 19.17	—*	—*	$C_H=0.66$	$C_V=0.60$	$C_H=1.27$	$C_V=1.18$

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

表 5-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d		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 T. M. S. L. 19.17	—*	—*	$C_H=0.66$	$C_V=0.60$	$C_H=1.27$	$C_V=1.18$

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

5.4 計算方法

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点は、上部ドライウェル機器搬入用ハッチを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-10 及び図 5-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P8～P13 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重及び地震荷重）については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。応力評価点 P11～P13 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

応力評価点 P14 及び P15 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

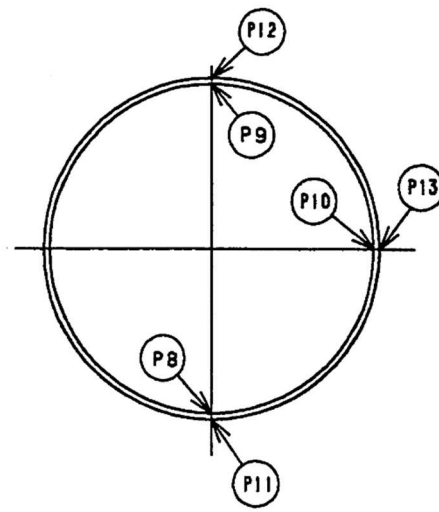
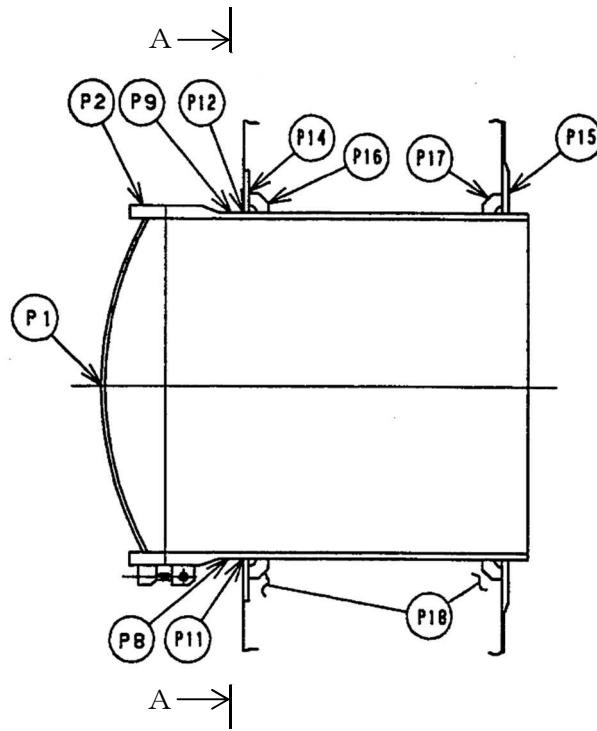
応力評価点 P16 及び P17 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P18 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表 5-10 応力評価点

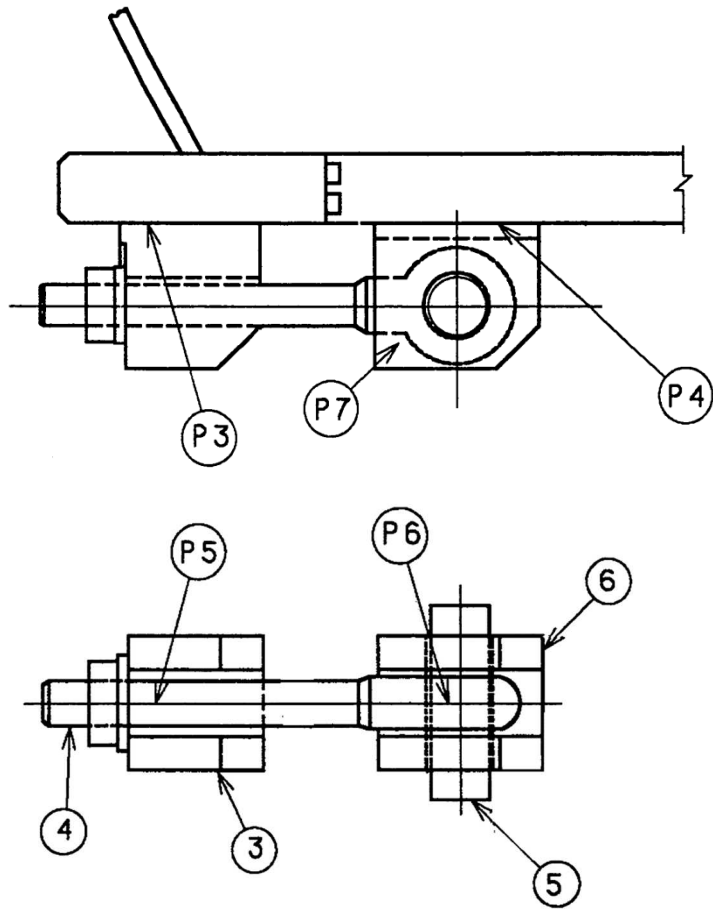
応力評価点番号	応力評価点
P 1 *	鏡板中央部
P 2 *	フランジ
P 3 *	ブラケットのフランジとの結合部
P 4 *	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5 *	ヒンジボルト
P 6 *	ピン
P 7 *	ピン取付部
P 8～P 10	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴
P 11～P 13	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 14	フランジプレート（外側）
P 15	フランジプレート（内側）
P 16	ガセットプレート（外側）
P 17	ガセットプレート（内側）
P 18	コンクリート部

注記*：応力評価点 P 1～P 7 については、地震荷重は荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。



A~A矢視図

図 5-1 上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点 (その 1)



③ブラケット ④ヒンジボルト ⑤ピン ⑥ブラケット

図 5-1 上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点 (その 2)

5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表6-1及び表6-2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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その1)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 機器搬入 用ハッチ	P8	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P9	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P10	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P11	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P12	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
P13	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)		
		一次+二次応力	20		○	(11)		

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その2)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
上部ドラ イウエル 機器搬入 用ハッチ	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	22		○	(11)		
			せん断応力度	6		○	(11)		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	22		○	(11)		
			せん断応力度	6		○	(11)		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	23		○	(11)		
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	23		○	(11)		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.0		21.5	○	(11)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	1.0		21.5	○	(11)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 機器搬入 用ハッチ	P8	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(13)	
			一次+二次応力	12		○	(13)	
	P9	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P10	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P11	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(13)	
			一次+二次応力	12		○	(13)	
	P12	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P13	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	

表 6-2(1) 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	Ⅳ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 機器搬入 用ハッチ	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	33		○	(13)	
		せん断応力度	6		○	(13)		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	33		○	(13)	
		せん断応力度	6		○	(13)		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	36		○	(13)	
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	36		○	(13)	
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.6	27.5	○	(13)	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	1.6	27.5	○	(13)	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅳ_ASを荷重状態Ⅳに読み替える。

表 6-2(2) 許容応力状態IVAS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	IVAS		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル機器 搬入用ハッチ	P8	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	22		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	22		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	22		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P12	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドライ ウエル機器 搬入用ハッチ	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	11		○		
			せん断応力度	3		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	60		○		
			せん断応力度	7		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	11		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	64		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	2.9		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

上部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 6-3 に示す。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル機器 搬入用ハッチ	P8	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P12	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	28		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3(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	V _{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドライ ウェル機器 搬入用ハッチ	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	11		○		
			せん断応力度	3		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	132		○		
			せん断応力度	14		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	11		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	142		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	6.4		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

表 6-3(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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル機器 搬入用ハッチ	P8	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	8		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P12	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ 円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3(2) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 ($D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル機器 搬入用ハッチ	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	16		○	
			せん断応力度	3		○	
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	45		○	
			せん断応力度	6		○	
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	17		○	
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	49		○	
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.8	27.5	○	単位 : N/mm^2
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	2.3	27.5	○	単位 : N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態 V_{AS} を荷重状態 V に読み替える。

7. 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-3-4-1-7 「上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書」

VI-2-9-2-8 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの
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	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
4.2.4 設計荷重	13
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	17
4.5 設計用地震力	19
4.6 計算方法	21
4.6.1 応力評価点	21
4.6.2 応力計算方法	23
4.7 計算条件	23
4.8 応力の評価	23
5. 評価結果	24
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
6. 参照図書	31

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチは設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

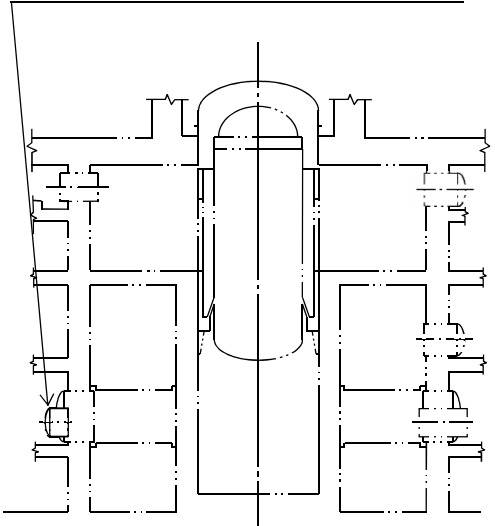
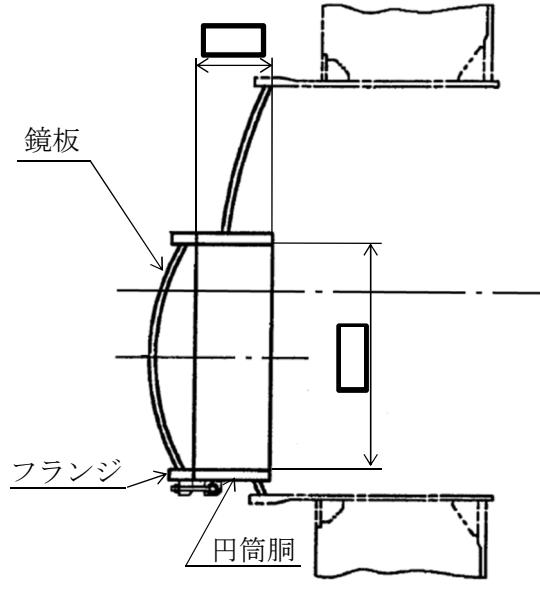
なお、本計算書においては、新規制対応設工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による下部ドライウェル機器搬入用ハッチの評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの構造計画を表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>下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、下部ドライウエルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）に支持される。</p> <p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、原子炉格納容器と一体構造である下部ドライウエルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）に取り付けられ、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物である。</p>	<p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチ</p> 	 <p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 拡大図</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

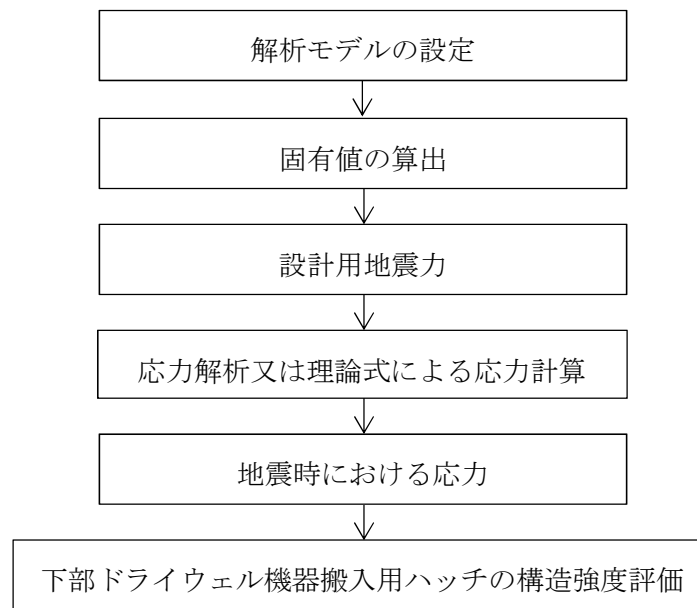


図 2-1 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの耐震評価フロー

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)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E
S N C 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
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_1	直径	mm
E	縦弾性係数	MPa
l_1	長さ	mm
m_i	質量 ($i=1, 2, 3\cdots$)	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
R_{hi}	半径 ($i=1, 2$)	mm
S	許容引張応力	MPa
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_m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i=1, 2, 3\cdots$)	mm
T	温度	°C
T_{SAL}	温度 (SA後長期温度)	°C
T_{SALL}	温度 (SA後長々期温度)	°C
W	荷重	N
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

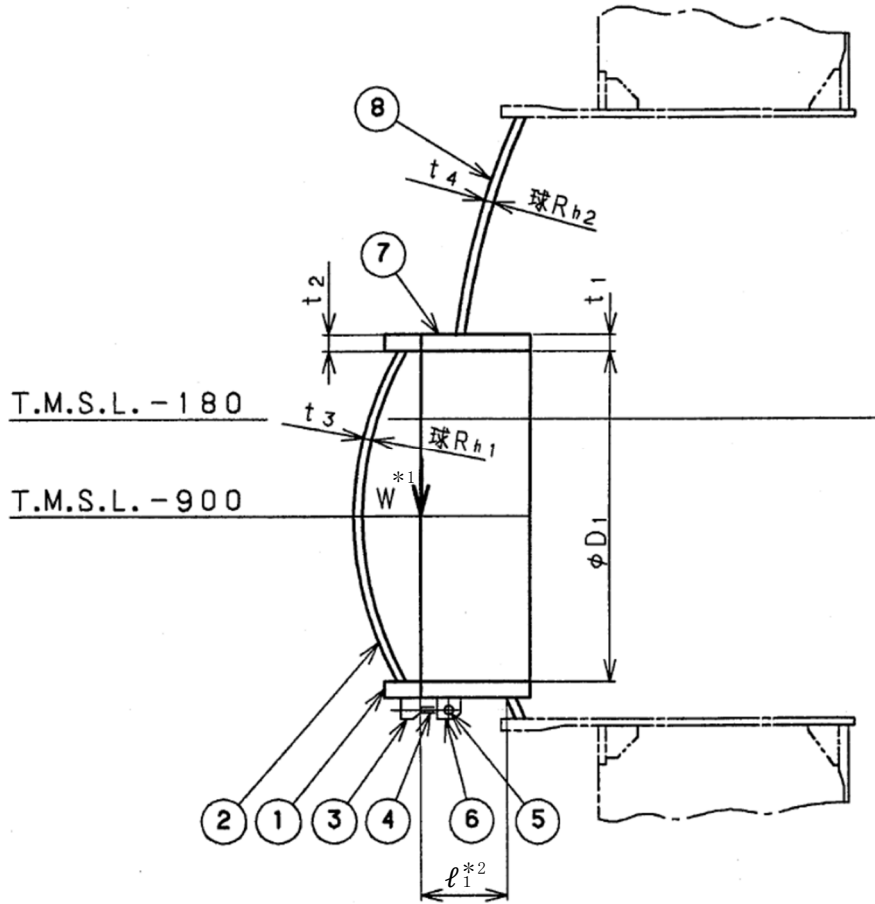
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	°C	—	—	整数位
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 ^{*2}

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

*2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。



注記*1：W（荷重）の作用点を示す。

*2： l_1 寸法は最大長さを示す。

- ①フランジ ②鏡板 ③ブラケット ④ヒンジボルト ⑤ピン ⑥ブラケット
⑦円筒胴 ⑧アクセストンネル鏡板

$D_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$R_{h1} =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$R_{h2} =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>
$t_1 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_2 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	$t_4 =$ <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>

(単位：mm)

図 3-1 下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ヒンジボルト		
ピン		
円筒胴		
アクセストネル鏡板		

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) 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの地震荷重は、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板を介して原子炉格納容器コンクリート部及び原子炉建屋に伝達される。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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、没水による水重量及び水頭圧を考慮する。

(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

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの許容応力はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-3に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	下部ドライ ウェル機器 搬入用 ハッチ	S	クラスMC 容器	D + P + M + S _d *	(10)	Ⅲ _A S
						(11)	
					(14)	(16)	
					D + P + M + S _s	(12)	Ⅳ _A S
						(13)	
						(15)	
					D + P _L + M _L + S _d **2	(17)	Ⅳ _A S

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

*2：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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	原子炉格納容器	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *3	(V(L)-1)	V_{AS} *4
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V(LL)-1)	V_{AS} *4

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

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

*3：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*4： V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。

表4-3 クラスMC容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	$3 \cdot S^{*1}$ [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。]	*2, *3 S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、 Ⅱにおける疲労累積係数との和 が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S*5				

注記*1：3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。)

の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*5：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
下部ドライウェル機器搬入用 ハッチ円筒胴	<input type="text"/>	周囲環境 温度	171	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*

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 (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
下部ドライウェル機器搬入用 ハッチ円筒胴	<input type="text"/>	周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—

注記*1

*2 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*3 : 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 圧力及び最高使用温度

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248 kPa
外圧	14 kPa
温度	171 °C

b. 死荷重

下部ドライウエル機器搬入用ハッチの自重を死荷重とする。

死荷重 N

c. 活荷重

燃料交換時に下部ドライウエル機器搬入用ハッチに作用する荷重を活荷重とする。

活荷重 N

(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及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い，以下のとおりとする。

内圧 P_{SAL}	620kPa（SA後長期）
内圧 P_{SALL}	150kPa（SA後長々期）
温度 T_{SAL}	168°C（SA後長期）
温度 T_{SALL}	100°C（SA後長々期）

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，没水時における下部ドライウエル機器搬入用ハッチ内部の水重量，下部ドライウエルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部の水重量及びVI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い，下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウエル機器搬入用ハッチ内部水重量

軸方向 N

軸直角方向 N

下部ドライウエルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部水重量

軸方向 N

軸直角方向 N

水位 T. M. S. L. 7400mm

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、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルは、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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-6に示す。

b.

c.

- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(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機器搬入用ハッチの内部水及び下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の内部水の影響を考慮して固有値解析及び応力解析を行う。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルは、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。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-6に示す。

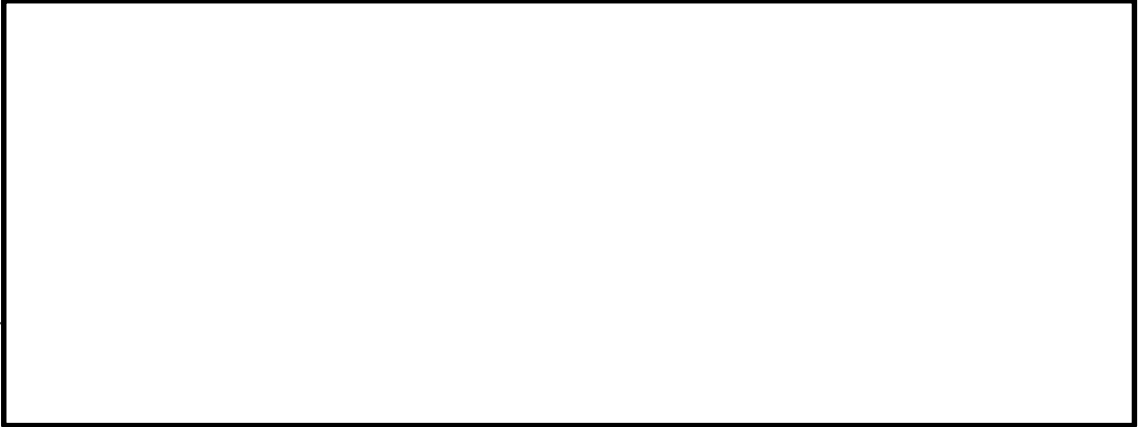
- b. 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルの質量条件について以下に示す。

ここで、固有値解析と応力解析においては、下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の没水時の内部水による固有周期及び応力への影響を考慮し、内部水の付加方法をそれぞれ設定している。

(a) 固有値解析



(b) 応力解析



c.

d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し，固有値及び応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

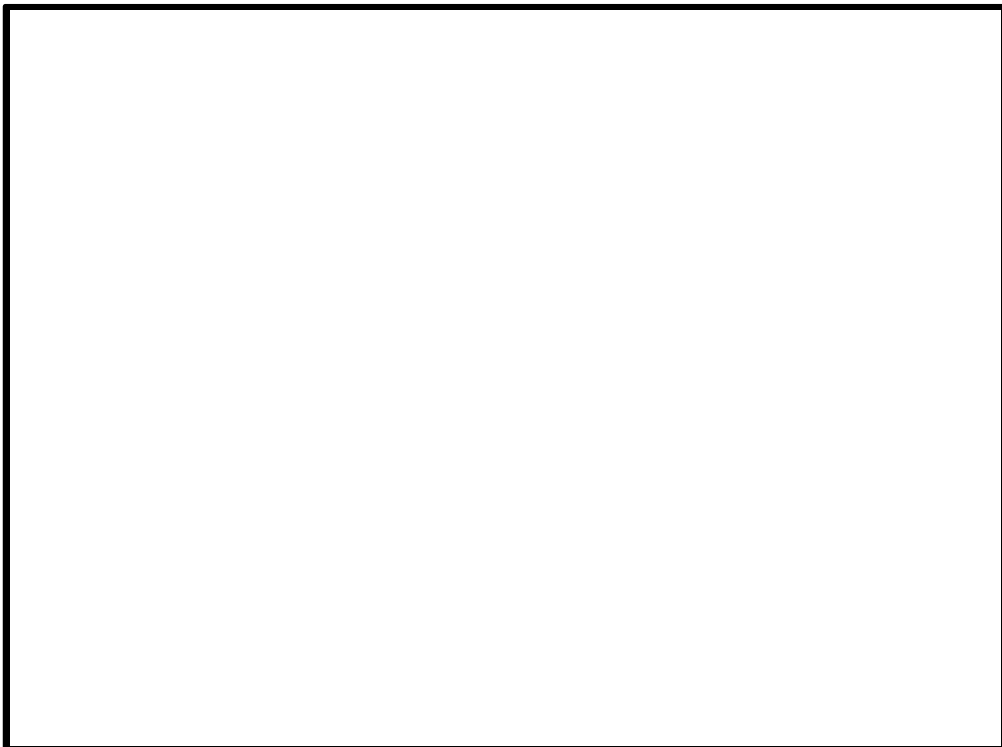


図 4-1 解析モデル

表 4-6 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	下部ドライウエル 機器搬入用ハッチ	m ₁	kg			
	下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板	m ₂	kg			
水質量	下部ドライウエル 機器搬入用ハッチ	m ₃	kg	—	固有値 解析	
					応力 解析	
	下部ドライウエル アクセストンネル スリーブ及び鏡板	m ₄	kg	—	固有値 解析	
					応力 解析	
温度条件		T	°C	171	200	
縦弾性係数		E	MPa			
ポアソン比		ν	—			
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は、既工認から変更がなく、固有周期は十分小さく剛である。

(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は、「4.2.4 設計荷重」に示す重大事故等時における評価温度及び没水による影響を考慮し算出する。固有周期を表 4-7 に、主要振動モード図を図 4-2 に示す。水平方向（軸）に対し、固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、水平方向（軸直角）及び鉛直方向（軸直角）に対し、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-7 に示すとおり、固有値解析の結果、下部ドライウエル機器搬入用ハッチの固有周期は、柔領域における X 方向の卓越モードが 1 つのみであることから、下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、機器搬入用ハッチを質点、スリーブ及び鏡板をバネとした、一質点系モデルとみなすことができる。

以上より、下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、X 方向の卓越する固有周期に対応する震度を設計用床応答曲線から読み取り、応力評価を行う。

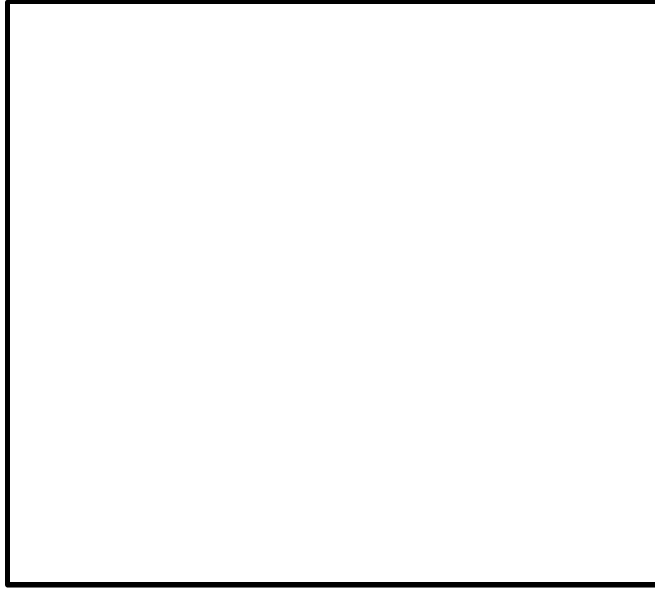
表 4-7 (1) 固有周期（重大事故等対処設備）（軸方向）

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.059	9.074	0.000	3.267
2 次	0.052	0.000	4.982	0.000
3 次	0.040	—	—	—

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。なお、軸方向の固有値算定を目的としたモデルによる解析結果であるため、軸方向（X 方向）モードのみ有効となる。

表 4-7 (2) 固有周期（重大事故等対処設備）（軸直角方向）

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.034	—	—	—



1次モード (表 4-7 (1))
軸方向 (X方向)

図 4-2 主要振動モード図

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-8 及び表 4-9 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 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. -0.90	—*	—*	C _H =0.52	C _V =0.42	C _H =0.85	C _V =0.84

注記*：固有周期は 0.05 (s) 以下で剛構造。

表 4-9 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)			弾性設計用地震動 S_d^{*2}			基準地震動 S_s			減衰定数 (%)		
	水平方向		鉛直方向	*3 水平方向 設計震度 C_H		*3 鉛直方向 設計震度 C_V	*3 水平方向 設計震度 C_H		*3 鉛直方向 設計震度 C_V	水平 方向	鉛直 方向	
	X方向*1	Y方向*1	Z方向*1	X方向*1	Y方向*1		X方向*1	Y方向*1				
原子炉 格納容器 T. M. S. L. -0.90	0.059	0.05 以下	0.05 以下								1.0*4	—

注記*1：下部ドライウェル機器搬入用ハッチに対し、X方向は軸方向、Y方向及びZ方向は軸直角方向を示す。

*2：重大事故等対処設備の評価に対し、弾性設計用地震動 S_d に加えて静的震度を考慮する。

*3：上段は設計用床応答曲線より得られる震度、中段は設計用最大応答加速度より得られる震度、下段は静的震度 ($3.0C_i$ 及び $1.0C_v$) を示す。ここで、上段については、「4.4 固有周期」の表 4-7 に示す各方向の卓越する固有周期より剛側の領域の最大震度を示す。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

4.6 計算方法

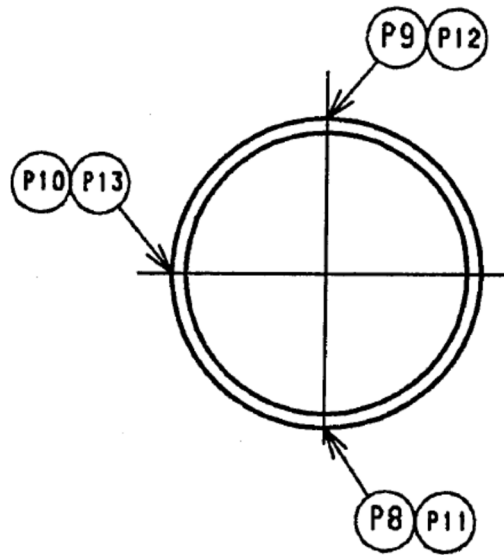
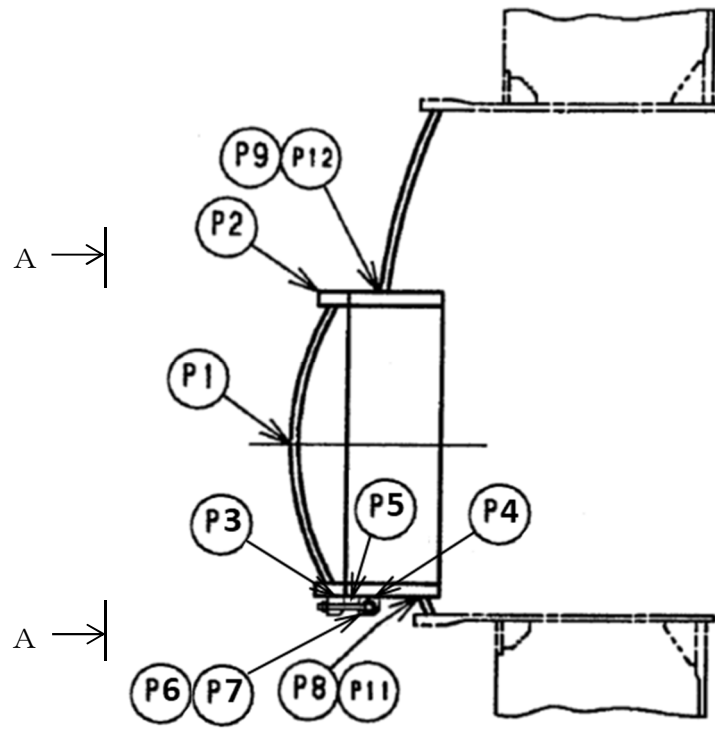
4.6.1 応力評価点

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点は、下部ドライウェル機器搬入用ハッチを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-10 及び図 4-3 に示す。

表 4-10 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1 *	鏡板中央部
P 2 *	フランジ
P 3 *	ブラケットのフランジとの結合部
P 4 *	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5 *	ヒンジボルト
P 6 *	ピン
P 7 *	ピン取付部
P 8 ~ 1 0	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴
P 1 1 ~ 1 3	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部

注記*：応力評価点 P 1 ~ P 7 については、地震荷重は荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。



A~A矢视图

图 4-3 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点

4.6.2 応力計算方法

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力計算方法について以下に示す。

(1) 設計基準対象施設としての応力計算

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

応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P8～P10

応力評価点 P8～P10 の地震に関する応力は、評価断面の断面性能より評価する。圧力による応力は、内圧を受ける薄肉円筒の応力算出式を用いて算出し評価する。

b. 応力評価点 P11～P13

応力評価点 P11～P13 の応力は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルにより算出し評価する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力評価の概要を以下に示す。

a. 応力評価点 P8～10

応力評価点 P8～P10 の応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

応力評価点 P8～P10 の地震に関する応力は、評価断面の断面性能より評価する。圧力による応力は、内圧を受ける薄肉円筒の応力算出式を用いて算出し評価する。

b. 応力評価点 P11～13

応力評価点 P11～P13 の応力は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウ ェル機器搬入 用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	8		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	8		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	10		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	10		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	10		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	10		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P11	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	(11)	
			一次+二次応力	30		○	(11)	
	P12	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	(11)	
			一次+二次応力	32		○	(11)	
	P13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	(11)	
			一次+二次応力	28		○	(11)	

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウ ェル機器搬入 用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(13)	
			一次+二次応力	12		○	(13)	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P11	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	8		○	(13)	
			一次+二次応力	56		○	(13)	
	P12	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(13)	
			一次+二次応力	50		○	(13)	
	P13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	10		○	(13)	
			一次+二次応力	48		○	(13)	

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	7		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	7		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	7		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P11	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
			一次+二次応力	30		○	
	P12	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	36		○	
			一次+二次応力	32		○	
	P13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
一次+二次応力			28		○		

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-3 に示す。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V _{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	8		○	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	8		○	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	8		○	
	P11	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	
			一次+二次応力	132		○	
	P12	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	119		○	
			一次+二次応力	130		○	
	P13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	95		○	
			一次+二次応力	104		○	

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)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	9		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	9		○	
			一次+二次応力	10		○	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	10		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	10		○	
			一次+二次応力	10		○	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	10		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	10		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P11	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	290		○	
	P12	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	81		○	
			一次+二次応力	288		○	
	P13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	66		○	
			一次+二次応力	226		○	

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-3-4-1-9 「下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書」

VI-2-9-2-9 サプレッションチェンバ出入口の
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. 固有周期	8
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 設計荷重	15
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	19
5.6 応力の評価	19
6. 評価結果	20
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27
7. 参照図書	32

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、サブプレッションチェンバ出入口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。

サブプレッションチェンバ出入口は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応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サブプレッションチェンバ出入口の評価は、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

サブプレッションチェンバ出入口の構造計画を表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>サプレッションチェンバ出入口は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>サプレッションチェンバ出入口は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>サプレッションチェンバ出入口は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板、フランジで構成される鋼製構造物である。</p> <p>原子炉格納容器埋込部には、フランジプレート及びガセットプレートを備える。</p>	<p>サプレッションチェンバ出入口</p> <p>サプレッションチェンバ出入口 拡大図</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

サブプレッションチェンバ出入口の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

サブプレッションチェンバ出入口の耐震評価フローを図2-1に示す。

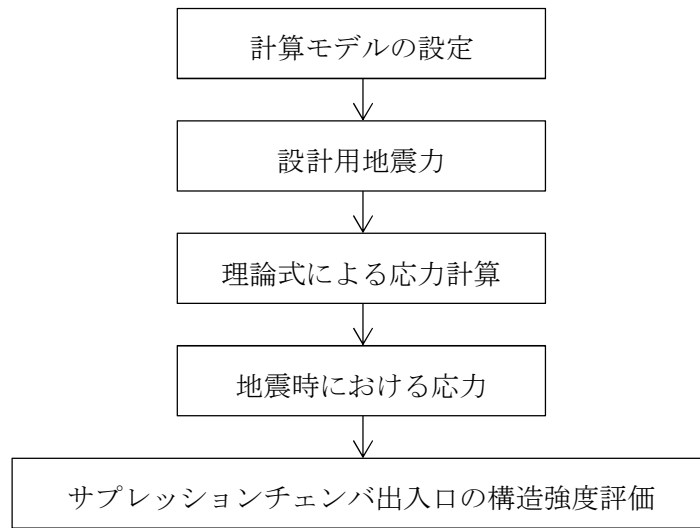


図2-1 サブプレッションチェンバ出入口の耐震評価フロー

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)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E
S N C 1 -2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・発電用原子力設備規格 (コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E 1 -
2003) (以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D _i	直径 (i = 1)	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
ℓ _i	長さ (i = 1, 2)	mm
L	活荷重	—
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 (S A後長期機械的荷重)	—
M _{SALL}	機械的荷重 (S A後長々期機械的荷重)	—
P	圧力	—
P _i	圧力 (i = 1, 2, 3…)	kPa
P _L	地震と組み合わせる圧力	—
P _{SAL}	圧力 (S A後長期圧力)	kPa
P _{SALL}	圧力 (S A後長々期圧力)	kPa
R _h	半径	mm
R _i	配管荷重 (i = 1, 2, 3…)	—
S	許容引張応力	MPa
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ほうの地震力	—
S _m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (R T)	40℃における設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
T _i	温度 (i = 1)	℃
T _{SAL}	温度 (S A後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (S A後長々期温度)	℃

記号	記号の説明	単位
W	荷重	N

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

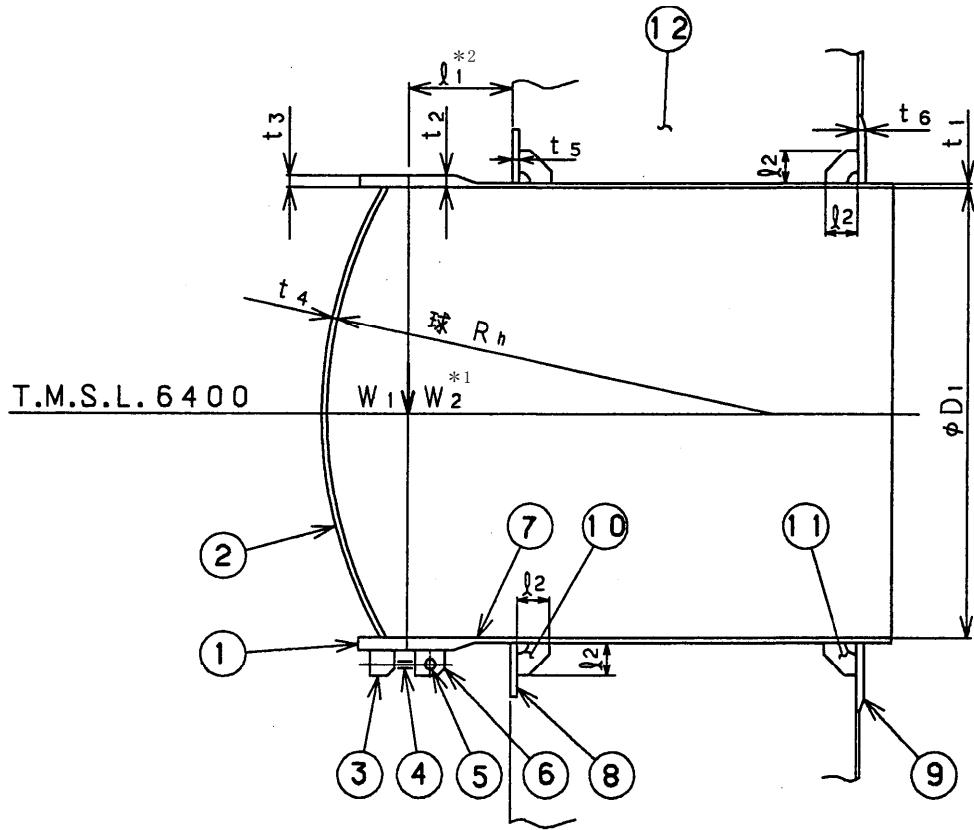
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力、設計降伏点及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

サプレッションチェンバ出入口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。



注記*1：W（荷重）の作用点を示す。

*2： l_1 寸法は最大長さを示す。

- ①フランジ ②鏡板 ③ブラケット ④ヒンジボルト ⑤ピン ⑥ブラケット
- ⑦円筒胴 ⑧フランジプレート（外側） ⑨フランジプレート（内側）
- ⑩ガセットプレート（外側） ⑪ガセットプレート（内側） ⑫コンクリート部

$D_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$R_h =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_1 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>
$t_2 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	$t_4 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	$t_5 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	$t_6 =$ <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>

（単位：mm）

図 3-1 サプレッションチェンバ出入口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
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ヒンジボルト		
ピン		
円筒胴		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330 \text{ kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

4. 固有周期

サプレッションチェンバ出入口は、円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、コンクリート部からの突出し長さが短いため、固有周期は十分に小さく剛構造となる。

よって、固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) サプレッションチェンバ出入口は、円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、地震荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

サプレッションチェンバ出入口の耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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、没水時におけるサプレッションチェンバ出入口内部の水重量及び水頭圧を考慮する。

- (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。

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

サプレッションチェンバ出入口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。

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

5.2.2 許容応力

サプレッションチェンバ出入口の許容応力及び許容応力度はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表5-3～表5-5に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ出入口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5-6に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-7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*1, *2		許容応力状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	サプレッシ ョンチェン バ出入口	S	クラスMC 容器	$D + P + M + S_d^*$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S_d^* \rangle$	(10)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
						(11)	
						(14)	
					$D + P + M + S_s$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + S_s \rangle$	(12)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					$D + P_L + M_L + S_d^{**3}$ $\langle D + L + P_2 + R_2 + S_d^* \rangle$	(13)	
						(15)	
						(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

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

*3：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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*2, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	サプレッション ンチェンバ 出入口	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d^{*4}$	(V(L)-1)	V_{AS}^{*5}
					$<D + L + P_3 + R_3 + S_d>$		$<V>$
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V(LL)-1)	V_{AS}^{*5}
					$<D + L + P_4 + R_4 + S_s>$		$<V>$

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：CCV規格による場合は，< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3：（ ）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。

*4：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5： V_{AS} （<V>）として IV_{AS} （<IV>）の許容限界を用いる。

表5-3 クラスMC容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4	3・S*1 〔 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。 〕	*2, *3 S _d 又はS _s 地震動のみによる 疲労解析を行い、運転状態I, IIにおける疲労累積係数との和 が1以下であること。
IV _A S	構造上の連続な部分は0.6・S _u 、不連続な部分は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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S _u の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。	左欄の α倍の値*4		
V _A S*5				

注記*1：3・Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S_mはSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態I，IIにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*5：V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表5-4 ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 荷重状態	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V*2	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改訂）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-5 コンクリート部の許容応力度

応力分類 荷重状態	コンクリート部 (単位：N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ	$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$
Ⅳ	$0.85 \cdot F_c$	
V*		

注記*：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-6 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
サプレッションチェンバ出入口円筒胴、フランジプレート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	104	□	□	□	—

注記* : □

表5-7 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
サプレッションチェンバ出入口円筒胴、フランジプレート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	100/168* ² (200)* ³	□	□	□	—

注記*1 : □

*2 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (L L)) の時 100°C。

*3 : 重大事故等時の評価温度として, 保守的に限界温度を適用する。

5.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	177 kPa
外圧	14 kPa
温度（最高使用温度）	104 °C
死荷重	<input type="text"/> N
活荷重*	<input type="text"/> N

注記*：燃料交換時にサプレッションチェンバ出入口に作用する荷重を活荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

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

内圧 P _{SAL}	620kPa（S A後長期）
内圧 P _{SALL}	150kPa（S A後長々期）
温度 T _{SAL}	168°C（S A後長期）
温度 T _{SALL}	100°C（S A後長々期）

(3) 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，没水時におけるサプレッションチェンバ出入口内部の水重量及び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，下記の水位による水頭圧を考慮する。

サプレッションチェンバ出入口内保有水重量	<input type="text"/> N
水位 T. M. S. L.	8750mm

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
格納容器 T. M. S. L. 6.4	—*	—*	C _H =0.59	C _V =0.56	C _H =1.15	C _V =1.11

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

表 5-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
格納容器 T. M. S. L. 6.4	—*	—*	C _H =0.59	C _V =0.56	C _H =1.15	C _V =1.11

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

5.4 計算方法

サプレッションチェンバ出入口の応力評価点は、サプレッションチェンバ出入口を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-10 及び図 5-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書 (1) に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P8～P13 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重及び地震荷重）については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。応力評価点 P11～P13 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

応力評価点 P14 及び P15 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P16 及び P17 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P18 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表 5-10 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1 *	鏡板中央部
P 2 *	フランジ
P 3 *	ブラケットのフランジとの結合部
P 4 *	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5 *	ヒンジボルト
P 6 *	ピン
P 7 *	ピン取付部
P 8～P 10	サプレッションチェンバ出入口円筒胴
P 11～P 13	サプレッションチェンバ出入口円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 14	フランジプレート（外側）
P 15	フランジプレート（内側）
P 16	ガセットプレート（外側）
P 17	ガセットプレート（内側）
P 18	コンクリート部

注記*：応力評価点 P 1～P 7 については、地震荷重は荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。

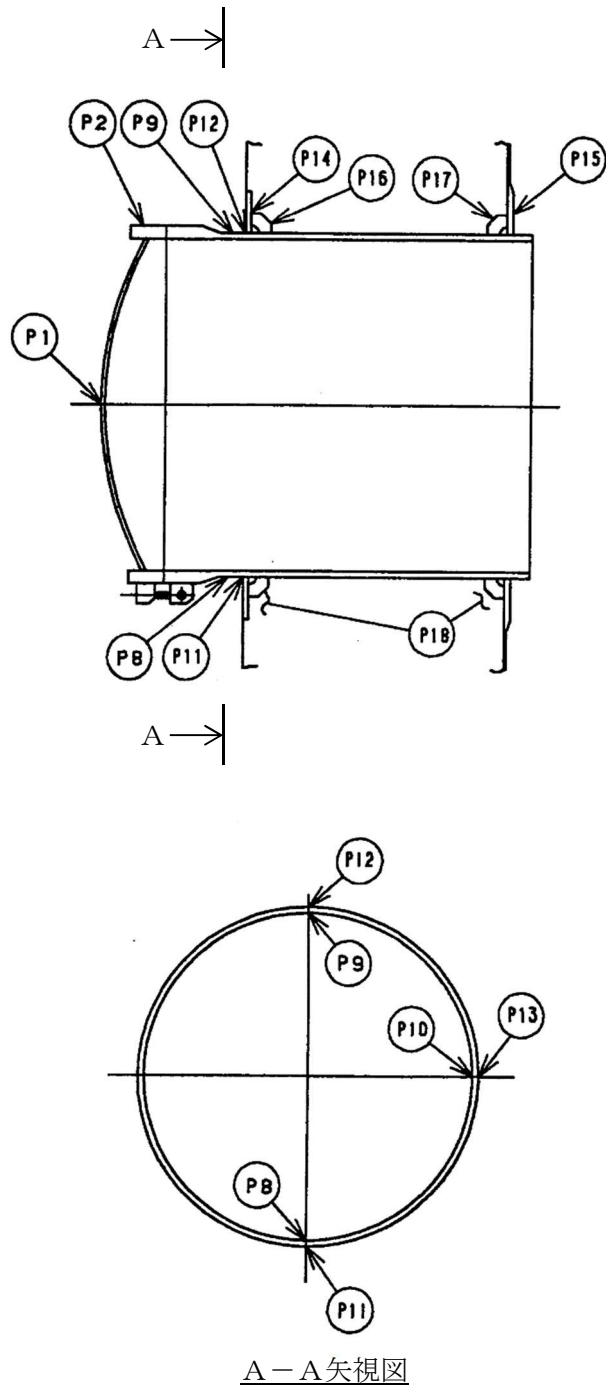


図5-1 サプレッションチェンバ出入口の応力評価点

5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サブプレッションチェンバ出入口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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表6-1及び表6-2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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サブプレッショ ンチェンバ 出入口	P8	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	13		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	(11)	
			一次+二次応力	13		○	(11)	
	P9	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	15		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P10	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	12		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P11	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	(11)	
			一次+二次応力	13		○	(11)	
	P12	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P13	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サプレッション チェンバ 出入口	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	20		○	(11)	
			せん断応力度	5		○	(11)	
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	20		○	(11)	
			せん断応力度	5		○	(11)	
	P16	ガセットプレート (外側)	曲げ応力度	—		—	(11)	
			せん断応力度	18		○	(11)	
	P17	ガセットプレート (内側)	曲げ応力度	—		—	(11)	
			せん断応力度	18		○	(11)	
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.1	21.5	○	(11)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	1.1	21.5	○	(11)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サブプレッショ ンチェンバ 出入口	P8	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	14		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	18		○	(13)	
	P9	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	16		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(13)	
			一次+二次応力	22		○	(13)	
	P10	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	13		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	
	P11	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	(13)	
			一次+二次応力	18		○	(13)	
	P12	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(13)	
			一次+二次応力	22		○	(13)	
	P13	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	(13)	
			一次+二次応力	20		○	(13)	

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サプレッション チェンバ 出入口	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	30		○	(13)	
		せん断応力度	6		○	(13)		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	30		○	(13)	
		せん断応力度	6		○	(13)		
	P16	ガセットプレート (外側)	曲げ応力度	—		—	(13)	
			せん断応力度	27		○	(13)	
	P17	ガセットプレート (内側)	曲げ応力度	—		—	(13)	
			せん断応力度	27		○	(13)	
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.5	27.5	○	(13)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	1.5	27.5	○	(13)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サブプレッショ ンチェンバ 出入口	P8	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	13		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	
			一次+二次応力	13		○	
	P9	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	13		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	8		○	
			一次+二次応力	13		○	
	P12	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	サブプレッショ ンチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	9		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サプレッション チェンバ 出入口	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	15		○		
			せん断応力度	3		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	41		○		
			せん断応力度	6		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	13		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	36		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.8		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	2.2		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サブプレッションチェンバ出入口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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P13 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 6-3 に示す。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ 出入口	P8	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
			一次+二次応力	13		○	
	P9	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
			一次+二次応力	13		○	
	P12	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	28		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3 (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	V _{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サプレッション ンチェンバ 出入口	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	32		○		
			せん断応力度	3		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	129		○		
			せん断応力度	12		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	28		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	111		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	6.5		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

表 6-3 (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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ 出入口	P8	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	16		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	18		○	
	P9	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	19		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	22		○	
	P10	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	18		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	18		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	
			一次+二次応力	18		○	
	P12	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	
			一次+二次応力	22		○	
	P13	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3 (2) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V _{AS}		判定	備考	
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
サプレッション ンチェンバ 出入口	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	51		○		
			せん断応力度	5		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	79		○		
			せん断応力度	8		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	43		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	曲げ応力度	—		—		
			せん断応力度	67		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	2.2		27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

7. 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-3-4-1-12 「サプレッションチェンバ出入口の強度計算書」

VI-2-9-2-10 上部ドライウェル所員用エアロックの
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
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. 固有周期	8
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 設計荷重	15
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	19
5.6 応力の評価	19
6. 評価結果	20
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	30
7. 参照図書	37

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、上部ドライウェル所員用エアロッ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。

上部ドライウェル所員用エアロッ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上部ドライウェル所員用エアロックの評価は、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

上部ドライウェル所員用エアロックの構造計画を表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>上部ドライウエル所員用エアロックは原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>上部ドライウエル所員用エアロックは，原子炉建屋と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>上部ドライウエル所員用エアロックは，内径 <input type="text"/> mm，板厚 <input type="text"/> mm，長さ <input type="text"/> mm の円筒胴，板厚 <input type="text"/> mm の扉，板厚 <input type="text"/> mm の隔壁で構成される鋼製構造物である。</p> <p>原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">上部ドライウエル所員用エアロック 拡大図</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

上部ドライウェル所員用エアロックの耐震評価フローを図2-1に示す。

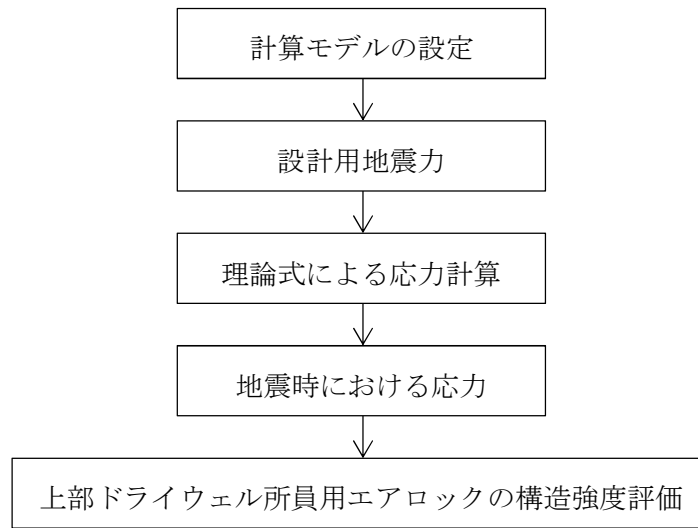


図2-1 上部ドライウェル所員用エアロックの耐震評価フロー

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)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E
S N C 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・発電用原子力設備規格 (コンクリート製原子炉格納容器規格 J S M E S N E 1-
2003) (以下「CCV規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D ₁	直径	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
ℓ _i	長さ (i = 1, 2)	mm
L	活荷重	—
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 (S A後長期機械的荷重)	—
M _{SALL}	機械的荷重 (S A後長々期機械的荷重)	—
P	圧力	—
P _i	圧力 (i = 1, 2, 3…)	—
P _L	地震と組み合わせる圧力	—
P _{SAL}	圧力 (S A後長期圧力)	kPa
P _{SALL}	圧力 (S A後長々期圧力)	kPa
R _i	配管荷重 (i = 1, 2, 3…)	—
S	許容引張応力	MPa
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ほうの地震力	—
S _m	設計応力強さ	MPa
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	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (R T)	40℃における設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
T ₁	温度	℃
T _{SAL}	温度 (S A後長期温度)	℃
T _{SALL}	温度 (S A後長々期温度)	℃
W	荷重	—

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

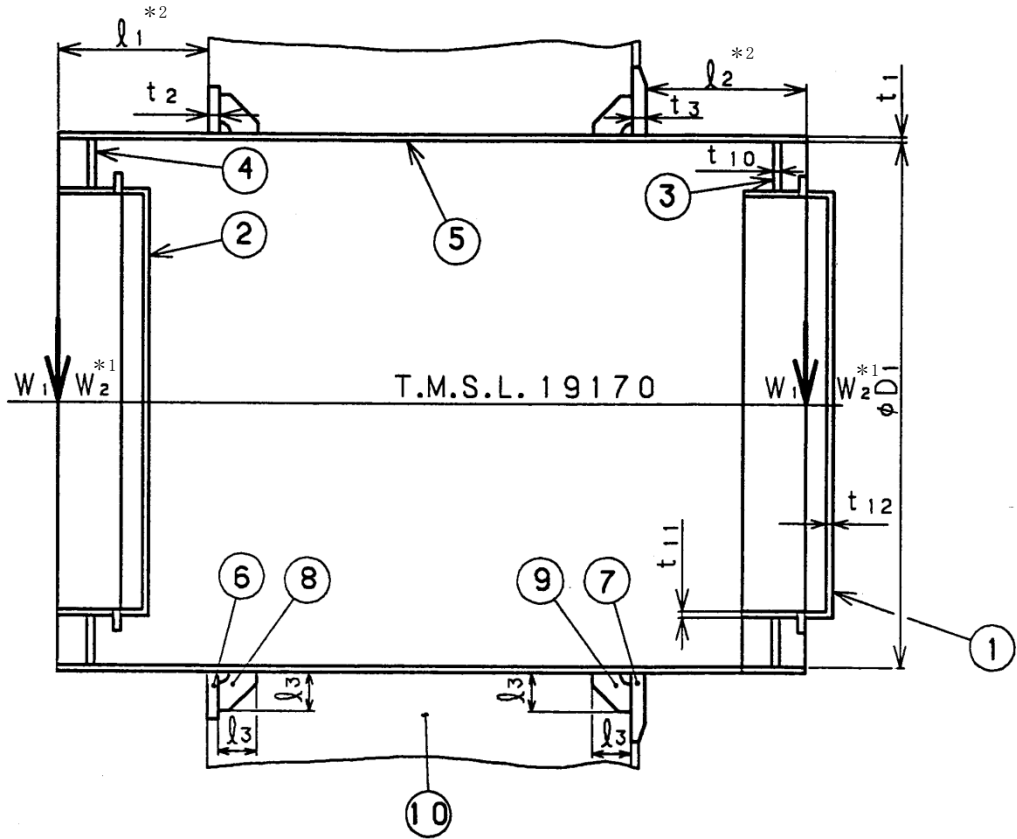
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

上部ドライウェル所員用エアロック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。



注記*1: W (荷重) の作用点を示す。

*2: l_1, l_2 寸法は最大長さを示す。

- ①内側扉 ②外側扉 ③内側隔壁 ④外側隔壁 ⑤円筒胴
- ⑥フランジプレート (外側) ⑦フランジプレート (内側)
- ⑧ガセットプレート (外側) ⑨ガセットプレート (内側)
- ⑩コンクリート部

$D_1 =$ <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>	$l_3 =$ <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>
$t_1 =$ <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/>	$t_2 =$ <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/>	$t_{10} =$ <input style="width: 50px; height: 15px;" type="text"/>
$t_{11} =$ <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/>	$t_{12} =$ <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/>		

(単位: mm)

図3-1 上部ドライウェル所員用エアロック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
内側扉		
外側扉		
内側隔壁		
外側隔壁		
水平及び垂直部材		
円筒胴		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c = 330\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 32.4\text{N/mm}^2$

4. 固有周期

上部ドライウェル所員用エアロックは、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに埋め込まれた構造であり、コンクリート部からの突出し長さが短いため、固有周期は十分に小さく剛構造となる。

よって、固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 上部ドライウェル所員用エアロックは、円筒胴が原子炉格納容器コンクリートに埋め込まれた構造であり、地震荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

上部ドライウェル所員用エアロックの耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」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。

- (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。

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

上部ドライウェル所員用エアロッ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 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。

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。

5.2.2 許容応力

上部ドライウェル所員用エアロックの許容応力及び許容応力度はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3～表 5-5 に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

上部ドライウェル所員用エアロッ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 5-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-7 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 ^{*1, *2}		許容応力状態 ^{*1} <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	上部ドライ ウェル所員用 エアロック	S	クラスMC 容器	$D + P + M + S_d^*$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + T_1 + S_d^* \rangle$	(10)	Ⅲ _A S <Ⅲ>
						(11)	
						(14)	
					$D + P + M + S_s$ $\langle D + L + P_1 + R_1 + S_s \rangle$	(12)	Ⅳ _A S <Ⅳ>
					$D + P_L + M_L + S_d^{**3}$ $\langle D + L + P_2 + R_2 + S_d^* \rangle$	(13)	
						(15)	
						(17)	Ⅳ _A S <Ⅳ>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*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：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

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*2, *3		許容応力状態*2 <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	上部ドライ ウェル所員用 エアロック	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *4 < $D + L + P_3 + R_3 + S_d$ >	(V(L)-1)	V_{AS} *5 < V >
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ < $D + L + P_4 + R_4 + S_s$ >	(V(LL)-1)	V_{AS} *5 < V >

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：CCV規格による場合は，< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*3：()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。

*4：重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

*5： V_{AS} (<V>)として IV_{AS} (<IV>)の許容限界を用いる。

表5-3 クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III _A S	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の α 倍の値*4	$3 \cdot S$ *1 { 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。 }	*2, *3
IV _A S	構造上の連続な部分は $0.6 \cdot S_u$ 、不連続な部分は S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は $2 \cdot S$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方、不連続な部分は $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の α 倍の値*4		S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態I、IIにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。
V _A S*5				

注記*1： $3 \cdot S$ を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、 S_m は S と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「 S_d 又は S_s 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*3：運転状態I、IIにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*4：設計・建設規格 PVB-3111に基づき、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値 (α) を用いる。

*5：V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表5-4 ライナプレート, ライナアンカ等の許容応力度

荷重 状態	応力 分類	ライナプレート, ライナアンカ等*1									ボルト等		
		一次応力					一次+二次応力					一次応力	
		引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ		$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V*2		$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注：本表の対象部としては、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-5 コンクリート部の許容応力度

応力分類 荷重状態	コンクリート部 (単位：N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅲ	$\frac{2}{3} \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$
Ⅳ	$0.85 \cdot F_c$	
V*		

注記*：VとしてⅣの許容限界を用いる。

表5-6 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	171				
上部ドライウェル所員用エア ロック円筒胴，フランジプレ ート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	171	□	□	□	—

注記* : □

表5-7 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 (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	100/168* ² (168)* ³				
上部ドライウェル所員用エア ロック円筒胴，フランジプレ ート及びガセットプレート	□	周囲環境 温度	100/168* ² (168)* ³	□	□	□	—

注記*1 : □

*2 : SA後長期 (V (L)) の時 168°C, SA後長々期 (V (LL)) の時 100°C。

*3 : 重大事故等時の評価温度として, SA後長期温度を適用する。

5.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，圧力，最高使用温度，死荷重及び活荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	248kPa
外圧	14kPa
温度（最高使用温度）	171℃
死荷重（通常運転時）	<input type="text"/> N
活荷重*	<input type="text"/> N

注記*：燃料交換時に上部ドライウェル所員用エアロックに作用する荷重を活荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

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

内圧 P_{SAL}	620kPa（SA後長期）
内圧 P_{SALL}	150kPa（SA後長々期）
温度 T_{SAL}	168℃（SA後長期）
温度 T_{SALL}	100℃（SA後長々期）

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S s」による地震力は、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。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (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 T. M. S. L. 19.17	—*	—*	$C_H=0.66$	$C_V=0.60$	$C_H=1.27$	$C_V=1.18$

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

表 5-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d		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 T. M. S. L. 19.17	—*	—*	$C_H=0.66$	$C_V=0.60$	$C_H=1.27$	$C_V=1.18$

注記*：固有周期は十分に小さく，計算を省略する。

5.4 計算方法

上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点は、上部ドライウェル所員用エアロックを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-10 及び図 5-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P8～P19 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重及び地震荷重）については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。応力評価点 P11～P13 及び P17～P19 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

応力評価点 P20 及び P21 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P22 及び P23 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P24 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表 5-10 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1 *	内外扉垂直部材
P 2 *	内外扉水平部材
P 3 *	内外扉板
P 4 *	内外隔壁外側水平部材
P 5 *	内外隔壁内側垂直部材
P 6 *	内外隔壁内側水平部材
P 7 *	内外隔壁板
P 8～P 1 0	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴
P 1 1～P 1 3	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 1 4～P 1 6	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴
P 1 7～P 1 9	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 2 0	フランジプレート（外側）
P 2 1	フランジプレート（内側）
P 2 2	ガセットプレート（外側）
P 2 3	ガセットプレート（内側）
P 2 4	コンクリート部

注記*：応力評価点 P 1～P 7 については、地震荷重は荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。

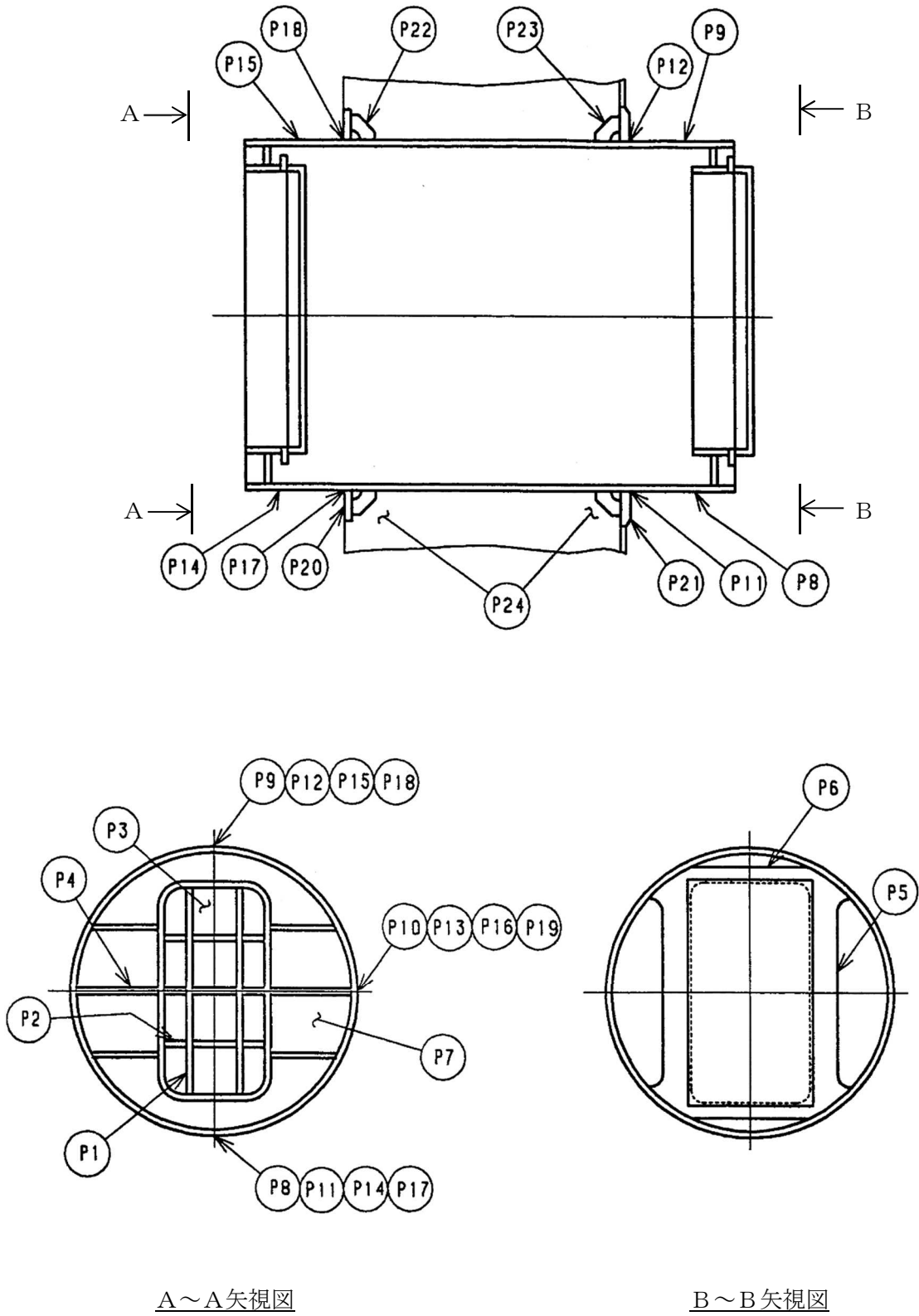


図5-1 上部ドライブウェル所員用エアロックの応力評価点

5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

上部ドライウェル所員用エアロッ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。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P19 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表6-1及び表6-2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。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-1 許容応力状態ⅢA S 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	ⅢA S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウェル 所員用エ アロック	P8	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	15		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P9	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	17		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P10	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	16		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P11	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P12	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P13	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S d*) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 所員用エ アロック	P14	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	15		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P15	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	17		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P16	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	16		○	(11)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P17	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	(11)	
			一次+二次応力	12		○	(11)	
	P18	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	
	P19	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	(11)	
			一次+二次応力	20		○	(11)	

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その3)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 所員用エ アロック	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	31		○	(11)	
			せん断応力度	4		○	(10)	
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	29		○	(11)	
			せん断応力度	3		○	(10), (11)	
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	34		○	(11)	
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	31		○	(11)	
	P24	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.5	21.5	○	(11)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	1.5	21.5	○	(11)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態Ⅲ_ASを荷重状態Ⅲに読み替える。

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 所員用エ アロック	P8	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	20		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(13)	
			一次+二次応力	30		○	(13)	
	P9	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	24		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	(13)	
			一次+二次応力	34		○	(13)	
	P10	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	22		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	(13)	
			一次+二次応力	32		○	(13)	
	P11	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(13)	
			一次+二次応力	30		○	(13)	
	P12	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	(13)	
			一次+二次応力	34		○	(13)	
	P13	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	(13)	
			一次+二次応力	32		○	(13)	

表 6-2(1) 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	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 所員用エ アロック	P14	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	20		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(13)	
			一次+二次応力	30		○	(13)	
	P15	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	24		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	(13)	
			一次+二次応力	34		○	(13)	
	P16	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	22		○	(13)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	(13)	
			一次+二次応力	32		○	(13)	
	P17	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	(13)	
			一次+二次応力	30		○	(13)	
	P18	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	(13)	
			一次+二次応力	34		○	(13)	
	P19	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	(13)	
			一次+二次応力	32		○	(13)	

表 6-2(1) 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D+P+M+S_s) (その3)

評価対象 設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	荷重の 組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
上部ドラ イウエル 所員用エ アロック	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	49		○	(13)	
			せん断応力度	6		○	(13)	
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	44		○	(13)	
			せん断応力度	5		○	(13)	
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	53		○	(13)	
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	50		○	(13)	
	P24	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	2.1	27.5	○	(13)	単位：N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	2.1	27.5	○	(13)	単位：N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P8	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	23		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	22		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	23		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P12	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-2(2) 許容応力状態IV_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	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P14	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	23		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P15	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	23		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P16	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	23		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P17	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P18	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P19	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-2(2) 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d*) (その 3)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	27		○	
			せん断応力度	3		○	
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	75		○	
			せん断応力度	7		○	
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	30		○	
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	80		○	
	P24	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.2	27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	3.6	27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態IV_ASを荷重状態IVに読み替える。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

上部ドライウェル所員用エアロ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を有していることを確認した。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載の通り、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため、応力評価点 P8～P19 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 6-3 に示す。

なお、表中の一次膜応力＋一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P8	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P9	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P10	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P11	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	31		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P12	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P13	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P14	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P15	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P16	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P17	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
			一次+二次応力	12		○	
	P18	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	31		○	
			一次+二次応力	20		○	
	P19	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
			一次+二次応力	20		○	

表 6-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 3)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V _{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	27		○	
			せん断応力度	3		○	
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	147		○	
			せん断応力度	14		○	
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	30		○	
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	158		○	
	P24	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.2	27.5	○	単位 : N/mm ²
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	7.1	27.5	○	単位 : N/mm ²

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態V_{AS}を荷重状態Vに読み替える。

表 6-3(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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P8	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	18		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	18		○	
			一次+二次応力	30		○	
	P9	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	19		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	34		○	
	P10	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	19		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	32		○	
	P11	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
			一次+二次応力	30		○	
	P12	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	34		○	
	P13	上部ドライウェル所員用エアロック 内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
			一次+二次応力	32		○	

表 6-3(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	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P14	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	17		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	
			一次+二次応力	30		○	
	P15	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	20		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	20		○	
			一次+二次応力	34		○	
	P16	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	19		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	32		○	
	P17	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	15		○	
			一次+二次応力	30		○	
	P18	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	
			一次+二次応力	34		○	
	P19	上部ドライウェル所員用エアロック 外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	17		○	
			一次+二次応力	32		○	

表 6-3(2) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価結果 ($D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$) (その 3)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_{AS}		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライ ウェル所員用 エアロック	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	43		○	
			せん断応力度	4		○	
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	69		○	
			せん断応力度	7		○	
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	47		○	
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	76		○	
	P24	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	1.8	27.5	○	単位 : N/mm^2
		コンクリート部 (フランジプレート内側近傍)	圧縮応力度	3.3	27.5	○	単位 : N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価であるため許容応力状態 V_{AS} を荷重状態 V に読み替える。

7. 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-3-4-1-6 「上部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書」