

## VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性に関する説明書

## VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震計算結果

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 耐震評価条件整理 .....	1

## 1. 概要

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

## 2. 耐震評価条件整理

計測制御系統施設の設備に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

計測制御系統施設の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載する。

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (1/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所			
計測制御系統施設	制御材	制御棒	S	無	VI-2-6-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-2-1		
	制御棒駆動水圧設置	制御棒駆動機構		S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-3-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-1	
		制御棒駆動水圧系	水圧制御ユニット		S	無	VI-2-6-3-2-1-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-1
			主要弁		S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-3-2-1-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-1
			主配管		S	有	VI-2-6-3-2-1-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1-2
			格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)		—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-10

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (2/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	ほう 酸水 注入 設備	ほう 酸水 注入 系	ほう酸水注入ポンプ	S	無	VI-2-6-4-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-4-1-1
			ほう酸水貯蔵タンク	S	有	VI-2-6-4-1-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-4-1-2
			主配管	S	有	VI-2-6-4-1-3	常設耐震／防止	有	VI-2-6-4-1-3
			炉心支持構造物 (原子炉本体に記載)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-2-2-2 VI-2-3-2-2-3 VI-2-3-2-2-4 VI-2-3-2-2-5 VI-2-3-2-2-6 VI-2-3-2-2-7
			原子炉圧力容器 (原子炉本体に記載)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-1-2
			差圧検出・ほう酸水注 入系配管 (ティーより N11 ノズルまでの外 管) (原子炉本体に記載)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-2-5

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (3/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測 制御 系統 施設	ほう 酸水 注入 設備	ほう 酸水 注入 系	差圧検出・ほう酸水注 入系配管（原子炉圧力 容器内部） （原子炉本体に記載）	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-3-10
			原子炉格納容器配管貫 通部 （原子炉格納施設に記 載）	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-10

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (4/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系統施設	計測装置	中性子源領域計装	S	無	VI-2-6-5-1	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-1
		中間領域計装	S	無	VI-2-6-5-1	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-1
		出力領域計装	S	有	VI-2-6-5-2	常設耐震/防止	有	VI-2-6-5-2
		残留熱除去ポンプ出口圧力	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-3	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-3
		低圧炉心スプレイポンプ出口 圧力	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-4	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-4
		残留熱除去系熱交換器入口温 度	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-5-5
		残留熱除去系熱交換器出口温 度	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-6	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和	無	VI-2-6-5-6
		残留熱除去ポンプ出口流量	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-7	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-7
		原子炉隔離時冷却ポンプ出口 流量	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-8	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-8
		高圧炉心スプレイポンプ出口 流量	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-9	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-9
		低圧炉心スプレイポンプ出口 流量	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-10	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-10



表 2-1 耐震評価条件一覧表 (5/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系統施設	計測装置	高压原子炉代替注水流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-11
		代替注水流量（常設）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-12
		低压原子炉代替注水流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-13
		低压原子炉代替注水流量（狭 帯域用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-14
		残留熱代替除去系原子炉注水 流量	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-15
		原子炉圧力	S	—*2	VI-2-6-5-16	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-16
		原子炉圧力（S A）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-17
		原子炉水位（広帯域）	S	—*2	VI-2-6-5-18	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-18
		原子炉水位（燃料域）	S	—*2	VI-2-6-5-19	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-19
		原子炉水位（狭帯域）	S	—*2	VI-2-6-5-20	—	—	—
原子炉水位（S A）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-21		

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (6/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	計測 装置	ドライウエル圧力	S	—*2	VI-2-6-5-22	—	—	—
		サプレッションチェンバ圧力	S	—*2	VI-2-6-5-23	—	—	—
		サプレッションプール水温度	S	—*2	VI-2-6-5-24	—	—	—
		ドライウエル圧力 (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-25
		サプレッションチェンバ圧力 (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-26
		ドライウエル温度 (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-27
		ペDESTAL温度 (SA)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-28
		ペDESTAL水温度 (SA)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-29
		サプレッションチェンバ温度 (SA)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-30
		サプレッションプール水温度 (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-31
		格納容器酸素濃度	S	—*2	VI-2-6-5-32	常設/緩和	無	VI-2-6-5-32

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (7/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	格納容器酸素濃度 (S A)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-33
		格納容器水素濃度	S	—*2	VI-2-6-5-34	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-5-34
		格納容器水素濃度 (S A)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-35
		低圧原子炉代替注水槽水位	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-36
		格納容器代替スプレイ流量	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-37
		ペデスタル代替注水流量	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-38
		ペデスタル代替注水流量 (狭 帯域用)	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-39
		残留熱代替除去系格納容器ス プレイ流量	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-40
		サブレーションプール水位	S	—*2	VI-2-6-5-41	—	—	—
		ドライウェル水位	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-5-42
		サブレーションプール水位 (S A)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-5-43

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (8/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系 統施設	計測 装置	ペDESTAL水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-44
		原子炉建物水素濃度	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-45

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (9/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	原子炉圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-16	—	—	—
		原子炉水位低	S	—*2	VI-2-6-5-20	—	—	—
		ドライウェル圧力高	S	—*2	VI-2-6-5-46	—	—	—
		中性子束高	S	—*2	VI-2-6-5-2	—	—	—
			S	—*2	VI-2-6-5-1	—	—	—
		スクラム排水容器水位高	S	—*2	VI-2-6-5-47	—	—	—
		中性子束計装不作動	S	—*2	VI-2-6-5-2	—	—	—
			S	—*2	VI-2-6-5-1	—	—	—
		主蒸気管放射能高	S	—*2	VI-2-8-2-1	—	—	—
		主蒸気隔離弁閉	S	—*2	VI-2-5-3-1-2	—	—	—
地震加速度大	S	—*2	VI-2-6-5-48	—	—	—		

表 2-1 耐震評価条件一覧表(10/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	主蒸気隔離弁	原子炉水位低（レベル2）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-18	—	—	—
			主蒸気管放射能高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-8-2-1	—	—	—
			主蒸気管トンネル温度高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-49	—	—	—
			主蒸気管流量大	S	無	VI-2-6-5-50	—	—	—
	その他の原子炉格納容器隔離弁	(1)	ドライウエル圧力高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-46	—	—	—
			原子炉水位低（レベル3）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-20	—	—	—
		(2)	原子炉水位低（レベル3）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-20	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表(11/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所			
計測制御系統施設	工学的 安全施設等 の起動信号	非常用 ガス処 理系	原子炉棟放射能高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-8-2-5	—	—	—		
			燃料取替階放射能高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-8-2-4	—	—	—		
			ドライウエル圧力高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-46	—	—	—		
			原子炉水位低（レベル 3）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-20	—	—	—		
	計測制御系統施設	工学的 安全施設等 の起動信号	高圧 炉心ス プレイ系	ドライウエル圧力高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-51	—	—	—	
				原子炉水位低（レベル 1 H）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-18	—	—	—	
		計測制御系統施設	工学的 安全施設等 の起動信号	低圧 炉心ス プレイ系	ドライウエル圧力高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-52	—	—	—
					原子炉水位低（レベル 1）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-18	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表(12/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	残留熱除去系	低圧注水系	ドライウエル圧力高	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-52 VI-2-6-5-53	—	—	—
				原子炉水位低（レベル1）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-18	—	—	—
		自動減圧系		原子炉水位低（レベル1）とドライウエル圧力高の同時信号	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-52 VI-2-6-5-53	—	—	—
					S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-5-18	—	—	—
		（代替制御棒挿入機能） ATWS緩和設備		原子炉圧力高	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-54
				原子炉水位低（レベル2）	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-18



表 2-1 耐震評価条件一覧表 (13/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	(代替原子炉再循環ポンプ トリップ機能) A T W S 緩和設備	原子炉圧力高	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-54
			原子炉水位低 (レベル 2)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-18
		(代替自動減圧ロジック 機能)	原子炉水位低 (レベル 1)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-18

表 2-1 耐震評価条件一覧表(14/25)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	制御用空気設備	逃がし安全弁 逃がし弁 窒素ガス供給系	逃がし安全弁逃がし弁 機能用アキュムレータ (原子炉冷却系統施設 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-3-1-1
			原子炉格納容器配管貫 通部 (原子炉格納施設に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-10
			主配管	C	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-6-1-1
			主配管	S	—*2	VI-2-6-6-1-1	常設耐震/防止	有	VI-2-6-6-1-1
			主配管	S	—*2	VI-2-6-6-1-1	—	—	—
			主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-6-1-1

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (15/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	その他	原子炉圧力容器温度 (S A)	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-1
		スクラバ容器水位	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-2
		スクラバ容器圧力	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-3
		スクラバ容器温度	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-4
		残留熱除去系熱交換器冷却水 流量	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-1-5	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-5
		低圧原子炉代替注水ポンプ出 口圧力	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-6
		原子炉隔離時冷却ポンプ出口 圧力	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-1-7	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-7
		高圧炉心スプレイポンプ出口 圧力	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-1-8	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-7-1-8
		残留熱代替除去系ポンプ出口 圧力	—	—* <sup>2</sup>	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-1-9

表 2-1 耐震評価条件一覧表(16/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	静的触媒式水素処理装置入口 温度	—	—* <sup>2</sup>	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-10
		静的触媒式水素処理装置出口 温度	—	—* <sup>2</sup>	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-11
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（S A）及び格納容器酸素濃度 （SA））	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-1-12
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（B 系）及び格納容器酸素濃度 （B系）（B-原子炉格納容器 H <sub>2</sub> ・O <sub>2</sub> 分析計ラック）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-1-13	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-1-13
		格納容器ガスサンプリング装 置（格納容器水素濃度（B 系）及び格納容器酸素濃度 （B系）（B-原子炉格納容器 H <sub>2</sub> ・O <sub>2</sub> クーララック）	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-1-14	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-1-14
		代替制御棒挿入機能用電磁弁	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-7-1-15

表 2-1 耐震評価条件一覧表(17/25)

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* <sup>1</sup>	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
換気設備	中央制御室差圧計	—	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-1-16
	待避室差圧計	—	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-1-17
計測制御系統施設 その他	安全設備制御盤	S	有	VI-2-6-7-2-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-1
	原子炉補機制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-2	常設耐震/防止 常設/緩和 常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-2
	原子炉補機制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-3	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-3
	原子炉制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-4	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-4
	所内電気盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-5
	安全設備補助制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-6	常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-6
	起動領域モニタ盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-7	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-7

表 2-1 耐震評価条件一覧表(18/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	出力領域モニタ盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-8	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-8
		プロセス放射線モニタ盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-9	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-9
		A-RHR・LPCS 継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-10	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-10
		B・C-RHR 継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-11	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-11
		HPCS 継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-12	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-12
		HPCS トリップ設定器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-13	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-6-7-2-13
		A-格納容器隔離継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-14	—	—	—
		B-格納容器隔離継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-15	—	—	—
		A-原子炉保護継電器盤	S	無	VI-2-6-7-2-16	—	—	—
		B-原子炉保護継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-17	—	—	—

表 2-1 耐震評価条件一覧表(19/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	A1 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-18	—	—	—
		A2 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-19	—	—	—
		B1 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-20	—	—	—
		B2 原子炉保護トリップ設定器 盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-21	—	—	—
		窒素ガス制御盤	S	有	VI-2-6-7-2-22	—	—	—
		燃料プール冷却制御盤	C	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-7-2-23
		A-原子炉プロセス計測盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-24	常設/防止 (DB拡張)	無	VI-2-6-7-2-24
		B-原子炉プロセス計測盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-25	常設/防止 (DB拡張)	無	VI-2-6-7-2-25
		共通盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-26	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-26
		A-自動減圧継電器盤	S	—*2	VI-2-6-7-2-27	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-6-7-2-27

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (20/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	B-自動減圧継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-28	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-28
		A-SGT・FCS・MSLC 継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-29	常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-29
		B-SGT・FCS・MSLC 継電器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-30	常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-30
		A-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-31	—	—	—
		A-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-32	—	—	—
		B-格納容器 H2/O2 濃度計盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-33	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-33
		B-格納容器 H2/O2 濃度計演算器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-34	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-7-2-34
		AM設備制御盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-35
		工学的安全施設トリップ設定器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-36	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-36



表 2-1 耐震評価条件一覧表 (21/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御系 統施設	その他	重大事故監視盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-37
		重大事故変換器盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-38
		燃料プール熱電対式水位計制 御盤	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-39
		燃料プール水位計変換器盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-40
		原子炉建物水素濃度変換器盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-41
		A-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-42	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-42
		B-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-43	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-43
		C-SRM／IRM前置増幅 器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-44	常設耐震／防止	無	VI-2-6-7-2-44

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (22/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	D-SRM/I RM前置増幅器盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-45	常設耐震/防止	無	VI-2-6-7-2-45
		再循環MG開閉器盤	C	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-7-2-46
		中央制御室外原子炉停止制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-47	—	—	—
		中央制御室外原子炉停止制御盤	S	—* <sup>2</sup>	VI-2-6-7-2-48	—	—	—
		格納容器水素/酸素計測装置制御盤	—	—* <sup>2</sup>	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-49
		衛星電話設備(固定型) (中央制御室)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-1
		衛星電話設備収納盤(中央制御室)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-2
		衛星電話設備用アンテナ(中央制御室)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1-3

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (23/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-4
		緊急時対策所 衛星電話設備用ラック	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-5
		衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-1-6
		無線通信設備（固定型）（中央制御室）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-1
		無線通信設備収納盤（中央制御室）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-2
		無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-3
		無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-4
		緊急時対策所 無線通信設備用ラック	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-5
		無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	C	—* <sup>2</sup>	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-2-6

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (24/25)

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* <sup>1</sup>	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測制御系統施設	その他	統合原子力防災NW盤	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-1
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (IP-電話機)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-2
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (IP-FAX)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-3
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備 (テレビ会議システム)	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-4
		統合原子力防災ネットワーク に接続する通信連絡設備のうち 統合原子力防災NW用屋外 アンテナ	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-3-3-5
		SPDS 伝送盤	C	—* <sup>2</sup>	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-4-1

表 2-1 耐震評価条件一覧表 (25/25)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
計測 制御 系統 施設	その他	1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-2
		2号SPDS伝送用インバータ盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-3
		1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-4
		発信用アンテナ（1・2号）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-5
		受信用アンテナ（1・2号）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-4-6
		SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）	C	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-3-5-1

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

\*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外

## VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書

## VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
3. 燃料集合体の地震応答解析	5
4. 制御棒の挿入性試験	6
4.1 試験装置	6
4.2 試験方法	6
4.3 試験結果	7
5. 制御棒挿入性に対する鉛直地震動による影響評価	13
5.1 鉛直地震動による作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ	13
5.2 燃料集合体の浮上り	13
6. 評価結果	14
7. 引用文献	14



## 1. 概要

本計算書は、制御棒の耐震性について示すものである。

地震時において制御棒に要求される機能は、制御棒の挿入機能の確保である。制御棒の挿入機能の確保については、原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）に従って、地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い、基準地震動  $S_s$  に対し制御棒の挿入性が確保されることを確認する。ここで、地震時に制御棒の挿入性を阻害する支配的要因は、燃料集合体の水平地震動による相対変位であることから、制御棒挿入性試験は水平地震動に対して実施する。また、鉛直地震動に対してはその影響を評価する。

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

なお、本評価はボロンカーバイド型制御棒及びハフニウム棒型制御棒を対象とする。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

制御棒の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>制御棒は、カップリング・ソケットにより制御棒駆動機構に支持される。</p>	<p>十字形（フォロワ付）制御棒は、ハンドル、落下速度リミッタ、タイロッドの溶接により骨組みを形成し、U字に加工したシースの中に中性子吸収棒を組み合わせたブレードを持つ。</p>	

## 2.2 評価方針

制御棒挿入性評価については、J E A G 4 6 0 1-1991 追補版でのBWR用制御棒の評価手法を適用する。島根原子力発電所第2号機の制御棒挿入性の評価手順を図2-1に示す。

制御棒の耐震性についての計算書では、建物・機器連成系応答解析から得られた燃料集合体の相対変位が、制御棒の挿入試験で得られた燃料集合体の相対変位（約40mm）以内であることを確認している。島根原子力発電所第2号機の制御棒の耐震性についての評価概要を表2-2に示す。

表2-2 制御棒の耐震性についての評価概要

燃料集合体相対変位	機能確認済相対変位	鉛直方向震度 (上部格子板位置)
35.0mm	約40mm <sup>*1</sup>	1.35 <sup>*2</sup>

注記\*1：機能確認済相対変位は、当時の株式会社 日立製作所（現在の日立GEニュークリア・エナジー株式会社）にて実施した挿入性試験で取得したもの。燃料集合体の相対変位が約40mmにおいても、スクラム時の制御棒挿入時間が全ストロークの75%挿入で1.62秒を超えることはない。

\*2：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、設計用震度I（基準地震動S<sub>s</sub>）を設定

なお、ボロンカーバイド型制御棒及びハフニウム棒型制御棒の運転寿命は、核的寿命、機械的寿命のうち短い方で規定される。このうち、ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充填した中性子吸収棒については、中性子照射によるガス等の発生に伴い中性子吸収棒の内圧が上昇するが、寿命末期において中性子吸収棒の変形は生じない。

一方、ハフニウム棒型制御棒のハフニウム棒は、ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充填した中性子吸収棒のように内圧を保持する構造ではないため、機械的変形要因はない。また、ハフニウム棒型制御棒は、ハフニウム棒と構造部材の熱膨張差や寿命末期におけるハフニウム棒の中性子照射による形状変化の影響を及ぼさない構造としている。

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

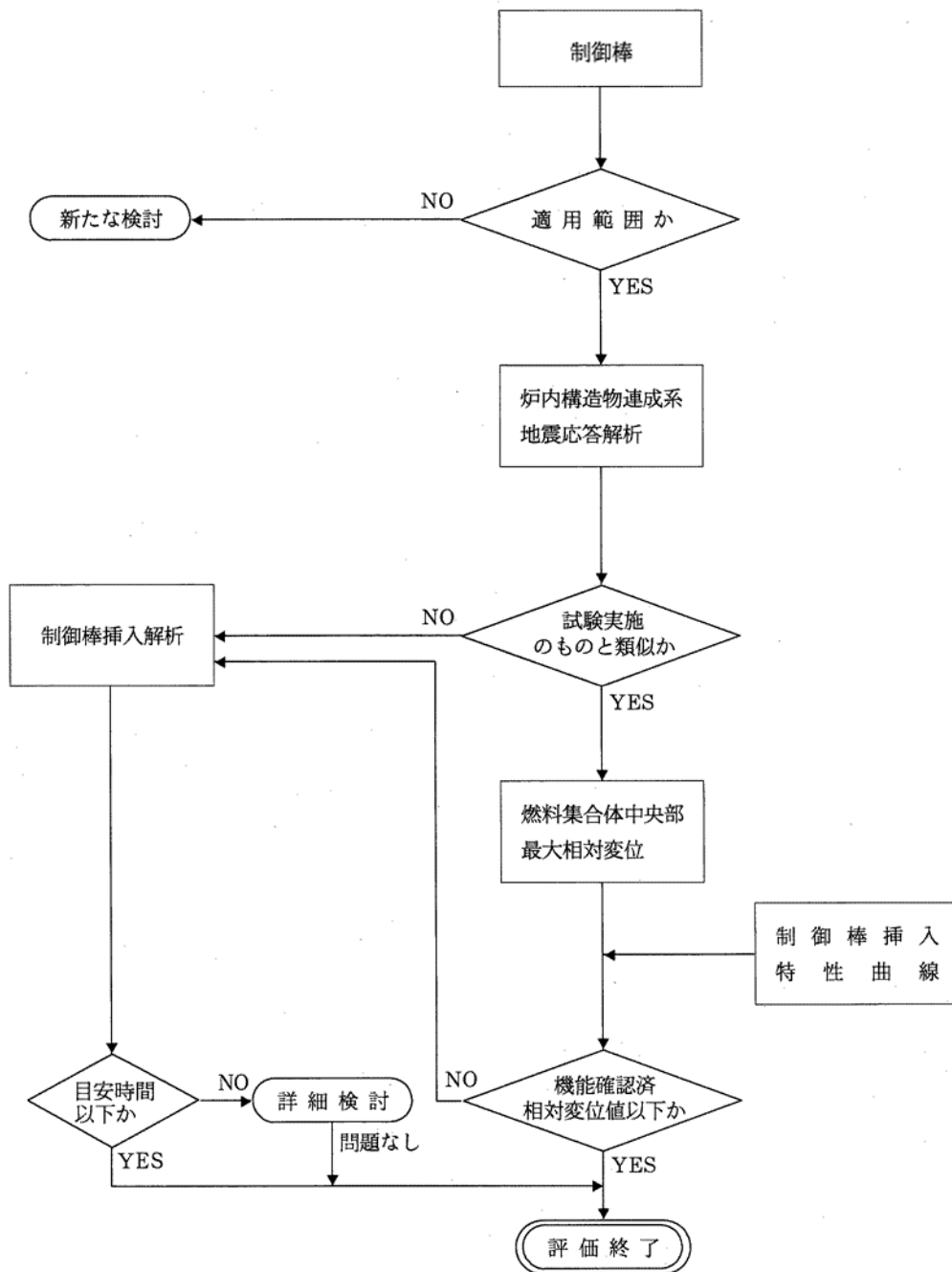


図 2-1 制御棒挿入性の評価手順

### 3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉压力容器内部構造物の一部として実施されており、この詳細はVI-2-2-1「炉心，原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示している。

制御棒挿入性の評価においては，材料物性の不確かさを考慮して計算された最大相対変位 35.0mm 及びVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に設計用震度 I（基準地震動 S s）として示す最大鉛直加速度  $1.35 \times 9.8 \text{m/s}^2$  を用いる。

#### 4. 制御棒の挿入性試験

水平地震動により燃料集合体に相対変位が生じた状態で制御棒の挿入性が確保されることを確認するため、試験を実施した。

なお、試験は二種類の制御棒について実施した。これらの制御棒は中性子吸収材が異なっており、ボロンカーバイド粉末を使用したもの、ハフニウム棒を使用したものがある。以下、制御棒の区分を容易にするため、上記制御棒をそれぞれボロンカーバイド型制御棒、ハフニウム棒型制御棒と称する。ボロンカーバイド型制御棒の試験は昭和 54 年までに当時の株式会社 日立製作所（現在の日立GEニュークリア・エナジー株式会社）にて実施したものである。ハフニウム棒型制御棒の試験は昭和 62 年までに当時の株式会社 日立製作所（現在の日立GEニュークリア・エナジー株式会社）にて実施した。

##### 4.1 試験装置

試験装置の概要を図 4-1 に示す。

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

試験用機器仕様の概要を表 4-1 に示す。

燃料集合体は質量を模擬するため、BWRの一般的な仕様に合わせて燃料ペレットに鉛を使用している。水圧制御ユニット、制御棒及び制御棒駆動機構等の供試体は実機仕様である。

計測装置の概要を図 4-2 に示す。

##### 4.2 試験方法

試験条件を表 4-2 に示す。

図 4-1 に示す試験容器内に 4 体の質量模擬燃料集合体を組み込んで、試験容器中央部に設けられている油圧加振機により試験容器を強制加振し、試験容器内の模擬燃料集合体を慣性力により応答させることでスクラム試験を実施した。

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

### 4.3 試験結果

図4-3及び図4-4に燃料集合体相対変位と75%ストロークスクラム時間の関係を示す。

図4-3及び図4-4に示すとおり、燃料集合体の相対変位が約40mmまでは、スクラム時の制御棒挿入時間が全ストロークの75%挿入で1.62秒以内\*であることを確認した。

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

注記\*：「原子炉設置変更許可申請書 添付資料八」に示す安全解析上の設計仕様を満足することをもって制御棒挿入性が確保されているものとみなす。

表 4-1 試験用機器仕様の概要

試験用機器	仕様の概要
燃料集合体	質量模擬燃料集合体 (質量模擬のため燃料ペレットに鉛を使用)
制御棒	実機仕様
チャンネルボックス	実機仕様 (板厚: 120mil)
燃料支持金具	実機仕様
制御棒案内管	実機仕様
制御棒駆動機構	実機仕様 (高速スクラム型)
水圧制御ユニット	実機仕様 (高速スクラム型)
油圧加振器	駆動力: <input type="text"/> N ストローク: <input type="text"/> mm

表 4-2 試験条件

項目	条件
温度	
圧力	
加振条件	
スクラム開始時の制御棒位置	全引き抜き状態



S2 補 VI-2-6-2-1 R1

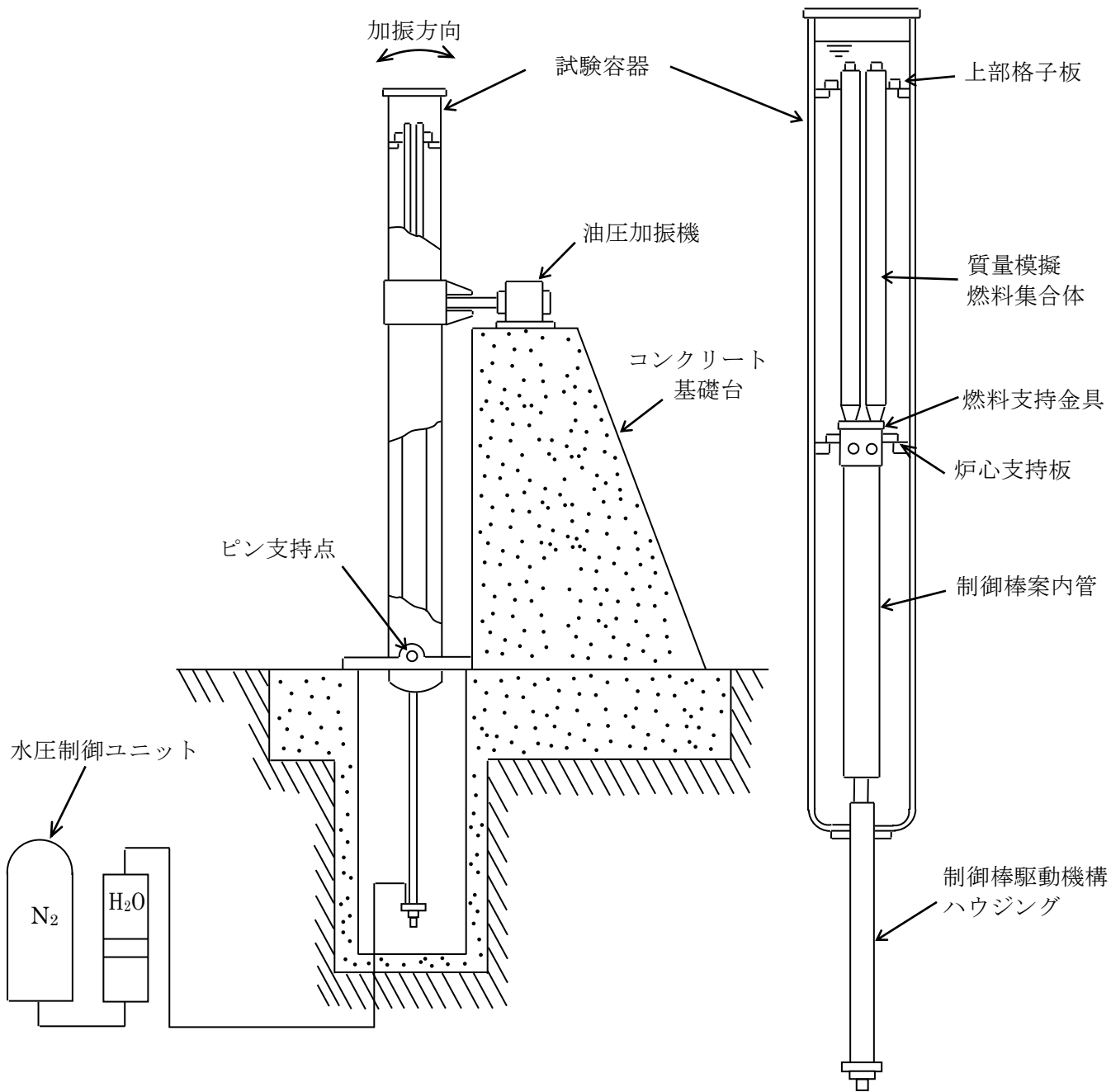


図 4-1 試験装置の概要

S2 補 VI-2-6-2-1 R1

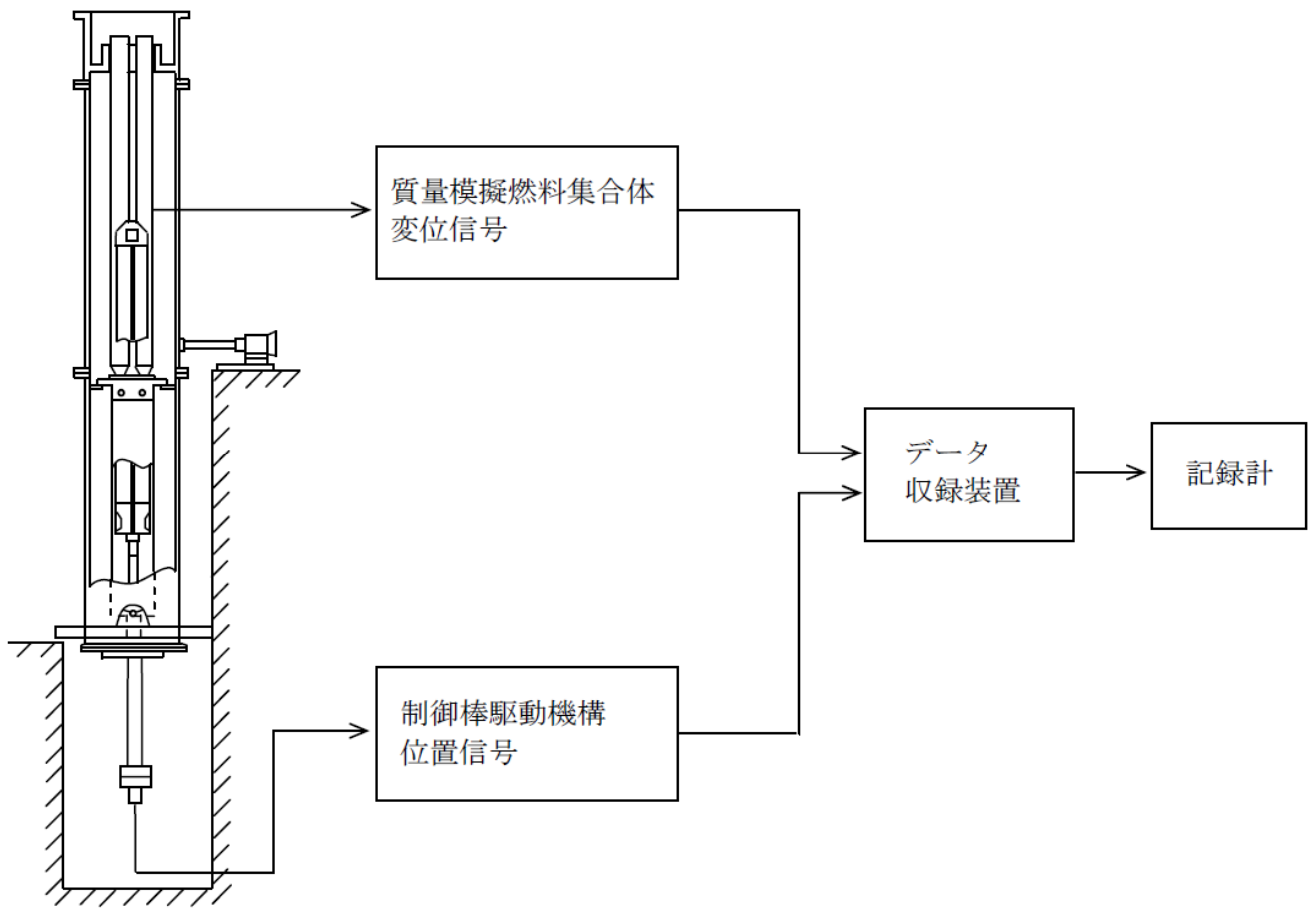


図 4-2 計測装置の概要

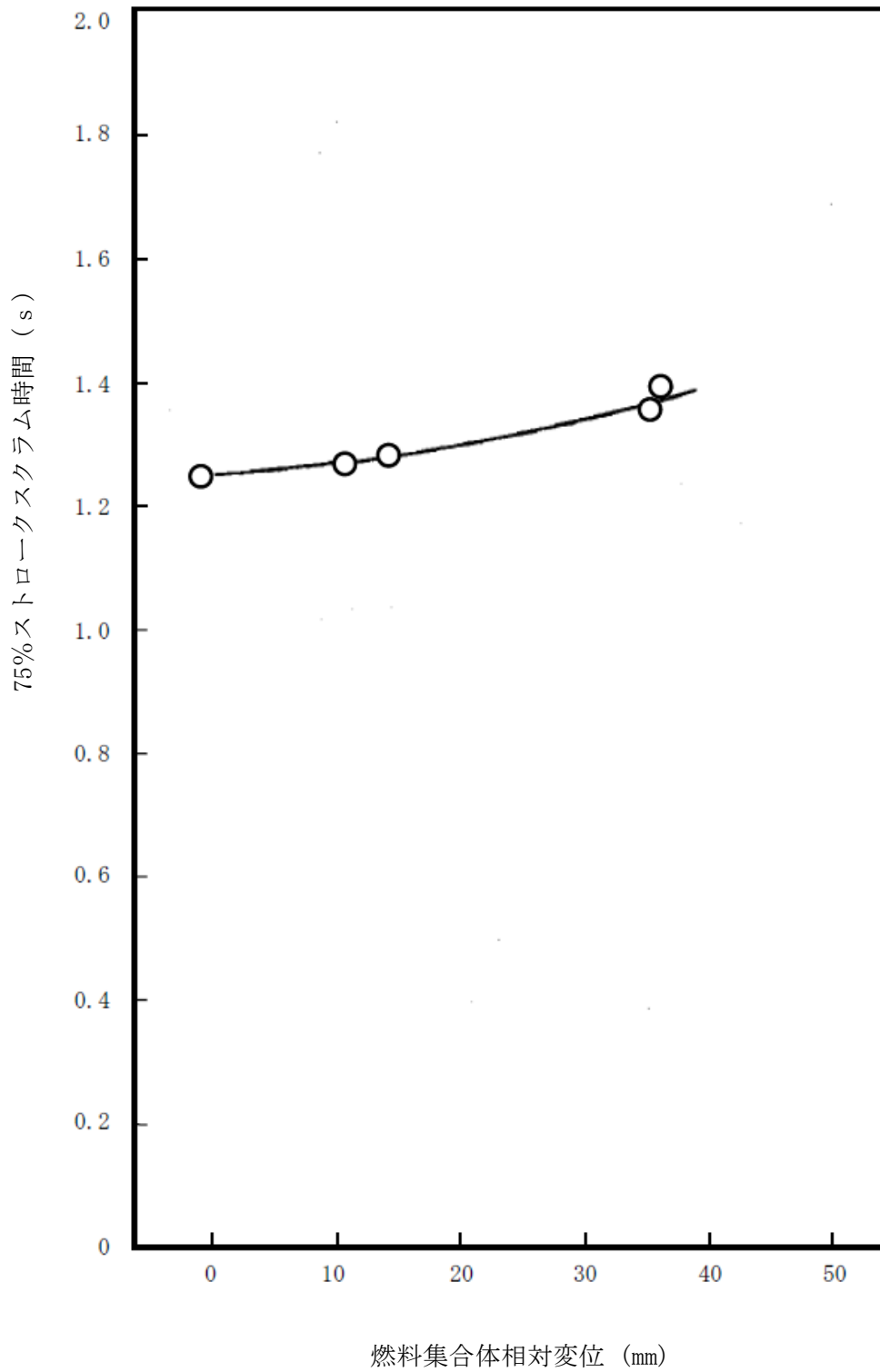


図 4-3 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響  
(ボロンカーバイド型制御棒)

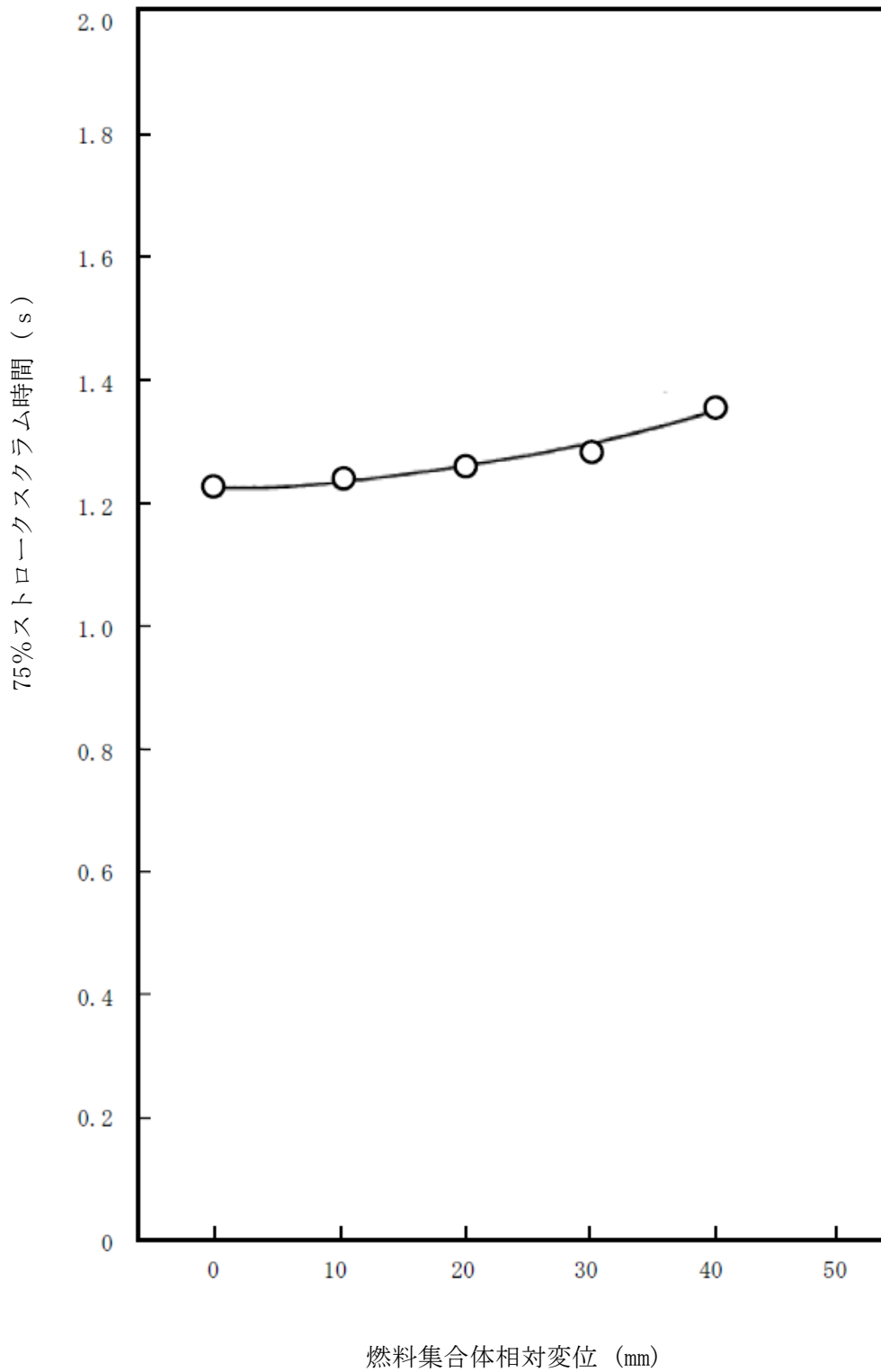


図 4-4 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響  
(ハフニウム棒型制御棒)

## 5. 制御棒挿入性に対する鉛直地震動による影響評価

鉛直地震動により制御棒の挿入性に与える影響について、次の観点で評価する。

- (1) 鉛直地震動による作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ
- (2) 燃料集合体の浮上り

### 5.1 鉛直地震動による作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ

制御棒に作用する荷重について、制御棒に作用する鉛直地震力と地震スクラムにより生じるその他の荷重との大小関係を確認し、評価した。その結果、交番荷重である鉛直方向震度 1.35 が、仮に常時制御棒の挿入方向と逆向き（下向き）に作用した場合でも、制御棒の挿入力（上向き）は下向きの力に対して、大きくなっており、鉛直地震動による制御棒挿入性への影響はない。

また、鉛直地震動は、実際には交番荷重として作用することから、挿入時間の遅れに対する影響は小さく、スクラム時の制御棒挿入時間が全ストロークの 75%挿入で 1.62 秒を超えることはない。

### 5.2 燃料集合体の浮上り

鉛直地震動による燃料集合体の浮上りの制御棒挿入性への影響については、引用文献(1)及び(2)で評価している。引用文献に基づいた影響評価により、島根原子力発電所第2号機における鉛直地震動に対して燃料集合体が燃料支持金具設置深さ 60mm を超えるような浮上りは生じないことを確認した。

また、鉛直地震動に加え水平地震動が作用し燃料支持金具の面に沿って上方向に移動する事象を想定する場合でも、燃料支持金具からの離脱は生じないことを確認した。

## 6. 評価結果

燃料集合体の地震応答解析の結果,燃料集合体の最大応答相対変位は40mm以下である。

また,制御棒挿入性試験の結果より,燃料集合体の相対変位が約40mmまでの範囲においても,通常のスラム時の制御棒挿入時間が全ストロークの75%挿入で1.62秒以内であること,並びに,制御棒挿入性試験後,制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

さらに,鉛直地震動による制御棒挿入性への影響について,制御棒に作用する荷重,挿入時間遅れ及び燃料集合体の浮上りに対して問題ないことを確認した。

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

## 7. 引用文献

- (1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成17年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その2 (BWR制御棒挿入性)に係る報告書」(平成18年9月)
- (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成17年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その3 (総合評価)に係る報告書」(平成18年8月)

### VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構の耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	16
5.6 応力の評価	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	21

## 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、制御棒駆動機構が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

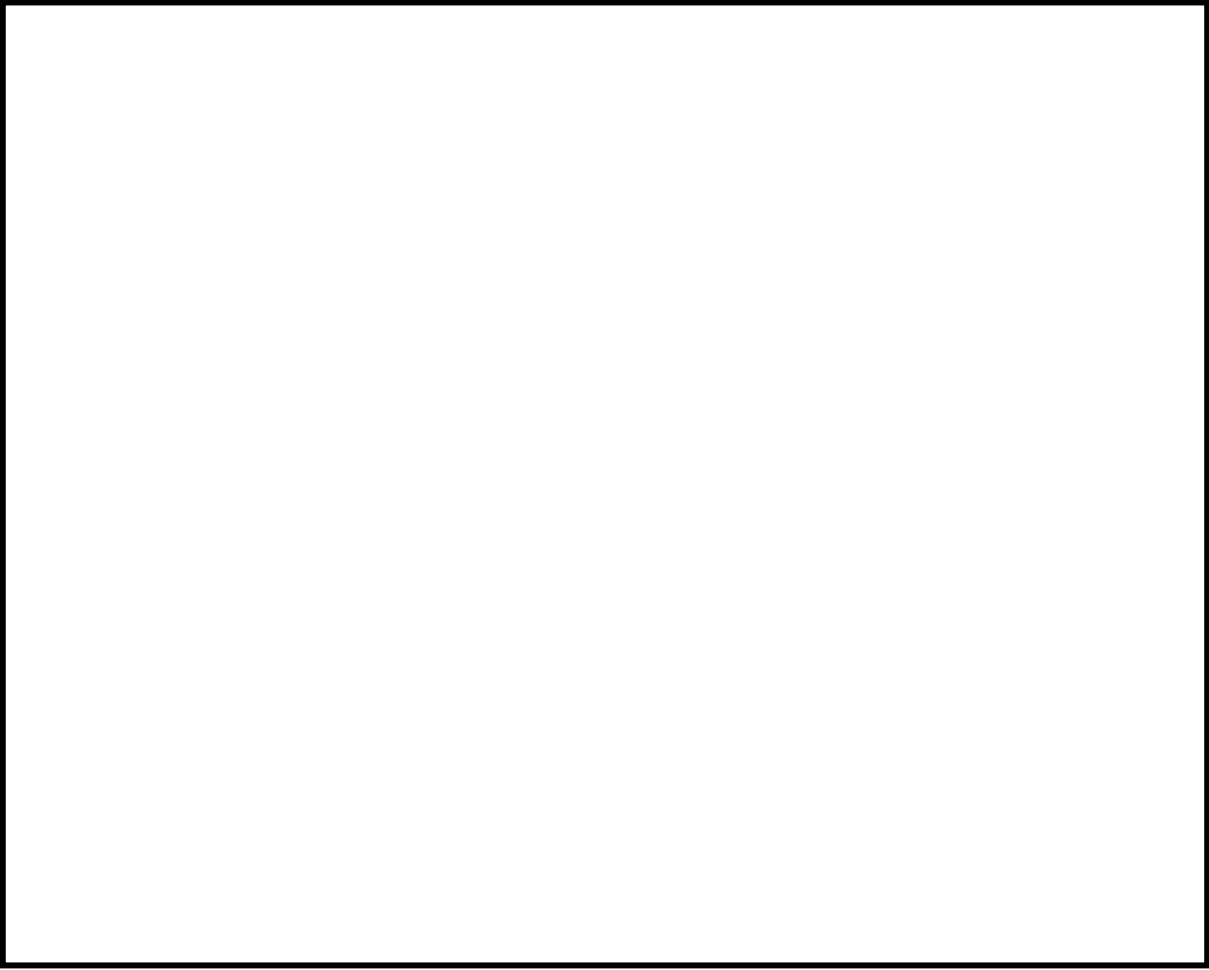
制御棒駆動機構は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

制御棒駆動機構の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>制御棒駆動機構は、原子炉圧力容器下部から延長している制御棒駆動機構ハウジング内に収容する一体構造物で、フランジを制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジに締付ボルトで接合される。</p>	<p>ラッチ機構を備えた水圧駆動ピストンラッチ方式。水圧ピストンは、ピストンチューブ、インデックスチューブ、シリンダーチューブ等から構成される。また、ラッチ機構は、コレットフィンガ、コレットスプリング等から構成される。</p>	

## 2.2 評価方針

制御棒駆動機構の応力評価は、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」にて示す制御棒駆動機構の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく「5.3 設計用地震力」による応力等が許容限界内に収まることを、「5.4 計算方法」にて示す方法にて地震時における応力を確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

制御棒駆動機構の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

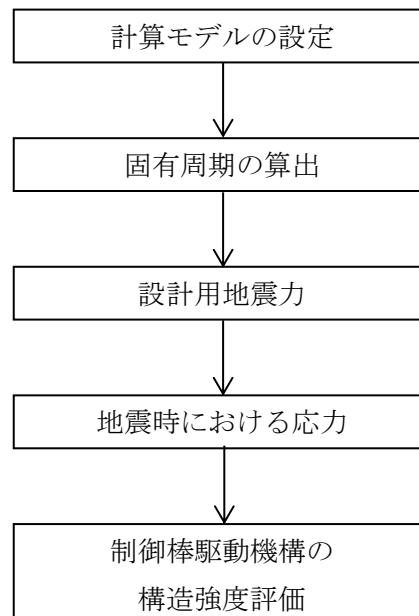


図 2-1 制御棒駆動機構の耐震評価フロー

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・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
$B_1, B_2$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの)	—
$C_2$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの)	—
$C_v$	鉛直方向設計震度	—
$D_o$	管の外径	mm
$E$	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1 に定める値	MPa
$F_w$	制御棒駆動機構の自重による荷重	N
$F_{s c r}$	スクラム反力により制御棒駆動機構に生じる荷重	N
$F_v$	鉛直方向震度により制御棒駆動機構に生じる地震荷重	N
$K_2, K_e$	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの)	—
$M_{h s g}$	水平方向震度により制御棒駆動機構ハウジングに生じる モーメント	N・mm
$M_{i p}$	管の機械的荷重(地震による慣性力を含む。)により生じる モーメント	N・mm
$M_{i s}$	管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの 全振幅	N・mm
$n_i$	繰返し荷重 $i$ の実際の繰返し回数	回
$N_i$	繰返し荷重 $i$ に対し、設計・建設規格 PPB-3534 にしたがって 算出された許容繰返し回数	回
$P$	地震と組合せるべき運転状態における圧力	MPa
$S_h$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5 に定める材料の 最高使用温度における値	MPa
$S_\ell$	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_m$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1 に定める値	MPa
$S_n$	一次+二次応力	MPa
$S_p$	ピーク応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の 40℃における値	MPa
$t$	管の厚さ	mm
$U$	疲労累積係数	—
$Z_i$	管の断面係数	mm <sup>3</sup>

## 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	MPa	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
温度	℃	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
厚さ	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
断面係数	mm <sup>3</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*1</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*1</sup>
許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
疲労累積係数	—	小数点以下第 5 位	切上げ	小数点以下第 4 位

注記\*1：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

制御棒駆動機構の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジとの接合部品であるフランジについて、耐震評価上厳しくなる最小板厚部を管とみなし、地震荷重として制御棒駆動機構ハウジング部分の応答の最大値が作用するものとして実施する。

制御棒駆動機構のフランジより上部は制御棒駆動機構ハウジング内に収容されるため、地震動による影響は小さく、制御棒駆動機構ハウジングと接合されるフランジが最も影響を受ける。また、フランジが原子炉冷却材圧力バウンダリとなることから、本部位を評価部位とする。

制御棒駆動機構の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。



#### 4. 固有周期

表 2-1 の構造計画図に示すように、制御棒駆動機構は制御棒駆動機構ハウジングに据付部材を介さずに、締結ボルトにて直接接続される構造である。VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において，制御棒駆動機構ハウジングの固有周期は 0.05 秒以下であることが確認でき，剛構造とみなすことができるため，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) 制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジとの接合部品であるフランジの最小板厚部を管とみなし、地震荷重として制御棒駆動機構ハウジング部分の応答の最大値が作用するものとする。
- (2) 地震力は、制御棒駆動機構に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 耐震評価は、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の包絡条件で実施する。

### 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

制御棒駆動機構の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

制御棒駆動機構の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ*1	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	S	—*2	$D + P + M + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	

注記\*1：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。

\*2：クラス1管の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ*2	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	常設耐震／防止	—*3	$D + P + M + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：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：クラス1管の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-3 許容応力 (クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管 (クラス 1 管))

許容応力状態	許容限界* <sup>1</sup>		
	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ <sub>A</sub> S	$2.25 \cdot S_m$	$3 \cdot S_m$ S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる 応力振幅について評価する。	S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる 疲労累積係数と運転状態Ⅰ, Ⅱに おける疲労累積係数の和が 1.0 以下 であること。
IV <sub>A</sub> S V <sub>A</sub> S* <sup>2</sup>	$3 \cdot S_m$		

注記\*1: 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。

\*2: 許容応力状態 V<sub>A</sub>S は許容応力状態 IV<sub>A</sub>S の許容限界を使用し, 許容応力状態 IV<sub>A</sub>S として評価を実施する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		最高使用温度						
制御棒駆動機構 フランジ		最高使用温度	302	114	—	—	—	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		最高使用温度						
制御棒駆動機構 フランジ		最高使用温度	302	114	—	—	—	—

## 5.3 設計用地震力

制御棒駆動機構の設計用地震力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。

「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「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 13.054 (EL 17.499* <sup>1</sup> )	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	—* <sup>3</sup>	C <sub>v</sub> =0.64* <sup>4</sup>	—* <sup>3</sup>	C <sub>v</sub> =1.29* <sup>5</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は、VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における制御棒駆動機構ハウジングの解析結果を用いるため，計算は省略する。

\*3：水平方向震度により発生する荷重は，制御棒駆動機構ハウジングの地震応答解析結果を用いるため，記載は省略する。

\*4：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

\*5：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 13.054 (EL 17.499* <sup>1</sup> )	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	—	—	—* <sup>3</sup>	C <sub>v</sub> =1.29* <sup>4</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は、VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における制御棒駆動機構ハウジングの解析結果を用いるため，計算は省略する。

\*3：水平方向震度により発生する荷重は，制御棒駆動機構ハウジングの地震応答解析結果を用いるため，記載は省略する。

\*4：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

#### 5.4 計算方法

制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジとの接合部品であるフランジの最小板厚部を管とみなし、地震荷重として制御棒駆動機構ハウジング部分の応答の最大値が作用するものとして実施する。

耐震評価モデルを図5-1に示す。

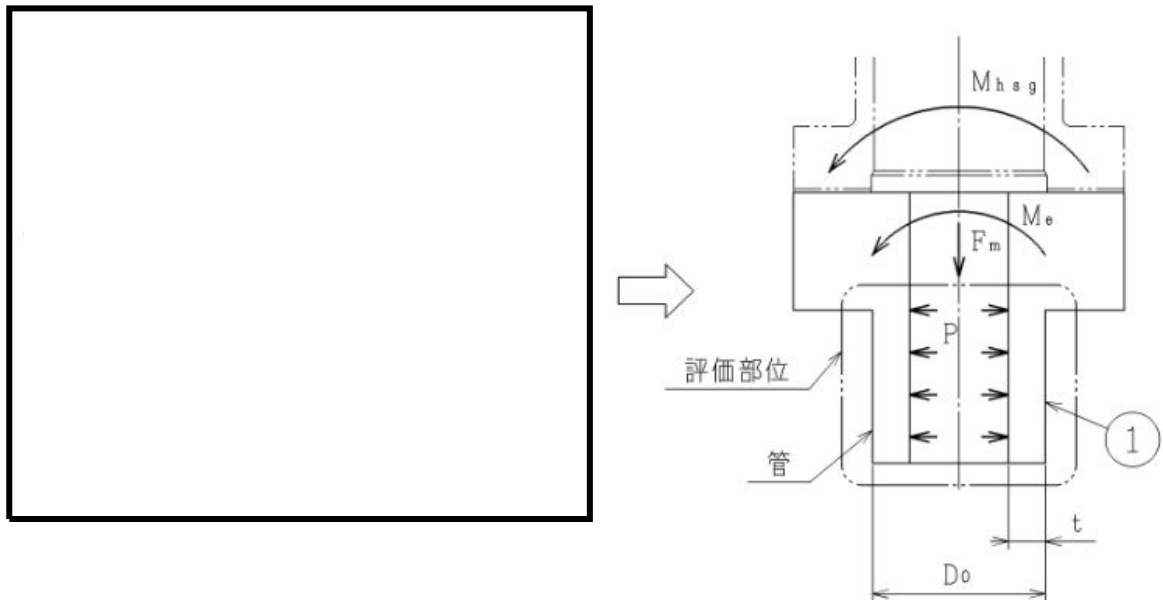


図5-1 耐震評価モデル

##### 5.4.1 管に作用するモーメント

図5-1の評価部位において、鉛直方向に作用する荷重 $F_m$ を管に作用するモーメント $M_e$ へ換算する換算式は以下となる。

$$M_e = \frac{D_0^2 + (D_0 - 2t)^2}{8D_0} F_m \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1)$$

(1) 管の機械的荷重（地震による慣性力を含む。）により生じるモーメント

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

$$M_{ip} = M_{hsg} + \frac{D_0^2 + (D_0 - 2t)^2}{8D_0} \cdot (F_w + F_{scr} + F_v) \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2)$$

(2) 管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅

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

$$M_{i s} = \left\{ M_{h s g} + \frac{D_0^2 + (D_0 - 2t)^2}{8D_0} \cdot F_v \right\} \times 2 \quad \dots \dots (5.4.1.3)$$

#### 5.4.2 耐震性についての計算

(1) 一次応力

$$S_{p r m} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2t} + \frac{B_2 \cdot M_{i p}}{Z_i} \quad \dots \dots (5.4.2.1)$$

ここで、

$$Z_i = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_0^4 - (D_0 - 2t)^4}{D_0} \quad \dots \dots (5.4.2.2)$$

とする。

(2) 一次+二次応力

$$S_n = \frac{C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots \dots (5.4.2.3)$$

(3) ピーク応力

$$S_p = \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots \dots (5.4.2.4)$$

(4) 繰返しピーク応力強さ

$$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2} \quad \dots \dots (5.4.2.5)$$

(5) 疲労累積係数

$$\sum \left( \frac{n_i}{N_i} \right) \leq 1.0 \quad \dots \dots (5.4.2.6)$$



## 5.5 計算条件

### 5.5.1 設計条件

制御棒駆動機構の耐震評価に用いる設計条件を表5-8に示す。

表5-8 設計条件

管番号	対応する 評価点	最高 使用圧力 (MPa)	最高 使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性 係数 (MPa)
1	最小断面	8.62	302				S	* *

注記\* : 最高使用温度における値

### 5.5.2 制御棒駆動機構の耐震評価の計算条件

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

5.5.3 運転条件

制御棒駆動機構の耐震評価に用いる運転条件を表5-9に示す。

表5-9 運転条件

運転状態	運転条件	回数
I 及び II	耐圧試験（最高使用圧力以下）	
	起動（昇温）	
	タービントリップ及びその他のスクラム	
	定格出力運転（制御棒駆動機構隔離）	
	定格出力運転（単一制御棒スクラム）	
	燃料交換（スクラム）	
	原子炉給水ポンプ停止	
	逃がし安全弁誤作動	
III	過大圧力	
	自動減圧系誤作動	
	誤起動	
IV	冷却材喪失事故	

運転条件領域区分：制御棒駆動機構ハウジング面より下の領域

運転条件図：図5-2 参照

運転状態 I 及び II	
運転状態区分	
運転条件	C03, C04
運転名称	起動
耐圧試験 (最高使用圧力以下)	C10, C11 タービントリップ及びその他スクラム
圧力 (MPa)	

図 5-2(1) 運転条件図

運転状態 I 及び II	
運転状態区分	
運転条件	C13, C14, C15, C16, C17
運転名称	定格出力運転
耐圧試験 (最高使用圧力以下)	停止
圧力 (MPa)	C19 燃料交換

図 5-2(2) 運転条件図

運転状態区分		運転状態 I 及び II	
運転条件	C20	C21	
運転名称	原子炉給水ポンプ停止	逃がし安全弁誤作動	
圧力 (MPa)			

図 5-2 (3) 運転条件図

運転状態区分		運転状態 III		運転状態 IV	
運転条件	C22	C23	C26	C27	
運転名称	過大圧力	自動減圧系誤作動	誤起動	冷却材喪失事故	
圧力 (MPa)					

図 5-2 (4) 運転条件図

## 5.6 応力の評価

5.4.2 項で求めた組合せ応力が最高使用温度における許容応力以下であること。ただし、許容応力は下表による。

応力の種類	許容応力*	
	許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S
一次応力	$2.25 \cdot S_m$	$3 \cdot S_m$
一次+二次応力	$3 \cdot S_m$ S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる応力振幅について評価する。	
一次+二次 +ピーク応力	S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労累積係数と 運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲労累積係数の和が1.0以下 であること。	

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

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

制御棒駆動機構の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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		
制御棒駆動機構	S	制御棒駆動機構ハウジング EL 13.054 (EL 17.499*1)	—*2	—*2	—*3	C <sub>v</sub> =0.64*4	—*3	C <sub>v</sub> =1.29*5	302	—

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 固有周期は、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における制御棒駆動機構ハウジングの解析結果を用いるため、計算は省略する。

\*3: 水平方向震度により発生する荷重は、制御棒駆動機構ハウジングの地震応答解析結果を用いるため、記載は省略する。

\*4: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 及び静的震度を上回る設計震度

\*5: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	D <sub>o</sub> (mm)	t (mm)	M <sub>h s g</sub> (N・mm)		F <sub>w</sub> (N)
			弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
管番号 1					

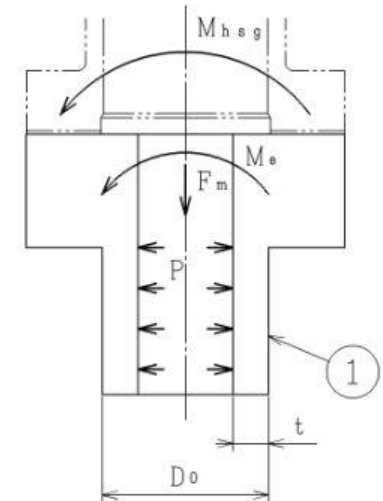
部材	F <sub>s c r</sub> (N)	F <sub>v</sub> (N)		P (MPa)	n <sub>i</sub> (回)
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>		
管番号 1					*1 *2

部材	Z <sub>i</sub> (mm <sup>3</sup> )	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>e</sub>	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
管番号 1									*3

注記\*1: 運転状態 I, II における繰返し回数 (許容繰返し回数 n<sub>i</sub> は )

\*2: 地震動の等価繰返し回数

\*3: 最高使用温度で算出



1.3 計算数値

管に作用するモーメント

部 材	M <sub>i p</sub> (N・mm)		M <sub>i s</sub> (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
管番号1				

許容繰返し回数

部 材	S <sub>p</sub> (MPa)		S <sub>ℓ</sub> (MPa)		N <sub>i</sub> (回)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
管番号1						

1.4 結論

1.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
			一次応力 S <sub>p r m</sub> (S <sub>d</sub> )	許容応力 2.25・S <sub>m</sub>	一次+二次応力 S <sub>n</sub> (S <sub>d</sub> )	許容応力 3・S <sub>m</sub>	疲労累積係数 U+U S <sub>d</sub>
			S <sub>p r m</sub> (S <sub>s</sub> )	3・S <sub>m</sub>	S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	3・S <sub>m</sub>	U+U S <sub>s</sub>
ⅢA S	管番号1 最小断面	S <sub>p r m</sub> (S <sub>d</sub> )	33	258	—	—	—
ⅢA S		S <sub>n</sub> (S <sub>d</sub> )	—	—	38	344	—
ⅢA S		U+U S <sub>d</sub>	—	—	—	—	0.0000
ⅣA S		S <sub>p r m</sub> (S <sub>s</sub> )	55	344	—	—	—
ⅣA S		S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	81	344	—
ⅣA S		U+U S <sub>s</sub>	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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		
制御棒駆動機構	常設耐震/防止	制御棒駆動機構ハウジング EL 13.054 (EL 17.499* <sup>1</sup> )	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	—	—	—* <sup>3</sup>	C <sub>v</sub> =1.29* <sup>4</sup>	302	—

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 固有周期は、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における制御棒駆動機構ハウジングの解析結果を用いるため、計算は省略する。

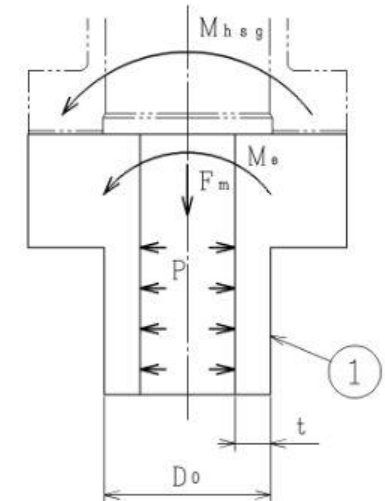
\*3: 水平方向震度により発生する荷重は、制御棒駆動機構ハウジングの地震応答解析結果を用いるため、記載は省略する。

\*4: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	D <sub>o</sub> (mm)	t (mm)	M <sub>hsg</sub> (N・mm)		F <sub>w</sub> (N)
			弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
管番号1			—		

部材	F <sub>scr</sub> (N)	F <sub>v</sub> (N)		P (MPa)	n <sub>i</sub> (回)
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>		
管番号1		—			* <sup>1</sup> * <sup>2</sup>



部材	Z <sub>i</sub> (mm <sup>3</sup> )	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>e</sub>	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
管番号1								—	* <sup>3</sup>

注記\*1: 運転状態 I, II における繰返し回数 (許容繰返し回数 N<sub>i</sub> は )

\*2: 地震動の等価繰返し回数

\*3: 最高使用温度で算出

2.3 計算数値

管に作用するモーメント

部 材	M <sub>ip</sub> (N・mm)		M <sub>is</sub> (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
管番号1	—		—	

許容繰返し回数

部 材	S <sub>p</sub> (MPa)		S <sub>ℓ</sub> (MPa)		N <sub>i</sub> (回)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
管番号1	—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
			一次応力 S <sub>pr m</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 3・S <sub>m</sub>	一次+二次応力 S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 3・S <sub>m</sub>	疲労累積係数 U+U S <sub>s</sub>
VAS	管番号1 最小断面	S <sub>pr m</sub> (S <sub>s</sub> )	55	344	—	—	—
VAS		S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	81	344	—
VAS		U+U S <sub>s</sub>	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

## VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-2-1 制御棒駆動水圧系の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-2-1-1 水圧制御ユニットの耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.3 解析モデル及び諸元	12
4.4 固有周期	14
4.5 設計用地震力	15
4.6 計算方法	16
4.6.1 応力の計算方法	16
4.7 計算条件	20
4.8 応力の評価	20
4.8.1 フレームの応力評価	20
4.8.2 上部、中間及び底部取付ボルトの応力評価	21
5. 機能維持評価	22
5.1 動的機能維持評価方法	22
6. 評価結果	23
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、水圧制御ユニットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

水圧制御ユニットは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

水圧制御ユニットの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水圧制御ユニットのフレームは、床に固定された水圧制御ユニット支持架構に、上部、中間及び底部取付ボルトにより固定されている。</p>	<p>アキュムレータ、窒素容器、スクラムパイロット弁、スクラム弁、配管ユニット、計装ユニット等の構成部品がフレームに取り付けられた構造であり、水圧制御ユニット支持架構に137セットが取り付けられている。</p>	<p>水圧制御ユニット1セット</p> <p>(単位: mm)</p> <p>注記*: 鳥瞰図では、水圧制御ユニット支持架構の縦はりを省略する。</p>



## 2.2 評価方針

水圧制御ユニットの応力評価は、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」にて示す水圧制御ユニットの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、制御棒駆動水圧系スクラム弁の機能維持評価は、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、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

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

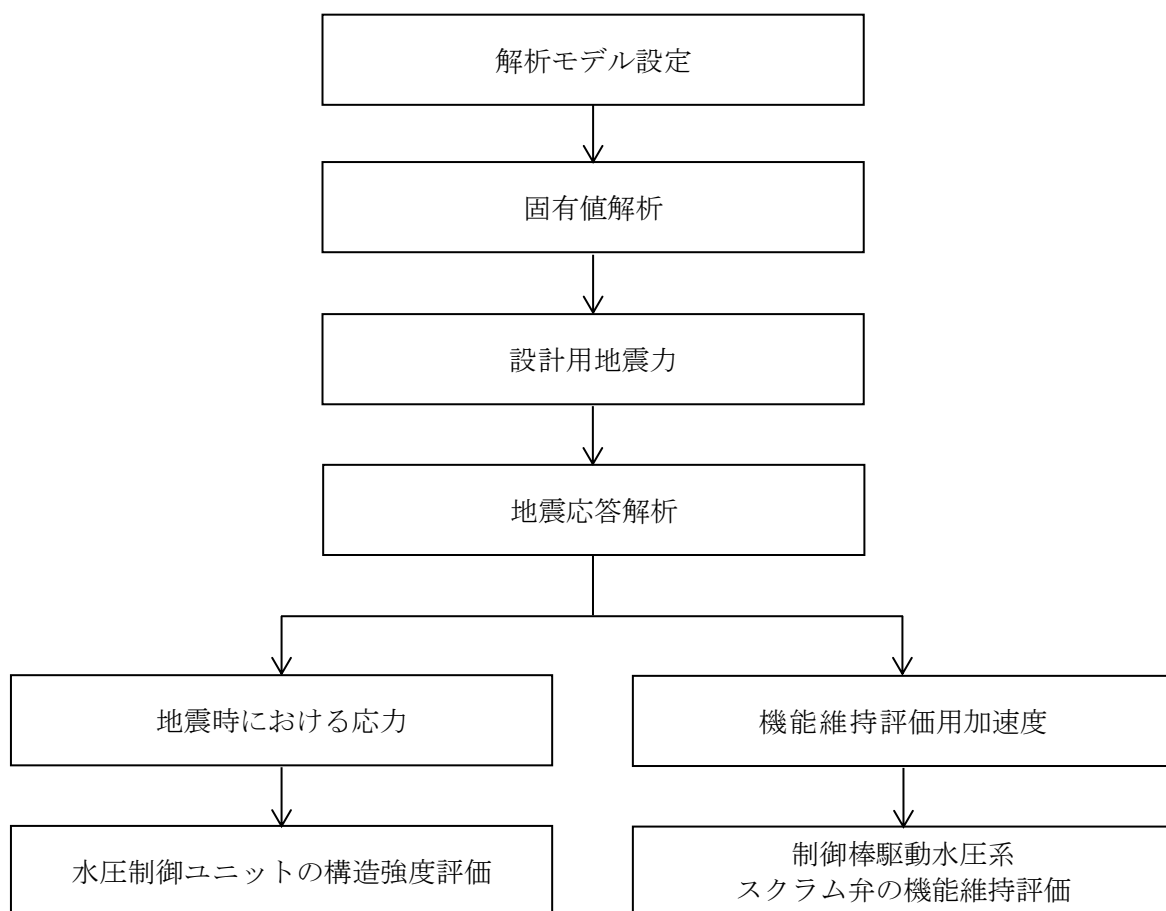


図2-1 水圧制御ユニット及び制御棒駆動水圧系スクラム弁の耐震評価フロー

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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	フレームの断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b1</sub>	フレームの底部を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b2</sub>	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b3</sub>	フレームの上部を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>0</sub>	フレームの外径	mm
D <sub>i</sub>	フレームの内径	mm
d <sub>o1</sub>	フレームの底部を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
d <sub>o2</sub>	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
d <sub>o3</sub>	フレームの上部を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F <sub>b</sub>	上部、中間及び底部取付ボルトに作用する引張力	N
F <sub>x</sub>	フレームの軸力 (x 方向)	N
F <sub>y</sub>	フレームのせん断力 (y 方向)	N
F <sub>z</sub>	フレームのせん断力 (z 方向)	N
f <sub>bm</sub>	フレームの許容曲げ応力	MPa
f <sub>cm</sub>	フレームの許容圧縮応力	MPa
f <sub>sm</sub>	フレームの許容せん断応力	MPa
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける上部、中間及び底部取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>tm</sub>	フレームの許容引張応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける上部、中間及び底部取付ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける上部、中間及び底部取付ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
i	断面二次半径	mm
ℓ <sub>1</sub>	フレームの底部を支持架構に取付けるボルト間の距離	mm
ℓ <sub>2</sub>	フレームの中間を支持架構に取付けるボルト間の Z 軸方向の距離	mm
ℓ <sub>3</sub>	フレームの中間を支持架構に取付けるボルト間の Y 軸方向の距離	mm
ℓ <sub>4</sub>	フレームの上部を支持架構に取付けるボルト間の Z 軸方向の節点 23 からの距離	mm
ℓ <sub>5</sub>	フレームの上部を支持架構に取付けるボルト間の Z 軸方向の節点 24 からの距離	mm

記号	記号の説明	単位
$\ell_6$	フレームの上部を支持架構に取付けるボルト間のX軸方向の距離	mm
$\ell_k$	座屈長さ	mm
$M_x$	フレームのねじりモーメント (x 軸)	N・mm
$M_y$	フレームの曲げモーメント (y 軸)	N・mm
$M_z$	フレームの曲げモーメント (z 軸)	N・mm
$m_i$	荷重位置の質量 (i = a, b, c, d, e)	kg
$m$	水圧制御ユニットのフレーム部材以外の付加質量の合計	kg
$N$	フレームの底部と支持架構取付部 1 箇所当たりの底部取付ボルトの本数	—
$N_f$	評価上引張力を受けるとして期待する底部取付ボルトの本数	—
$Q_b$	上部, 中間及び底部取付ボルトに作用するせん断力	N
$S$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
$X, Y, Z$	絶対 (節点) 座標軸	—
$x, y, z$	局所 (要素) 座標軸	—
$Z_p$	フレームのねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_y$	フレームの断面係数 (y 軸)	mm <sup>3</sup>
$Z_z$	フレームの断面係数 (z 軸)	mm <sup>3</sup>
$I_y$	フレームの断面二次モーメント (y 軸)	mm <sup>4</sup>
$I_z$	フレームの断面二次モーメント (z 軸)	mm <sup>4</sup>
$\Lambda$	フレームの限界細長比	—
$\lambda$	フレームの有効細長比	—
$\nu$	ポアソン比	—
$\nu'$	座屈に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	フレームに生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_c$	フレームに生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_f$	フレームに生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_{fa}$	フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
$\sigma_t$	フレームに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{tb}$	上部, 中間及び底部取付ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\tau$	フレームに生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	上部, 中間及び底部取付ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 <sup>*2</sup>	四捨五入	小数点以下第1位 <sup>*3</sup>
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*4</sup>
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*4</sup>
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*4</sup>
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*5</sup>		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

\*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

\*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

\*4：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

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

### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

#### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 水圧制御ユニットのフレームは、床に固定された剛構造の水圧制御ユニット支持架構に上部、中間及び底部取付ボルトにより固定される。
- (2) 水圧制御ユニットの質量には、フレーム自身の質量のほか、配管ユニット、スクラムパイロット弁、スクラム弁、チェック弁、ゲート弁、アキュムレータ、窒素容器、計装ユニット及びそれらに内容する水の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、水圧制御ユニットに対して水平 2 方向及び鉛直方向から個別に作用させる。また、水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S 法を適用する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

##### 4.2.2 許容応力

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

##### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	S	クラス2 支持構造物	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2支持構造物	$D + P_D + M_D + S_s^{*2}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界を 用いる。)

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（クラス 2 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

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

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

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



表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	205	365	—
		周囲環境温度	50	—	241	394	—
上部及び底部 取付ボルト	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	211	394	—
中間取付ボルト	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	198	504	205

注記\*1: [Redacted]

\*2: [Redacted]

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	205	365	—
		周囲環境温度	50	—	241	394	—
上部及び底部 取付ボルト	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	211	394	—
中間取付ボルト	[Redacted]	周囲環境温度	50	—	198	504	205

注記\*1: [Redacted]

\*2: [Redacted]

#### 4.3 解析モデル及び諸元

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

- (1) 図 4-1 中○内の数字は部材番号（要素番号），数字は節点番号を示す。
- (2) フレーム部材（はり要素）の質量は、各節点に集中質量として付加する。ここで、各節点の質量は節点に結ばれる全ての要素の 1/2 の質量の合計値である。図 4-1 中の ⊕ はフレーム部材以外の付加質量位置を示し、 $m_a$ 、 $m_b$  は配管ユニット，スクラムパイロット弁，スクラム弁の質量  kg， $m_c$  はアキュムレータの質量  kg， $m_d$  は窒素容器の質量  kg， $m_e$  は計装ユニットの質量  kg で総質量は  kg である。
- (3) 図 4-1 中実線はフレーム部材（はり要素），点線は配管ユニット，スクラムパイロット弁，スクラム弁，アキュムレータ，窒素容器，計装ユニット等を概略表示したものである。
- (4) 拘束条件は、フレーム下端及び上端を固定（6 自由度拘束，上部及び底部取付ボルトによる固定）とする。フレーム中段をフレーム軸方向自由，フレーム軸直角方向固定（軸直並進方向拘束，中間取付ボルトによる固定）とする。
- (5) 表 4-6 に、部材の応力算出に必要な機器要目を示す。
- (6) 解析コードは「SAP-IV」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表 4-6 部材の応力算出に必要な機器要目

材料	<input type="text"/>			
対象要素	①—⑯	⑰—⑲	⑳—㉒	㉓—㉕
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>			
I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )				
I <sub>z</sub> (mm <sup>4</sup> )				
Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )				
Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )				
Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )				
断面形状 (mm)				

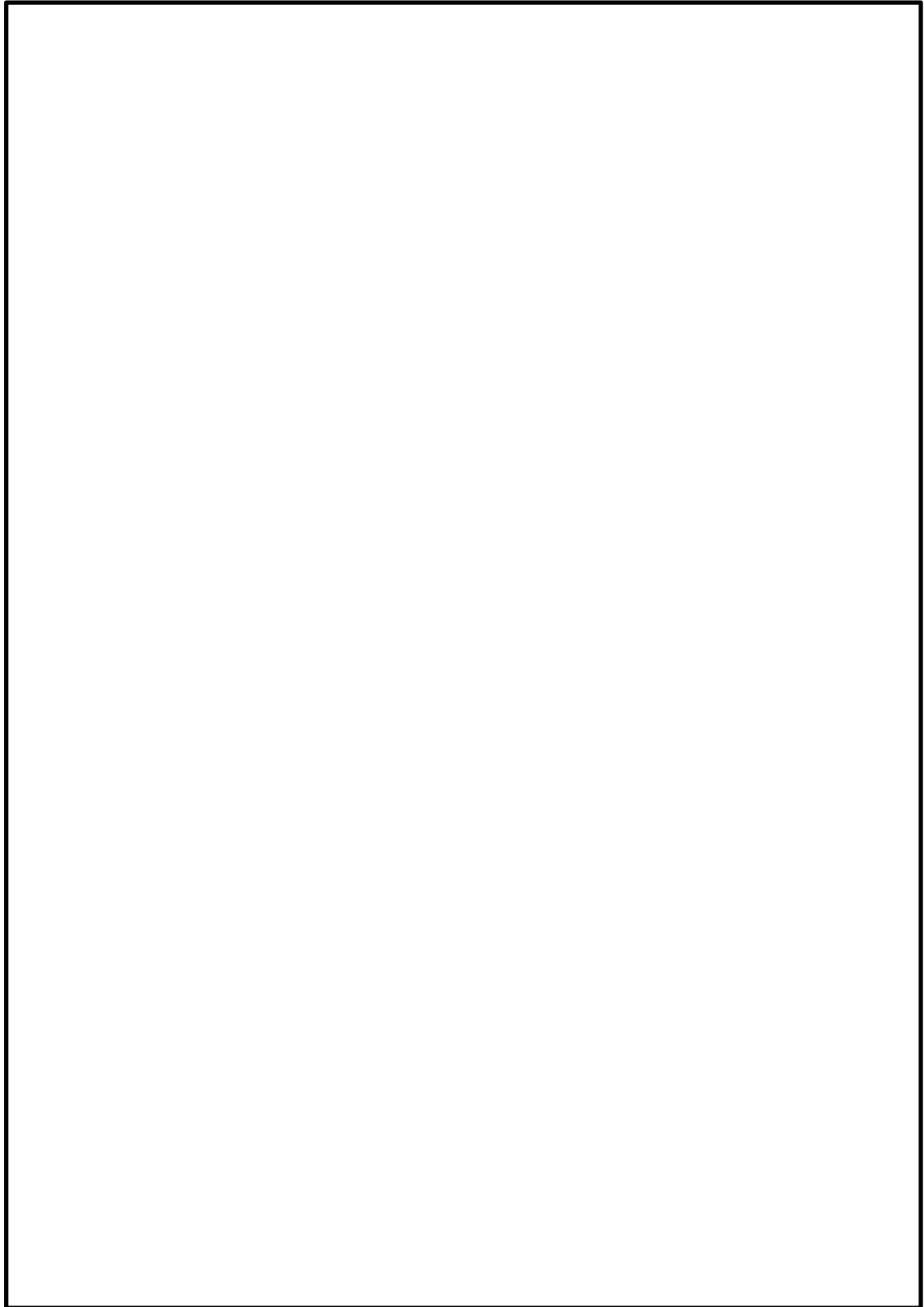


図 4-1 水圧制御ユニット解析モデル (単位 : mm)

#### 4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-7 に、振動モード図を図 4-2 に示す。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 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.023	—	—	—

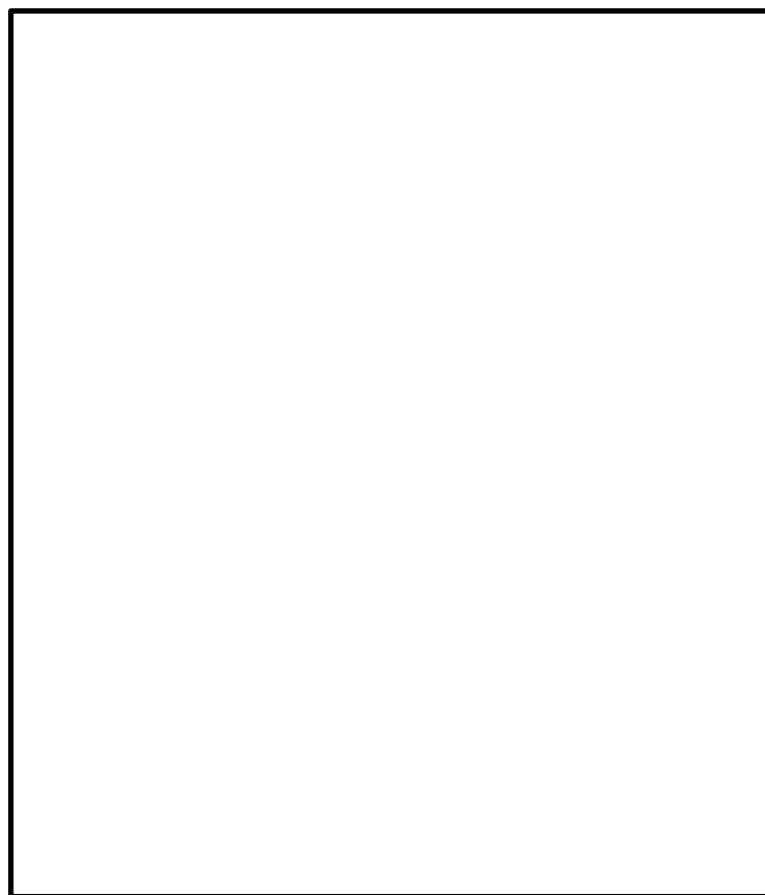


図 4-2 振動モード図 (1次モード 水平方向 0.023s)

#### 4.5 設計用地震力

水圧制御ユニットの設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-8 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 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「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 23.8 <sup>*1</sup>	0.023	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.17 <sup>*2</sup> (NS 方向) C <sub>H</sub> =1.20 <sup>*2</sup> (EW 方向)	C <sub>V</sub> =0.98 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =2.17 <sup>*3</sup> (NS 方向) C <sub>H</sub> =2.07 <sup>*3</sup> (EW 方向)	C <sub>V</sub> =1.95 <sup>*3</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

表 4-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		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
原子炉建物 EL 23.8 <sup>*1</sup>	0.023	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.17 <sup>*2</sup> (NS 方向) C <sub>H</sub> =2.07 <sup>*2</sup> (EW 方向)	C <sub>V</sub> =1.95 <sup>*2</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

## 4.6 計算方法

### 4.6.1 応力の計算方法

#### 4.6.1.1 フレームの応力

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

(1) 引張応力又は圧縮応力

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

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

(2) せん断応力

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

(3) 曲げ応力

鋼管の場合

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

形鋼の場合

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

(4) 組合せ応力

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

ここで、

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

4.6.1.2 上部，中間及び底部取付ボルトの応力

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

4.6.1.2.1 フレームの底部を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの底部を支持架構に取付けるボルトの概要を図 4-3 に示す。

(1) 引張応力

底部取付ボルトに対する引張応力は，図 4-3 に示すフレームのせん断力  $F_y$  及び曲げモーメント  $M_z$  を考え，これを保守的に片側のボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

$$F_b = |F_y| + \frac{|M_z|}{\ell_1} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.1)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_b}{N_f \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.2)$$

ここで，ボルトの軸断面積  $A_{b1}$  は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o1}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.3)$$

(2) せん断応力

底部取付ボルトに対するせん断力は，図 4-3 に示すフレームの軸力  $F_x$ ，フレームのせん断力  $F_z$ ，ねじりモーメント  $M_x$  及び曲げモーメント  $M_y$  を考え，これをフレームと底部の取付部 1 箇所当たりの底部取付ボルトの本数で受けるものとして計算する。

a. せん断力

$$Q_b = \sqrt{|F_x|^2 + \left( |F_z| + \frac{|M_x|}{D_i} + \frac{|M_y|}{\ell_1} \right)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.4)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b} = \frac{Q_b}{N \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.5)$$

ここで，ボルトの軸断面積  $A_{b1}$  は，(4.6.1.2.1.3) 式による。

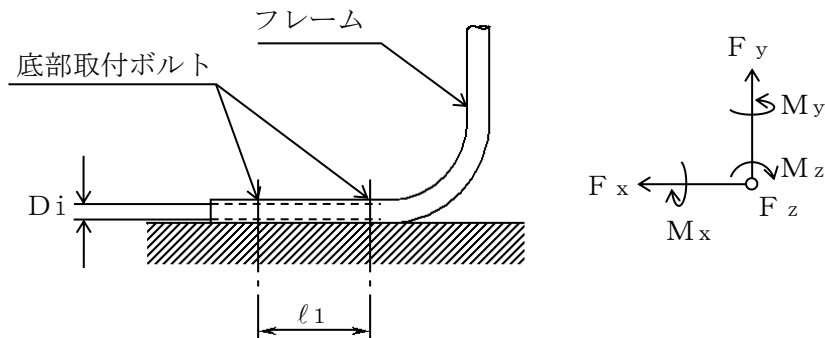


図 4-3 フレームの底部を支持架構に取付けるボルト部の概要

4.6.1.2.2 フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの概要を図 4-4 に示す。

(1) 引張応力

中間取付ボルトに対する引張応力は、図 4-4 に示すフレームのせん断力  $F_y$ 、 $F_z$  を考え、これをボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

$$F_{b1} = |F_y| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.1)$$

$$F_{b2} = \frac{|F_z| \times l_3}{l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.2)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{b1}}{2 \cdot A_{b2}} + \frac{F_{b2}}{1 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_{b2}$  は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o2}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.4)$$

(2) せん断応力

中間取付ボルトに対するせん断応力は、図 4-4 に示すフレームのせん断力  $F_z$  を考え、これを 2 本のボルトで受けるものとして計算する。

a. せん断力

$$Q_b = |F_z| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.5)$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.6)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_{b2}$  は、(4.6.1.2.2.4) 式による。

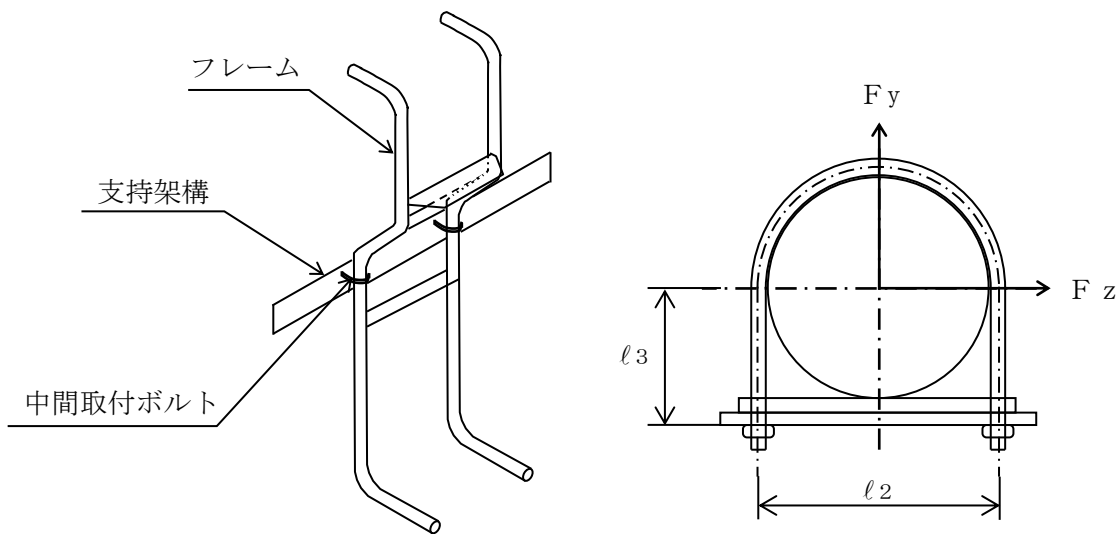


図 4-4 フレームの中間を支持架構に取付けるボルト部の概要



## 4.6.1.2.3 フレームの上部を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの上部を支持架構に取付けるボルトの概要を図 4-5 に示す。

## (1) 引張応力

上部取付ボルトに対する引張応力は、図 4-5 に示すフレームの軸力  $F_x$  及び曲げモーメント  $M_y$ ,  $M_z$  を考え、これを 1 本のボルトで受けるものとして計算する。

## a. 引張力

$$F_{b1} = |F_{x1}| + \frac{|M_{z1}|}{l_6} + \left( \frac{|M_{y23}|}{l_4} + \frac{|M_{z23}|}{l_6} \right) \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.1)$$

$$F_{b2} = |F_{x2}| + \frac{|M_{z2}|}{l_6} + \left( \frac{|M_{y24}|}{l_5} + \frac{|M_{z24}|}{l_6} \right) \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.2)$$

## b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \text{Max} \left[ \frac{F_{b1}}{1 \cdot A_{b3}}, \frac{F_{b2}}{1 \cdot A_{b3}} \right] \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_{b3}$  は次式により求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o3}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.4)$$

## (2) せん断応力

上部取付ボルトに対するせん断応力は、図 4-5 に示すフレームのせん断力  $F_y$ ,  $F_z$  を考え、これを 1 本のボルトで受けるものとして計算する。

## a. せん断力

$$Q_{b1} = \sqrt{|F_{y1}|^2 + |F_{z1}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.5)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{|F_{y2}|^2 + |F_{z2}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.6)$$

## b. せん断応力

$$\tau_b = \text{Max} \left[ \frac{Q_{b1}}{1 \cdot A_{b3}}, \frac{Q_{b2}}{1 \cdot A_{b3}} \right] \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.7)$$

ここで、ボルトの軸断面積  $A_{b3}$  は、(4.6.1.2.3.4) 式による。



図 4-5 フレームの上部を支持架構に取付けるボルト部の概要

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（水圧制御ユニット）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレームの応力評価

4.6.1.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、組合せ応力が許容引張応力  $f_{tm}$  以下であること。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{tm}$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 $f_{cm}$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v'} \cdot 1.5$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{v'} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sm}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 $f_{bm}$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

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

弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による荷重との組合せの場合

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

基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

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

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

4.8.2 上部，中間及び底部取付ボルトの応力評価

4.6.1.2 項で求めた上部，中間及び底部取付ボルトの引張応力  $\sigma_{tb}$  は，次式より求めた許容組合せ応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし， $f_{to}$  は下表による。

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

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける上部，中間及び底部取付ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし， $f_{sb}$  は下表による。

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

## 5. 機能維持評価

### 5.1 動的機能維持評価方法

制御棒駆動水圧系スクラム弁の動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

制御棒駆動水圧系スクラム弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁	水平	6.0
	鉛直	6.0

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

水圧制御ユニットの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (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。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

水圧制御ユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
水圧制御ユニット	S	原子炉建物 EL 23.8*1	0.023	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.17*2 (NS 方向) C <sub>H</sub> =1.20*2 (EW 方向)	C <sub>V</sub> =0.98*2	C <sub>H</sub> =2.17*3 (NS 方向) C <sub>H</sub> =2.07*3 (EW 方向)	C <sub>V</sub> =1.95*3	—	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

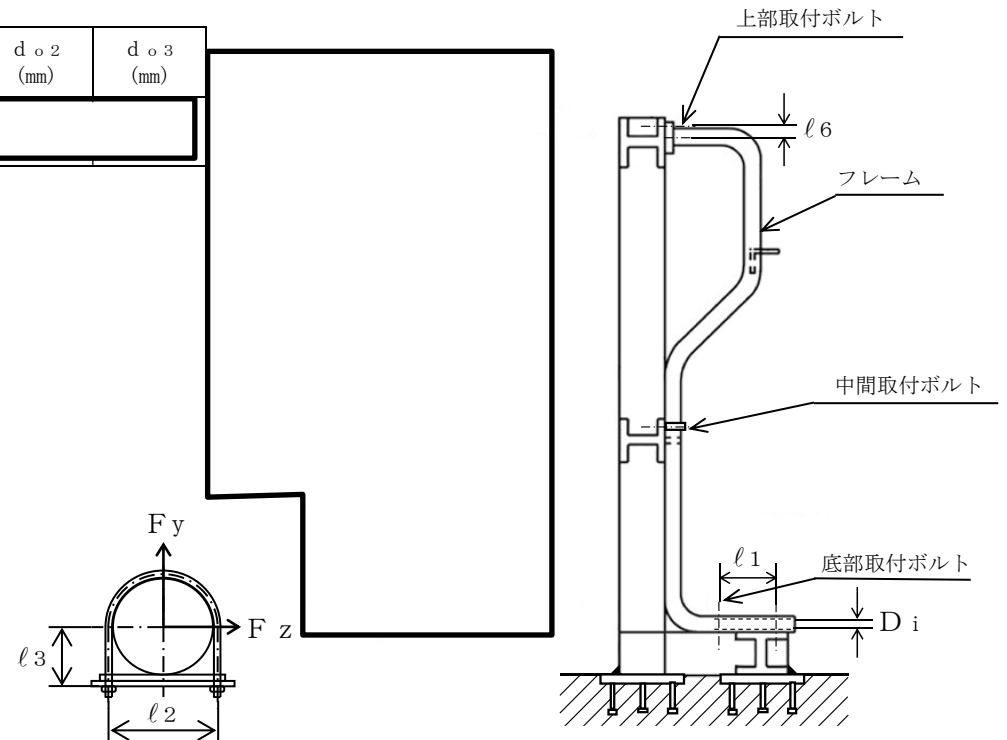
\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

m (kg)	ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	d <sub>o1</sub> (mm)	d <sub>o2</sub> (mm)	d <sub>o3</sub> (mm)

A <sub>b1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>b2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>b3</sub> (mm <sup>2</sup> )	N	N <sub>f</sub>	D <sub>i</sub> (mm)
			2	1	

部材	材料	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム		205	365	205	246
		241 (厚さ ≤ 16mm)	394 (厚さ ≤ 16mm)	241	276
上部及び底部 取付ボルト		211 (径 > 40mm)	394 (径 > 40mm)	211	253
中間取付ボルト		198	504	205	246



取付ボルト

材料	E (MPa)	$\nu$	$\ell_k$ (mm)	i (mm)	$\lambda$	$\Lambda$	$\nu'$
[Redacted]							

注記 \*1: 弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度による荷重との組合せの場合

\*2: 基準地震動 Ss による荷重との組合せの場合

	要素番号*		
	⑧ ⑩ ⑭ ⑰	⑱	⑳ ㉑
材料	[Redacted]		
A (mm <sup>2</sup> )			
Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )			
Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )			
Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )			

注記\*: 各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重及びモーメント

要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		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 (1/2)							
				フレームの荷重			フレームのモーメント				
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)		
⑧	10	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑩	12	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑭	14	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑯	16	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									

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

注記\*：各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。



要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による荷重との組合せの場合 (2/2)					
				フレームの荷重			フレームのモーメント		
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)
⑬	20	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
⑭	21	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
⑮	21	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。  
 注記\*：各部材の材料ごとに, 解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		基準地震動 S <sub>s</sub> による荷重との組合せの場合 (1/2)							
				フレームの荷重			フレームのモーメント				
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)		
⑧	10	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑩	12	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑭	14	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑯	16	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。  
 注記\*：各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		基準地震動 S <sub>s</sub> による荷重との組合せの場合 (2/2)							
				フレームの荷重			フレームのモーメント				
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)		
⑱	20	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
⑳	21	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									
㉑	21	地震	X								
			Y								
			Z								
		自重									

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

注記\*：各部材の材料ごとに, 解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

1.3.2 上部、中間及び底部取付ボルトの荷重及びモーメント

要素 番号*1	節点 番号*1	荷重方向		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度による荷重との組合せの場合					
				上部、中間及び底部取付ボルトの荷重			上部、中間及び底部取付ボルトのモーメント*2		
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)
①	1	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
②⑥	23	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							

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

注記\*1：上部、中間及び底部取付ボルトのうち、解析結果の各応力が最も厳しい評価となる箇所を選定している。

\*2：節点でのモーメントからボルトに作用する引張荷重を算出

30

要素 番号*1	節点 番号*1	荷重方向		基準地震動 S <sub>s</sub> による荷重との組合せの場合					
				上部、中間及び底部取付ボルトの荷重			上部、中間及び底部取付ボルトのモーメント*2		
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)
①	1	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
②⑥	23	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							

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

注記\*1：上部、中間及び底部取付ボルトのうち、解析結果の各応力が最も厳しい評価となる箇所を選定している。

\*2：節点でのモーメントからボルトに作用する引張荷重を算出

## 1.4 結論

## 1.4.1 固有周期 (単位 : s)

方向	固有周期
水平方向	0.023
鉛直方向	0.05 以下

## 1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素 番号*1	節点 番号*1	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張 <sup>*2</sup>	⑧	10	$\sigma_t = 6$	$f_{tm} = 205$	$\sigma_t = 10$	$f_{tm} = 246$
		圧縮 <sup>*2</sup>	⑧	10	$\sigma_c = 6^{*5}$	$f_{cm} = 157$	$\sigma_c = 10^{*5}$	$f_{cm} = 179$
		せん断 <sup>*2</sup>	⑯	16	$\tau = 7$	$f_{sm} = 118$	$\tau = 11$	$f_{sm} = 142$
		曲げ <sup>*2</sup>	⑭	14	$\sigma_b = 40$	$f_{bm} = 205$	$\sigma_b = 69$	$f_{bm} = 246$
		組合せ <sup>*3</sup>	⑩	12	$\sigma_f = 44$	$f_{tm} = 205$	$\sigma_f = 76$	$f_{tm} = 246$
		引張 <sup>*2</sup>	㉑	21	$\sigma_t = 2$	$f_{tm} = 241$	$\sigma_t = 4$	$f_{tm} = 276$
		圧縮 <sup>*2</sup>	㉑	21	$\sigma_c = 2^{*5}$	$f_{cm} = 219$	$\sigma_c = 4^{*5}$	$f_{cm} = 247$
		せん断 <sup>*2</sup>	⑲	20	$\tau = 11$	$f_{sm} = 139$	$\tau = 17$	$f_{sm} = 159$
		曲げ <sup>*2</sup>	㉒	21	$\sigma_b = 38$	$f_{bm} = 241$	$\sigma_b = 65$	$f_{bm} = 276$
		組合せ <sup>*3</sup>	㉒	21	$\sigma_f = 41$	$f_{tm} = 241$	$\sigma_f = 69$	$f_{tm} = 276$
上部取付 ボルト		引張 <sup>*4</sup>	①	1	$\sigma_{tb} = 54$	$f_{ts} = 158^{*6}$	$\sigma_{tb} = 89$	$f_{ts} = 189^{*6}$
		せん断 <sup>*4</sup>	①	1	$\tau_b = 13$	$f_{sb} = 121$	$\tau_b = 21$	$f_{sb} = 146$

注記\*1：フレームは、各部材の材料ごとに、取付ボルトは上部、中間及び底部取付ボルトのうち、解析結果の各応力が最も厳しい評価となる箇所を選定している。

\*2：フレームの引張、圧縮、せん断、曲げ応力の算出応力は、荷重方向（X、Y、Z、自重）ごとの応力を用いて以下のように求める。  
ここで、荷重方向（X、Y、Z、自重）ごとの応力は4.6.1.1項により求める。

$$(\text{算出応力}) = |(\text{自重方向による応力})| + \sqrt{(\text{X軸方向荷重による応力})^2 + (\text{Y軸方向荷重による応力})^2 + (\text{Z軸方向荷重による応力})^2}$$

\*3：フレームの組合せ応力は\*2で求めた引張、圧縮、せん断、曲げ応力を用いて4.6.1.1項により求める。

\*4：上部取付ボルトの引張、せん断応力は\*2と同様の順序で求める。ただし、応力の算出には4.6.1.2項を用いる。

\*5：絶対値を記載

\*6： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

## 1.4.3 動的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系 スクラム弁	水平方向	NS 方向 : 1.02 EW 方向 : 0.98	6.0
	鉛直方向	1.28	6.0

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
水圧制御ユニット	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 23.8*1	0.023	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.17*2 (NS 方向) C <sub>H</sub> =2.07*2 (EW 方向)	C <sub>H</sub> =1.95*2	—	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

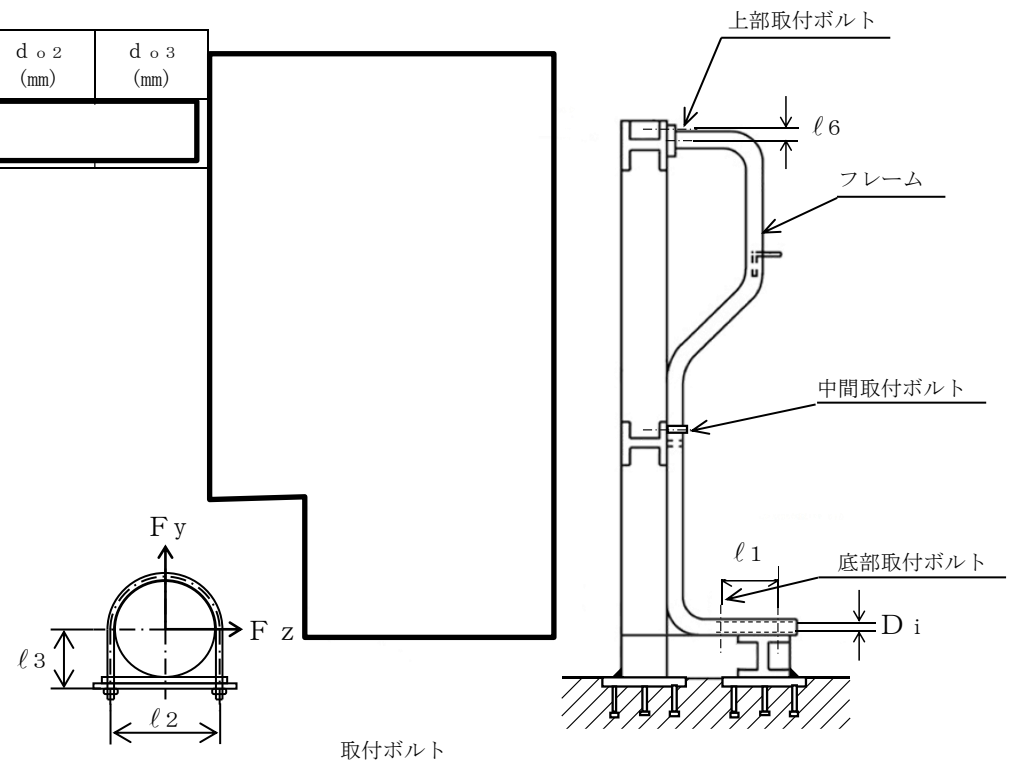
\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

m (kg)	ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	d <sub>o1</sub> (mm)	d <sub>o2</sub> (mm)	d <sub>o3</sub> (mm)

A <sub>b1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>b2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>b3</sub> (mm <sup>2</sup> )	N	N <sub>f</sub>	D <sub>i</sub> (mm)
			2	1	

部材	材料	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム		205	365	—	246
		241 (厚さ ≤ 16mm)	394 (厚さ ≤ 16mm)	—	276
上部及び底部 取付ボルト		211 (径 > 40mm)	394 (径 > 40mm)	—	253
中間取付ボルト		198	504	—	246





材料	E (MPa)	$\nu$	$\ell_k$ (mm)	i (mm)	$\lambda$	$\Lambda$	$\nu'$
[Redacted]							

注記 \* : 基準地震動  $S_s$  による荷重との組合せの場合

	要素番号*		
	⑧ ⑩ ⑭ ⑰	⑱	⑳ ㉑
材料	[Redacted]		
A (mm <sup>2</sup> )			
Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )			
Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )			
Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )			

注記\* : 各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重及びモーメント

要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		基準地震動 S s による荷重との組合せの場合 (1/2)								
				フレームの荷重			フレームのモーメント					
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)			
⑧	10	地震	X									
			Y									
			Z									
		自重										
⑩	12	地震	X									
			Y									
			Z									
		自重										
⑭	14	地震	X									
			Y									
			Z									
		自重										
⑯	16	地震	X									
			Y									
			Z									
		自重										

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

注記\*：各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

要素 番号*	節点 番号*	荷重方向		基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合 (2/2)					
				フレームの荷重			フレームのモーメント		
				$F_x$ (N)	$F_y$ (N)	$F_z$ (N)	$M_x$ (N・mm)	$M_y$ (N・mm)	$M_z$ (N・mm)
⑱	20	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
⑳	21	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
㉑	21	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							

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

注記\*：各部材の材料ごとに、解析結果の各応力がそれぞれ最も厳しい評価となる箇所を選定している。

2.3.2 上部、中間及び底部取付ボルトの荷重及びモーメント

要素 番号*1	節点 番号*1	荷重方向		基準地震動S <sub>s</sub> による荷重との組合せの場合					
				上部、中間及び底部取付ボルトの荷重			上部、中間及び底部取付ボルトのモーメント*2		
				F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>z</sub> (N)	M <sub>x</sub> (N・mm)	M <sub>y</sub> (N・mm)	M <sub>z</sub> (N・mm)
①	1	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							
②⑥	23	地震	X						
			Y						
			Z						
		自重							

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

注記\*1：上部、中間及び底部取付ボルトのうち、解析結果の各応力が最も厳しい評価となる箇所を選定している。

\*2：節点でのモーメントからボルトに作用する引張荷重を算出

## 2.4 結論

## 2.4.1 固有周期 (単位 : s)

方向	固有周期
水平方向	0.023
鉛直方向	0.05 以下

## 2.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素 番号*1	節点 番号*1	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張 <sup>*2</sup>	⑧	10	—	—	$\sigma_t = 10$	$f_{tm} = 246$
		圧縮 <sup>*2</sup>	⑧	10	—	—	$\sigma_c = 10^{*5}$	$f_{cm} = 179$
		せん断 <sup>*2</sup>	⑬	16	—	—	$\tau = 11$	$f_{sm} = 142$
		曲げ <sup>*2</sup>	⑭	14	—	—	$\sigma_b = 69$	$f_{bm} = 246$
		組合せ <sup>*3</sup>	⑩	12	—	—	$\sigma_f = 76$	$f_{tm} = 246$
		引張 <sup>*2</sup>	⑰	21	—	—	$\sigma_t = 4$	$f_{tm} = 276$
		圧縮 <sup>*2</sup>	⑰	21	—	—	$\sigma_c = 4^{*5}$	$f_{cm} = 247$
		せん断 <sup>*2</sup>	⑱	20	—	—	$\tau = 17$	$f_{sm} = 159$
		曲げ <sup>*2</sup>	⑳	21	—	—	$\sigma_b = 65$	$f_{bm} = 276$
		組合せ <sup>*3</sup>	⑳	21	—	—	$\sigma_f = 69$	$f_{tm} = 276$
上部取付 ボルト		引張 <sup>*4</sup>	①	1	—	—	$\sigma_{tb} = 89$	$f_{ts} = 189^{*6}$
		せん断 <sup>*4</sup>	①	1	—	—	$\tau_b = 21$	$f_{sb} = 146$

注記\*1：フレームは、各部材の材料ごとに、取付ボルトは上部、中間及び底部取付ボルトのうち、解析結果の各応力が最も厳しい評価となる箇所を選定している。

\*2：フレームの引張、圧縮、せん断、曲げ応力の算出応力は、荷重方向（X、Y、Z、自重）ごとの応力を用いて以下のように求める。  
ここで、荷重方向（X、Y、Z、自重）ごとの応力は4.6.1.1項により求める。

$$(\text{算出応力}) = |(\text{自重方向による応力})| + \sqrt{(\text{X軸方向荷重による応力})^2 + (\text{Y軸方向荷重による応力})^2 + (\text{Z軸方向荷重による応力})^2}$$

\*3：フレームの組合せ応力は\*2で求めた引張、圧縮、せん断、曲げ応力を用いて4.6.1.1項により求める。

\*4：上部取付ボルトの引張、せん断応力は\*2と同様の順序で求める。ただし、応力の算出には4.6.1.2項を用いる。

\*5：絶対値を記載

\*6： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

## 2.4.3 動的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系 スクラム弁	水平方向	NS 方向 : 1.02 EW 方向 : 0.98	6.0
	鉛直方向	1.28	6.0

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

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



## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	13
3.1 計算方法	13
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
3.3 設計条件	16
3.4 材料及び許容応力	22
3.5 設計用地震力	23
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	35
4.2.1 管の応力評価結果	35
4.2.2 支持構造物評価結果	37
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	38
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	39

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 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、制御棒駆動水圧系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全12モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

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








### (3) 弁

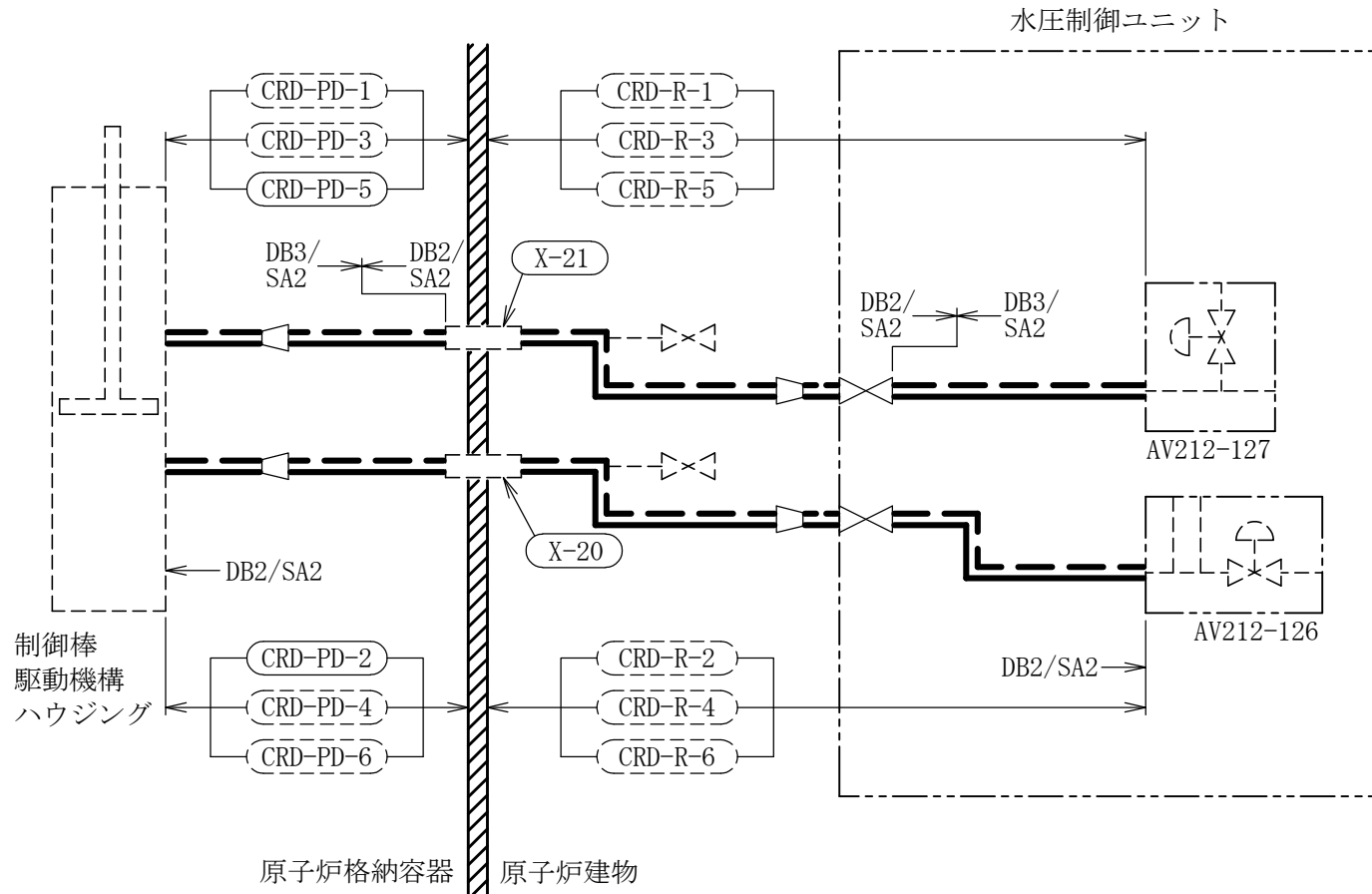
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例



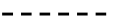


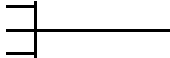
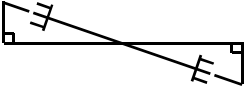

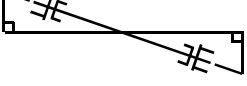

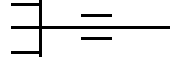
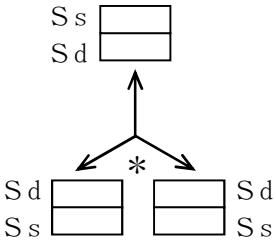
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管

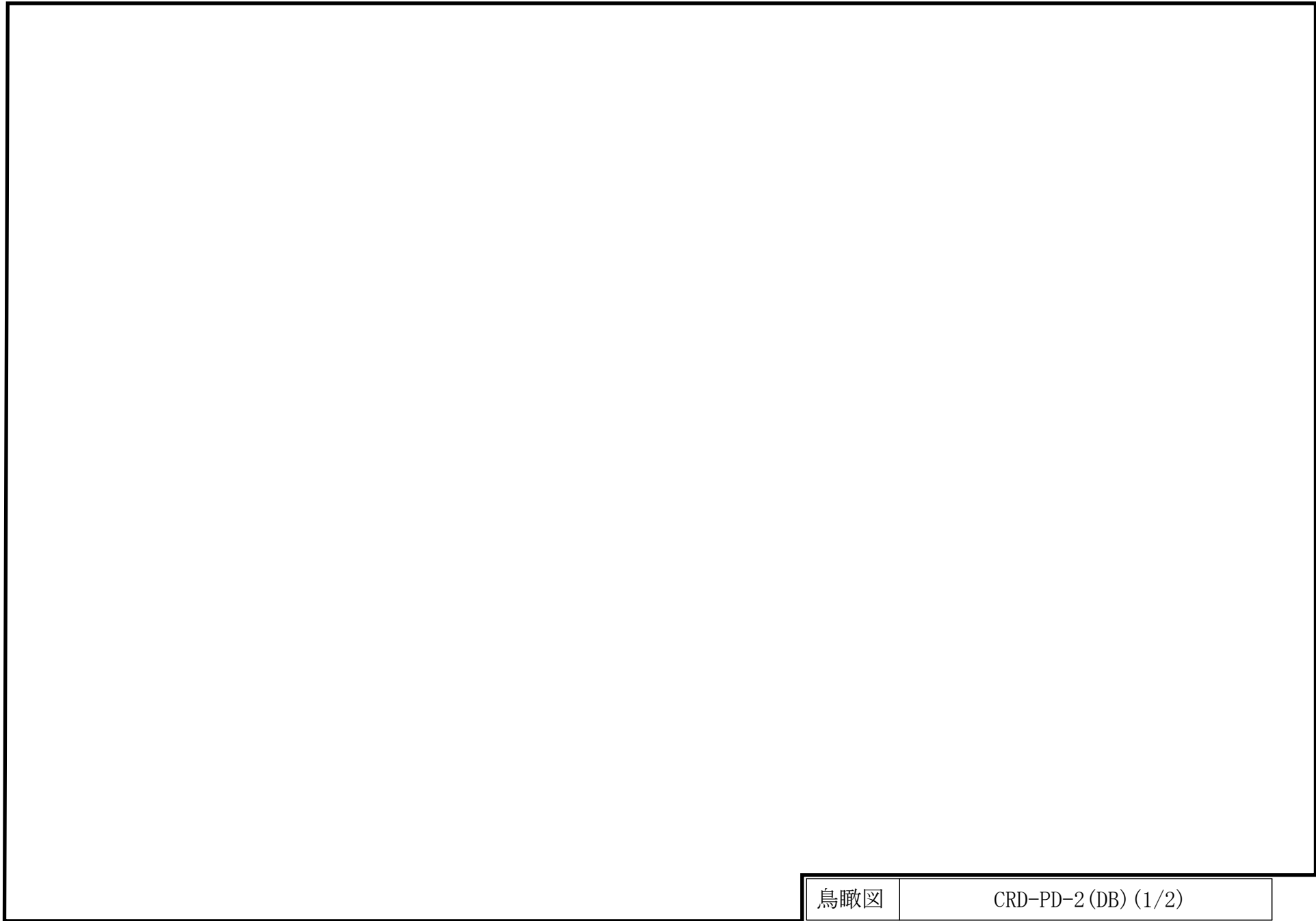


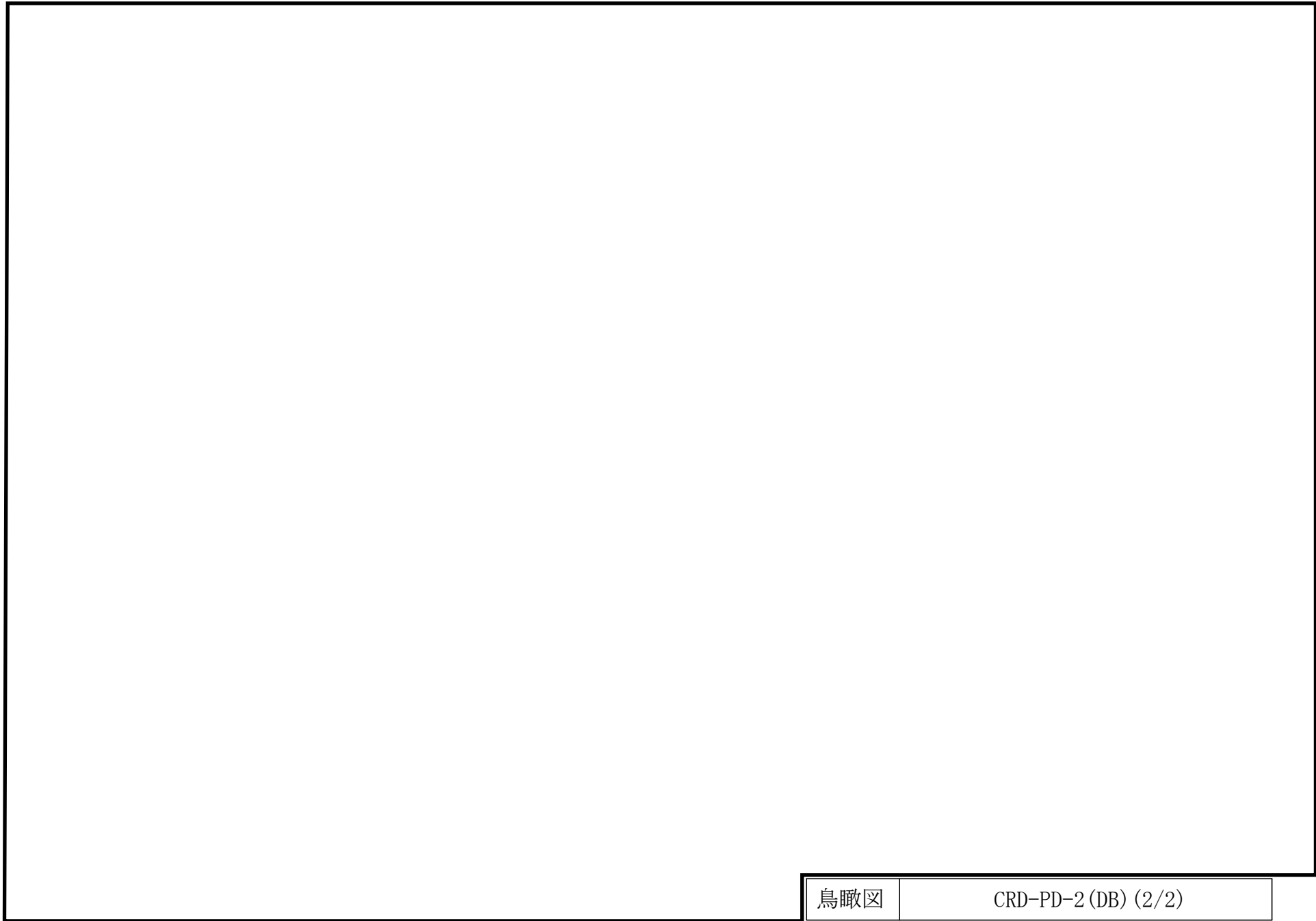
制御棒駆動水圧系概略系統図

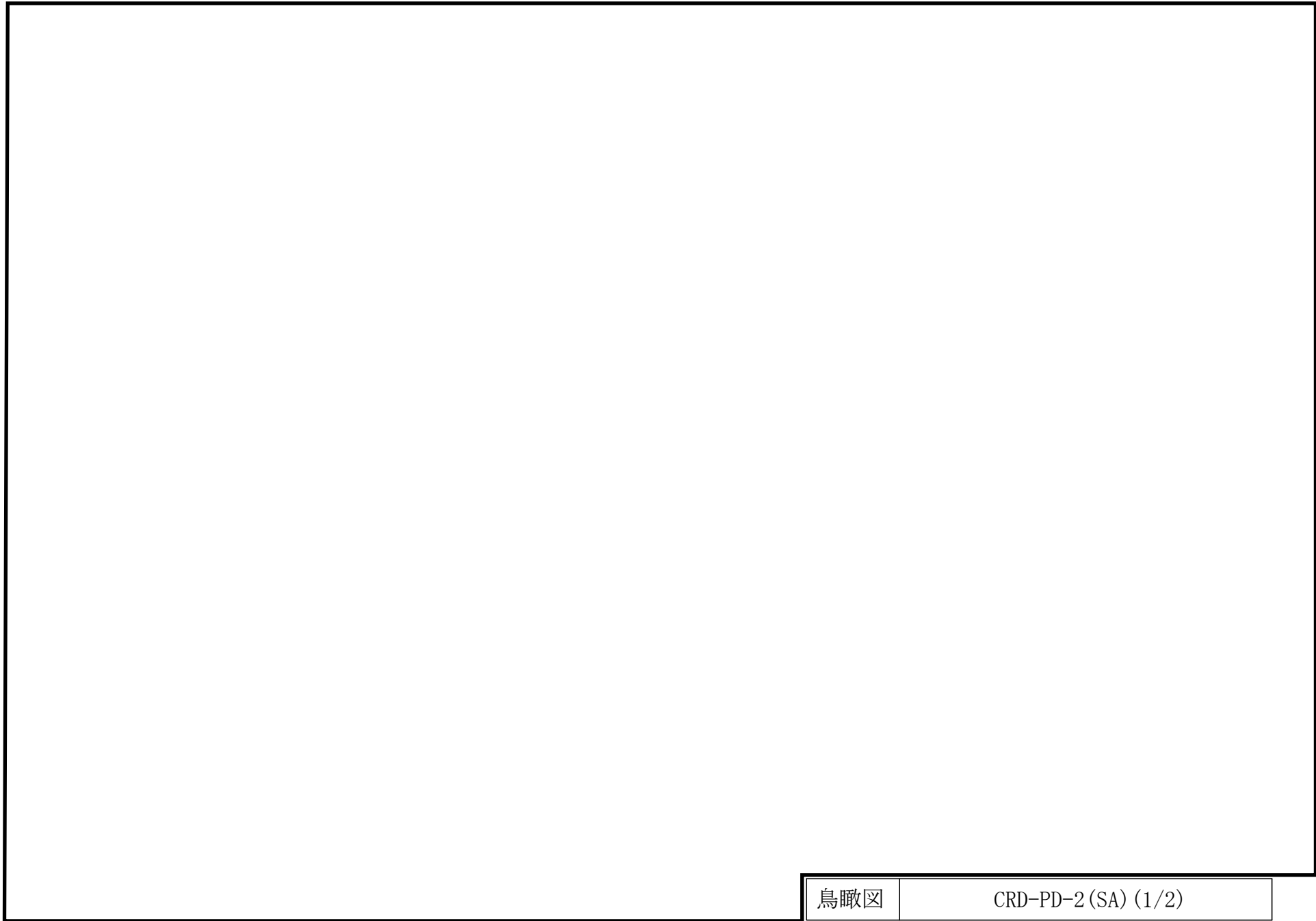
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)  注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。







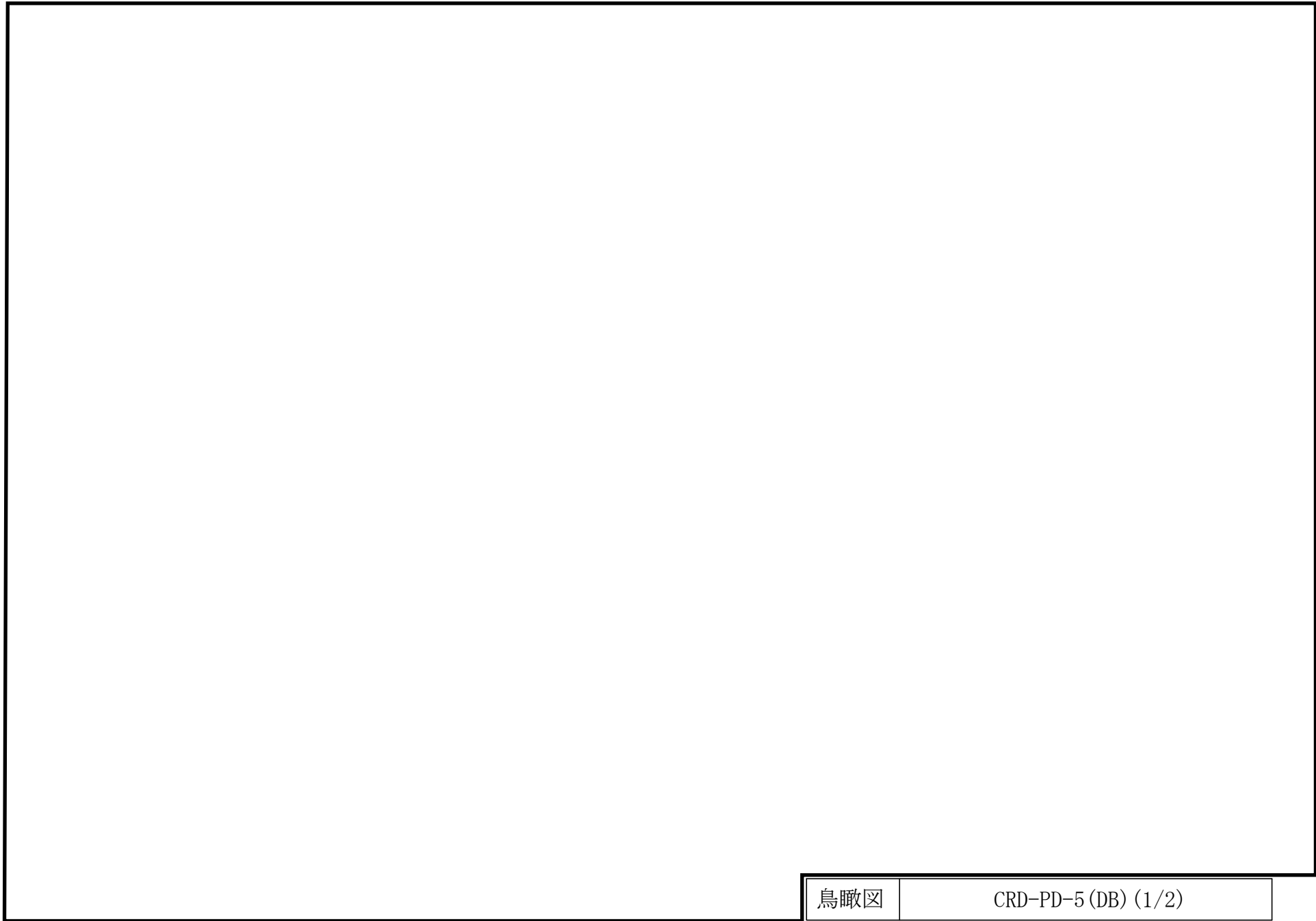
鳥瞰図	CRD-PD-2(SA) (1/2)
-----	--------------------



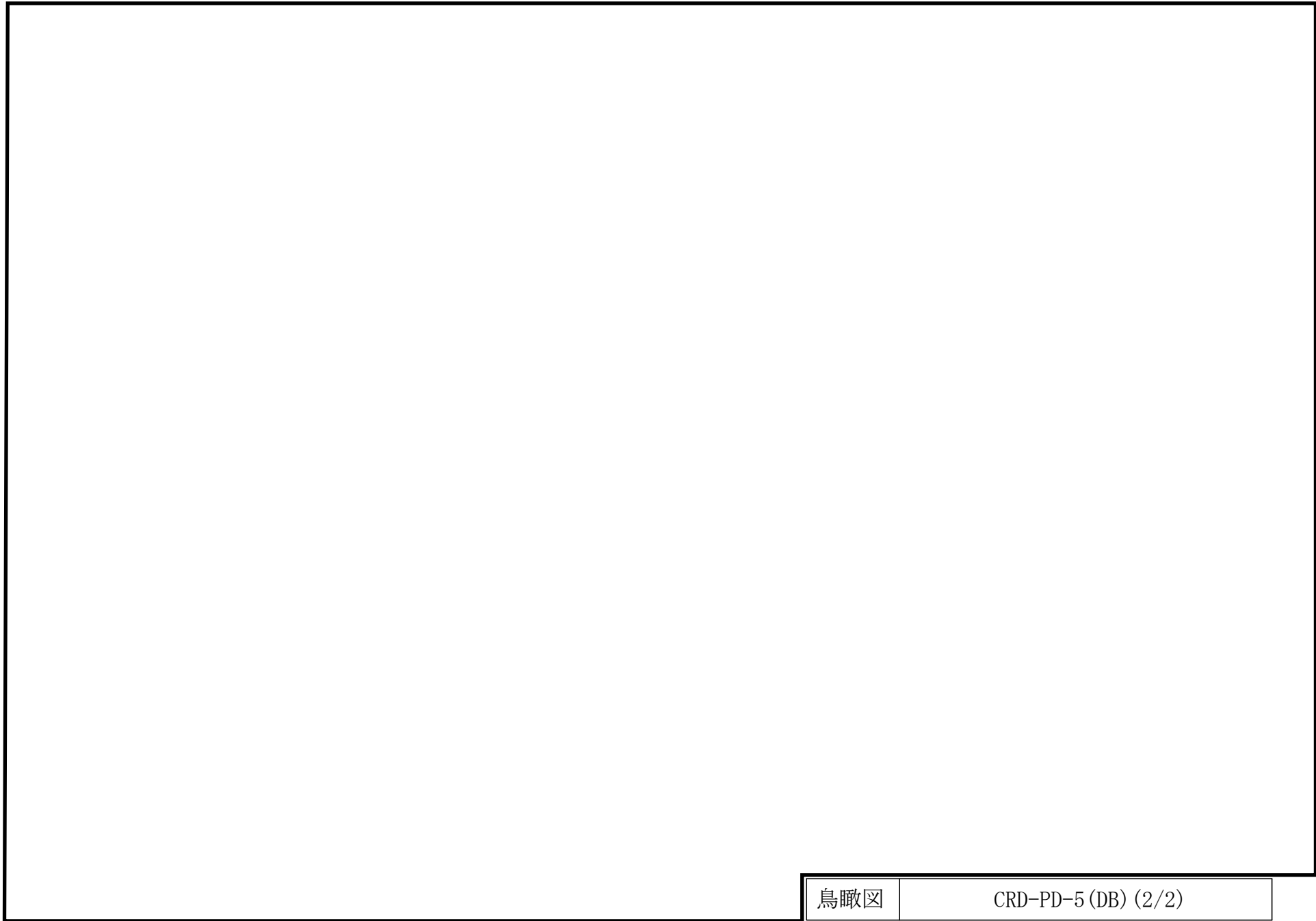
∞

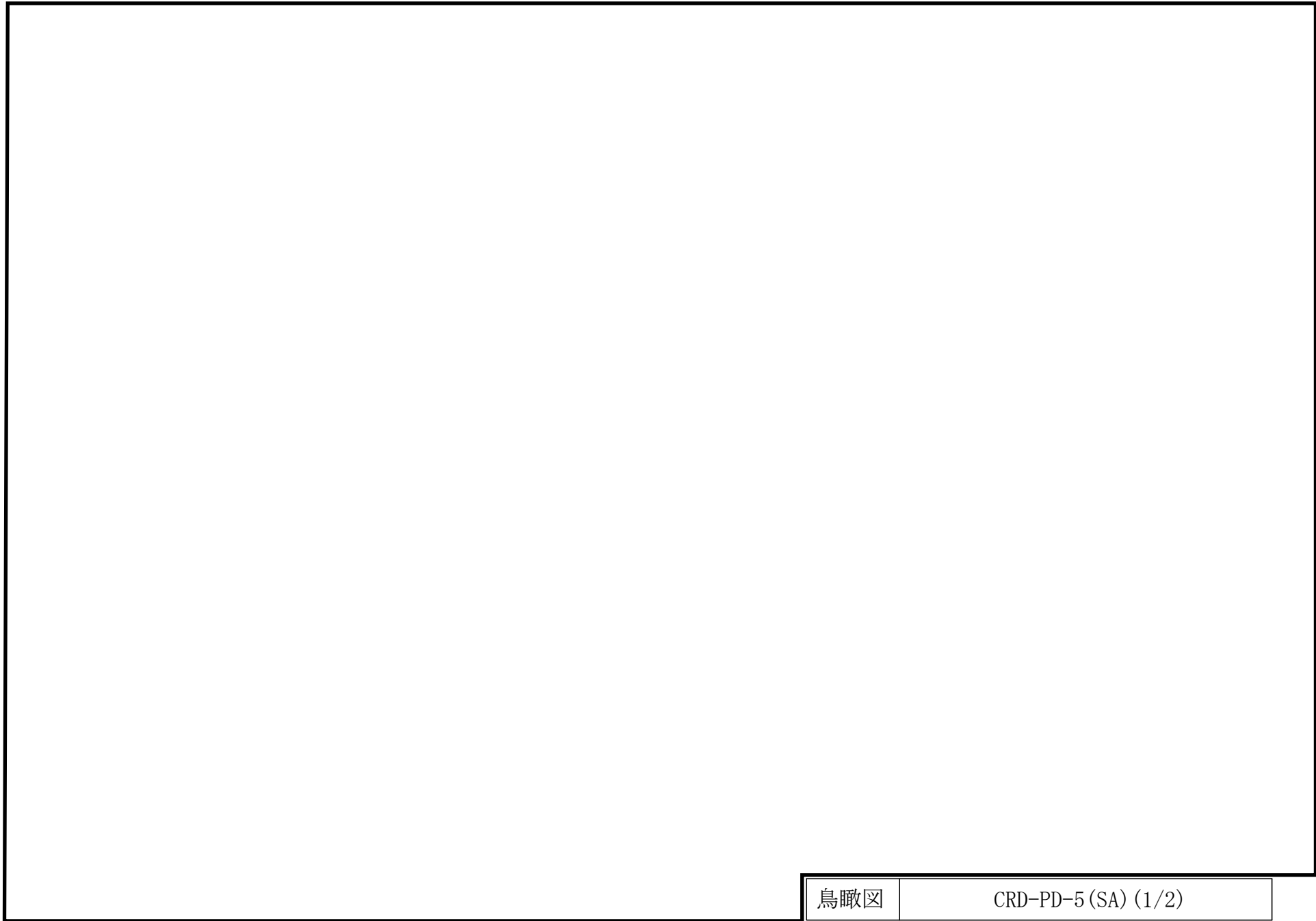
鳥瞰図

CRD-PD-2(SA) (2/2)

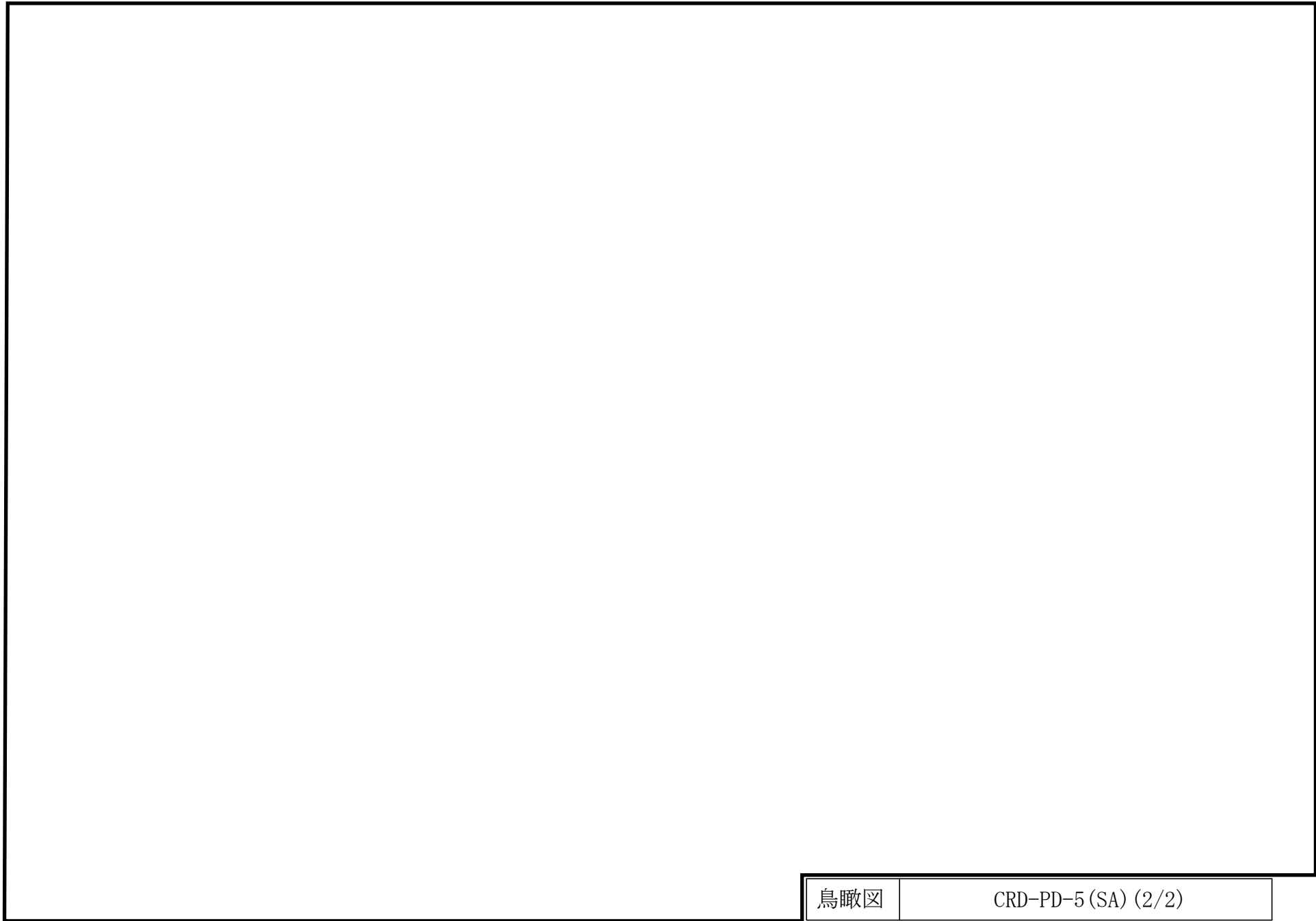


鳥瞰図	CRD-PD-5 (DB) (1/2)
-----	---------------------





鳥瞰図	CRD-PD-5(SA) (1/2)
-----	--------------------



### 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「H I 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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
計測制御 系統施設	制御棒駆動 水圧設備	制御棒駆動 水圧系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S
							Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	
							I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S
							Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	

## 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 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
計測制御 系統施設	制御棒駆動 水圧設備	制御棒駆動 水圧系	S A	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2管	—	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
							V <sub>L(L)</sub> + S <sub>d</sub> <sup>*6, *7, *8</sup>	V <sub>A</sub> S
							V <sub>L(LL)</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*6, *9</sup>	
							V <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*10</sup>	

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 : 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*3 : 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5 : 許容応力状態V<sub>A</sub>Sは許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し, 許容応力状態IV<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

\*6 : 原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する。

\*7 : 原子炉格納容器バウンダリは, 事象の進展によっては, 重大事故等時の最大荷重の発生タイミングが遅くなる可能性があることから, 保守的に重大事故等時の最大荷重とS<sub>d</sub>地震力の組合せを考慮する。

\*8 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用しない場合)における荷重条件を適用する。

\*9 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用する場合)における荷重条件を適用する。

\*10 : 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから, 重大事故等時の最大荷重とS<sub>s</sub>地震力の組合せを考慮する。



### 3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 CRD-PD-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	3~38	Ⅲ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	13.80	66
2	39~44N	Ⅲ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	13.80	66

設計条件

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

鳥 瞰 図 CRD-PD-2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3～38	42.7	4.9	SUS316LTP	S	193000
2	39～44N	27.2	3.9	SUS316LTP	S	193000

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-PD-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)								
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向						
1N												
4												
8												
** 8 **												
13												
16												
19												
2401												
26												
31												
** 31 **												
** 31 **												
44N												

S2 補 VI-2-6-3-2-1-2 R1

設計条件

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

鳥 瞰 図 CRD-PD-5

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	3～42	Ⅲ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	13.80	66
2	43～48N	Ⅲ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	13.80	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	13.80	66

設計条件

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

鳥 瞰 図 CRD-PD-5

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3～42	34.0	4.5	SUS316LTP	S	193000
2	43～48N	27.2	3.9	SUS316LTP	S	193000

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-PD-5

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方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1N						
5						
8						
** 8 **						
15						
18						
21						
2301						
26						
31						
** 31 **						
** 31 **						
39						
48N						

S2 補 VI-2-6-3-2-1-2 R1

### 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
SUS316LTP	66	—	159	459	108

### 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スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。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。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
CRD-PD-2	ガンマ線遮蔽壁	EL			
CRD-PD-5	ガンマ線遮蔽壁	EL			



4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-PD-2

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 及び静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>)により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S<sub>s</sub>)により得られる震度

\*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>)及び設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

\*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

\*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 CRD-PD-2

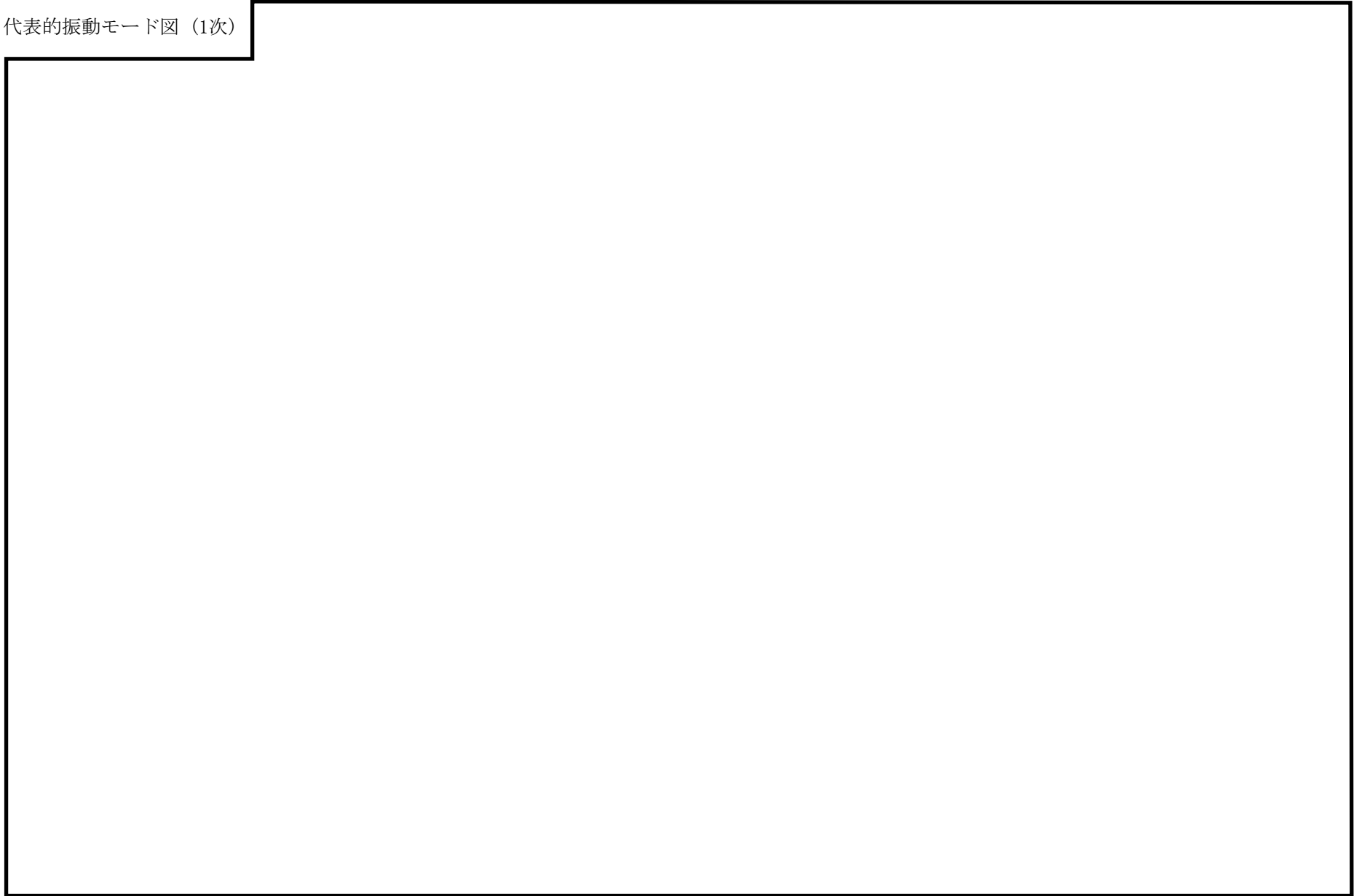
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

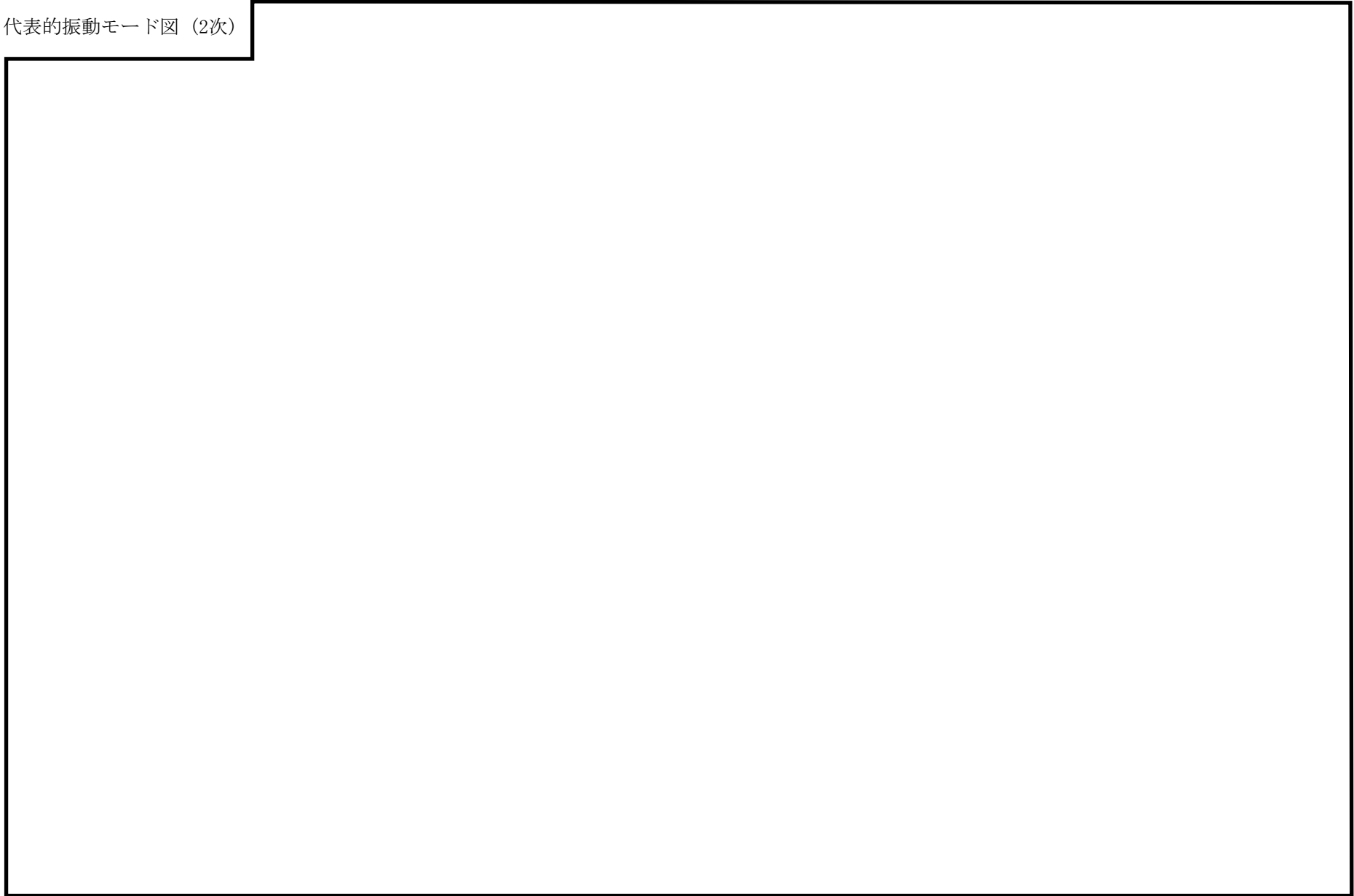
## 代表的振動モード図

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、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-PD-5

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s			
モード*1	固有 周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3	
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向	
1次								
2次								
3次								
4次								
5次								
6次								
動的震度*4, *5								
静的震度*6								

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

\*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

\*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

\*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 CRD-PD-5

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

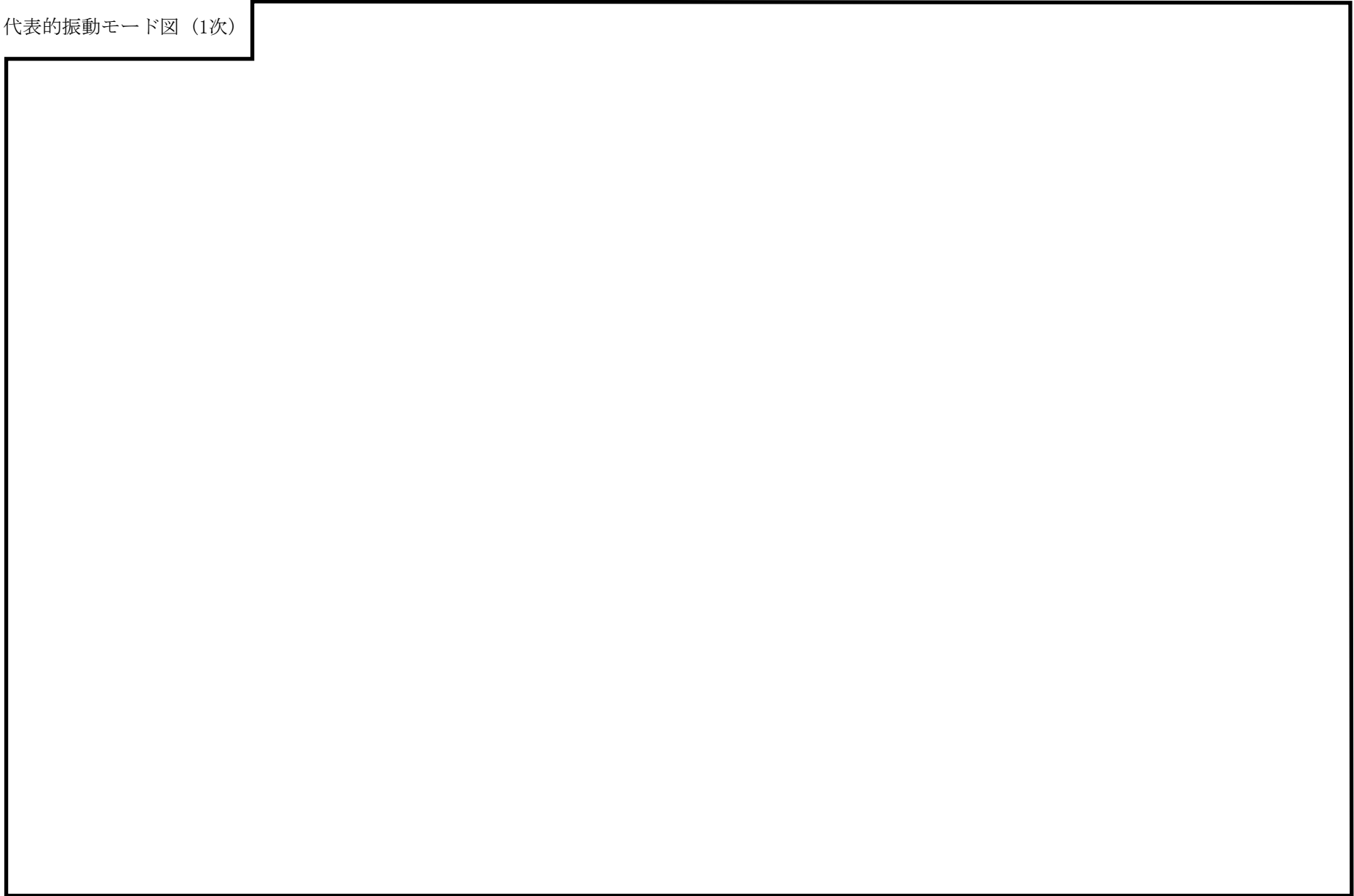
注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 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，次頁以降に示す。

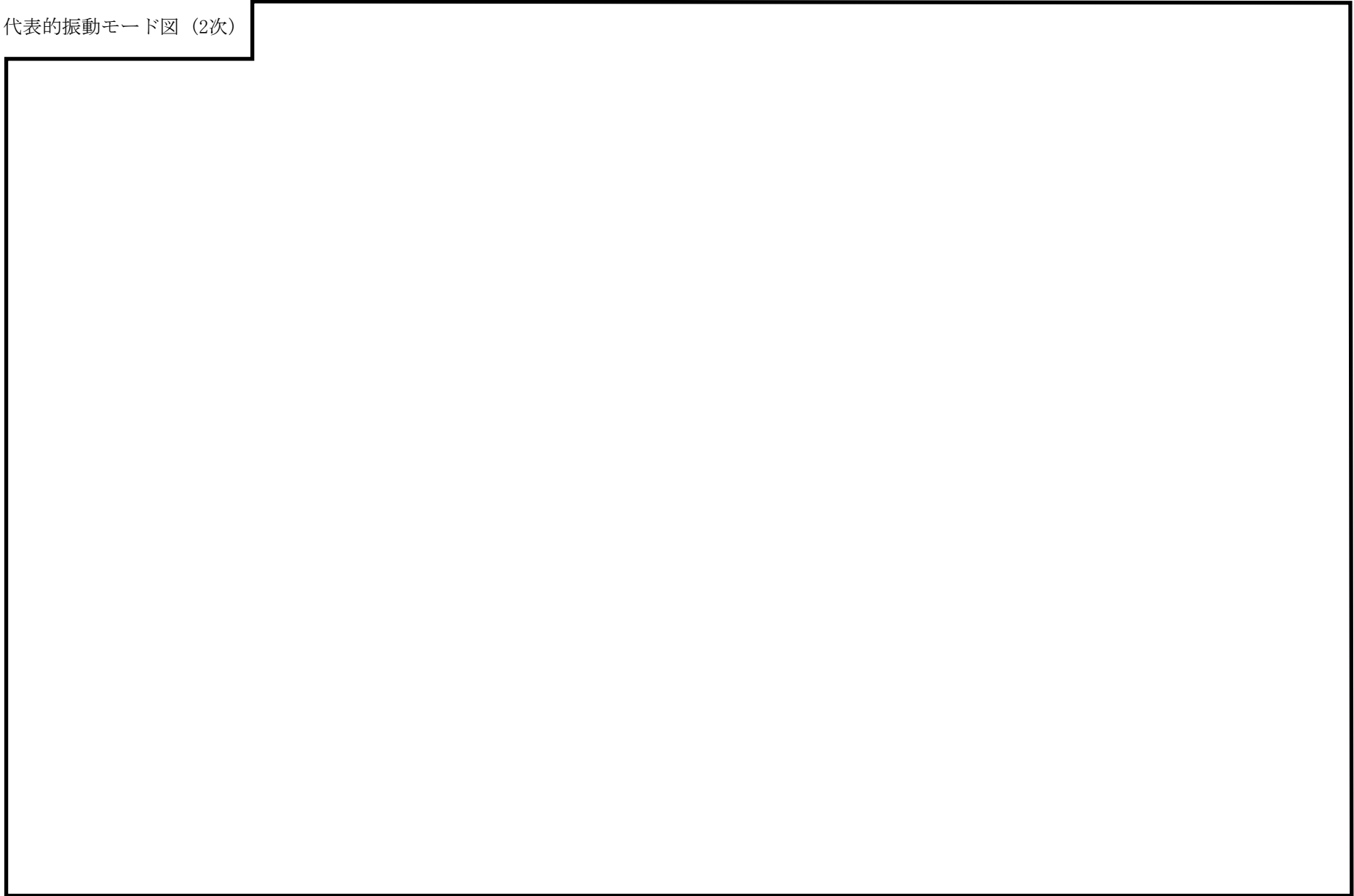


代表的振動モード図 (1次)



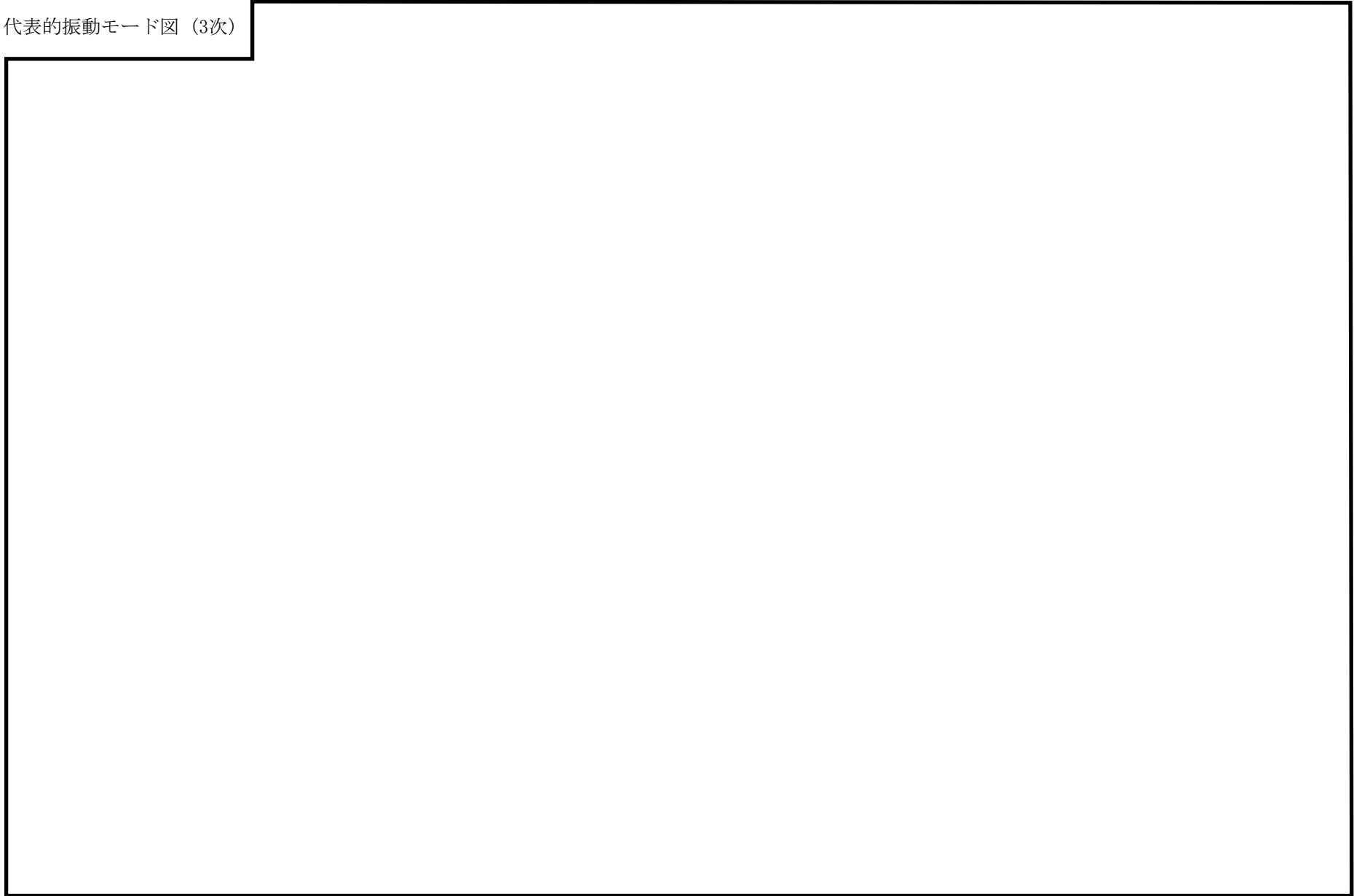
32

代表的振動モード図 (2次)



33

代表的振動モード図 (3次)



## 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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
Ⅲ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	CRD-PD-5	8	93	159	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CRD-PD-2	44N	227	318	—
Ⅳ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CRD-PD-5	8	151	413	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CRD-PD-2	44N	418	318	0.3068

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 $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。

## 評価結果

## 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

## 重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CRD-PD-5	8	151	413	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CRD-PD-2	44N	418	318	0.3068
V <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CRD-PD-5	8	151	413	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CRD-PD-2	44N	418	318	0.3068

## 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	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構 造物の耐震計 算について」参 照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

## 支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	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 <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-CRD-5F	レストレイント	Uプレート	SUS304	66	0.3	0.4	3.7	—	—	—	組合せ	44	205
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
								動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	CRD-PD-1	8	82	159	1.93	—	44N	189	318	1.68	—	—
2	CRD-PD-2	8	64	159	2.48	—	44N	227	318	1.40	—	○
3	CRD-PD-3	7	78	159	2.03	—	45N	107	318	2.97	—	—
4	CRD-PD-4	7	68	159	2.33	—	45N	121	318	2.62	—	—
5	CRD-PD-5	8	93	159	1.70	○	48N	119	318	2.67	—	—
6	CRD-PD-6	31	87	159	1.82	—	48N	135	318	2.35	—	—
7	CRD-R-1	7	85	159	1.87	—	7	107	318	2.97	—	—
8	CRD-R-2	7	78	159	2.03	—	7	85	318	3.74	—	—
9	CRD-R-3	17	77	159	2.06	—	12	104	318	3.05	—	—
10	CRD-R-4	17	64	159	2.48	—	12	69	318	4.60	—	—
11	CRD-R-5	17	77	159	2.06	—	12	104	318	3.05	—	—
12	CRD-R-6	34	71	159	2.23	—	12	69	318	4.60	—	—



代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	CRD-PD-1	8	115	413	3.59	—	44N	343	318	0.92	0.1152	—
2	CRD-PD-2	8	80	413	5.16	—	44N	418	318	0.76	0.3068	○
3	CRD-PD-3	7	109	413	3.78	—	45N	184	318	1.72	—	—
4	CRD-PD-4	7	86	413	4.80	—	45N	213	318	1.49	—	—
5	CRD-PD-5	8	151	413	2.73	○	8	229	318	1.38	—	—
6	CRD-PD-6	31	125	413	3.30	—	48N	237	318	1.34	—	—
7	CRD-R-1	7	128	413	3.22	—	7	196	318	1.62	—	—
8	CRD-R-2	7	112	413	3.68	—	7	157	318	2.02	—	—
9	CRD-R-3	17	106	413	3.89	—	17	164	318	1.93	—	—
10	CRD-R-4	17	99	413	4.17	—	12	144	318	2.20	—	—
11	CRD-R-5	17	105	413	3.93	—	17	160	318	1.98	—	—
12	CRD-R-6	17	97	413	4.25	—	12	145	318	2.19	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	CRD-PD-1	8	115	413	3.59	—	44N	343	318	0.92	0.1152	—
2	CRD-PD-2	8	80	413	5.16	—	44N	418	318	0.76	0.3068	○
3	CRD-PD-3	7	109	413	3.78	—	45N	184	318	1.72	—	—
4	CRD-PD-4	7	86	413	4.80	—	45N	213	318	1.49	—	—
5	CRD-PD-5	8	151	413	2.73	○	8	229	318	1.38	—	—
6	CRD-PD-6	31	125	413	3.30	—	48N	237	318	1.34	—	—
7	CRD-R-1	7	128	413	3.22	—	7	196	318	1.62	—	—
8	CRD-R-2	7	112	413	3.68	—	7	157	318	2.02	—	—
9	CRD-R-3	17	106	413	3.89	—	17	164	318	1.93	—	—
10	CRD-R-4	17	99	413	4.17	—	12	144	318	2.20	—	—
11	CRD-R-5	17	105	413	3.93	—	17	160	318	1.98	—	—
12	CRD-R-6	17	97	413	4.25	—	12	145	318	2.19	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
1	CRD-PD-1	8	115	413	3.59	—	44N	343	318	0.92	0.1152	—
2	CRD-PD-2	8	80	413	5.16	—	44N	418	318	0.76	0.3068	○
3	CRD-PD-3	7	109	413	3.78	—	45N	184	318	1.72	—	—
4	CRD-PD-4	7	86	413	4.80	—	45N	213	318	1.49	—	—
5	CRD-PD-5	8	151	413	2.73	○	8	229	318	1.38	—	—
6	CRD-PD-6	31	125	413	3.30	—	48N	237	318	1.34	—	—
7	CRD-R-1	7	128	366	2.85	—	7	196	240	1.22	—	—
8	CRD-R-2	7	112	366	3.26	—	7	157	240	1.52	—	—
9	CRD-R-3	17	106	366	3.45	—	17	164	240	1.46	—	—
10	CRD-R-4	17	99	366	3.69	—	12	144	240	1.66	—	—
11	CRD-R-5	17	105	366	3.48	—	17	160	240	1.50	—	—
12	CRD-R-6	17	97	366	3.77	—	12	145	240	1.65	—	—

VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	6
3.1 構造強度評価方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
3.3 計算条件	6
4. 機能維持評価	11
4.1 基本方針	11
4.2 ポンプの動的機能維持評価	12
4.3 原動機の動的機能維持評価	26
5. 評価結果	35
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	35
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	35

## 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、ほう酸水注入ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

ほう酸水注入ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、ほう酸水注入ポンプは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横形ポンプであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき剛構造として評価を行う。また、ほう酸水注入ポンプは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の往復動式のポンプであり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ほう酸水注入ポンプの構造計画を表2-1～表2-4に示す。



表2-1 構造計画 (その1)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプ等はポンプベースにポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト及び減速機取付ボルトで固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>往復形 (横形3連往復動式 ポンプ)</p>	<p>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位 : mm)</p>

表2-2 構造計画 (その2)

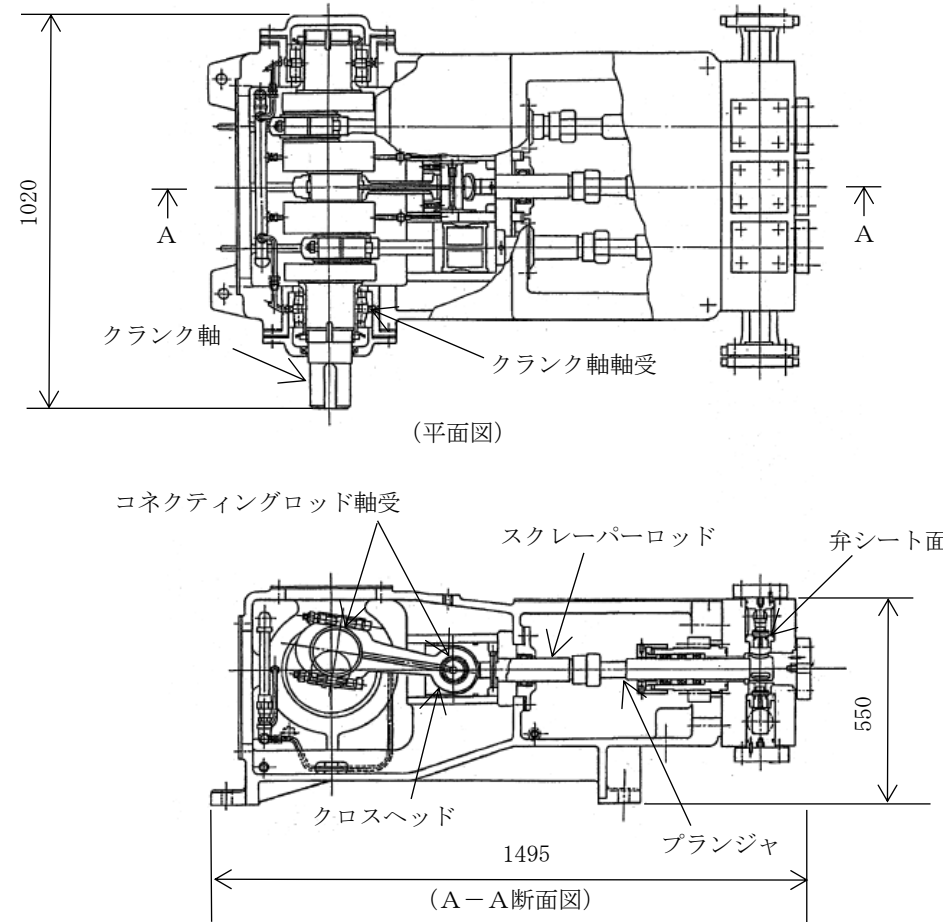
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>コネクティングロッド軸受はクランク軸及びクロスヘッドに支持され、クランク軸はクランク軸軸受により支持される。弁は弁シート面により支持される。</p>	<p>往復形 (横形3連往復動式ポンプ)</p>	 <p>(単位: mm)</p>

表2-3 構造計画 (その3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>減速機歯車は減速機軸に支持され、減速機軸は減速機軸軸受により支持される。</p>	<p>往復形 (横形3連往復動式 ポンプ)</p>	<p>減速機軸 (原動機側)</p> <p>減速機軸 (ポンプ側)</p> <p>減速機歯車</p> <p>減速機軸軸受</p> <p>(A-A断面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(減速機構造図)</p> <p>(単位: mm)</p>

表2-4 構造計画 (その4)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原動機の軸（回転子）は軸受に支持され、軸受及び固定子はモータフレームに支持される。端子箱は端子箱取付ボルトでモータフレームに固定する。</p>	<p>誘導電動機（横形ころがり軸受電動機）</p>	<p>(正面図)</p> <p>(A-A断面図)</p> <p>(原動機構造図)</p>
		(単位：mm)

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入ポンプの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

##### 3.2.2 許容応力

ほう酸水注入ポンプの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-3のとおりとする。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-5に示す。

#### 3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入ポンプ	S	クラス2ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：クラス2ポンプの支持構造物を含む。

表3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備 その他原子炉 注水設備	ほう酸水注入ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス2ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
原子炉 格納施設	圧力低減設備 その他の安全 設備	ほう酸水注入ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス2ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

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

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

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

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

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



表3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
ポンプ取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
減速機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400相当

表3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
ポンプ取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
減速機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400相当

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 基本方針

ほう酸水注入ポンプ及び原動機は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の横形3連往復動式ポンプ及び横形ころがり軸受電動機であり、表4-1に示すとおり機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

詳細評価に用いる応答加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

表4-1 機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

評価部位	形式	方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	横形3連往復動式ポンプ	水平	3.2	1.6
		鉛直	2.0	1.0
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	3.2	4.7
		鉛直	2.0	1.0

## 4.2 ポンプの動的機能維持評価

ほう酸水注入ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるため、ポンプの動的機能維持評価は停止時の評価を実施する。

### 4.2.1 評価対象部位

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

- a. 基礎ボルト
- b. ポンプ取付ボルト
- c. 減速機取付ボルト
- d. コネクティングロッド軸受
- e. クランク軸
- f. クランク軸軸受
- g. 弁シート面
- h. 減速機軸軸受
- i. 減速機軸
- j. 減速機歯車
- k. 軸継手（原動機～減速機～ポンプ）

このうち「a. 基礎ボルト」、「b. ポンプ取付ボルト」、「c. 減速機取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より、本計算書においては、コネクティングロッド軸受、クランク軸、クランク軸軸受、弁シート面、減速機軸軸受、減速機軸、減速機歯車及び軸継手（原動機～減速機～ポンプ）を評価対象部位とする。

### 4.2.2 評価基準値

クランク軸及び減速機軸の許容応力は、クラス2支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物の許容応力状態ⅢA Sに準拠し設定する。また、コネクティングロッド軸受、クランク軸軸受、弁シート面、減速機軸軸受及び減速機歯車についてはメーカー規定の許容値を、軸継手については、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

評価基準値のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-2に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表4-2 評価基準値（設計基準対象施設）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値	
コネクティング ロッド軸受	大端部	—	MPa		
	小端部	—	MPa		
クランク軸		□	MPa		
クランク軸軸受	軸継手側	—	N		
	反軸継手側	—	N		
弁シート面		—	MPa		
減速機軸軸受	入力軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
	出力軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
	中間軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
減速機軸		□	MPa		
減速機歯車	第一段(入力側)	—	N		
	第二段(出力側)	—	N		
軸継手		—	mm		

注記\*：機械的性質及び化学的成分が同等な□の許容値を適用する。

表4-3 評価基準値（重大事故等対処設備）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値	
コネクティング ロッド軸受	大端部	—	MPa		
	小端部	—	MPa		
クランク軸		□	MPa		
クランク軸軸受	軸継手側	—	N		
	反軸継手側	—	N		
弁シート面		—	MPa		
減速機軸軸受	入力軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
	出力軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
	中間軸	ポンプ側	—		N
		原動機側	—		N
減速機軸		□	MPa		
減速機歯車	第一段(入力側)	—	N		
	第二段(出力側)	—	N		
軸継手		—	mm		

注記\*：機械的性質及び化学的成分が同等な□の許容値を適用する。

#### 4.2.3 記号の説明

ほう酸水注入ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表4-4に示す。

表 4-4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	減速機入力軸軸受間の距離の1/2	mm
A <sub>1</sub>	減速機入力軸の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>2</sub>	減速機出力軸の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>3</sub>	減速機中間軸の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>C</sub>	クランク軸の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>LB</sub>	コネクティングロッド大端部軸受の投影面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>SB</sub>	コネクティングロッド小端部軸受の投影面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>VS</sub>	弁シート面の投影面積	mm <sup>2</sup>
b	減速機中間軸軸受間の距離の1/2	mm
c	減速機出力軸軸受間の距離の1/2	mm
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>1</sub>	減速機入力軸の直径	mm
D <sub>2</sub>	減速機出力軸の直径	mm
D <sub>3</sub>	減速機中間軸の直径	mm
D <sub>C</sub>	クランク軸の直径	mm
D <sub>P1</sub>	ポンプー減速機間軸継手のピッチ円直径	mm
D <sub>P2</sub>	減速機ー原動機間軸継手のピッチ円直径	mm
D <sub>V</sub>	弁の直径	mm
E <sub>11</sub>	ポンプケーシングの縦弾性係数	MPa
E <sub>12</sub>	減速機ケーシングの縦弾性係数	MPa
E <sub>13</sub>	原動機ケーシングの縦弾性係数	MPa
F <sub>1</sub>	減速機入力軸に生じるラジアル荷重	N
F <sub>2</sub>	減速機出力軸に生じるラジアル荷重	N
F <sub>3</sub>	減速機中間軸に生じるラジアル荷重	N
F <sub>B</sub>	大端部及び小端部の軸受に生じる荷重	N
F <sub>C</sub>	クランク軸に生じるラジアル荷重	N
F <sub>CB1</sub>	軸継手側クランク軸軸受に生じる静等価荷重	N

記号	記号の説明	単位
F <sub>CB2</sub>	反軸継手側クランク軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>G1</sub>	第一段歯車に生じる合成荷重	N
F <sub>G2</sub>	第二段歯車に生じる合成荷重	N
F <sub>JA</sub>	原動機側減速機入力軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>JB</sub>	ポンプ側減速機入力軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>JC</sub>	原動機側減速機中間軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>JD</sub>	ポンプ側減速機中間軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>JE</sub>	原動機側減速機出力軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>JF</sub>	ポンプ側減速機出力軸軸受に生じる静等価荷重	N
F <sub>VS</sub>	弁シート面に生じる荷重	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h <sub>P1</sub>	ポンプ取付面からポンプ重心までの高さ	mm
h <sub>P2</sub>	減速機取付面から減速機重心までの高さ	mm
h <sub>P3</sub>	原動機取付面から原動機重心までの高さ	mm
I <sub>11</sub>	ポンプケーシングの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>12</sub>	減速機ケーシングの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>13</sub>	原動機ケーシングの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
l <sub>C</sub>	クランク軸軸受間の距離の1/2	mm
P <sub>d</sub>	ポンプの吐出圧力	MPa
P <sub>LB</sub>	コネクティングロッド大端部軸受に生じる面圧	MPa
P <sub>SB</sub>	コネクティングロッド小端部軸受に生じる面圧	MPa
P <sub>VS</sub>	弁シート面に生じる面圧	MPa
Q <sub>1</sub>	減速機入力軸に生じるスラスト荷重	N
Q <sub>2</sub>	減速機出力軸に生じるスラスト荷重	N
Q <sub>3</sub>	減速機中間軸に生じるスラスト荷重	N
Q <sub>C</sub>	クランク軸に生じるスラスト荷重	N
W <sub>11</sub>	プランジャ, クロスヘッド等の質量	kg
W <sub>12</sub>	コネクティングロッドの質量	kg
W <sub>13</sub>	クランク軸の質量	kg
W <sub>14</sub>	ポンプー減速機間軸継手の片側の質量	kg
W <sub>15</sub>	減速機ー原動機間軸継手の片側の質量	kg

記号	記号の説明	単位
$W_{16}$	弁の質量	kg
$W_{17}$	入力軸及び第一段小歯車の質量	kg
$W_{18}$	出力軸及び第二段大歯車の質量	kg
$W_{19}$	中間軸及び第一段大歯車並びに第二段小歯車の質量	kg
$W_{P1}$	ポンプの質量	kg
$W_{P2}$	減速機の質量	kg
$W_{P3}$	原動機の質量	kg
$X_{0A}$	原動機側減速機入力軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0B}$	ポンプ側減速機入力軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0C}$	原動機側減速機中間軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0D}$	ポンプ側減速機中間軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0E}$	原動機側減速機出力軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0F}$	ポンプ側減速機出力軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{01}$	軸継手側クランク軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{02}$	反軸継手側クランク軸軸受の静ラジアル荷重係数	—
$Y_{0A}$	原動機側減速機入力軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0B}$	ポンプ側減速機入力軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0C}$	原動機側減速機中間軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0D}$	ポンプ側減速機中間軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0E}$	原動機側減速機出力軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0F}$	ポンプ側減速機出力軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{01}$	軸継手側クランク軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{02}$	反軸継手側クランク軸軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Z_1$	減速機入力軸の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_2$	減速機出力軸の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_3$	減速機中間軸の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_C$	クランク軸の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\phi$	コネクティングロッドの傾き角	rad
$\pi$	円周率	—
$\sigma_1$	減速機入力軸に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\sigma_2$	減速機出力軸に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_3$	減速機中間軸に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\sigma_c$	クランク軸に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\beta_1$	クランク軸のたわみにより生じる軸継手傾き	rad
$\beta_2$	減速機出力軸のたわみにより生じる軸継手傾き	rad
$\beta_3$	減速機入力軸のたわみにより生じる軸継手傾き	rad
$\beta_4$	原動機軸のたわみにより生じる軸継手傾き	rad
$\delta_1$	ポンプー減速機間軸継手（ポンプ側）の変位量	mm
$\delta_{11}$	地震によるポンプの変位	mm
$\delta_{21}$	クランク軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位	mm
$\delta_{31}$	クランク軸軸受部の軸方向クリアランス	mm
$\delta_2$	ポンプー減速機間軸継手（減速機側）の変位量	mm
$\delta_{12}$	地震による減速機の変位	mm
$\delta_{22}$	減速機出力軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位	mm
$\delta_{32}$	減速機出力軸軸受部の軸方向クリアランス	mm
$\delta_3$	減速機ー原動機間軸継手（減速機側）の変位量	mm
$\delta_{23}$	減速機入力軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位	mm
$\delta_{33}$	減速機入力軸軸受部の軸方向クリアランス	mm
$\delta_4$	減速機ー原動機間軸継手（原動機側）の変位量	mm
$\delta_{14}$	地震による原動機の変位	mm
$\delta_{24}$	原動機軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位	mm
$\delta_{34}$	原動機軸軸受部の軸方向クリアランス	mm



## 4.2.4 評価方法

## (1) コネクティングロッド軸受

図 4-1 に示す計算モデルにて，大端部及び小端部の軸受に生じる荷重を算出し，軸受に生じる面圧を求め，メーカ規定の許容値以下であることを確認する。

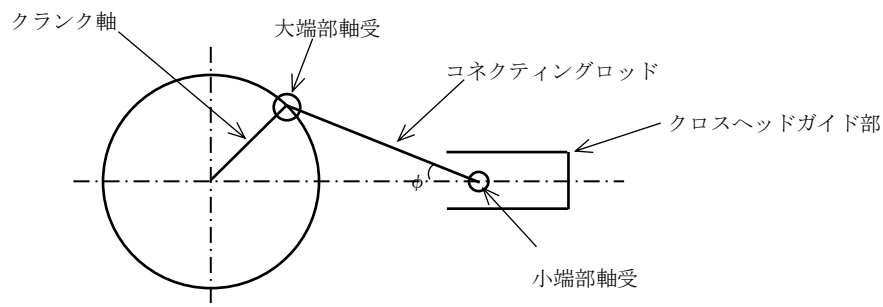


図 4-1 コネクティングロッド軸受の計算モデル

各軸受に生じる面圧は次式で求める。

コネクティングロッド大端部軸受に生じる面圧  $P_{LB}$

$$P_{LB} = F_B / A_{LB} \quad \dots \quad (4.2.4.1)$$

コネクティングロッド小端部軸受に生じる面圧  $P_{SB}$

$$P_{SB} = F_B / A_{SB} \quad \dots \quad (4.2.4.2)$$

ここで，大端部及び小端部の軸受に生じる荷重  $F_B$  は

$$F_B = \frac{W_{11} \cdot g \cdot C_H}{\cos \phi} + W_{12} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \quad \dots \quad (4.2.4.3)$$

(2) クランク軸

図 4-2 に示す計算モデルにて、クランク軸に生じる荷重を算出し、クランク軸に生じる引張応力及び曲げ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

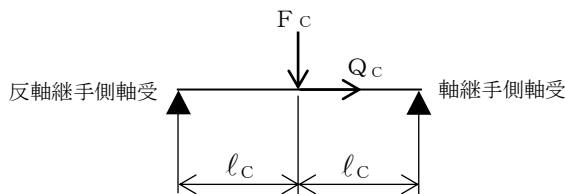


図 4-2 クランク軸の計算モデル

クランク軸に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_c$  は

$$\sigma_c = \frac{l_c \cdot l_c}{Z_c \cdot (l_c + l_c)} \cdot F_c + \frac{Q_c}{A_c} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.4)$$

ここで、クランク軸に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_c$

$$F_c = (W_{13} + W_{14} + 3 \cdot (W_{11} + W_{12})) \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.5)$$

スラスト荷重  $Q_c$

$$Q_c = (W_{13} + W_{14} + 3 \cdot (W_{11} + W_{12})) \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (4.2.4.6)$$

クランク軸の断面係数  $Z_c$  は

$$Z_c = \frac{\pi \cdot D_c^3}{32} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.7)$$

(3) クランク軸軸受

図 4-3 に示す計算モデルにて、地震力が加わる場合に発生する全荷重について保守的にそれぞれの軸受が受けるものとし、軸受に生じる静等価荷重を求め、メーカ規定の許容値以下であることを確認する。

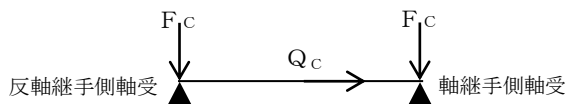


図 4-3 クランク軸軸受の計算モデル

クランク軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{CB1}$

$$F_{CB1} = \text{Max} (X_{01} \cdot F_c + Y_{01} \cdot Q_c, F_c) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.8)$$

反軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{CB2}$

$$F_{CB2} = \text{Max} (X_{02} \cdot F_c + Y_{02} \cdot Q_c, F_c) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.9)$$

(4) 弁シート面

図 4-4 に示す計算モデルにて、弁シート面に生じる荷重を算出し、弁シート面に生じる面圧を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

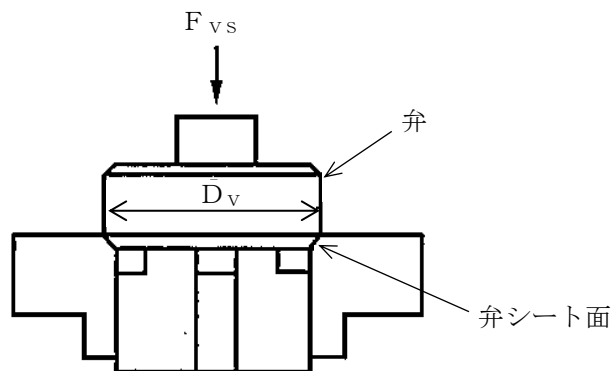


図 4-4 弁シート面の計算モデル

弁シート面に生じる面圧  $P_{vs}$  は次式で求める。

$$P_{vs} = \frac{F_{vs}}{A_{vs}} \dots\dots\dots (4.2.4.10)$$

弁シート面に生じる荷重  $F_{vs}$  は

$$F_{vs} = (W_{16} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + \frac{\pi \cdot D_v^2 \cdot P_d}{4}) \dots\dots\dots (4.2.4.11)$$

(5) 減速機軸軸受

図 4-5 から図 4-8 に示す計算モデルにて、地震力が加わる場合に発生する全荷重について保守的にそれぞれの軸受が受けるものとし、軸受に生じる静等価荷重を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

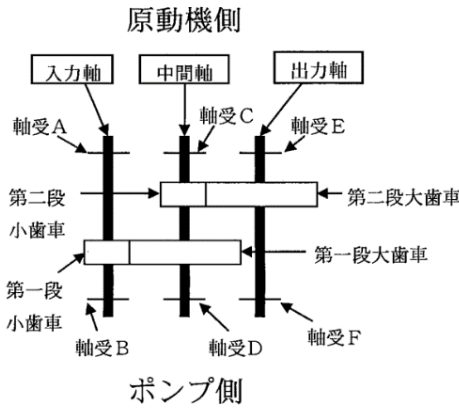


図 4-5 減速機の構造モデル

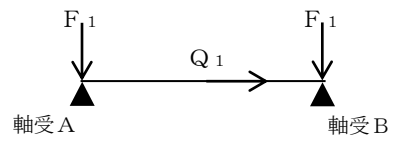


図 4-6 入力軸軸受の計算モデル

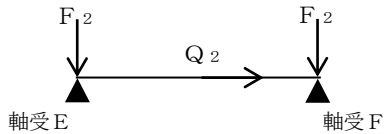


図 4-7 出力軸軸受の計算モデル

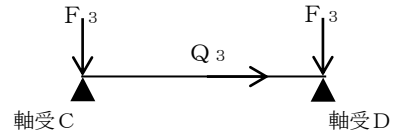


図 4-8 中間軸軸受の計算モデル

入力軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側入力軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JA}$

$$F_{JA} = \text{MAX} (X_{0A} \cdot F_1 + Y_{0A} \cdot Q_1, F_1) \quad \dots \quad (4.2.4.12)$$

ポンプ側入力軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JB}$

$$F_{JB} = \text{MAX} (X_{0B} \cdot F_1 + Y_{0B} \cdot Q_1, F_1) \quad \dots \quad (4.2.4.13)$$

ここで、入力軸に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_1$

$$F_1 = (W_{15} + W_{17}) \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \quad \dots \quad (4.2.4.14)$$

スラスト荷重  $Q_1$

$$Q_1 = (W_{15} + W_{17}) \cdot g \cdot C_H \quad \dots \quad (4.2.4.15)$$

出力軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側出力軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JE}$

$$F_{JE} = \text{Max} (X_{0E} \cdot F_2 + Y_{0E} \cdot Q_2, F_2) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.16)$$

ポンプ側出力軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JF}$

$$F_{JF} = \text{Max} (X_{0F} \cdot F_2 + Y_{0F} \cdot Q_2, F_2) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.17)$$

ここで、出力軸に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_2$

$$F_2 = (W_{14} + W_{18}) \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.18)$$

スラスト荷重  $Q_2$

$$Q_2 = (W_{14} + W_{18}) \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (4.2.4.19)$$

中間軸軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

原動機側中間軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JC}$

$$F_{JC} = \text{Max} (X_{0C} \cdot F_3 + Y_{0C} \cdot Q_3, F_3) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.20)$$

ポンプ側中間軸軸受に生じる静等価荷重  $F_{JD}$

$$F_{JD} = \text{Max} (X_{0D} \cdot F_3 + Y_{0D} \cdot Q_3, F_3) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.21)$$

ここで、中間軸に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_3$

$$F_3 = W_{19} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.22)$$

スラスト荷重  $Q_3$

$$Q_3 = W_{19} \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (4.2.4.23)$$

(6) 減速機軸

図 4-9～図 4-11 に示す計算モデルにて，減速機軸に生じる引張応力及び曲げ応力を求め，許容応力以下であることを確認する。

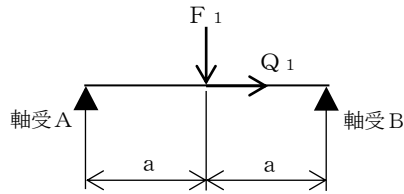


図 4-9 入力軸の計算モデル

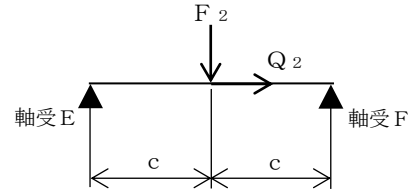


図 4-10 出力軸の計算モデル

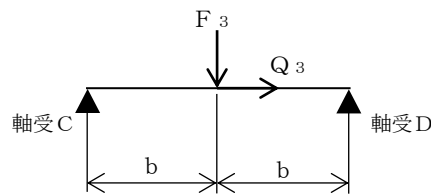


図 4-11 中間軸の計算モデル

入力軸に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_1$  は次式で求める。

$$\sigma_1 = \frac{a \cdot a}{Z_1 \cdot (a + a)} \cdot F_1 + \frac{Q_1}{A_1} \quad \dots \quad (4.2.4.24)$$

ここで，入力軸の断面係数  $Z_1$  は

$$Z_1 = \frac{\pi \cdot D_1^3}{32} \quad \dots \quad (4.2.4.25)$$

出力軸に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_2$  は次式で求める。

$$\sigma_2 = \frac{c \cdot c}{Z_2 \cdot (c + c)} \cdot F_2 + \frac{Q_2}{A_2} \quad \dots \quad (4.2.4.26)$$

ここで，出力軸の断面係数  $Z_2$  は

$$Z_2 = \frac{\pi \cdot D_2^3}{32} \quad \dots \quad (4.2.4.27)$$

中間軸に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_3$  は次式で求める。

$$\sigma_3 = \frac{b \cdot b}{Z_3 \cdot (b + b)} \cdot F_3 + \frac{Q_3}{A_3} \quad \dots \quad (4.2.4.28)$$

ここで，中間軸の断面係数  $Z_3$  は

$$Z_3 = \frac{\pi \cdot D_3^3}{32} \quad \dots \quad (4.2.4.29)$$

(7) 減速機歯車

減速機軸に生じる荷重から，減速機歯車に生じる荷重を求め，メーカ規定の許容値以下であることを確認する。

第一段歯車に作用する合成荷重 $F_{G1}$ は次式で求める。

$$F_{G1} = \sqrt{F_1^2 + Q_1^2} + \sqrt{F_3^2 + Q_3^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.30)$$

第二段歯車に作用する合成荷重 $F_{G2}$ は次式で求める。

$$F_{G2} = \sqrt{F_2^2 + Q_2^2} + \sqrt{F_3^2 + Q_3^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.31)$$

(8) 軸継手（原動機～減速機～ポンプ）

図4-12に示す計算モデルにて，軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位，地震による変位及び軸受部の軸方向クリアランスから生じる軸継手の変位量を求め，変位可能寸法以下であることを確認する。

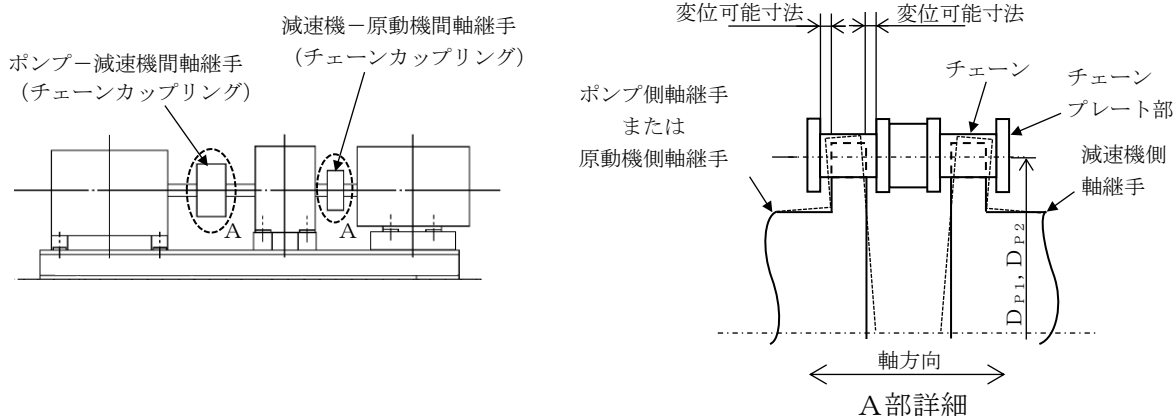


図4-12 軸継手の計算モデル

ポンプ-減速機間軸継手（ポンプ側）の変位量 $\delta_1$ は次式で求める。

$$\delta_1 = \delta_{11} + \delta_{21} + \delta_{31} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.32)$$

ここで，地震によるポンプの変位 $\delta_{11}$ は

$$\delta_{11} = \frac{W_{P1} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \cdot h_{P1}^3}{3 \cdot E_{11} \cdot I_{11}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.33)$$

クランク軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位 $\delta_{21}$ は

$$\delta_{21} = D_{P1} / 2 \cdot \beta_1 \quad \dots\dots\dots (4.2.4.34)$$

ポンプー減速機間軸継手（減速機側）の変位量  $\delta_2$  は次式で求める。

$$\delta_2 = \delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{32} \quad \dots \quad (4.2.4.35)$$

ここで、地震による減速機の変位  $\delta_{12}$  は

$$\delta_{12} = \frac{W_{P2} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \cdot h_{P2}^3}{3 \cdot E_{12} \cdot I_{12}} \quad \dots \quad (4.2.4.36)$$

減速機出力軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位  $\delta_{22}$  は

$$\delta_{22} = D_{P1} / 2 \cdot \beta_2 \quad \dots \quad (4.2.4.37)$$

減速機ー原動機間軸継手（減速機側）の変位量  $\delta_3$  は次式で求める。

$$\delta_3 = \delta_{12} + \delta_{23} + \delta_{33} \quad \dots \quad (4.2.4.38)$$

減速機入力軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位  $\delta_{23}$  は

$$\delta_{23} = D_{P2} / 2 \cdot \beta_3 \quad \dots \quad (4.2.4.39)$$

減速機ー原動機間軸継手（原動機側）の変位量  $\delta_4$  は次式で求める。

$$\delta_4 = \delta_{14} + \delta_{24} + \delta_{34} \quad \dots \quad (4.2.4.40)$$

ここで、地震による原動機の変位  $\delta_{14}$  は

$$\delta_{14} = \frac{W_{P3} \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} \cdot h_{P3}^3}{3 \cdot E_{13} \cdot I_{13}} \quad \dots \quad (4.2.4.41)$$

原動機軸のたわみにより生じる軸継手傾きによる変位  $\delta_{24}$  は

$$\delta_{24} = D_{P2} / 2 \cdot \beta_4 \quad \dots \quad (4.2.4.42)$$



#### 4.3 原動機の動的機能維持評価

ほう酸水注入ポンプは、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

##### 4.3.1 評価対象部位

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

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子間のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 冷却ファン，クーラユニット

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

「h. 冷却ファン，クーラユニット」については、冷却ファンは遠心直動式ファンであり、インペラ・ケーシング間の接触が回転機能の喪失に関わるが、原動機においては、同じ軸上に取り付けられている固定子と回転子のクリアランスの方が許容可能変位の観点より厳しいことから、当該クリアランスで回転機能維持の評価を代表するため、冷却ファンの評価を省略する。

以上より、本計算書においては、固定子，軸（回転子），端子箱，軸受，固定子と回転子間のクリアランス及びモータフレームを評価対象部位とする。

## 4.3.2 評価基準値

固定子及び軸（回転子）の許容応力は、クラス2支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに準拠し設定し、端子箱及びモータフレームの許容応力は、クラス2支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに準拠し設定する。また、軸受についてはメーカー規定の許容値を、固定子と回転子間のクリアランスについては、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

評価基準値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4-5 評価基準値（設計基準対象施設）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
固定子		SS41*	MPa	
軸（回転子）			MPa	
端子箱	引張	SS41*	MPa	
	せん断	SS41*	MPa	
軸受	軸継手側	—	N	
	反軸継手側	—	N	
固定子と回転子間のクリアランス		—	mm	
モータフレーム		SS41*	MPa	

注記\*：SS400相当

表4-6 評価基準値（重大事故等対処設備）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
固定子		SS41*	MPa	
軸（回転子）			MPa	
端子箱	引張	SS41*	MPa	
	せん断	SS41*	MPa	
軸受	軸継手側	—	N	
	反軸継手側	—	N	
固定子と回転子間のクリアランス		—	mm	
モータフレーム		SS41*	MPa	

注記\*：SS400相当

#### 4.3.3 記号の説明

ほう酸水注入ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表4-7に示す。

表 4-7 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bt}$	端子箱取付ボルトの断面積	$\text{mm}^2$
$A_F$	モータフレーム（脚部）の断面積	$\text{mm}^2$
$A_S$	軸（回転子）の断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$D_S$	軸（回転子）の直径	mm
$E$	軸（回転子）の縦弾性係数	MPa
$F_{B1}$	軸継手側軸受に生じる静等価荷重	N
$F_{B2}$	反軸継手側軸受に生じる静等価荷重	N
$F_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じる引張力（1本当たり）	N
$F_H$	水平方向（軸直角方向）地震力によりキーに生じるせん断力	N
$F_K$	キーに生じるせん断力	N
$F_M$	原動機の回転によりキーに生じるせん断力	N
$F_R$	軸（回転子）及び軸継手に生じるラジアル荷重	N
$g$	重力加速度（=9.80665）	$\text{m/s}^2$
$h_F$	原動機取付面から原動機重心までの高さ	mm
$h_t$	端子箱取付面から端子箱重心までの高さ	mm
$I$	軸（回転子）の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$l_b$	モータフレームの脚部の長さ	mm
$l_{b,L}$	軸受間の距離	mm
$l_{h1}$	モータフレームの脚部間の距離（内側）	mm
$l_{h2}$	モータフレームの脚部間の距離（外側）	mm
$l_K$	キーと固定子の接触長さ	mm
$l_{r,C}$	軸受間の距離の1/2	mm
$l_{t1}$	端子箱重心と端子箱取付ボルト間の水平方向距離	mm
$l_{t2}$	端子箱取付ボルト間の水平方向距離	mm
$M_P$	原動機の回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$

記号	記号の説明	単位
$n_{bt}$	端子箱取付ボルトの本数	—
$n_{ft}$	評価上引張力を受けるとして期待する端子箱取付ボルトの本数	—
$Q_B$	軸（回転子）及び軸継手に生じるスラスト荷重	N
$Q_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断力	N
$r$	固定子の半径	mm
$t_K$	キーの厚さ	mm
$W_{21}$	固定子の質量	kg
$W_{22}$	軸（回転子）の質量	kg
$W_{23}$	減速機－原動機間軸継手の片側の質量	kg
$W_{24}$	端子箱の質量	kg
$W_{25}$	原動機の質量	kg
$X_{01}$	軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{02}$	反軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$y$	軸（回転子）の変位量	mm
$Y_{01}$	軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{02}$	反軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Z_F$	モータフレーム（脚部）の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_P$	軸（回転子）の極断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_S$	軸（回転子）の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	軸（回転子）に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\sigma_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_F$	モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_{F1}$	モータフレーム（脚部）に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{F2}$	モータフレーム（脚部）に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{F3}$	原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力	MPa
$\sigma_S$	軸（回転子）に生じる組合せ応力	MPa
$\tau_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_K$	キーに生じるせん断応力	MPa
$\tau_F$	モータフレームに生じるせん断応力	MPa
$\tau_t$	軸（回転子）に生じるねじり応力	MPa

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

図4-13に示す計算モデルにて、キーに生じるせん断力を算出し、キーに生じるせん断応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

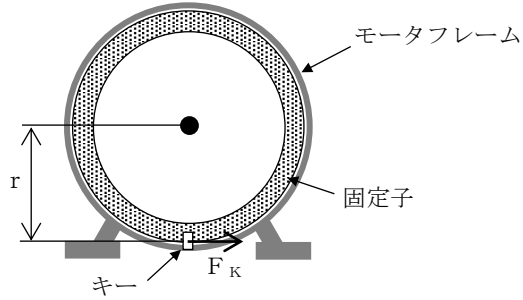


図4-13 固定子の計算モデル

キーに生じるせん断応力  $\tau_K$  は次式で求める。

$$\tau_K = F_K / (t_K \cdot l_K) \quad \dots \quad (4.3.4.1)$$

ここで、キーに生じるせん断力  $F_K$  は

$$F_K = F_H + F_M \quad \dots \quad (4.3.4.2)$$

水平方向（軸直角方向）地震力によりキーに生じるせん断力  $F_H$  は

$$F_H = W_{21} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots \quad (4.3.4.3)$$

原動機の回転によりキーに生じるせん断力  $F_M$  は

$$F_M = M_P / r \quad \dots \quad (4.3.4.4)$$

(2) 軸（回転子）

図4-14に示す計算モデルにて、軸に生じる荷重とモーメントから軸に生じる応力を算出し、軸に生じる組合せ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

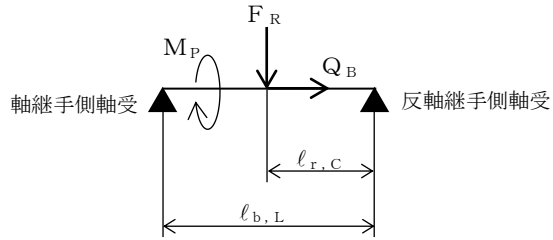


図4-14 軸（回転子）の計算モデル

軸（回転子）に生じる組合せ応力  $\sigma_s$  は次式で求める。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.5)$$

ここで、軸（回転子）に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_b$  は

$$\sigma_b = \frac{(\ell_{b,L} - \ell_{r,C}) \cdot \ell_{r,C}}{Z_s \cdot \ell_{b,L}} \cdot F_R + \frac{Q_B}{A_s} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.6)$$

軸（回転子）に生じるねじり応力  $\tau_t$  は

$$\tau_t = \frac{M_P}{Z_P} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.7)$$

軸（回転子）の断面係数  $Z_s$  は

$$Z_s = \frac{\pi \cdot D_s^3}{32} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.8)$$

軸（回転子）の極断面係数  $Z_P$  は

$$Z_P = \frac{\pi \cdot D_s^3}{16} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.9)$$

軸（回転子）に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_R$

$$F_R = (W_{22} + W_{23}) \cdot g \cdot (\sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.10)$$

スラスト荷重  $Q_B$

$$Q_B = (W_{22} + W_{23}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.11)$$

(3) 端子箱

図 4-15 に示す計算モデルにて，端子箱取付ボルトに生じる荷重を算出し，端子箱取付ボルトに生じる応力を求め，許容応力以下であることを確認する。

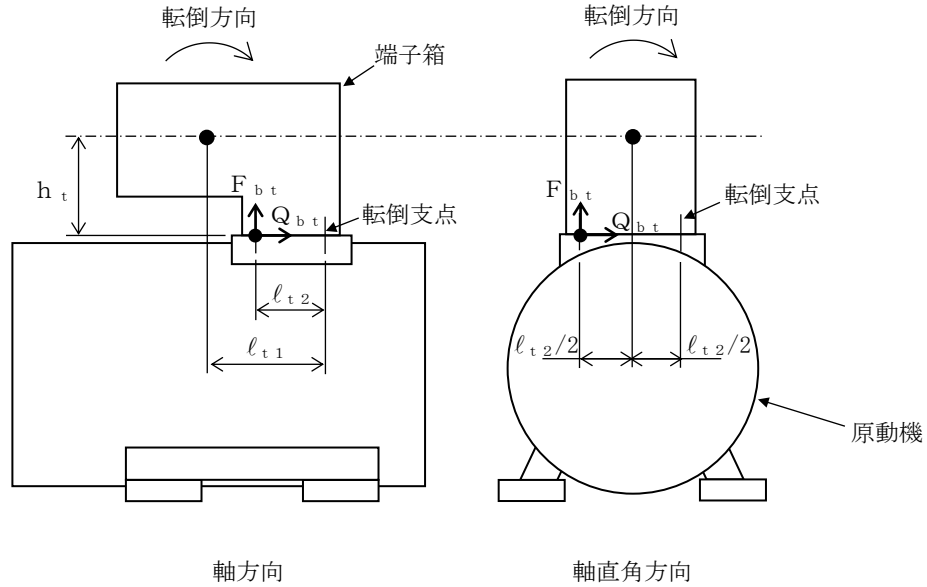


図 4-15 端子箱の計算モデル

端子箱取付ボルトに生じる引張応力  $\sigma_{bt}$  は次式で求める。

$$\sigma_{bt} = F_{bt} / A_{bt} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.12)$$

ここで，端子箱取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力  $F_{bt}$  は

軸方向

$$F_{bt} = \frac{W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t + W_{24} \cdot g \cdot (C_V + C_P - 1) \cdot l_{t1}}{n_{ft} \cdot l_{t2}} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.13)$$

軸直角方向

$$F_{bt} = \frac{W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t - W_{24} \cdot g \cdot (1 - C_V - C_P) \cdot (l_{t2} / 2)}{n_{ft} \cdot l_{t2}} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.14)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断応力  $\tau_{bt}$  は次式で求める。

$$\tau_{bt} = Q_{bt} / (n_{bt} \cdot A_{bt}) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.15)$$

ここで，端子箱取付ボルトに生じるせん断力  $Q_{bt}$  は

$$Q_{bt} = W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.16)$$

(4) 軸受

図4-16に示す計算モデルにて、地震力が加わる場合に発生する全荷重について保守的にそれぞれの軸受が受けるものとし、軸受に生じる静等価荷重を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

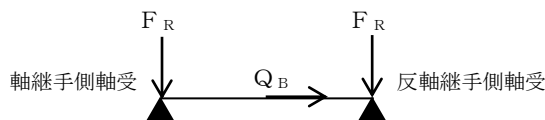


図4-16 軸受の計算モデル

軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{B1}$

$$F_{B1} = \text{Max} (X_{01} \cdot F_R + Y_{01} \cdot Q_B, F_R) \dots\dots\dots (4.3.4.17)$$

反軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{B2}$

$$F_{B2} = \text{Max} (X_{02} \cdot F_R + Y_{02} \cdot Q_B, F_R) \dots\dots\dots (4.3.4.18)$$

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

図4-17に示す計算モデルにて、軸（回転子）に生じる変位量を求め、変位可能寸法以下であることを確認する。

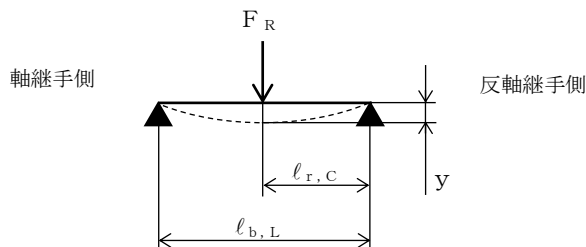


図4-17 固定子と回転子間のクリアランスの計算モデル

軸（回転子）の変位量  $y$  は次式で求める。

$$y = \frac{F_R \cdot l_{r,C} \cdot (l_{b,L}^2 - l_{r,C}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot l_{b,L}} \dots\dots\dots (4.3.4.19)$$

ここで、軸（回転子）の断面二次モーメント  $I$  は

$$I = \frac{\pi \cdot D_s^4}{64} \dots\dots\dots (4.3.4.20)$$



(6) モータフレーム

図4-18に示す計算モデルにて、モータフレーム（脚部）に生じる応力を算出し、モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。なお、モータフレーム（脚部）の評価は、構造上厳しくなる軸直角方向について評価を実施する。

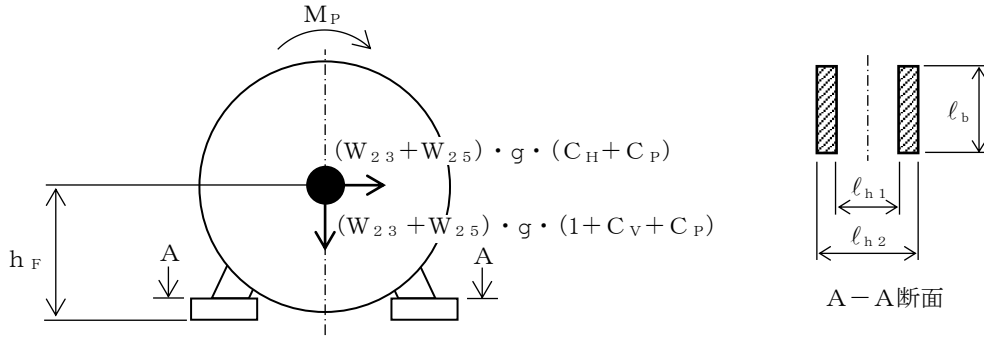


図 4-18 モータフレームの計算モデル

モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力  $\sigma_F$  は次式で求める。

$$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{F1} + \sigma_{F2} + \sigma_{F3})^2 + 3 \cdot \tau_F^2} \quad \dots \quad (4.3.4.21)$$

ここで、水平方向（軸直角方向）地震力によりモータフレーム（脚部）に生じる曲げ応力  $\sigma_{F1}$  は

$$\sigma_{F1} = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_F / Z_F \quad \dots \quad (4.3.4.22)$$

鉛直方向地震力によりモータフレーム（脚部）に生じる圧縮応力  $\sigma_{F2}$  は

$$\sigma_{F2} = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (1 + C_V + C_P) / A_F \quad \dots \quad (4.3.4.23)$$

原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力  $\sigma_{F3}$  は

$$\sigma_{F3} = M_P / Z_F \quad \dots \quad (4.3.4.24)$$

水平方向（軸直角方向）地震力によりモータフレーム（脚部）に生じるせん断応力  $\tau_F$  は

$$\tau_F = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) / A_F \quad \dots \quad (4.3.4.25)$$

フレームの断面係数  $Z_F$  は

$$Z_F = \frac{1}{6} \cdot \frac{\ell_b \cdot (\ell_{h2}^3 - \ell_{h1}^3)}{\ell_{h2}} \quad \dots \quad (4.3.4.26)$$

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ	S	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =1.56*3	C <sub>V</sub> =1.31*3	C <sub>H</sub> =3.73*4	C <sub>V</sub> =2.32*4	C <sub>P</sub> = <input type="text"/>	—	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

\*3：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*4：設計用震度Ⅰ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2i</sub> * (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *
基礎ボルト (i=1)							10	4
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2
								3

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>P</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)	211 (40mm<径≤100mm)	394	211	253	軸	軸	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	211 (40mm<径≤100mm)	394	211	253	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	211 (40mm<径≤100mm)	394	211	253	軸	軸	—
減速機取付ボルト (i=4)	211 (40mm<径≤100mm)	394	211	253	軸直角	軸直角	<input type="text"/>

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

HP (μm)	N (ポンプ) (rpm)	N (原動機) (rpm)

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

1.1.4 結論

1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=48$	$f_{ts1}=158^*$	$\sigma_{b1}=122$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	$\tau_{b1}=19$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=42$	$f_{sb1}=146$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=61$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=37$	$f_{sb2}=146$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	$\sigma_{b3}=13$	$f_{ts3}=158^*$	$\sigma_{b3}=29$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	$\tau_{b3}=7$	$f_{sb3}=122$	$\tau_{b3}=15$	$f_{sb3}=146$
減速機取付ボルト (i=4)	SS41	引張	$\sigma_{b4}=13$	$f_{ts4}=158^*$	$\sigma_{b4}=23$	$f_{ts4}=190^*$
		せん断	$\tau_{b4}=4$	$f_{sb4}=122$	$\tau_{b4}=9$	$f_{sb4}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m <sup>3</sup> /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ	横形3連 往復動式ポンプ		原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =3.2*3	C <sub>V</sub> =2.0*3	—	—	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ用原動機	横形ころがり 軸受電動機	45	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =3.2*3	C <sub>V</sub> =2.0*3	C <sub>P</sub> = <span style="border: 2px solid black;">□</span>	<span style="border: 2px solid black;">□</span>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 ポンプ

a (mm)	A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>C</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>LB</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>SB</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>VS</sub> (mm <sup>2</sup> )	b (mm)	c (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)

D <sub>C</sub> (mm)	D <sub>P1</sub> (mm)	D <sub>P2</sub> (mm)	D <sub>V</sub> (mm)	E <sub>11</sub> (MPa)	E <sub>12</sub> (MPa)	E <sub>13</sub> (MPa)	F <sub>1</sub> (N)	F <sub>2</sub> (N)	F <sub>3</sub> (N)	F <sub>B</sub> (N)	F <sub>C</sub> (N)	F <sub>VS</sub> (N)

h <sub>P1</sub> (mm)	h <sub>P2</sub> (mm)	h <sub>P3</sub> (mm)	I <sub>11</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>12</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>13</sub> (mm <sup>4</sup> )	ℓ <sub>C</sub> (mm)	P <sub>d</sub> (MPa)	Q <sub>1</sub> (N)	Q <sub>2</sub> (N)	Q <sub>3</sub> (N)	Q <sub>C</sub> (N)	W <sub>11</sub> (kg)

W <sub>12</sub> (kg)	W <sub>13</sub> (kg)	W <sub>14</sub> (kg)	W <sub>15</sub> (kg)	W <sub>16</sub> (kg)	W <sub>17</sub> (kg)	W <sub>18</sub> (kg)	W <sub>19</sub> (kg)	W <sub>P1</sub> (kg)	W <sub>P2</sub> (kg)	W <sub>P3</sub> (kg)	X <sub>0A</sub>	X <sub>0B</sub>

$X_{0C}$	$X_{0D}$	$X_{0E}$	$X_{0F}$	$X_{01}$	$X_{02}$	$Y_{0A}$	$Y_{0B}$	$Y_{0C}$	$Y_{0D}$	$Y_{0E}$	$Y_{0F}$	$Y_{01}$
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

$Y_{02}$	$Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_3$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_C$ (mm <sup>3</sup> )	$\phi$ (rad)	$\beta_1$ (rad)	$\beta_2$ (rad)	$\beta_3$ (rad)	$\beta_4$ (rad)	$\delta_{11}$ (mm)	$\delta_{21}$ (mm)	$\delta_{31}$ (mm)
----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

$\delta_{12}$ (mm)	$\delta_{22}$ (mm)	$\delta_{32}$ (mm)	$\delta_{23}$ (mm)	$\delta_{33}$ (mm)	$\delta_{14}$ (mm)	$\delta_{24}$ (mm)	$\delta_{34}$ (mm)
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1.2.2.2 原動機

$A_{bt}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_F$ (mm <sup>2</sup> )	$A_S$ (mm <sup>2</sup> )	$D_S$ (mm)	$E$ (MPa)	$F_{bt}$ (N)	$F_H$ (N)	$F_K$ (N)	$F_M$ (N)	$F_R$ (N)	$h_F$ (mm)	$h_t$ (mm)	$I$ (mm <sup>4</sup> )
--------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------	--------------	-----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------------------

$\ell_b$ (mm)	$\ell_{b,L}$ (mm)	$\ell_{h1}$ (mm)	$\ell_{h2}$ (mm)	$\ell_K$ (mm)	$\ell_{r,C}$ (mm)	$\ell_{t1}$ (mm)	$\ell_{t2}$ (mm)	$M_P$ (N·mm)	$n_{bt}$	$n_{ft}$	$Q_B$ (N)	$Q_{bt}$ (N)
------------------	----------------------	---------------------	---------------------	------------------	----------------------	---------------------	---------------------	-----------------	----------	----------	--------------	-----------------

$r$ (mm)	$t_K$ (mm)	$W_{21}$ (kg)	$W_{22}$ (kg)	$W_{23}$ (kg)	$W_{24}$ (kg)	$W_{25}$ (kg)	$X_{01}$	$X_{02}$	$Y_{01}$	$Y_{02}$	$Z_F$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_P$ (mm <sup>3</sup> )
-------------	---------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------	----------	----------	----------	-----------------------------	-----------------------------

$Z_S$ (mm <sup>3</sup> )	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{F1}$ (MPa)	$\sigma_{F2}$ (MPa)	$\sigma_{F3}$ (MPa)	$\tau_F$ (MPa)	$\tau_t$ (MPa)
-----------------------------	---------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------	-------------------

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.2	1.6
	鉛直方向	2.0	1.0
原動機	水平方向	3.2	4.7
	鉛直方向	2.0	1.0

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）を上回る設計震度により定まる加速度

ポンプは、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト及び減速機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 コネクティングロッド軸受の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出圧力	許容圧力
コネクティングロッド大端部軸受	0.24	
コネクティングロッド小端部軸受	0.47	

すべて許容圧力以下である。

1.2.3.2.2.2 クランク軸の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
クランク軸	22	

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 クランク軸軸受の評価

(単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	1.354×10 <sup>4</sup>	
反軸継手側軸受	1.284×10 <sup>4</sup>	

すべて許容荷重以下である。

## 1.2.3.2.2.4 弁シート面の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出圧力	許容圧力
弁シート面	39	

すべて許容圧力以下である。

## 1.2.3.2.2.5 減速機軸軸受の評価

(単位：N)

評価部位		算出荷重	許容荷重
入力軸軸受	ポンプ側	$1.273 \times 10^3$	
	原動機側	$1.273 \times 10^3$	
出力軸軸受	ポンプ側	$1.608 \times 10^4$	
	原動機側	$1.608 \times 10^4$	
中間軸軸受	ポンプ側	$4.760 \times 10^3$	
	原動機側	$4.760 \times 10^3$	

すべて許容荷重以下である。

## 1.2.3.2.2.6 減速機軸の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
入力軸	12	
出力軸	8	
中間軸	20	

すべて許容応力以下である。

## 1.2.3.2.2.7 減速機歯車の評価

(単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
第一段(入力側)	$3.173 \times 10^3$	
第二段(出力側)	$8.942 \times 10^3$	

すべて許容荷重以下である。

## 1.2.3.2.2.8 軸継手の評価

(単位：mm)

評価部位		変位置	許容変位置
ポンプ～減速機間	ポンプ側	0.030	
	減速機側	0.007	
減速機～原動機間	減速機側	0.015	
	原動機側	0.025	

すべて許容変位置以下である。



## 1.2.3.3 原動機の動的機能維持評価

## 1.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

## 1.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

## 1.2.3.3.2.1 固定子の評価 (単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
固定子	5	

すべて許容応力以下である。

## 1.2.3.3.2.2 軸（回転子）の評価 (単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
軸（回転子）	18	

すべて許容応力以下である。

## 1.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	算出応力	許容応力
	端子箱	引張	4
	せん断	2	

すべて許容応力以下である。

## 1.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	$5.579 \times 10^3$	
反軸継手側軸受	$5.579 \times 10^3$	

すべて許容荷重以下である。

## 1.2.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	

すべて許容変位量以下である。

## 1.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
モータフレーム	9	

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	—	—	C <sub>H</sub> =3.73*3	C <sub>V</sub> =2.32*3	C <sub>P</sub> = <input type="text"/>	—	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	l <sub>1i</sub> * (mm)	l <sub>2i</sub> * (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *
基礎ボルト (i=1)							10	4
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2 3

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>P</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)	194 (40mm<径≤100mm)	373	—	232	—	軸	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	194 (40mm<径≤100mm)	373	—	232	—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	194 (40mm<径≤100mm)	373	—	232	—	軸	—
減速機取付ボルト (i=4)	194 (40mm<径≤100mm)	373	—	232	—	軸直角	<input type="text"/>

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

HP (μm)	N (ポンプ) (rpm)	N (原動機) (rpm)

2.1.3 計算数値

2.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	
減速機取付ボルト (i=4)	—		—	

74

2.1.4 結論

2.1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=122$	$f_{ts1}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=42$	$f_{sb1}=134$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=61$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=37$	$f_{sb2}=134$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b3}=29$	$f_{ts3}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=15$	$f_{sb3}=134$
減速機取付ボルト (i=4)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b4}=23$	$f_{ts4}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b4}=9$	$f_{sb4}=134$

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

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m <sup>3</sup> /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ	横形3連 往復動式ポンプ		原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =3.2*3	C <sub>V</sub> =2.0*3	—	—	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入 ポンプ用原動機	横形ころがり 軸受電動機	45	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =3.2*3	C <sub>V</sub> =2.0*3	C <sub>P</sub> = <span style="border: 2px solid black;"></span>	<span style="border: 2px solid black;"></span>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.2.2 機器要目

2.2.2.1 ポンプ

a (mm)	A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>C</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>LB</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>SB</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>VS</sub> (mm <sup>2</sup> )	b (mm)	c (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)

D <sub>C</sub> (mm)	D <sub>P1</sub> (mm)	D <sub>P2</sub> (mm)	D <sub>V</sub> (mm)	E <sub>11</sub> (MPa)	E <sub>12</sub> (MPa)	E <sub>13</sub> (MPa)	F <sub>1</sub> (N)	F <sub>2</sub> (N)	F <sub>3</sub> (N)	F <sub>B</sub> (N)	F <sub>C</sub> (N)	F <sub>VS</sub> (N)

h <sub>P1</sub> (mm)	h <sub>P2</sub> (mm)	h <sub>P3</sub> (mm)	I <sub>11</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>12</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>13</sub> (mm <sup>4</sup> )	ℓ <sub>C</sub> (mm)	P <sub>d</sub> (MPa)	Q <sub>1</sub> (N)	Q <sub>2</sub> (N)	Q <sub>3</sub> (N)	Q <sub>C</sub> (N)	W <sub>11</sub> (kg)

W <sub>12</sub> (kg)	W <sub>13</sub> (kg)	W <sub>14</sub> (kg)	W <sub>15</sub> (kg)	W <sub>16</sub> (kg)	W <sub>17</sub> (kg)	W <sub>18</sub> (kg)	W <sub>19</sub> (kg)	W <sub>P1</sub> (kg)	W <sub>P2</sub> (kg)	W <sub>P3</sub> (kg)	X <sub>0A</sub>	X <sub>0B</sub>

$X_{0C}$	$X_{0D}$	$X_{0E}$	$X_{0F}$	$X_{01}$	$X_{02}$	$Y_{0A}$	$Y_{0B}$	$Y_{0C}$	$Y_{0D}$	$Y_{0E}$	$Y_{0F}$	$Y_{01}$

$Y_{02}$	$Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_3$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_C$ (mm <sup>3</sup> )	$\phi$ (rad)	$\beta_1$ (rad)	$\beta_2$ (rad)	$\beta_3$ (rad)	$\beta_4$ (rad)	$\delta_{11}$ (mm)	$\delta_{21}$ (mm)	$\delta_{31}$ (mm)

$\delta_{12}$ (mm)	$\delta_{22}$ (mm)	$\delta_{32}$ (mm)	$\delta_{23}$ (mm)	$\delta_{33}$ (mm)	$\delta_{14}$ (mm)	$\delta_{24}$ (mm)	$\delta_{34}$ (mm)

2.2.2.2 原動機

$A_{bt}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_F$ (mm <sup>2</sup> )	$A_S$ (mm <sup>2</sup> )	$D_S$ (mm)	$E$ (MPa)	$F_{bt}$ (N)	$F_H$ (N)	$F_K$ (N)	$F_M$ (N)	$F_R$ (N)	$h_F$ (mm)	$h_t$ (mm)	$I$ (mm <sup>4</sup> )

$\ell_b$ (mm)	$\ell_{b,L}$ (mm)	$\ell_{h1}$ (mm)	$\ell_{h2}$ (mm)	$\ell_K$ (mm)	$\ell_{r,C}$ (mm)	$\ell_{t1}$ (mm)	$\ell_{t2}$ (mm)	$M_P$ (N·mm)	$n_{bt}$	$n_{ft}$	$Q_B$ (N)	$Q_{bt}$ (N)

$r$ (mm)	$t_K$ (mm)	$W_{21}$ (kg)	$W_{22}$ (kg)	$W_{23}$ (kg)	$W_{24}$ (kg)	$W_{25}$ (kg)	$X_{01}$	$X_{02}$	$Y_{01}$	$Y_{02}$	$Z_F$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_P$ (mm <sup>3</sup> )

$Z_S$ (mm <sup>3</sup> )	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{F1}$ (MPa)	$\sigma_{F2}$ (MPa)	$\sigma_{F3}$ (MPa)	$\tau_F$ (MPa)	$\tau_t$ (MPa)

## 2.2.3 結論

## 2.2.3.1 機能確認済加速度との比較

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.2	1.6
	鉛直方向	2.0	1.0
原動機	水平方向	3.2	4.7
	鉛直方向	2.0	1.0

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 $S_s$ ）を上回る設計震度により定まる加速度

ポンプは、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

## 2.2.3.2 ポンプの動的機能維持評価

## 2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト及び減速機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

## 2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

## 2.2.3.2.2.1 コネクティングロッド軸受の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出圧力	許容圧力
コネクティングロッド大端部軸受	0.24	
コネクティングロッド小端部軸受	0.47	

すべて許容圧力以下である。

## 2.2.3.2.2.2 クランク軸の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
クランク軸	22	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.2.2.3 クランク軸軸受の評価

(単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	$1.354 \times 10^4$	
反軸継手側軸受	$1.284 \times 10^4$	

すべて許容荷重以下である。

## 2.2.3.2.2.4 弁シート面の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出圧力	許容圧力
弁シート面	39	

すべて許容圧力以下である。

## 2.2.3.2.2.5 減速機軸軸受の評価

(単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
入力軸軸受	ポンプ側	$1.273 \times 10^3$
	原動機側	$1.273 \times 10^3$
出力軸軸受	ポンプ側	$1.608 \times 10^4$
	原動機側	$1.608 \times 10^4$
中間軸軸受	ポンプ側	$4.760 \times 10^3$
	原動機側	$4.760 \times 10^3$

すべて許容荷重以下である。

## 2.2.3.2.2.6 減速機軸の評価

(単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
入力軸	12	
出力軸	8	
中間軸	20	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.2.2.7 減速機歯車の評価

(単位：N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
第一段(入力側)	$3.173 \times 10^3$	
第二段(出力側)	$8.942 \times 10^3$	

すべて許容荷重以下である。

## 2.2.3.2.2.8 軸継手の評価

(単位：mm)

評価部位	変位量	許容変位量
ポンプ～減速機間	ポンプ側	0.030
	減速機側	0.007
減速機～原動機間	減速機側	0.016
	原動機側	0.025

すべて許容変位量以下である。

## 2.2.3.3 原動機の動的機能維持評価

## 2.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

## 2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

## 2.2.3.3.2.1 固定子の評価 (単位: MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
固定子	5	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.3.2.2 軸(回転子)の評価 (単位: MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
軸(回転子)	18	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	算出応力	許容応力
端子箱	引張	4	
	せん断	2	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位: N)

評価部位	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	$5.579 \times 10^3$	
反軸継手側軸受	$5.579 \times 10^3$	

すべて許容荷重以下である。

## 2.2.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位: mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	

すべて許容変位量以下である。

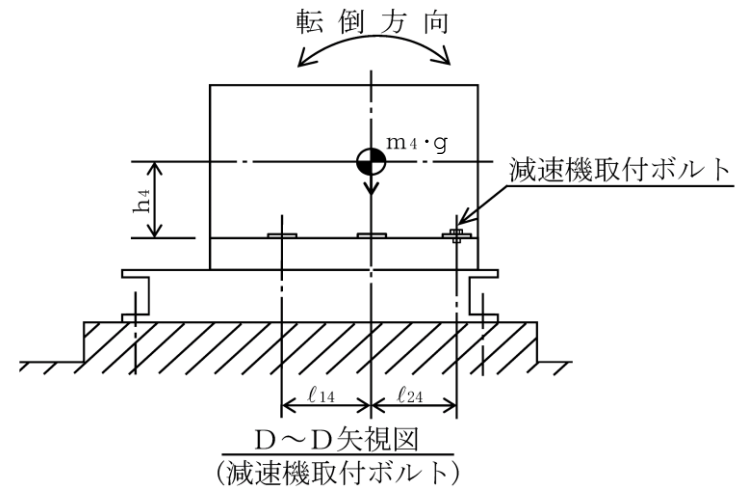
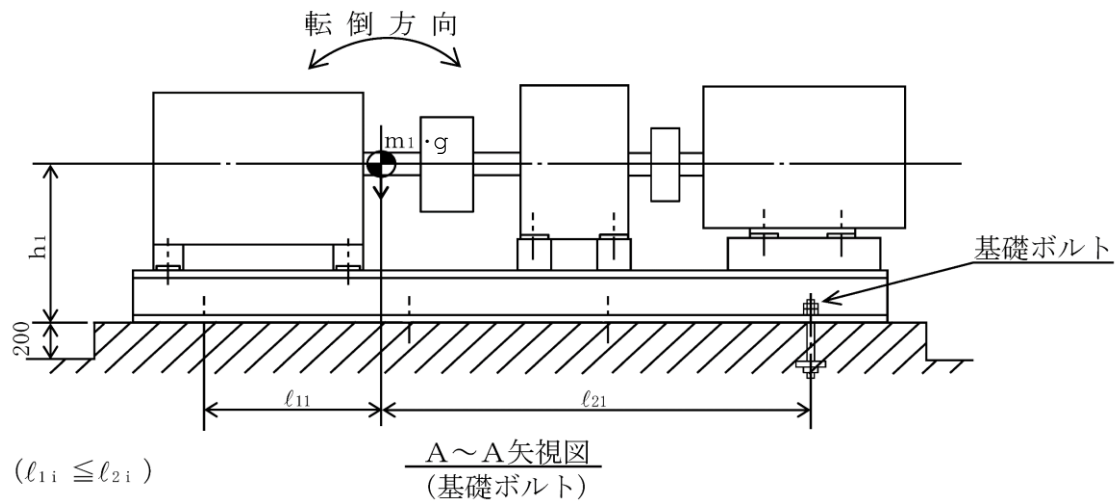
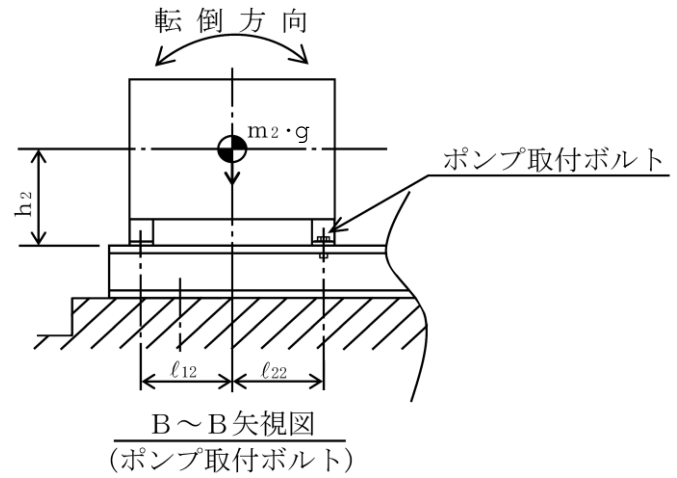
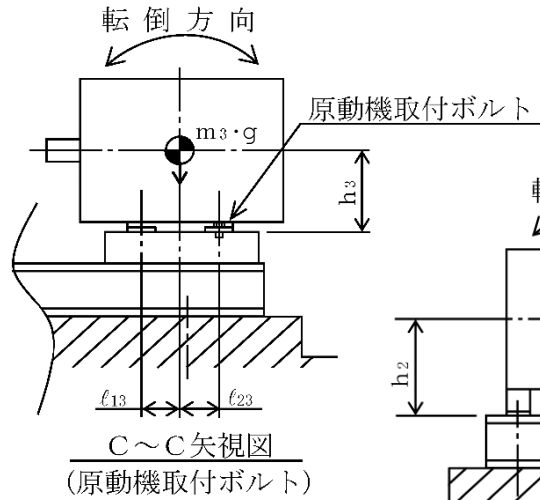
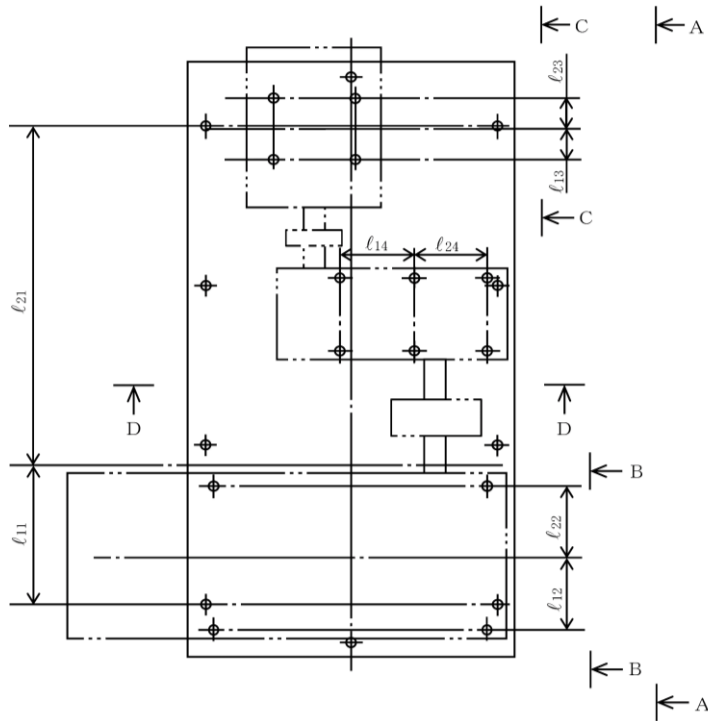
## 2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位: MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
モータフレーム	9	

すべて許容応力以下である。



50



VI-2-6-4-1-2 ほう酸水貯蔵タンクの耐震性についての計算書

## 目 次

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

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ほう酸水貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ほう酸水貯蔵タンクは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象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、ほう酸水貯蔵タンクは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ほう酸水貯蔵タンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>たて置円筒形 (上面及び下面に平板を有するたて置円筒形容器)</p>	<p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

ほう酸水貯蔵タンクの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S法を適用する。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水貯蔵タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

###### 4.2.2 許容応力

ほう酸水貯蔵タンクの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-3及び表4-4のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水貯蔵タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-5に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-6に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水貯蔵タンク	S	クラス 2 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：クラス 2 容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水貯蔵タンク	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 容器* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備その他 原子炉注水設備 ほう酸水注入系	ほう酸水貯蔵タンク	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)
	非常用炉心 冷却設備その他 原子炉注水設備 水の供給設備	ほう酸水貯蔵タンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ほう酸水貯蔵タンク	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)

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

\*2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

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



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

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ <sub>A</sub> 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上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は基準地震動 $S_s$ のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば, 疲労解析は不要	
Ⅳ <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値		
Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)			基準地震動 $S_s$ のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば, 疲労解析は不要	

注記\*1: 座屈による評価は, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

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

表 4-4 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-5 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		胴板	SUS316L	最高使用温度	66	108	159
基礎ボルト	SS41* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	—	231	394	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		胴板	SUS316L	最高使用温度	66	—	159
基礎ボルト	SS41* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	—	231	394	—

注記\* : SS400 相当

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水貯蔵タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
ほう酸水貯蔵タンク	S	原子炉建物 EL 34.8*1			$C_H=1.67^{*2}$	$C_V=0.99^{*2}$	$C_H=2.87^{*3}$	$C_V=1.87^{*3}$	静水頭	66	50	1.07

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

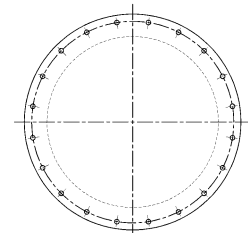
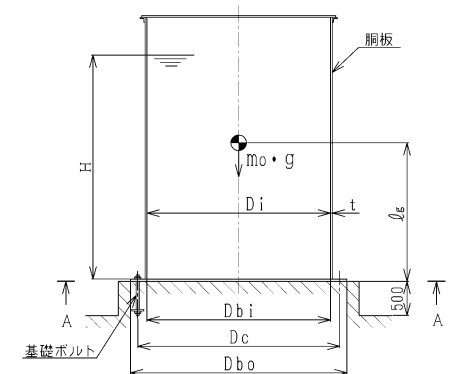
$m_o$ (kg)	$m_e$ (kg)	$D_i$ (mm)	$t$ (mm)	$E$ (MPa)	$G$ (MPa)	$l_g$ (mm)	$H$ (mm)	$s$	$n$
		3000	8.0	192000*1	73800*1	1750	3316	15	20

$D_c$ (mm)	$D_{b_o}$ (mm)	$D_{b_i}$ (mm)	$d$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$M_s$ (N・mm)	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
3150	3250	3000	24 (M24)	452.4	$8.397 \times 10^8$	$1.443 \times 10^9$

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	$S$ (胴板) (MPa)	$F$ (胴板) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	$F$ (基礎ボルト) (MPa)	$F^*$ (基礎ボルト) (MPa)
159*1	459*1	108*1	175	231*2 (16mm<径≤40mm)	394*2 (16mm<径≤40mm)	231	276

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出



A~A矢視図

(単位：mm)

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭による応力	$\sigma_{\phi 1} = 7$	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 7$	—	—	
鉛直方向地震による引張応力	$\sigma_{\phi 2} = 7$	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 13$	—	—	
空質量による圧縮応力	—	$\sigma_{x 2} = 1$	—	—	$\sigma_{x 2} = 1$	—	
鉛直方向地震による軸方向応力	—	$\sigma_{x 3} = 1$	—	—	$\sigma_{x 3} = 1$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} = 15$	$\tau = 13$	—	$\sigma_{x 4} = 26$	$\tau = 22$	
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi} = 13$	$\sigma_{x t} = 15$	—	$\sigma_{\phi} = 19$	$\sigma_{x t} = 25$	
	圧縮側	$\sigma_{\phi} = -13$	$\sigma_{x c} = 16$	—	$\sigma_{\phi} = -19$	$\sigma_{x c} = 26$	
組合せ応力	引張	$\sigma_{o t} = 27$			$\sigma_{o t} = 44$		
	圧縮	$\sigma_{o c} = 21$			$\sigma_{o c} = 35$		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s			
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による応力	$\sigma_{\phi 2} = 7$	$\sigma_{x 3} = 1$	—	$\sigma_{\phi 2} = 13$	$\sigma_{x 3} = 1$	—	
水平方向地震による応力	—	$\sigma_{x 4} = 15$	$\tau = 13$	—	$\sigma_{x 4} = 26$	$\tau = 22$	
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} = 7$	$\sigma_{2xt} = 15$	—	$\sigma_{2\phi} = 13$	$\sigma_{2xt} = 26$	
	圧縮側	$\sigma_{2\phi} = -7$	$\sigma_{2xc} = 15$	—	$\sigma_{2\phi} = -13$	$\sigma_{2xc} = 26$	
組合せ応力 (変動値)	引張	$\sigma_{2t} = 48$			$\sigma_{2t} = 84$		
	圧縮	$\sigma_{2c} = 42$			$\sigma_{2c} = 71$		

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	$\sigma_b = 60$	$\sigma_b = 134$
せん断応力	$\tau_b = 53$	$\tau_b = 92$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$ <input type="text"/>
鉛直方向	$T_V =$ <input type="text"/>

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS316L	一次一般膜	$\sigma_o = 27$	$S_a = 159$	$\sigma_o = 44$	$S_a = 275$
		一次+二次	$\sigma_2 = 48$	$S_a = 318$	$\sigma_2 = 84$	$S_a = 318$
		圧縮と曲げの 組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bm}} \leq 1$	
		(座屈の評価)	0.12 (無次元)		0.21 (無次元)	
基礎ボルト	SS41	引張	$\sigma_b = 60$	$f_{ts} = 157^*$	$\sigma_b = 134$	$f_{ts} = 143^*$
		せん断	$\tau_b = 53$	$f_{sb} = 133$	$\tau_b = 92$	$f_{sb} = 159$

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

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
ほう酸水貯蔵タンク	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建物 EL 34.8* <sup>1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.87* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.87* <sup>2</sup>	静水頭	66	50	1.07

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

2.2 機器要目

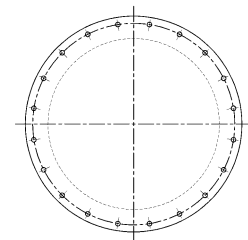
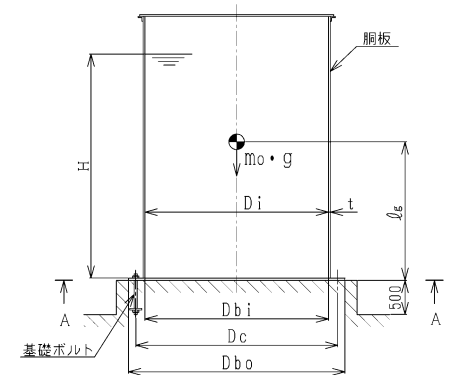
m <sub>o</sub> (kg)	m <sub>e</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ <sub>g</sub> (mm)	H (mm)	s	n
		3000	8.0	192000* <sup>1</sup>	73800* <sup>1</sup>	1750	3316	15	20

D <sub>c</sub> (mm)	D <sub>b o</sub> (mm)	D <sub>b i</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	M <sub>s</sub> (N・mm)	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
3150	3250	3000	24 (M24)	452.4	—	1.443×10 <sup>9</sup>

S <sub>y</sub> (胴板) (MPa)	S <sub>u</sub> (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	F (胴板) (MPa)	S <sub>y</sub> (基礎ボルト) (MPa)	S <sub>u</sub> (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
159* <sup>1</sup>	459* <sup>1</sup>	—	175	231* <sup>2</sup> (16mm<径≤40mm)	394* <sup>2</sup> (16mm<径≤40mm)	—	276

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出



A~A 矢視図

(単位：mm)



2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 7$	—	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 13$	—	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} = 1$	—
鉛直方向地震による軸方向応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 3} = 1$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} = 26$	$\tau = 22$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{\phi} = 19$	$\sigma_{x t} = 25$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{\phi} = -19$	$\sigma_{x c} = 26$	—
組合せ応力	引張	—		$\sigma_{o t} = 44$		
	圧縮	—		$\sigma_{o c} = 35$		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 13$	$\sigma_{x 3} = 1$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x 4} = 26$	$\tau = 22$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{2\phi} = 13$	$\sigma_{2x t} = 26$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{2\phi} = -13$	$\sigma_{2x c} = 26$	—
組合せ応力 (変動値)	引張	—		$\sigma_{2 t} = 84$		
	圧縮	—		$\sigma_{2 c} = 71$		

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
引張応力	—	$\sigma_b = 134$
せん断応力	—	$\tau_b = 92$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期	
水平方向	$T_H =$	
鉛直方向	$T_V =$	

2.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS316L	一次一般膜	—	—	$\sigma_o = 44$	$S_a = 275$
		一次+二次	—	—	$\sigma_z = 84$	$S_a = 318$
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	—	—	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{cm}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{bn}} \leq 1$	0.21 (無次元)
基礎ボルト	SS41	引張	—	—	$\sigma_b = 134$	$f_{ts} = 143^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 92$	$f_{sb} = 159$

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

すべて許容応力以下である。

VI-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書  
(ほう酸水注入系)

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	17
3.1 計算方法	17
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	18
3.3 設計条件	20
3.4 材料及び許容応力	33
3.5 設計用地震力	34
4. 解析結果及び評価	35
4.1 固有周期及び設計震度	35
4.2 評価結果	45
4.2.1 管の応力評価結果	45
4.2.2 支持構造物評価結果	47
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	48
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	49

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 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、ほう酸水注入系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

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






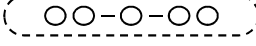

### (3) 弁

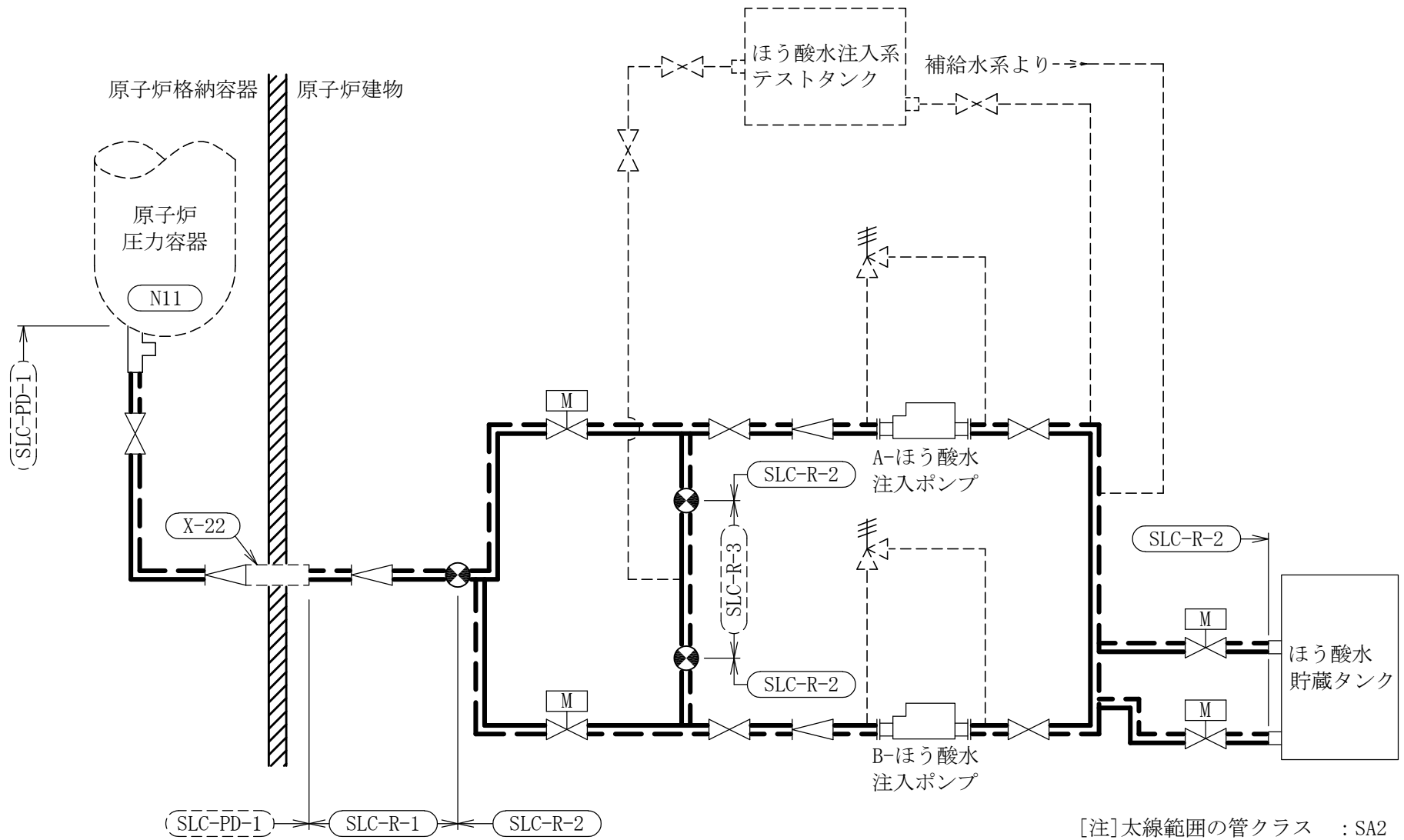
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



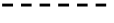


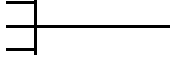
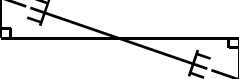
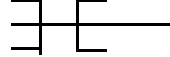
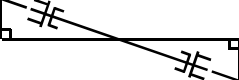

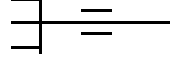
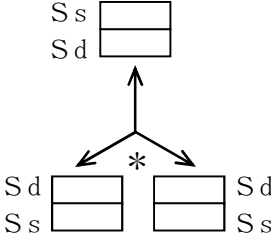


[注] 太線範囲の管クラス : SA2  
太破線範囲の管クラス : DB2

ほう酸水注入系概略系統図

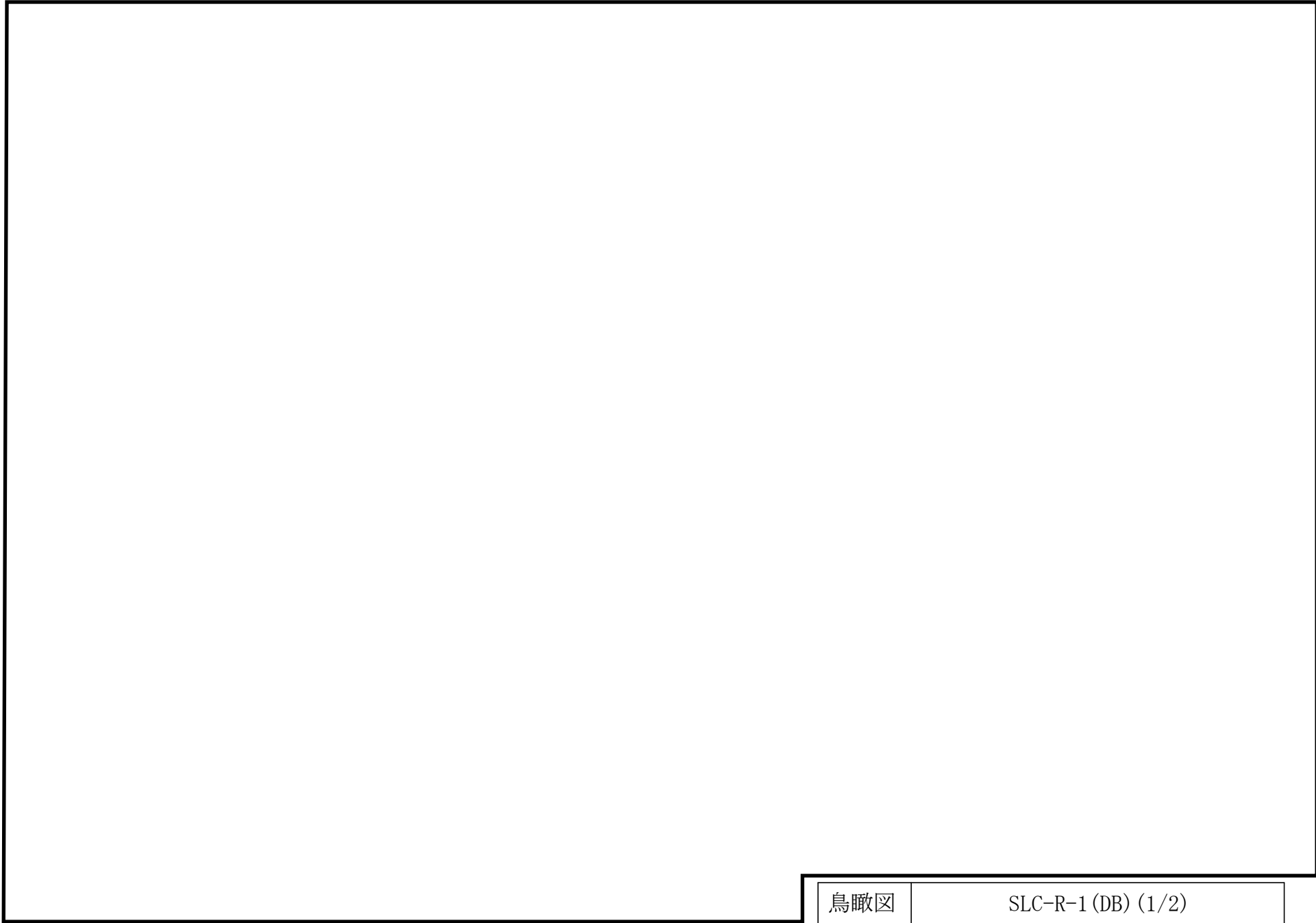
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)  注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

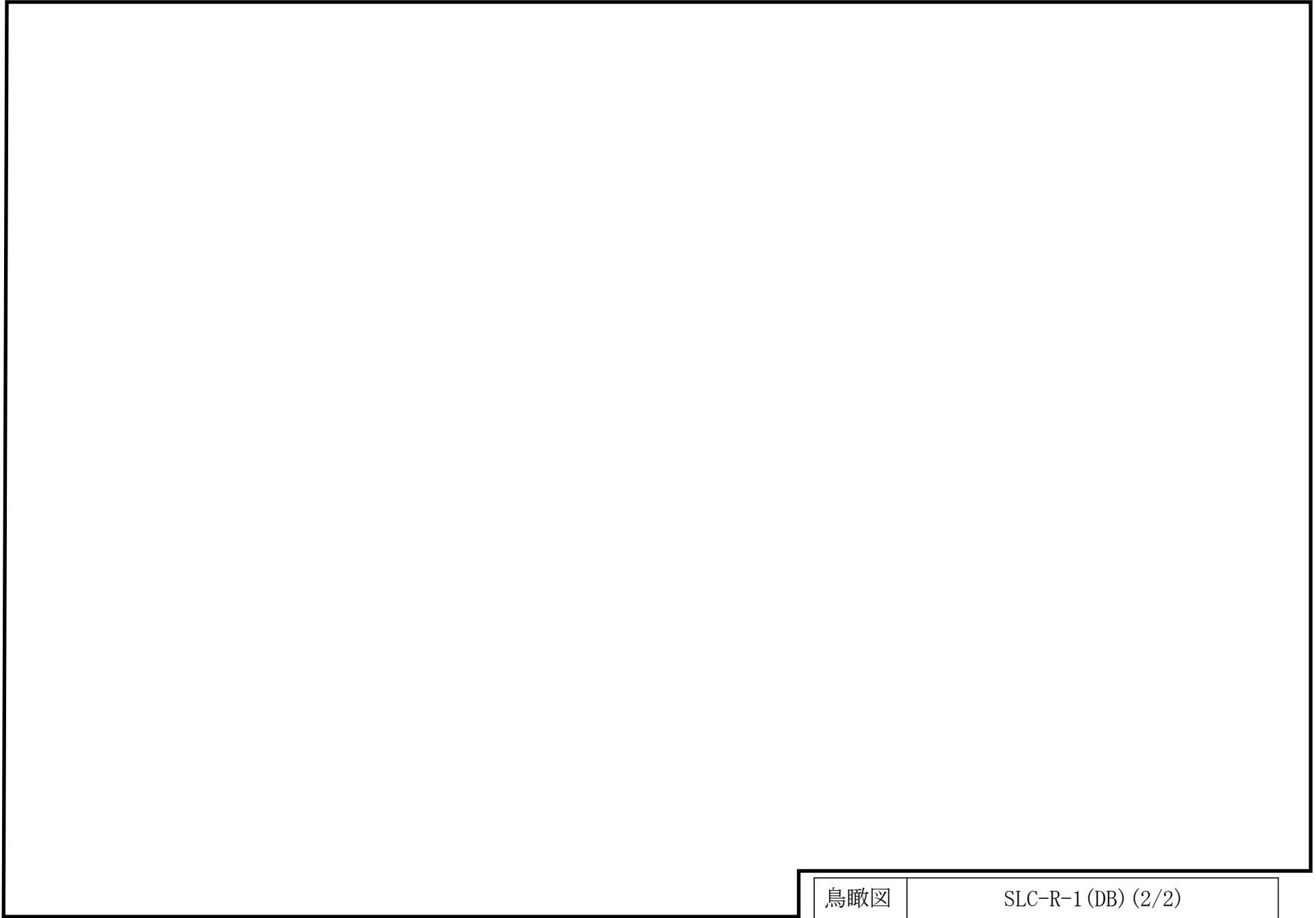
S2 補 VI-2-6-4-1-3 R1





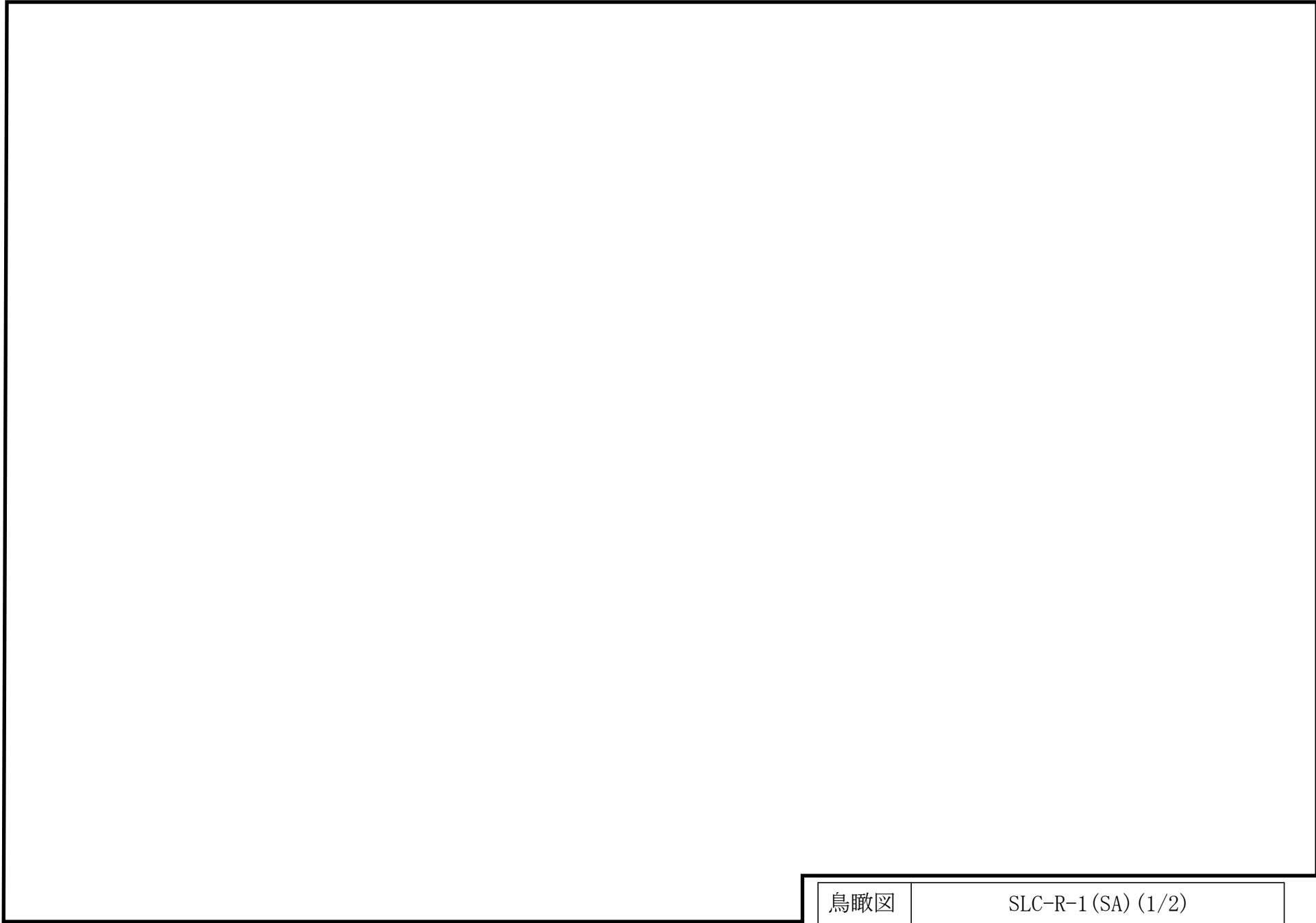
鳥瞰図

SLC-R-1 (DB) (1/2)



鳥瞰図

SLC-R-1 (DB) (2/2)



鳥瞰図

SLC-R-1 (SA) (1/2)

∞

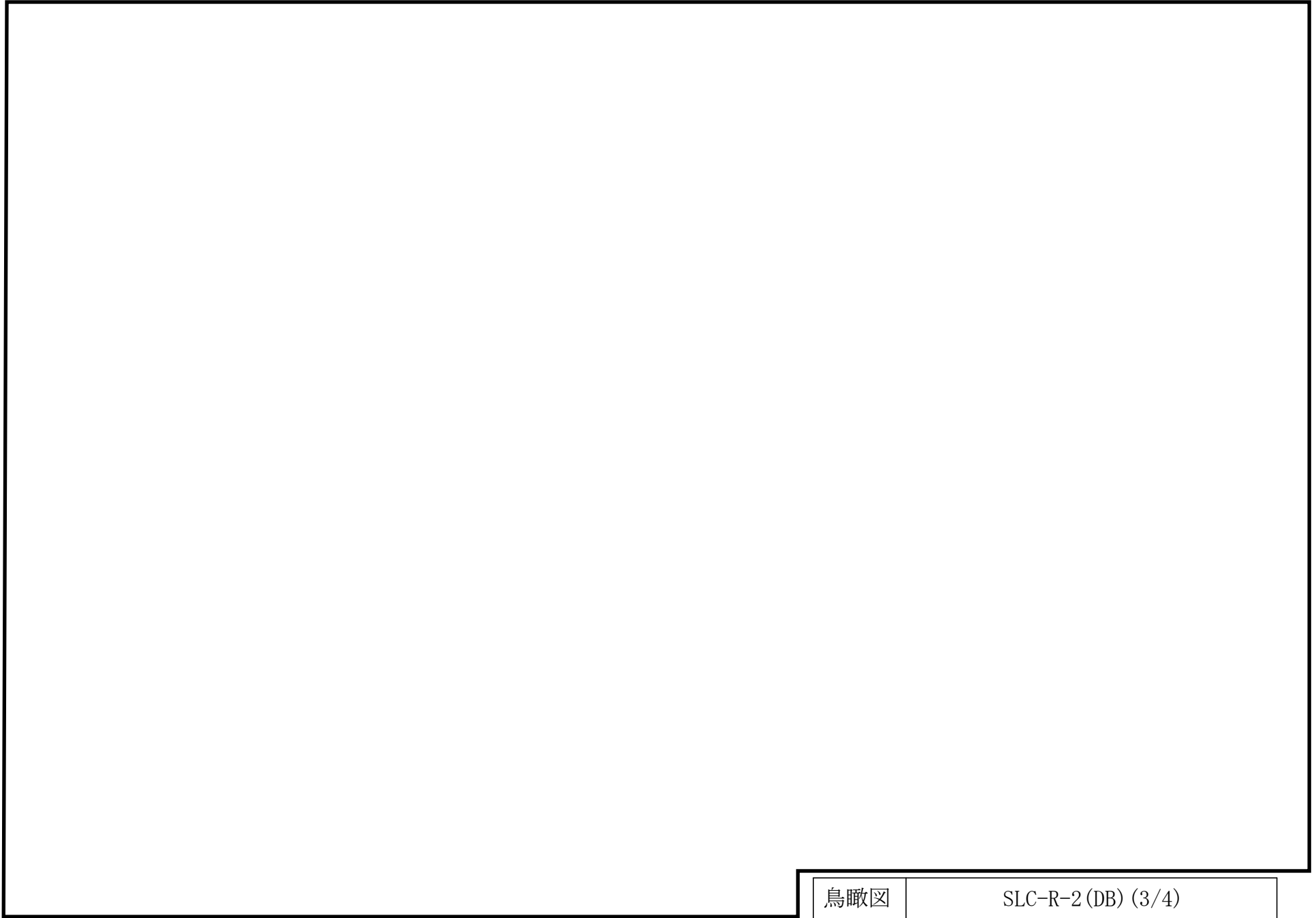
鳥瞰図

SLC-R-1 (SA) (2/2)

鳥瞰図

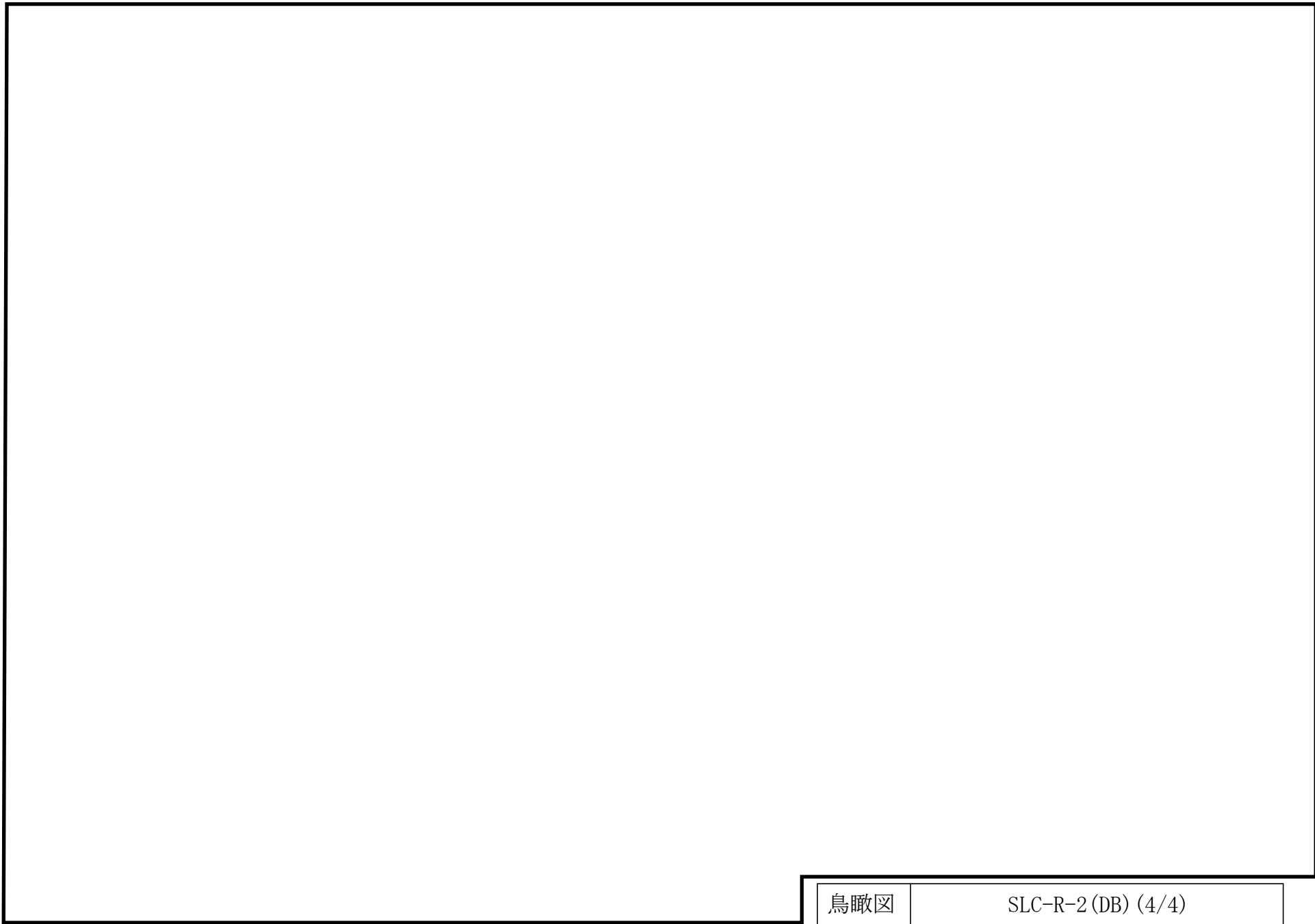
SLC-R-2(DB) (1/4)





鳥瞰図

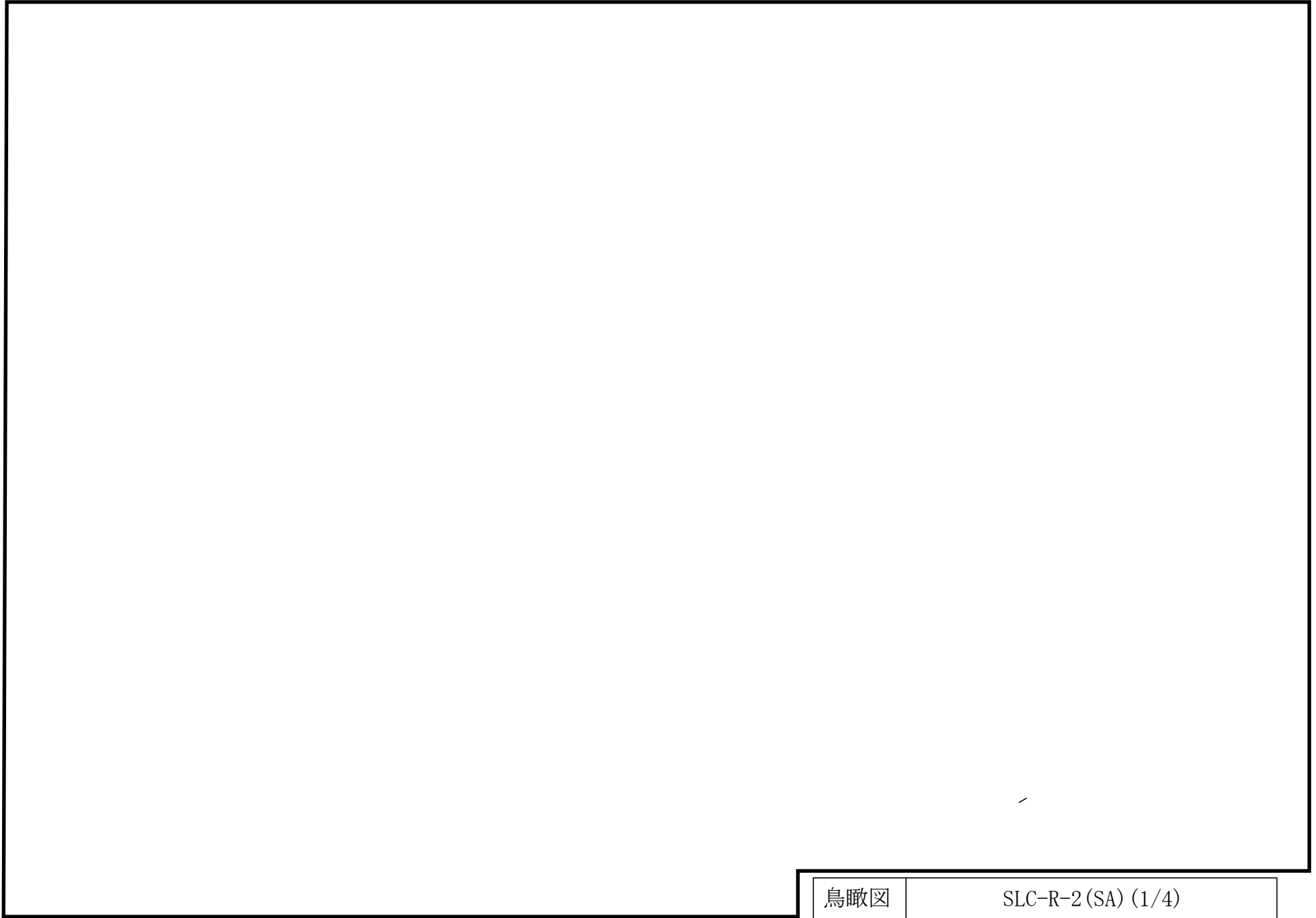
SLC-R-2(DB) (3/4)



鳥瞰図

SLC-R-2(DB) (4/4)



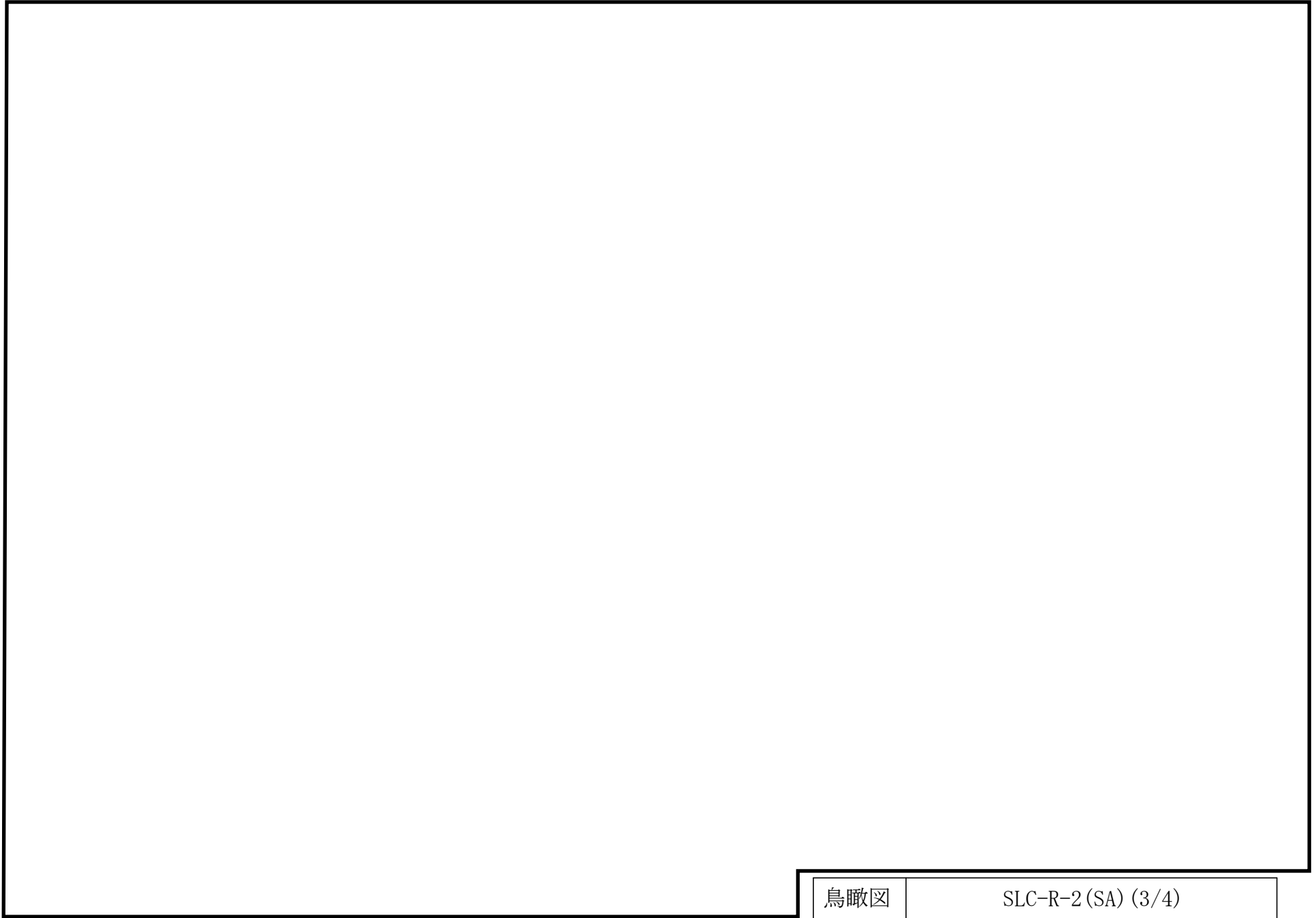


鳥瞰図

SLC-R-2(SA) (1/4)

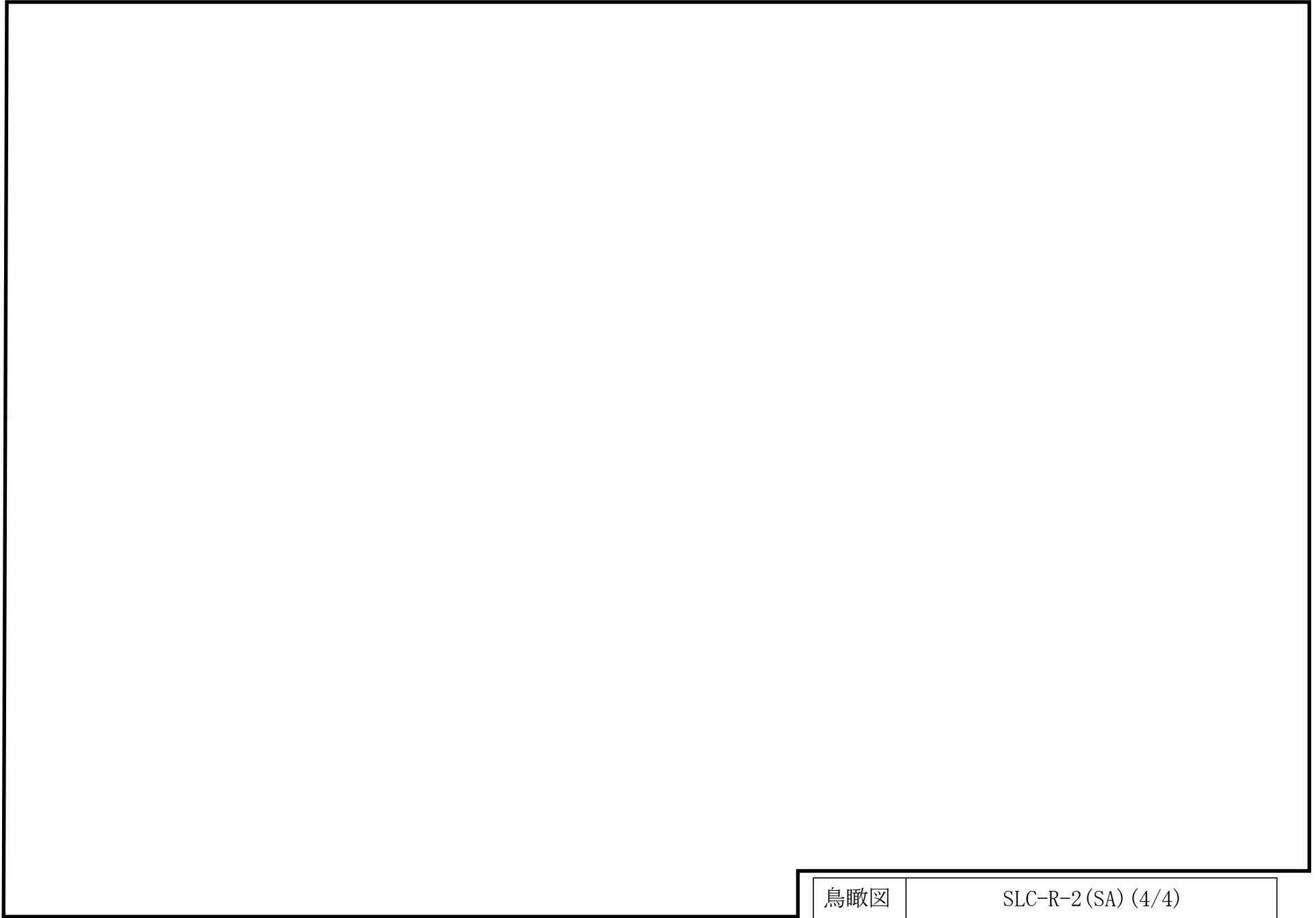
鳥瞰図

SLC-R-2(SA) (2/4)



鳥瞰図

SLC-R-2(SA) (3/4)



鳥瞰図

SLC-R-2(SA) (4/4)

### 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「H I 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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	DB	—	クラス2管	S	$I_L + S_d$	III <sub>A</sub> S
							$II_L + S_d$	
							$I_L + S_s$	IV <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$	
			SA	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$I_L + S_s$	IV <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$	
							$V_L(L) + S_d$ <sup>*6, *7, *8</sup>	V <sub>A</sub> S
							$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6, *9</sup>	
$V_L + S_s$ <sup>*10</sup>								
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	SA	常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$I_L + S_s$	IV <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$	
							$V_L(L) + S_d$ <sup>*6, *7, *8</sup>	V <sub>A</sub> S
							$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6, *9</sup>	
							$V_L + S_s$ <sup>*10</sup>	

## 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 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉格納施設	原子炉格納容器安全設備	ほう酸水注入系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
							V <sub>L</sub> (L) + S <sub>d</sub> <sup>*6, *7, *8</sup>	V <sub>A</sub> S
							V <sub>L</sub> (L L) + S <sub>s</sub> <sup>*6, *9</sup>	
							V <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*10</sup>	

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

\*3 : 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (L L)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5 : 許容応力状態V<sub>A</sub> Sは許容応力状態IV<sub>A</sub> Sの許容限界を使用し, 許容応力状態IV<sub>A</sub> Sとして評価を実施する。

\*6 : 原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する。

\*7 : 原子炉格納容器バウンダリは, 事象の進展によっては, 重大事故等時の最大荷重の発生タイミングが遅くなる可能性があることから, 保守的に重大事故等時の最大荷重とS<sub>d</sub>地震力の組合せを考慮する。

\*8 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用しない場合)における荷重条件を適用する。

\*9 : 原子炉格納容器過圧・過温破損(残留熱代替除去系を使用する場合)における荷重条件を適用する。

\*10 : 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから, 重大事故等時の最大荷重とS<sub>s</sub>地震力の組合せを考慮する。

### 3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 SLC-R-1

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1A～531W, 532W～58W	Ⅲ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅳ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅴ <sub>A</sub> S	8.98	304
2	59W～67W	Ⅲ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅳ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅴ <sub>A</sub> S	8.98	304



設計条件

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

鳥 瞰 図 SLC-R-1

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～531W, 532W～58W	48.6	5.1	SUS304TP	S	193667
2	59W～67W	48.6	5.1	SUS316LTP	S	193667

弁部の質量

鳥 瞰 図 SLC-R-1

質量	対応する評価点
	58W~59W

弁部の寸法

鳥 瞰 図 SLC-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
58W~59W			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SLC-R-1

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1A						
5						
15						
23						
26						
301						
33						
38						
41						
44						
46						
51						
53						
551						
63						
68N						

S2 補 VI-2-6-4-1-3 R1

設計条件

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

鳥 瞰 図 SLC-R-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1N~9, 10~37 38~46N, 27~49 24~56	Ⅲ <sub>A</sub> S	0.93	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.93	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	0.93	66
2	52~53N, 59~60N	Ⅲ <sub>A</sub> S	静水頭	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	静水頭	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	静水頭	66
3	83~85W, 86W~87W 88W~93W, 124W~129W 130W~131W, 132W~134 83~151N, 134~153N 91~170A, 126~179A	Ⅲ <sub>A</sub> S	11.80	66
		Ⅳ <sub>A</sub> S	11.80	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	11.80	66
4	94W~115A, 106~123W	Ⅲ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅳ <sub>A</sub> S	8.62	302
		Ⅴ <sub>A</sub> S	8.98	304

設計条件

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

鳥 瞰 図 SLC-R-2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～9, 10～37 38～46N, 27～49 24～56	89.1	5.5	SUS304TP	S	193667
2	52～53N, 59～60N	89.1	5.5	SUS304TP	S	193667
3	83～85W, 86W～87W 88W～93W, 124W～129W 130W～131W, 132W～134 83～151N, 134～153N 91～170A, 126～179A	48.6	5.1	SUS304TP	S	193667
4	94W～115A, 106～123W	48.6	5.1	SUS304TP	S	193667


配管の付加質量

鳥 瞰 図 SLC-R-2

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	52～53N, 59～60N

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 SLC-R-2

質量	対応する評価点
	1N, 46N
	151N, 153N



弁部の質量

鳥 瞰 図 SLC-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	9~10, 37~38		49, 52, 56, 59
	50, 57		51, 58
	5101, 5801		85W~86W, 131W~132W
	87W~88W, 129W~130W		123W, 124W, 93W, 94W
	1231, 9301		1230, 9311
	1233, 9303		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 SLC-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
9~10				37~38			
49~50				50~51			
51~5102				5102~5101			
50~52				56~57			
57~58				58~5802			
5802~5801				57~59			
85W~86W				87W~88W			
93W~9301				9301~9311			
9311~9302				9302~9303			
9301~94W				123W~1231			
1231~1230				1230~1232			
1232~1233				1231~124W			
129W~130W				131W~132W			

S2 補 VI-2-6-4-1-3 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SLC-R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1N						
13						
22						
22						
31						
34						
46N						
48						
5102						
5102						
53N						
55						
5802						
5802						
60N						
89						
9302						
9302						
9701						
102						
104						
1081						
115A						
120						
** 122 **						
1232						
1241						
128						
151N						
153N						

S2 補 VI-2-6-4-1-3 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SLC-R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
170A						
179A						

### 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
SUS304TP	302	—	126	391	110
SUS304TP	304	—	126	391	110
SUS316LTP	302	—	104	373	94
SUS316LTP	304	—	104	373	94
SUS304TP	66	—	188	479	126

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。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。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
SLC-R-1	原子炉建物	EL			
SLC-R-2	原子炉建物	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 SLC-R-1

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

\*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

\*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

\*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 SLC-R-1

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

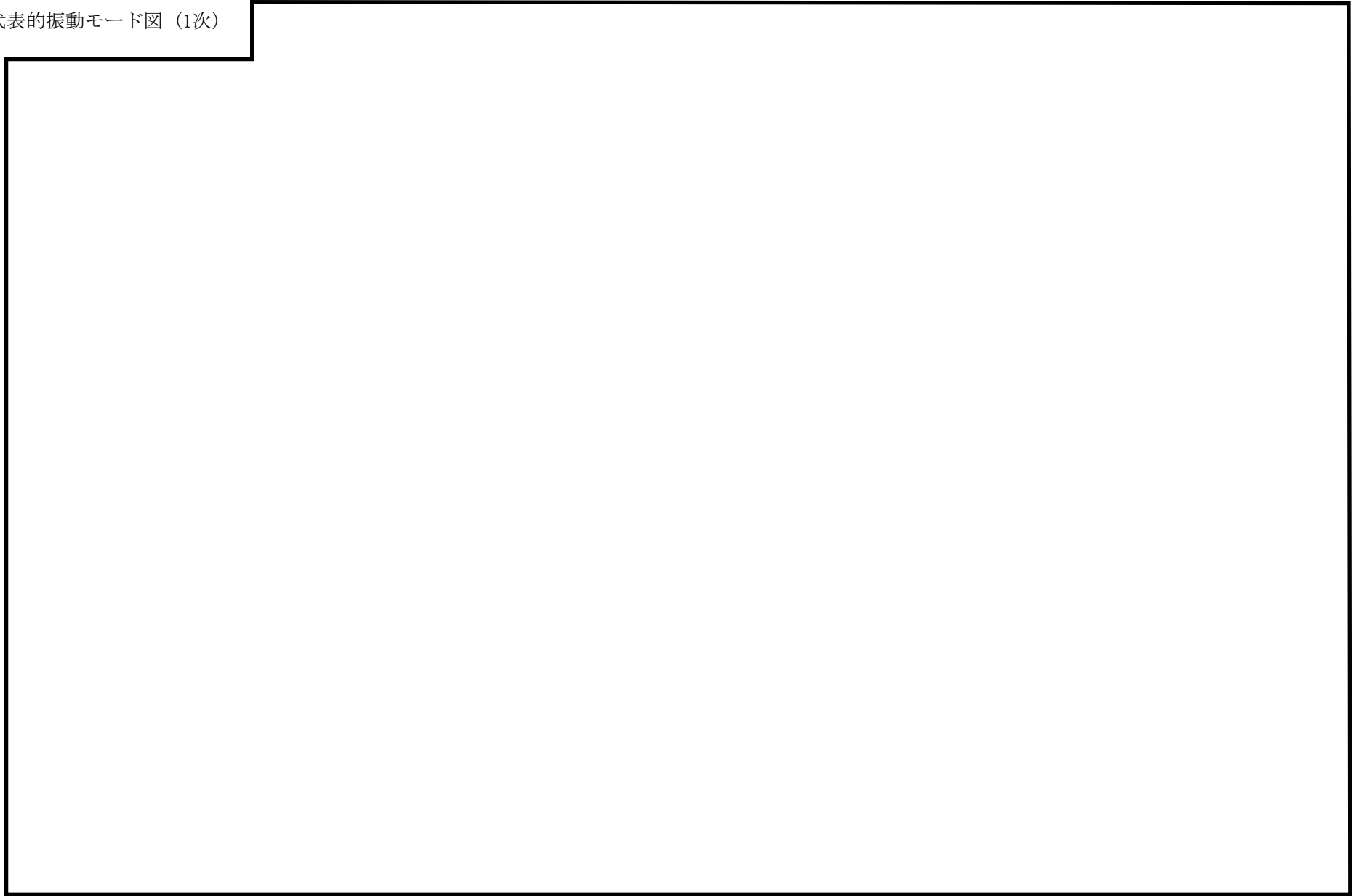
注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。



## 代表的振動モード図

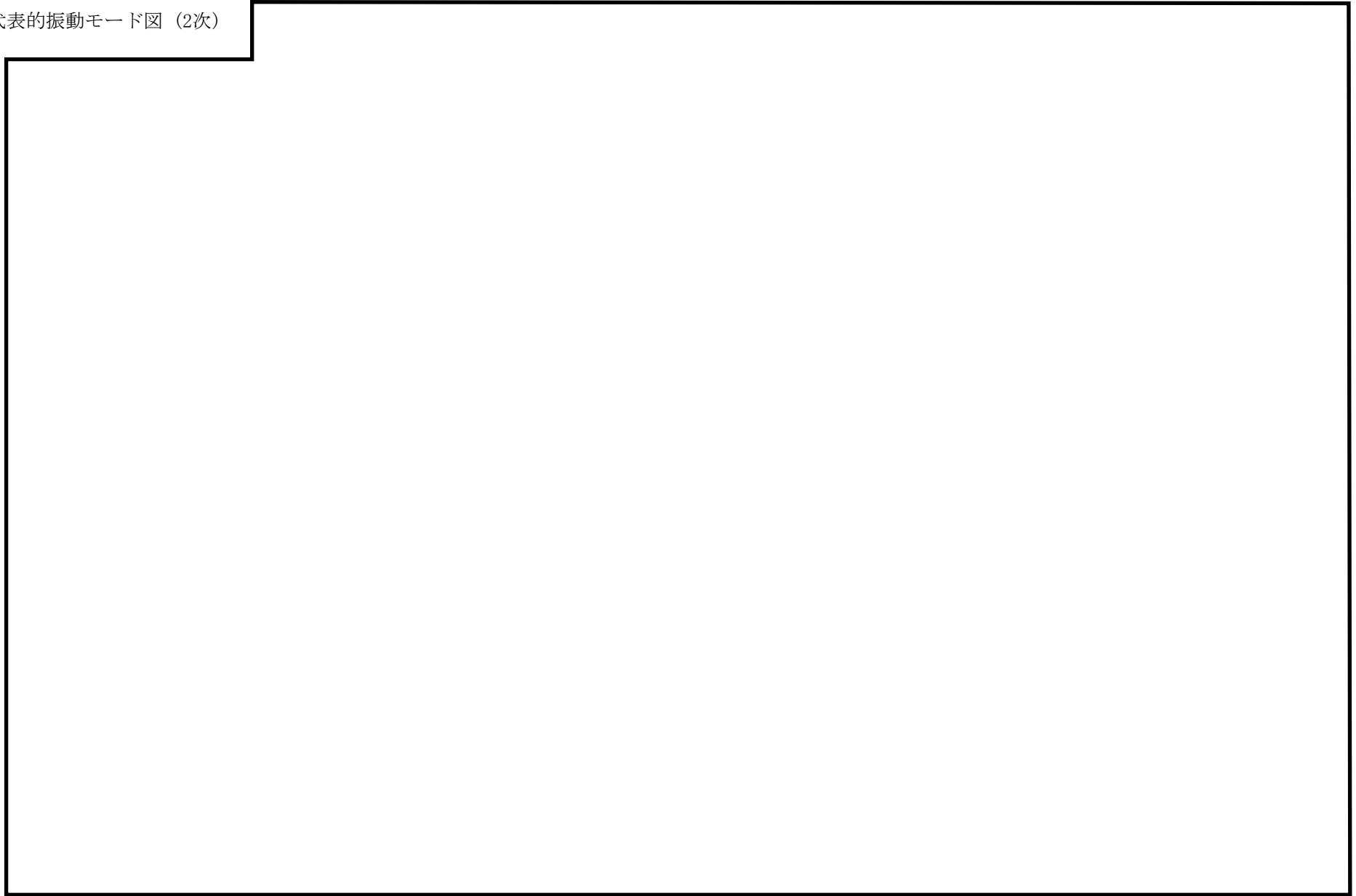
振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

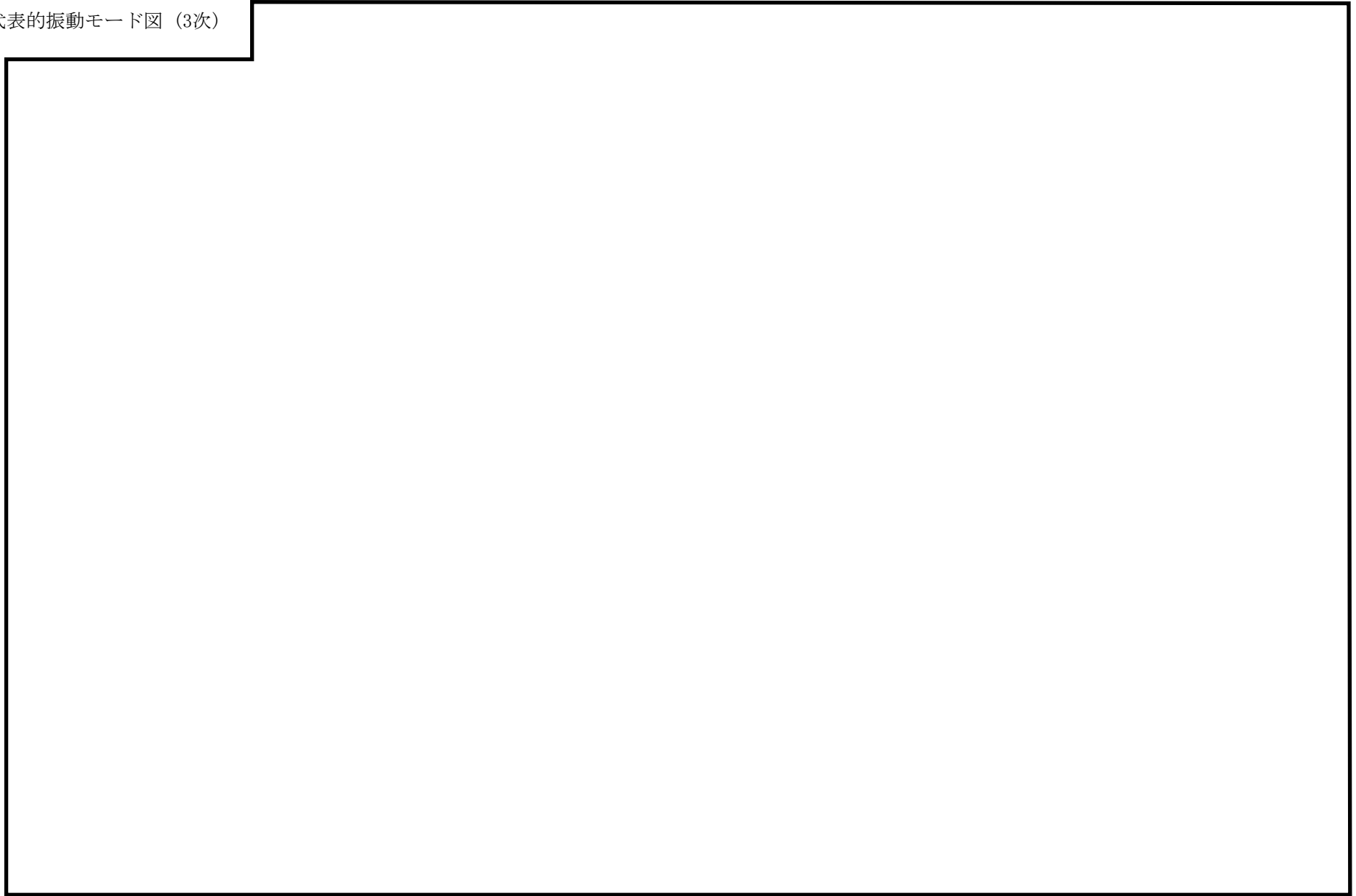


38

代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



40

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 SLC-R-2

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有 周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

\*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

\*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

\*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 SLC-R-2

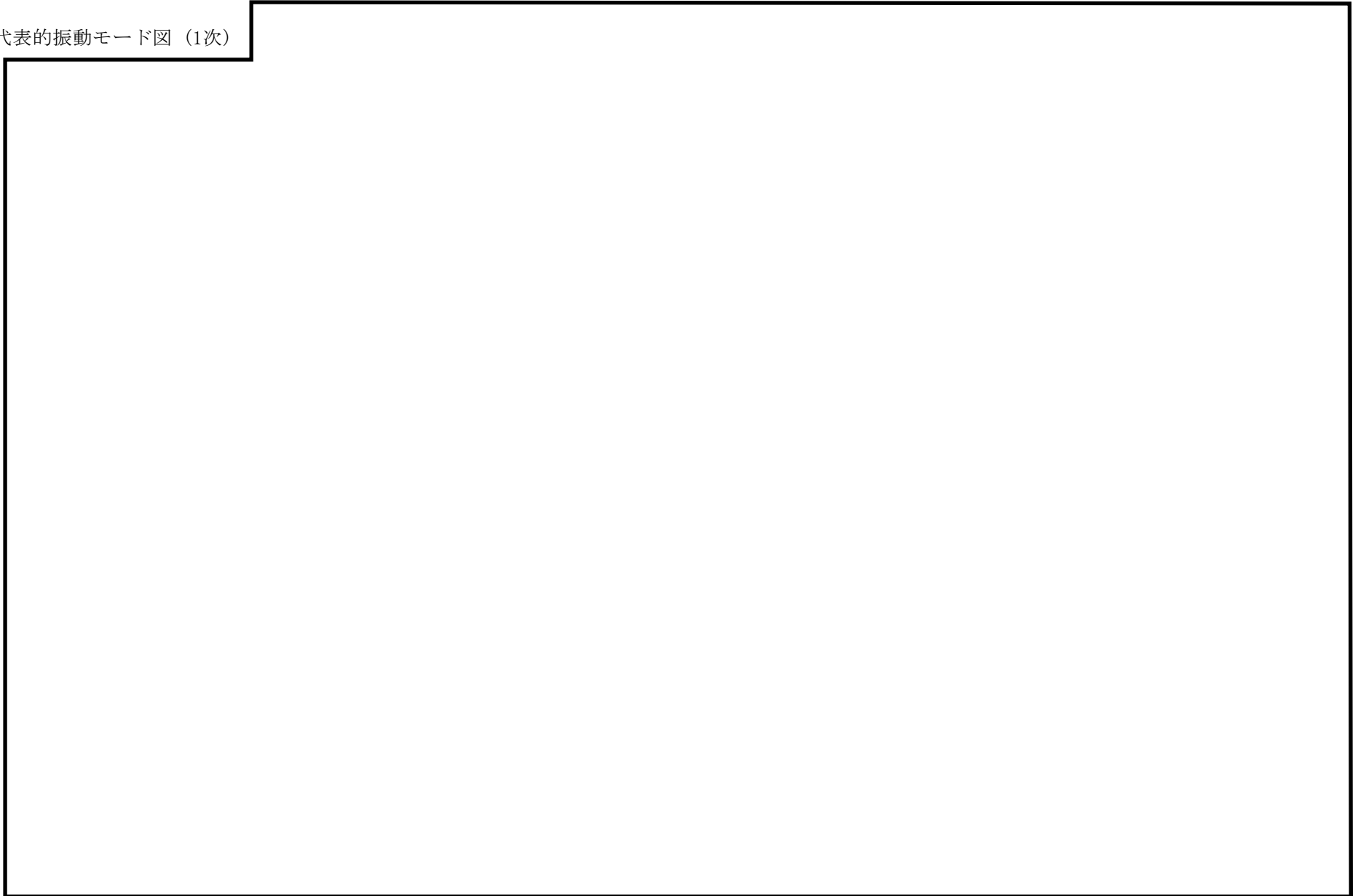
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 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，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)





## 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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
Ⅲ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	SLC-R-2	93W	119	188	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	SLC-R-1	57W	126	252	—
Ⅳ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	SLC-R-2	93W	169	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	SLC-R-1	57W	235	252	—

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  $1.2 \cdot S$  のうち大きい方とする。

## 評価結果

## 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

## 重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	SLC-R-2	93W	169	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	SLC-R-1	57W	235	252	—
V <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	SLC-R-2	93W	169	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	SLC-R-1	57W	235	252	—

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	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	100	—	—	—
SNO-SLC-203	オイルスナッパ	SHP-03			0.4	4.5	—
RE-SLC-209	ロッドレストレイント	RSA-3			13	54	—
SH-SLC-206	スプリングハンガ	VS-5			1.2	1.3	
—	コンスタントハンガ	—			—	—	
—	リジットハンガ	—			—	—	

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	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 <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-SLC-3242	レストレイント	Uボルト	SS400	100	0	7	3	—	—	—	組合せ	143	261
AN-SLC-3201	アンカ	ラグ	SUS304	304	1	2	2	1	1	1	組合せ	69	98

## 4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)									
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	SLC-PD-1	58W	45	112	2.48	—	79W	45	208	4.62	—	—
2	SLC-R-1	15	64	132	2.06	—	57W	126	252	2.00	—	○
3	SLC-R-2	93W	119	188	1.57	○	124W	134	376	2.80	—	—
4	SLC-R-3	1A	46	188	4.08	—	1A	26	376	14.46	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	SLC-PD-1	58W	59	335	5.67	—	78W	82	208	2.53	—	—
2	SLC-R-1	15	92	351	3.81	—	57W	235	252	1.07	—	○
3	SLC-R-2	93W	169	431	2.55	○	93W	211	376	1.78	—	—
4	SLC-R-3	1A	51	431	8.45	—	1A	34	376	11.05	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	SLC-PD-1	58W	59	335	5.67	—	78W	82	208	2.53	—	—
2	SLC-R-1	15	92	351	3.81	—	57W	235	252	1.07	—	○
3	SLC-R-2	93W	169	431	2.55	○	93W	211	376	1.78	—	—
4	SLC-R-3	1A	51	431	8.45	—	1A	34	376	11.05	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	SLC-PD-1	58W	60	335	5.58	—	78W	82	208	2.53	—	—
2	SLC-R-1	15	93	351	3.77	—	57W	235	252	1.07	—	○
3	SLC-R-2	93W	169	431	2.55	○	93W	211	376	1.78	—	—
4	SLC-R-3	1A	51	431	8.45	—	1A	34	376	11.05	—	—



## VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1 中性子源領域計装／中間領域計装の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	19
5.5 計算方法	21
5.5.1 応力の計算方法	21
5.6 計算条件	26
5.6.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力計算条件	26
5.7 応力の評価方法	26
5.7.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力評価	26
6. 評価結果	27
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	27
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27
7. 引用文献	27

## 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、中性子源領域計装／中間領域計装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。

中性子源領域計装／中間領域計装は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

中性子源領域計装／中間領域計装の構造計画を表 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>中性子源領域計装及び中間領域計装は、中性子源領域計装／中間領域計装ドライチューブ内で、検出器駆動機構によって設置位置を保持される。</p> <p>中性子源領域計装／中間領域計装ドライチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ（ばね）により支持され、下端部は原子炉中性子計装案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、原子炉中性子計装案内管及び原子炉中性子計装ハウジングでガイドされ、原子炉中性子計装ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>中性子源領域計装／中間領域計装ドライチューブは外径 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">  </span> mm の長尺円筒形の炉内構造物である。</p>	<p>中性子源領域計装／中間領域計装 概略構造図</p>	<p>中性子源領域計装／中間領域計装 ドライチューブ詳細図</p> <p>(単位: mm)</p>

## 2.2 評価方針

中性子源領域計装／中間領域計装の応力評価は、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」にて示す中性子源領域計装／中間領域計装の部位を踏まえ「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、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「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。

中性子源領域計装／中間領域計装の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

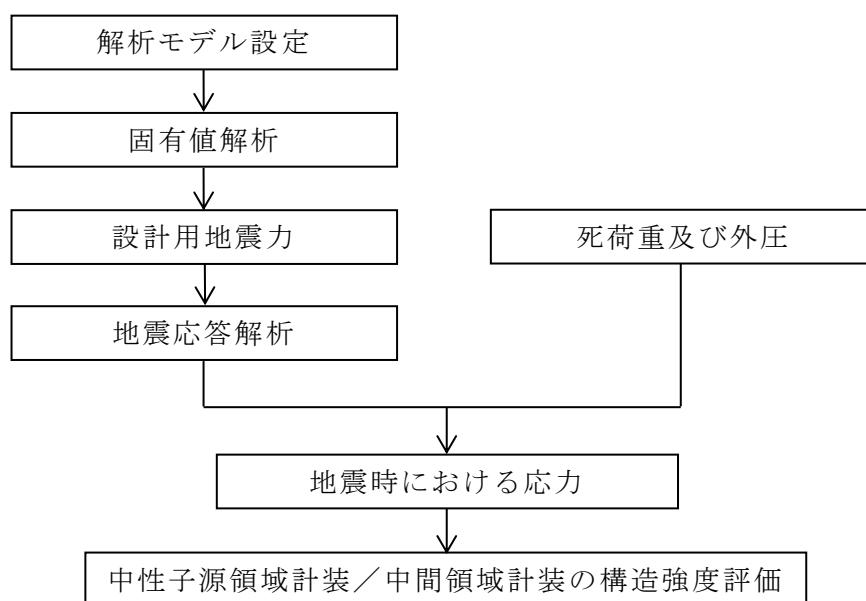


図 2-1 中性子源領域計装／中間領域計装の耐震評価フロー

### 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	断面積	mm <sup>2</sup>
D <sub>i</sub>	内径	mm
D <sub>o</sub>	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F <sub>E</sub>	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
l	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
l'	リングから応力評価点までの距離	mm
M <sub>E</sub>	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P <sub>B</sub>	チャンネルボックスからの支持反力	N
P <sub>o</sub>	外圧	MPa
S <sub>12</sub>	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S <sub>23</sub>	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S <sub>31</sub>	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S <sub>m</sub>	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V <sub>D</sub>	死荷重による鉛直力	N
V <sub>S</sub>	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
$\delta_D$	設計たわみ量	mm
$\eta$	溶接部の継手効率	—
$\nu$	ポアソン比	—
$\sigma_1$	主応力	MPa
$\sigma_2$	主応力	MPa
$\sigma_3$	主応力	MPa
$\sigma_l$	軸方向応力	MPa
$\sigma_r$	半径方向応力	MPa
$\sigma_t$	周方向応力	MPa
$\tau_{lr}$	せん断応力	MPa
$\tau_{rt}$	せん断応力	MPa
$\tau_{tl}$	せん断応力	MPa



## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	有効数字 3 桁目	四捨五入	有効数字 2 桁
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 <sup>*2</sup>
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁
力	N	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁
応力強さ	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

なお、計算過程に用いる値の場合は、小数点以下第 1 位を四捨五入、整数位までの値とする。

\*2：べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における設計応力強さ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 位を切捨て、整数位までの値とする。

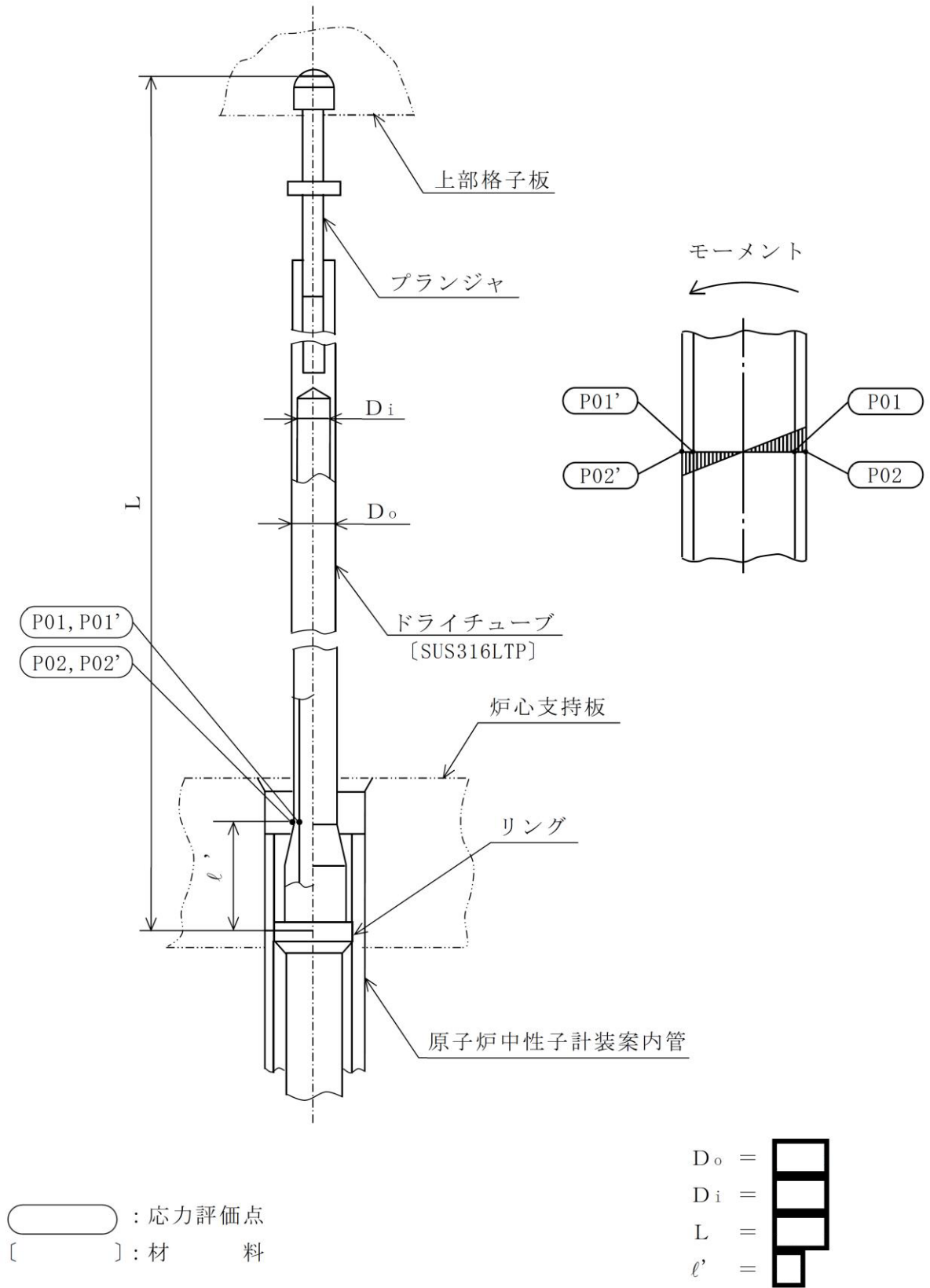
### 3. 評価部位

中性子源領域計装／中間領域計装の耐震評価は、「5.2 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ドライチューブについて実施する。なお、検出器は、ドライチューブ内に設置されており、固定部品が組み込まれた可動部の存在しない構造であり、構造上十分な耐震性を有すると考えられるため、ドライチューブを代表として評価する。中性子源領域計装／中間領域計装の耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して、応力評価上最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は (P01) と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム (') を付けて (P01') と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面 (応力評価面) について行う。



(単位：mm)

図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有値解析方法

中性子源領域計装／中間領域計装の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 中性子源領域計装／中間領域計装は、「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

中性子源領域計装／中間領域計装の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【中性子源領域計装／中間領域計装の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の中性子源領域計装／中間領域計装ドライチューブを三次元はりモデルとしてモデル化する。
- (2)
- (3)
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。  
なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性評価等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

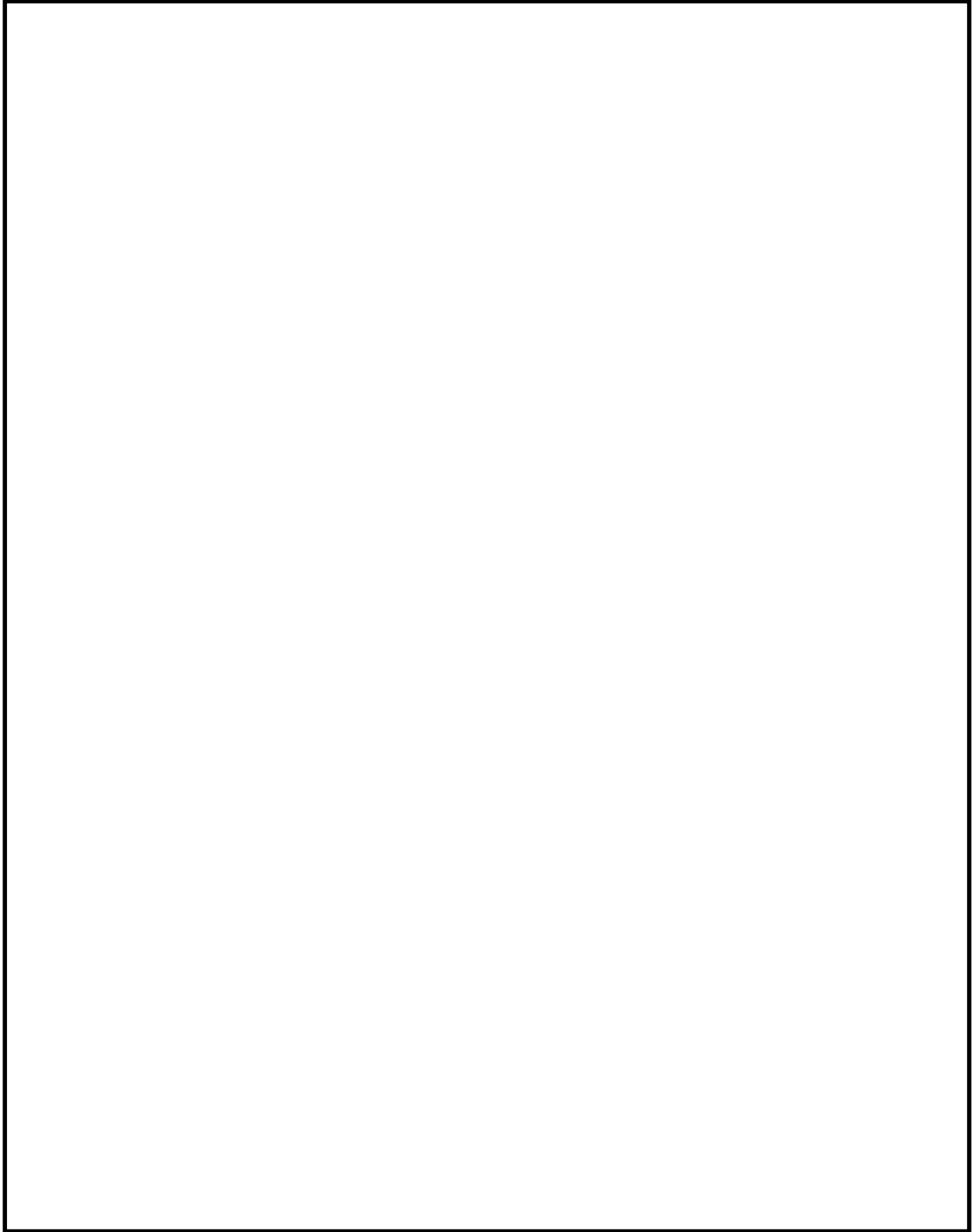


図 4-1 解析モデル

### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

なお、各次数の振動モード図（刺激関数モード）は、各節点において、各次数の刺激係数の絶対値に振動モードを乗じて求めた刺激関数を、最大の刺激関数（1 次）で正規化したものである。

表 4-1 固有値解析結果

モード*1	卓越方向	固有周期(s)	刺激係数*2	
			水平方向*3	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—

注記\*1：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

\*2：固有値解析より得られる各次数の刺激係数の絶対値に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

\*3：X 方向と Z 方向は同一である。

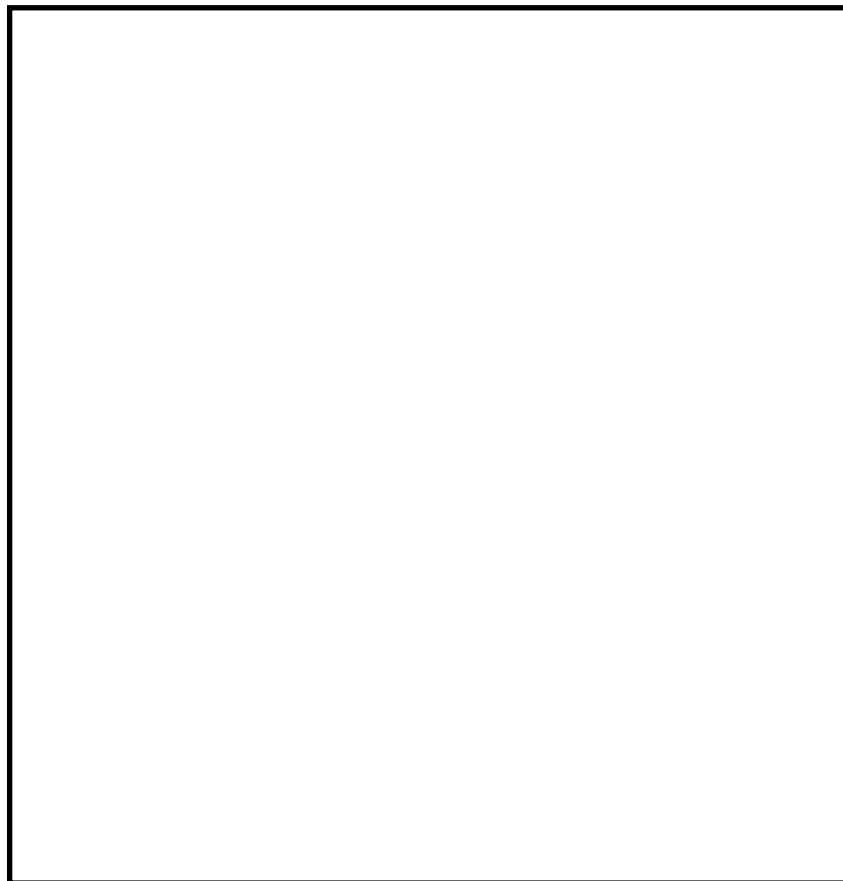


図 4-2 振動モード図（刺激関数モード）

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度（動的加速度と静的加速度の包絡値）を加えて求める。中性子源領域計装／中間領域計装の動的応答加速度分布図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

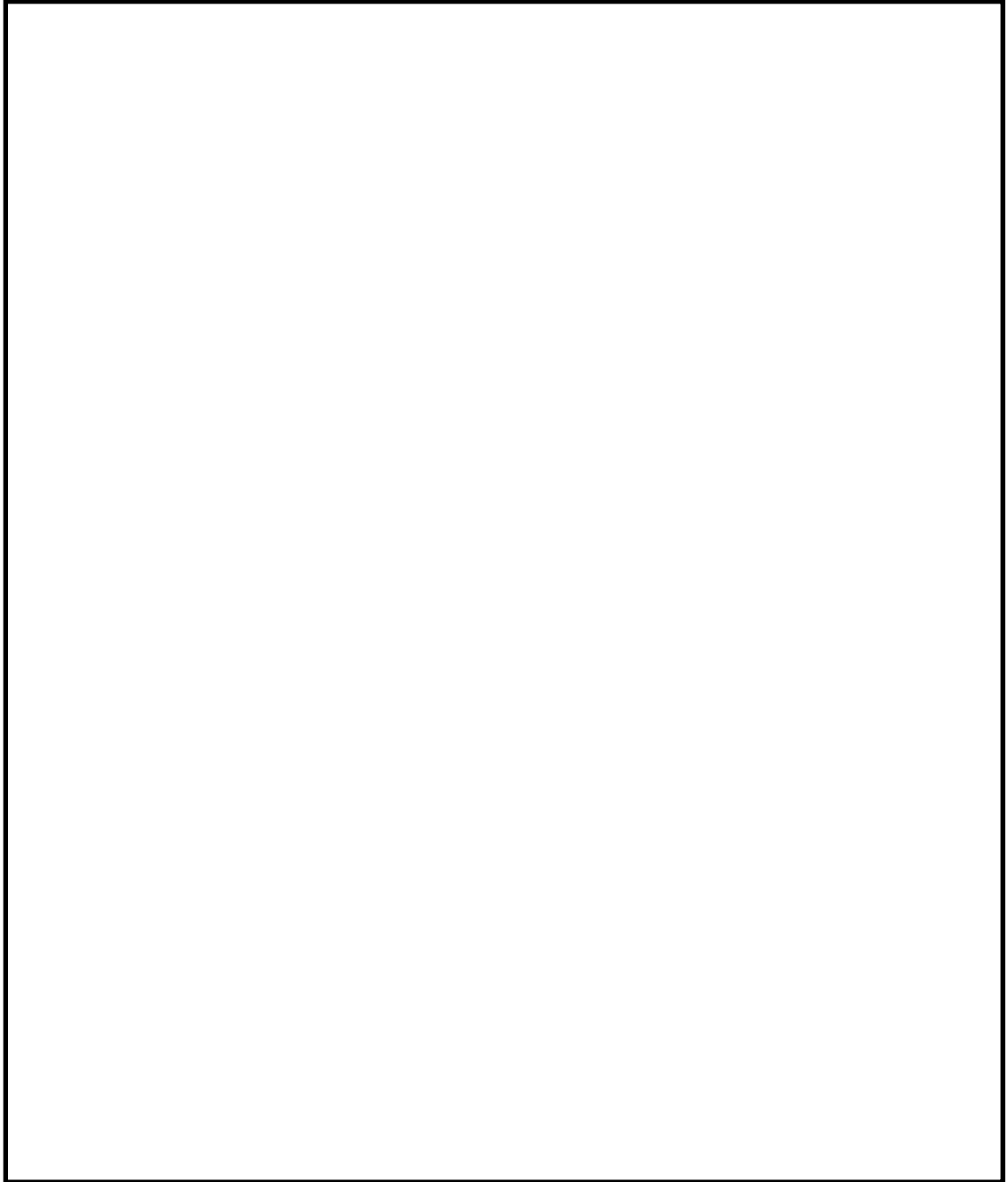


図 5-1 動的応答加速度分布図（弾性設計用地震動 S d）

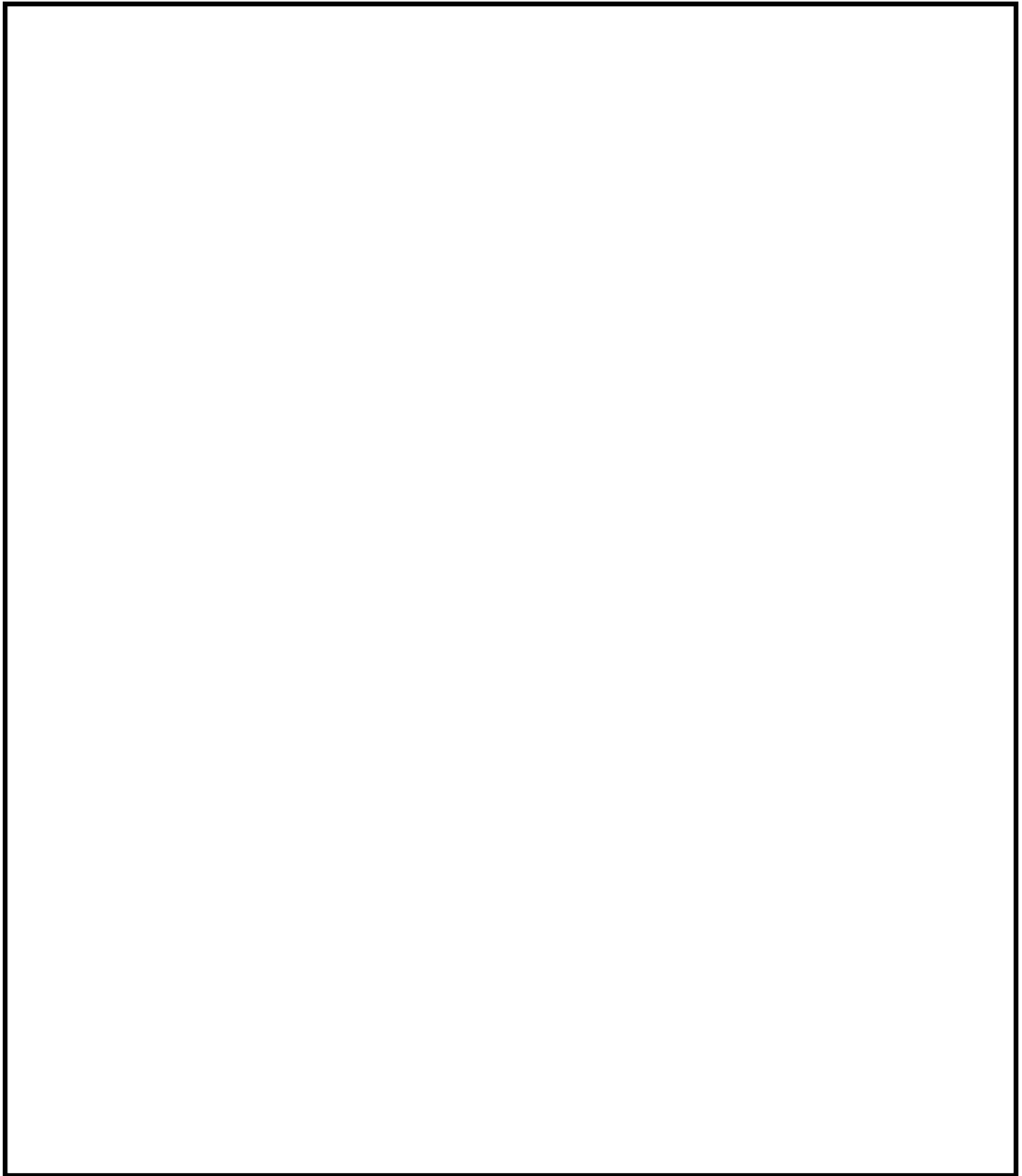


図 5-2 動的応答加速度分布図（基準地震動  $S_s$ ）



## 5.2 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、中性子源領域計装／中間領域計装に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

## 5.3 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中性子源領域計装／中間領域計装の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

### 5.3.2 許容応力

中性子源領域計装／中間領域計装の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

### 5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

中性子源領域計装／中間領域計装の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

### 5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点は、溶接部でないため  $\eta = 1.00$  を用いる。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	中性子源領域計装/ 中間領域計装	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束計装不作動	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S

注記\*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	中性子源領域計装/ 中間領域計装	常設耐震/ 防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてIVAS の許容限界を用いる。)

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (炉内構造物)

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力
Ⅲ A S	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
Ⅳ A S	$2/3 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値
Ⅴ A S (Ⅴ A SとしてⅣ A S の許容限界を用いる。)	ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_u$ (MPa)
ドライチューブ	SUS316LTP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_u$ (MPa)
ドライチューブ	SUS316LTP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 5.4 設計用地震力

中性子源領域計装／中間領域計装の設計用地震力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。

「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「設計用床応答スペクトルの作成方針」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 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) * <sup>1</sup>					
固有周期(s)		水平： <input type="text"/> * <sup>2</sup> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード* <sup>3</sup>	固有周期(s)	応答水平震度* <sup>4</sup>		応答鉛直震度* <sup>4</sup>	応答水平震度* <sup>5</sup>		応答鉛直震度* <sup>5</sup>
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	4.32	3.48	—	9.11	7.55	—
2 次		5.99	5.11	—	18.57	21.96	—
動的震度* <sup>6, *7</sup>		1.38	1.45	0.72	2.93	2.79	2.03
静的震度* <sup>8</sup>		0.86	0.85	0.29	—	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載

\*3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。なお、0.020s 以上 0.050s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動 S d）により得られる震度

\*5：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S s）により得られる震度

\*6：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動 S d）及び設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

\*7：最大応答加速度を 1.2 倍した震度

\*8： $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$  より定めた震度

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)		炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1					
固有周期(s)		水平： <input type="text"/> *2 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		
モード*3	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度*4		応答鉛直震度*4
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	9.11	7.55	—
2 次		—	—	—	18.57	21.96	—
動的震度*5,*6		—	—	—	2.93	2.79	2.03
静的震度		—	—	—	—	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1次固有周期について記載

\*3：固有周期が0.050s以上のモードを示す。なお、0.020s以上0.050s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により得られる震度

\*5：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

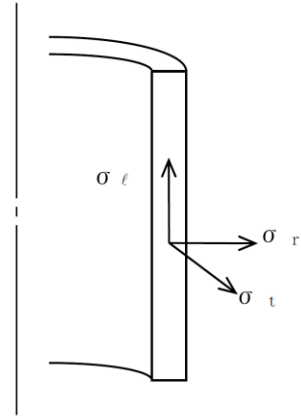
\*6：最大応答加速度を1.2倍した震度

## 5.5 計算方法

### 5.5.1 応力の計算方法

中性子源領域計装／中間領域計装の応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- $\sigma_t$  : 周方向応力
- $\sigma_\ell$  : 軸方向応力
- $\sigma_r$  : 半径方向応力
- $\tau_{t\ell}$  : せん断応力



中性子源領域計装／中間領域計装に作用する外圧を表 5-8，死荷重を表 5-9 及び地震荷重を表 5-10 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-8 中性子源領域計装／中間領域計装に作用する外圧

許容応力状態	外圧
	$P_o$ (MPa)
Ⅲ A S	
Ⅳ A S	
Ⅴ A S	



表 5-9 中性子源領域計装／中間領域計装に作用する死荷重

荷重名称	鉛直力
	$V_D$ (N)
死荷重	

表 5-10 中性子源領域計装／中間領域計装に作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力	水平力*1	地震時 中性子源領域計装 ／中間領域計装 設計たわみ量*2
	$V_S$ (N)	H (N)	$\delta_D$ (mm)
弾性設計用地震動 S d 又は静的地震力			
基準地震動 S s			

注記\*1：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり中性子源領域計装／中間領域計装に一樣に加わる。

\*2：燃料集合体の相対変位（地震時たわみ量）及び水平移動量と中性子源領域計装／中間領域計装の移動量の合計。燃料集合体の相対変位はVI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧  $P_o$  による一次一般膜応力は，下式により計算する。

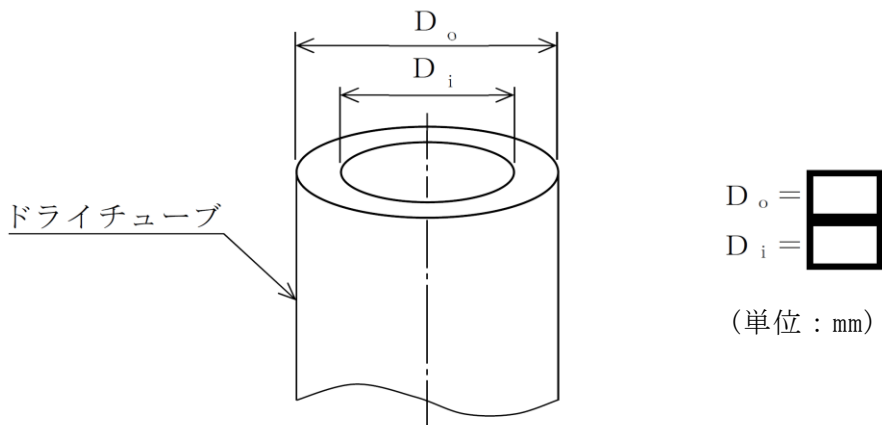
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで，外径と内径の比  $Y$  は，次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧  $P_o$  による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜+一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

5.5.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は，下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

5.5.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力

[Redacted text block]

応力計算モデルを、図 5-3 に示す。

[Redacted text block]

[Redacted text block] 応力評価点の曲げモーメント  $M_E$ 、せん断力  $F_E$  は下式により計算する。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \dots \dots \dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \dots \dots \dots (5.5.1.3.2)$$

ここで、 $P_B$ 、 $w$ 、 $\ell$  は、下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \dots \dots \dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \dots \dots \dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left( \frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \dots \dots \dots (5.5.1.3.5)$$

したがって、応力評価点に生じる一次曲げ応力は、次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_O}{2} \dots \dots \dots (5.5.1.3.6)$$

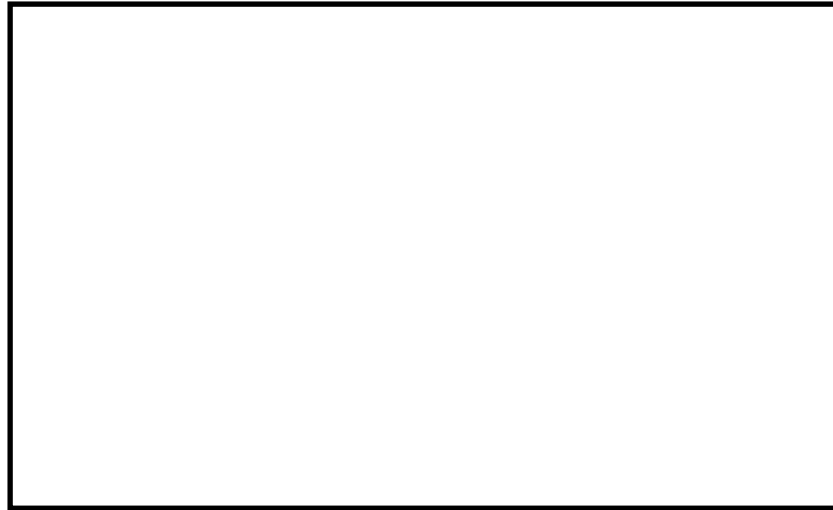
また、応力評価点に生じる一次一般膜応力は、次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \dots \dots \dots (5.5.1.3.7)$$

## (2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$



(単位：mm)

図 5-3 水平方向地震荷重による応力の計算モデル

## 5.5.1.4 主応力及び応力強さ

## (1) 主応力

荷重ごとに計算した応力を重ね合わせた結果から，主応力を求める。

応力成分は一般に  $\sigma_t$ ， $\sigma_{\ell}$ ， $\sigma_r$ ， $\tau_{t\ell}$ ， $\tau_{\ell r}$ ， $\tau_{rt}$  の 6 成分であるが，主応力  $\sigma$  は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根  $\sigma_1$ ， $\sigma_2$ ， $\sigma_3$  として計算する。

$$\begin{aligned} & \sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ & - \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ & + \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

## (2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

## 5.6 計算条件

### 5.6.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中性子源領域計装／中間領域計装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。

## 5.7 応力の評価方法

### 5.7.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力評価

5.5.1 項で求めた中性子源領域計装／中間領域計装の各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

中性子源領域計装／中間領域計装の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中性子源領域計装／中間領域計装の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

【中性子源領域計装／中間領域計装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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		流体の最高温度 (°C)		外圧(MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ A S	Ⅳ A S	Ⅲ A S	Ⅳ A S
中性子源領域計装 ／中間領域計装	S	炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1	<input type="text"/>	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.45*2 又は*3	C <sub>V</sub> =0.72*2	C <sub>H</sub> =2.93*4 又は*5	C <sub>V</sub> =2.03*4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記\*1：基準床レベルを示す。

- \*2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度
- \*3：設計用床応答スペクトルⅠ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）により得られる震度
- \*4：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度
- \*5：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により得られる震度

1.2 機器要目

部材	V <sub>D</sub> (N)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
ドライチューブ	<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"/>	<input type="text"/>

1.3 計算数値

部材	V <sub>s</sub> (N)		H (N)		δ <sub>D</sub> (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
ドライチューブ	<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	ℓ (mm)		P <sub>B</sub> (N)		F <sub>E</sub> (N)		M <sub>E</sub> (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
ドライチューブ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 1.4 結論

## 1.4.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ドライチューブ	SUS316LTP	一次一般膜応力強さ	P01-P02	27	142	28	228
			P01'-P02'	27	142	28	228
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01-P02	169	214	253	342
			P01'-P02'	171	214	256	342

すべて許容応力以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS316LTP
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	10
節点数	—	個	11
継手効率	$\eta$	—	1.00

(2) 部材定数

要素番号	長さ (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

(3) 節点の質量

節点番号	節点質量 (kg)
1	—
2	<input type="text"/>
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	—

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		流体の最高温度 (°C)	外圧(MPa)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	V <sub>A</sub> S	V <sub>A</sub> S
中性子源領域計装 ／中間領域計装	常設耐震 ／防止	炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.93*2 又は*3	C <sub>V</sub> =2.03*2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

\*3：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により得られる震度

2.2 機器要目

部材	V <sub>D</sub> (N)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
ドライチューブ	<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"/>	<input type="text"/>

2.3 計算数値

部材	V <sub>s</sub> (N)		H (N)		δ <sub>D</sub> (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
ドライチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

部材	ℓ (mm)		P <sub>B</sub> (N)		F <sub>E</sub> (N)		M <sub>E</sub> (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
ドライチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 2.4 結論

## 2.4.1 中性子源領域計装／中間領域計装の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ドライチューブ	SUS316LTP	一次一般膜応力強さ	P01-P02	—	—	31	226
			P01'-P02'	—	—	31	226
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01-P02	—	—	255	339
			P01'-P02'	—	—	258	339

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS316LTP
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	10
節点数	—	個	11
継手効率	$\eta$	—	1.00

(2) 部材定数

要素番号	長さ (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

(3) 節点の質量

節点番号	節点質量 (kg)
1	—
2	<input type="text"/>
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	—

## VI-2-6-5-2 出力領域計装の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	19
5.5 計算方法	21
5.5.1 応力の計算方法	21
5.6 計算条件	26
5.6.1 出力領域計装の応力計算条件	26
5.7 応力の評価方法	26
5.7.1 出力領域計装の応力評価	26
6. 評価結果	27
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	27
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27
7. 引用文献	27

## 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、出力領域計装が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

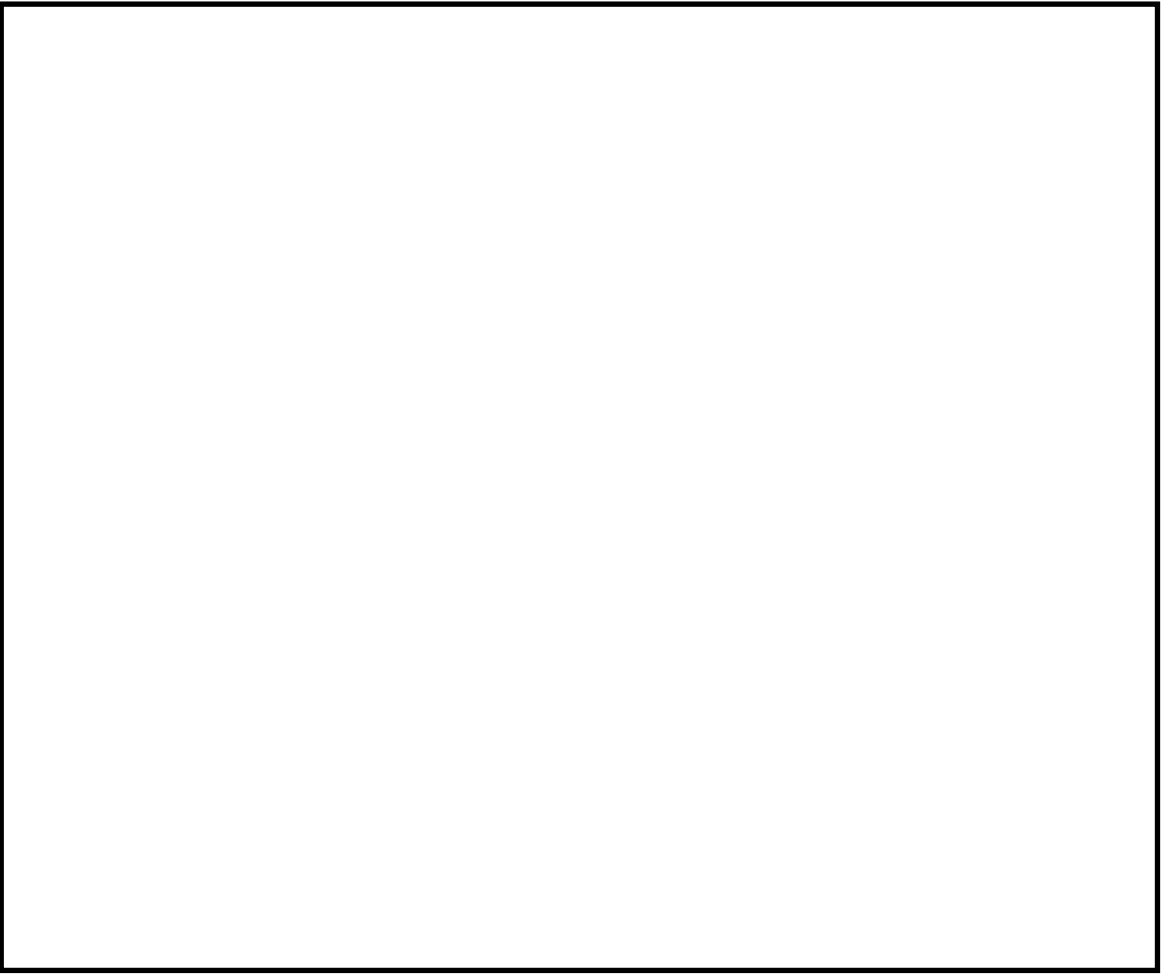
出力領域計装は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

出力領域計装の構造計画を表 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>出力領域計装は，上端を上部格子板の穴に挿入し，プランジャ（ばね）により支持され，下部は原子炉中性子計装案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では，原子炉中性子計装案内管及び原子炉中性子計装ハウジングでガイドされ，原子炉中性子計装ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱式検出器</p> <p>（外形 <input type="text"/> mm の長尺円筒形の炉内構造物である。）</p>	



## 2.2 評価方針

出力領域計装の応力評価は、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」にて示す出力領域計装の部位を踏まえ「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、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「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。

出力領域計装の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

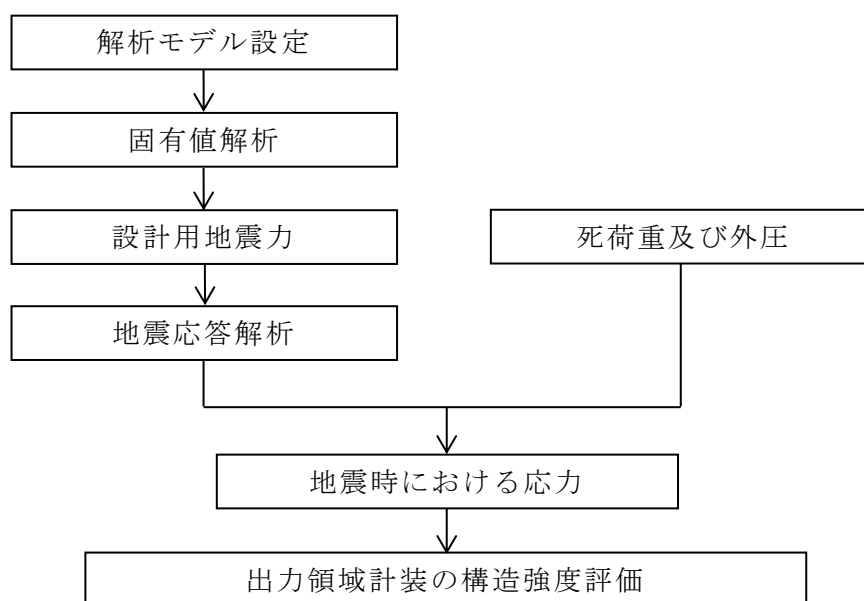


図 2-1 出力領域計装の耐震評価フロー

### 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	断面積	mm <sup>2</sup>
D <sub>i</sub>	内径	mm
D <sub>o</sub>	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F <sub>E</sub>	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
l	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
l'	リングから応力評価点までの距離	mm
M <sub>E</sub>	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P <sub>B</sub>	チャンネルボックスからの支持反力	N
P <sub>o</sub>	外圧	MPa
S <sub>12</sub>	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S <sub>23</sub>	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S <sub>31</sub>	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S <sub>m</sub>	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V <sub>D</sub>	死荷重による鉛直力	N
V <sub>S</sub>	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
$\delta_D$	設計たわみ量	mm
$\eta$	溶接部の継手効率	—
$\nu$	ポアソン比	—
$\sigma_1$	主応力	MPa
$\sigma_2$	主応力	MPa
$\sigma_3$	主応力	MPa
$\sigma_l$	軸方向応力	MPa
$\sigma_r$	半径方向応力	MPa
$\sigma_t$	周方向応力	MPa
$\tau_{lr}$	せん断応力	MPa
$\tau_{rt}$	せん断応力	MPa
$\tau_{tl}$	せん断応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	有効数字 3 桁目	四捨五入	有効数字 2 桁
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 <sup>*2</sup>
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁
力	N	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁
応力強さ	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

なお、計算過程に用いる値の場合は、小数点以下第 1 位を四捨五入、整数位までの値とする。

\*2：べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における設計応力強さ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 位を切捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

出力領域計装の耐震評価は、「5.2 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるカバークューブ及び校正用導管について実施する。出力領域計装の耐震評価部位を図3-1に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して、応力評価上最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は(P01)と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム(')を付けて(P01')と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面(応力評価面)について行う。

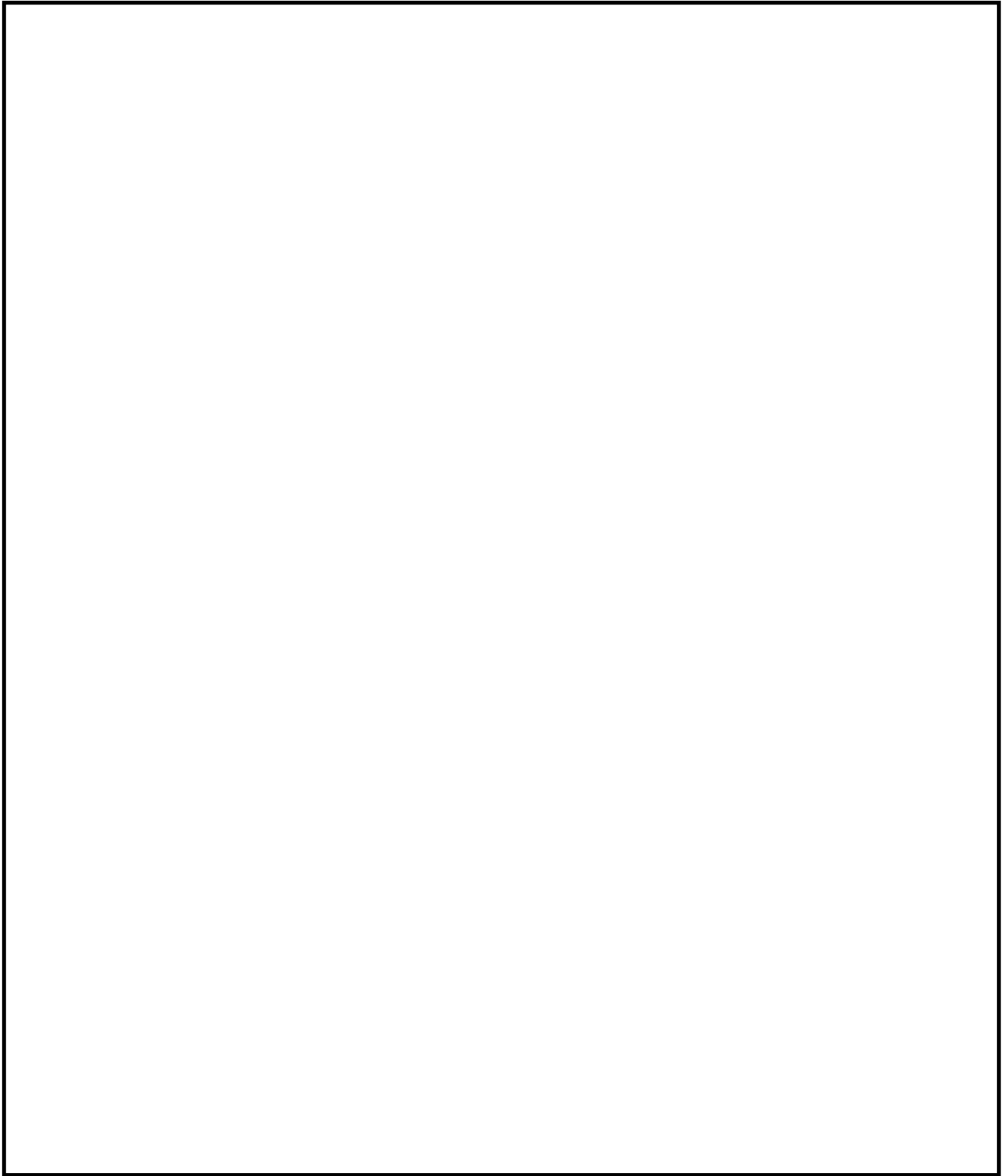


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有値解析方法

出力領域計装の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 出力領域計装は、「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

出力領域計装の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【出力領域計装の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の検出器を三次元はりモデルとしてモデル化する。
- (2)
- (3)
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 計算機コードは、「SIMCENTER NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性評価等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

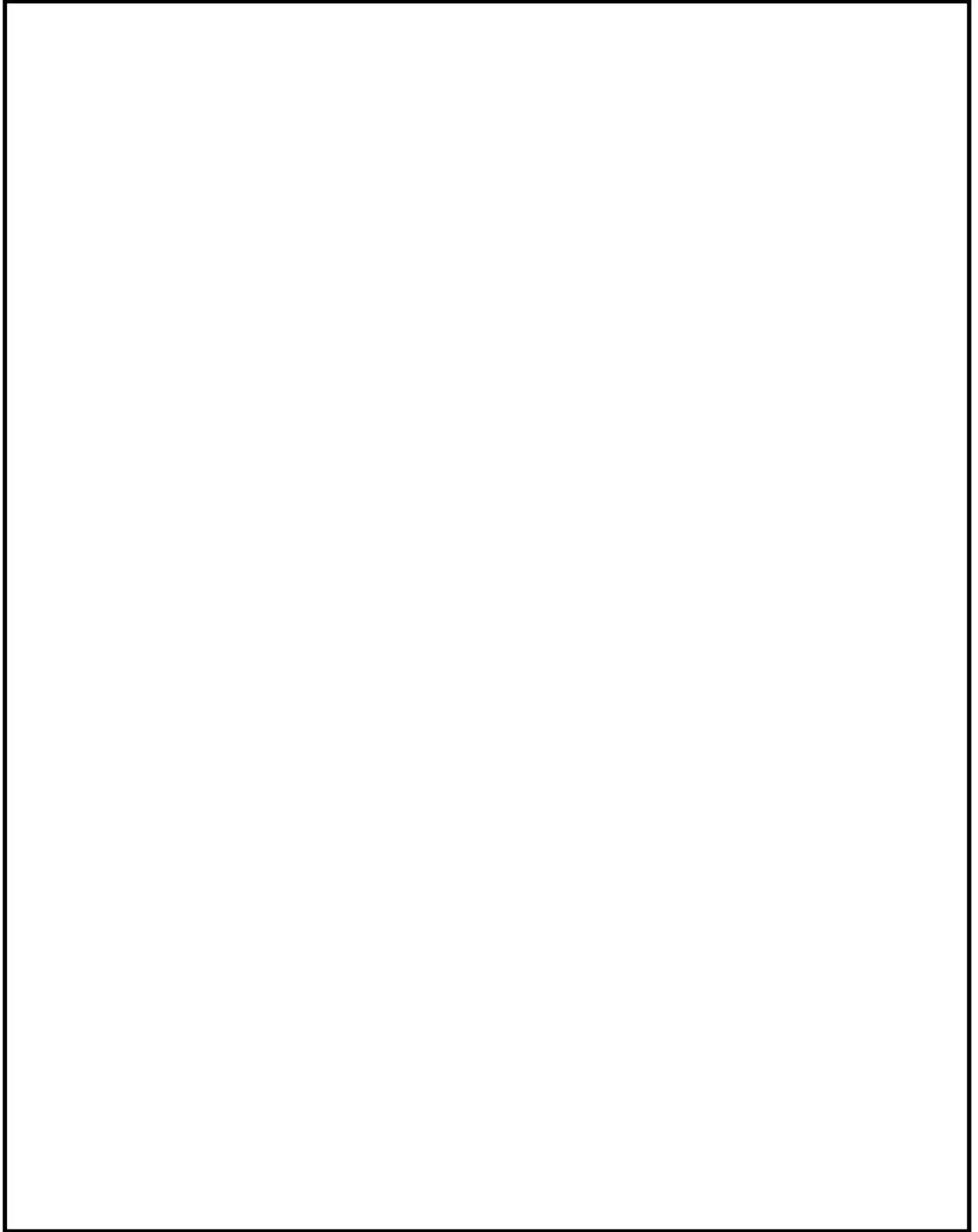


図 4-1 解析モデル



#### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

なお、各次数の振動モード図（刺激関数モード）は、各節点において、各次数の刺激係数の絶対値に振動モードを乗じて求めた刺激関数を、最大の刺激関数（1 次）で正規化したものである。

表 4-1 固有値解析結果

モード*1	卓越方向	固有周期(s)	刺激係数*2	
			水平方向*3	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—
3 次	水平			—

注記\*1：固有周期が 0.05s 以上のモードを示す。

\*2：固有値解析より得られる各次数の刺激係数の絶対値に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

\*3：X 方向と Z 方向は同一である。

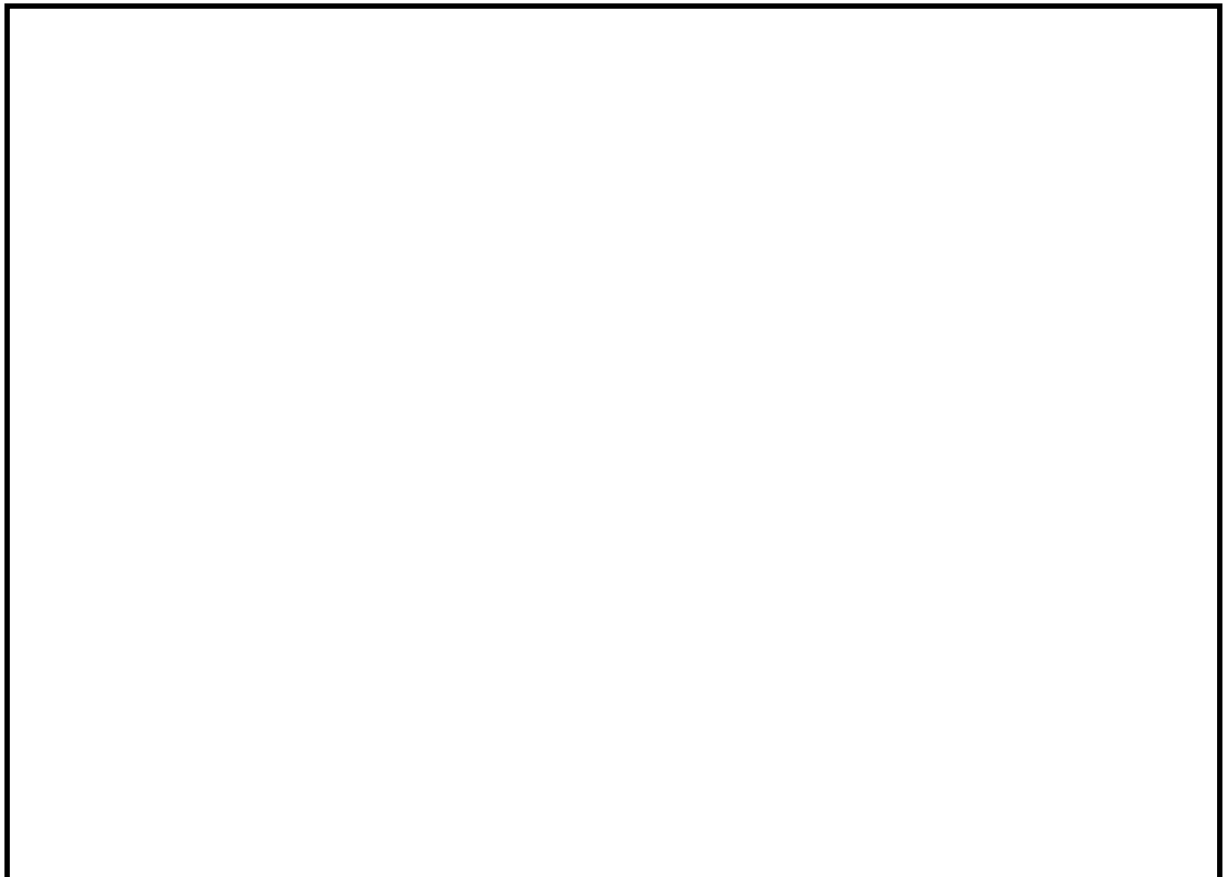


図 4-2 振動モード図（刺激関数モード）

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度（動的加速度と静的加速度の包絡値）を加えて求める。出力領域計装の動的応答加速度分布図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

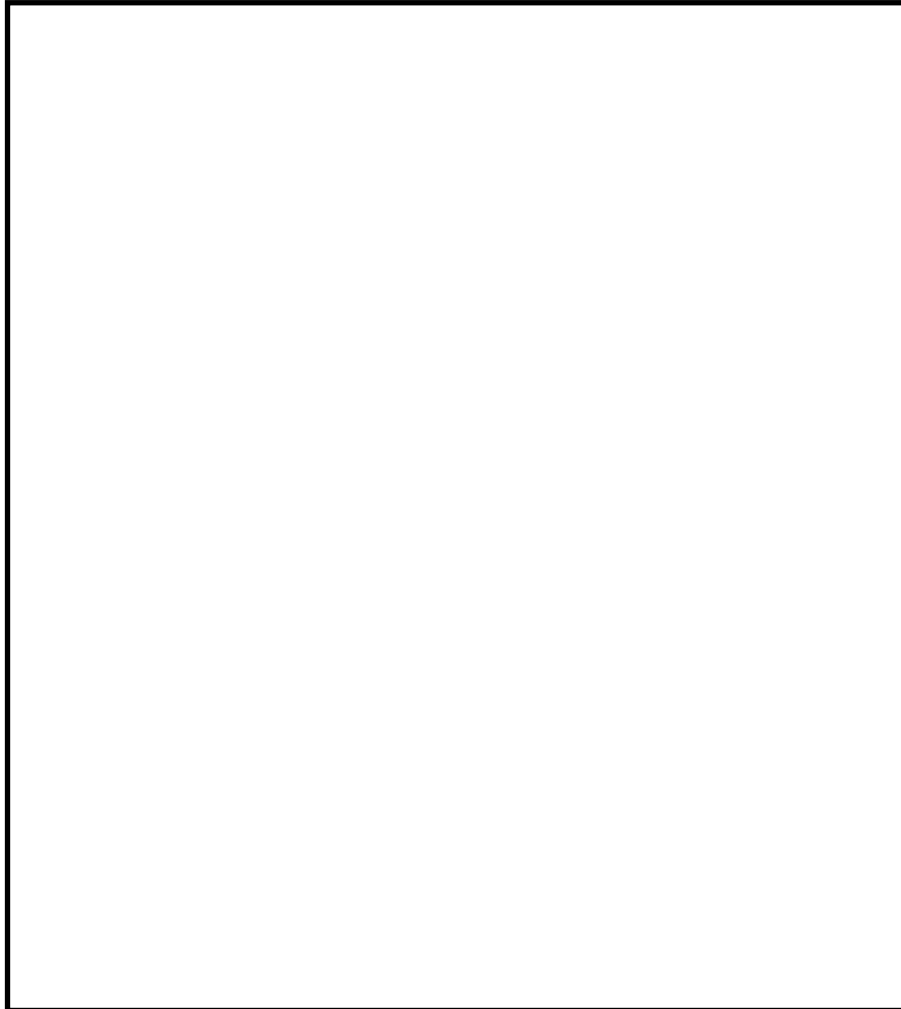


図 5-1 動的応答加速度分布図（弾性設計用地震動 S d）

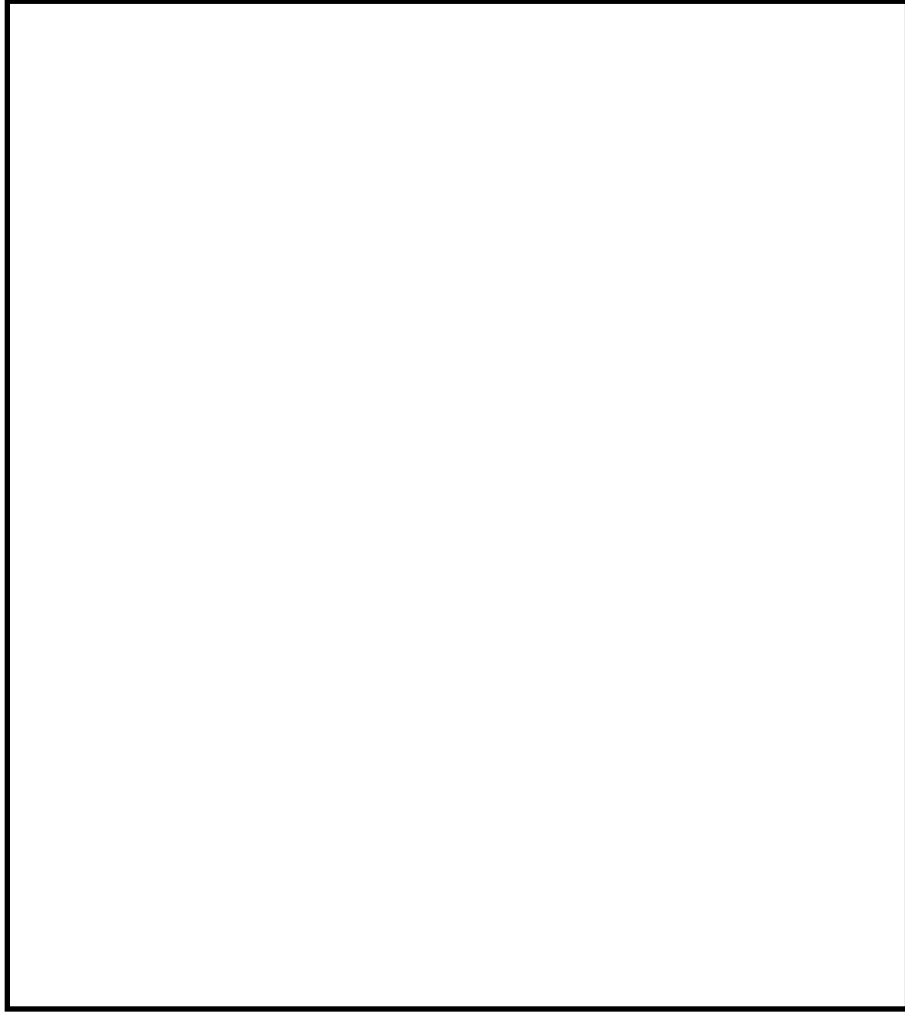


図 5-2 動的応答加速度分布図（基準地震動  $S_s$ ）

## 5.2 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、出力領域計装に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

## 5.3 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

出力領域計装の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

### 5.3.2 許容応力

出力領域計装の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

### 5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域計装の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

### 5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点は、溶接部でないため  $\eta = 1.00$  を用いる。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域計装	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束計装不作動	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ A S

注記\*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域計装	常設耐震/ 防止	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてIVAS の許容限界を用いる。)

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力 (炉内構造物)

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力
Ⅲ A S	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
Ⅳ A S	$2/3 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値
Ⅴ A S (Ⅴ A SとしてⅣ A S の許容限界を用いる。)	ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方	

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_u$ (MPa)
校正用導管		流体の最高温度		
カバーチューブ		流体の最高温度		

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_u$ (MPa)
校正用導管		流体の最高温度		
カバーチューブ		流体の最高温度		



## 5.4 設計用地震力

出力領域計装の設計用地震力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。

「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「設計用床応答スペクトルの作成方針」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 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) * <sup>1</sup>					
固有周期(s)		水平：□* <sup>2</sup> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード* <sup>3</sup>	固有周期(s)	応答水平震度* <sup>4</sup>		応答鉛直震度* <sup>4</sup>	応答水平震度* <sup>5</sup>		応答鉛直震度* <sup>5</sup>
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	□	4.91	4.04	—	6.39	5.48	—
2 次	□	11.78	9.36	—	23.63	22.67	—
3 次	□	3.83	4.32	—	5.73	5.58	—
動的震度* <sup>6, *7</sup>		2.07	2.18	1.08	2.93	2.79	2.03
静的震度* <sup>8</sup>		0.86	0.85	0.29	—	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載

\*3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。なお、0.020s 以上 0.050s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトル I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*5：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*6：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る震度

\*7：最大応答加速度を 1.2 倍した震度

\*8： $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$  より定めた震度

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)		炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1					
固有周期 (s)		水平： <input type="text"/> *2 鉛直： 0.05 以下					
減衰定数 (%)		水平： 1.0 鉛直： —					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード*3	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度*4		応答鉛直震度*4
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次		—	—	—	6.39	5.48	—
2 次		—	—	—	23.63	22.67	—
3 次		—	—	—	5.73	5.58	—
動的震度 *5, *6		—	—	—	2.93	2.79	2.03
静的震度		—	—	—	—	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1次固有周期について記載

\*3：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。なお、0.020s 以上 0.050s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

\*4：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*5：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る震度

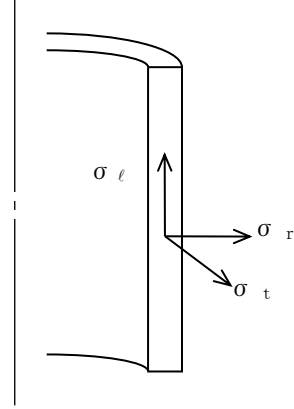
\*6：最大応答加速度を 1.2 倍した震度

## 5.5 計算方法

### 5.5.1 応力の計算方法

出力領域計装の応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- $\sigma_t$  : 周方向応力
- $\sigma_l$  : 軸方向応力
- $\sigma_r$  : 半径方向応力
- $\tau_{tl}$  : せん断応力



出力領域計装に作用する外圧を表 5-8，死荷重を表 5-9 及び地震荷重を表 5-10 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-8 出力領域計装に作用する外圧

許容応力状態	外圧
	$P_o$ (MPa)
Ⅲ A S	
Ⅳ A S	
Ⅴ A S	

表 5-9 出力領域計装に作用する死荷重

荷重名称	鉛直力	
	校正用導管	カバーチューブ
	$V_D$ (N)	$V_D$ (N)
死荷重	□	□

表 5-10 出力領域計装に作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力		水平力*1		地震時 出力領域計装 設計たわみ量*2
	校正用 導管	カバー チューブ	校正用 導管	カバー チューブ	$\delta_D$ (mm)
	$V_s$ (N)	$V_s$ (N)	H (N)	H (N)	
弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的地震力					
基準地震動 $S_s$					

注記\*1：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり出力領域計装に一樣に加わる。

\*2：燃料集合体の相対変位（地震時たわみ量）及び水平移動量と出力領域計装の移動量の合計。燃料集合体の相対変位はVI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧  $P_o$  による一次一般膜応力は，下式により計算する。

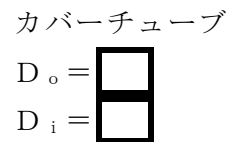
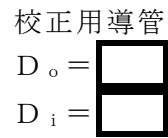
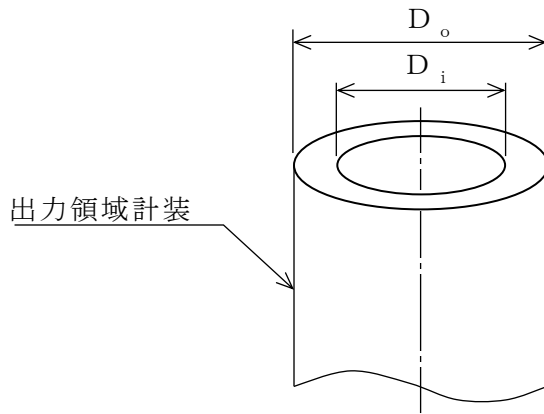
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで，外径と内径の比  $Y$  は，次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(単位：mm)

(2) 一次一般膜＋一次曲げ応力

外圧  $P_o$  による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

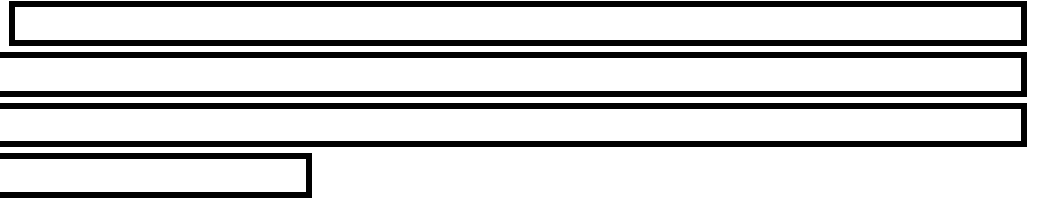
5.5.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は，下式により計算する。

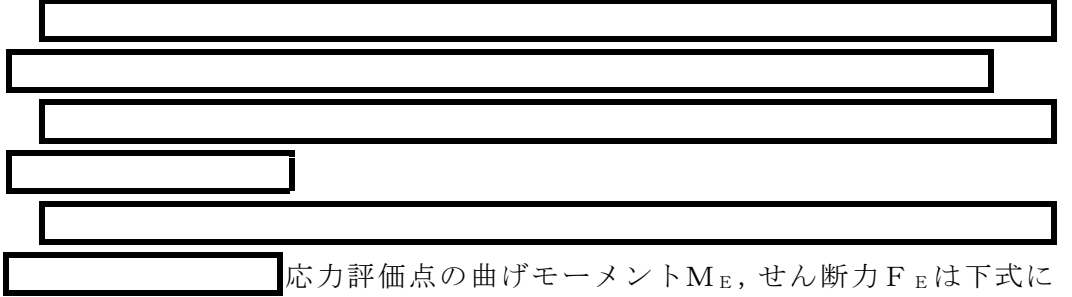
$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

## 5.5.1.3 地震荷重による応力

## (1) 水平方向地震荷重による応力



応力計算モデルを，図 5-3 に示す。



応力評価点の曲げモーメント  $M_E$ ，せん断力  $F_E$  は下式により計算する。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.2)$$

ここで， $P_B$ ， $w$ ， $\ell$  は，下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left( \frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E \cdot D_o}{I \cdot 2} \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.6)$$

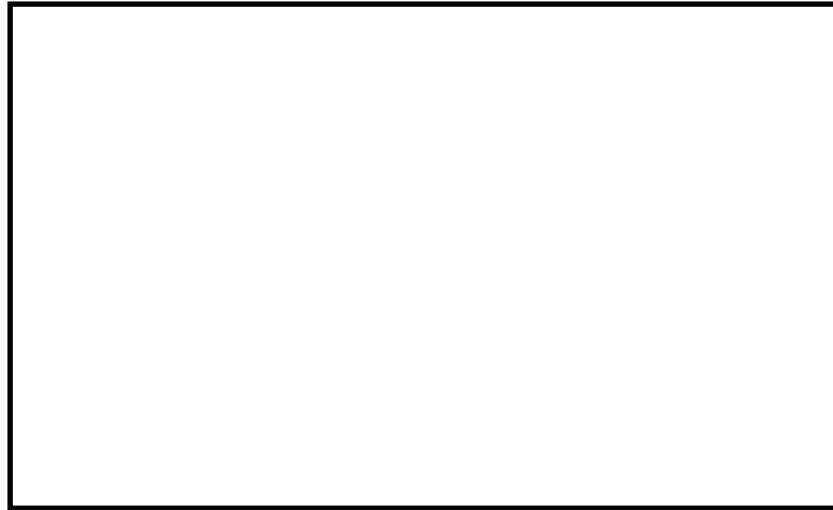
また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \quad \dots \dots \dots (5.5.1.3.7)$$

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$



(単位：mm)

図 5-3 水平方向地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

荷重ごとに計算した応力を重ね合わせた結果から，主応力を求める。

応力成分は一般に  $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$  の 6 成分であるが，主応力  $\sigma$  は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

## 5.6 計算条件

### 5.6.1 出力領域計装の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【出力領域計装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。

## 5.7 応力の評価方法

### 5.7.1 出力領域計装の応力評価

5.5.1 項で求めた出力領域計装の各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値



## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域計装の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域計装の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編  $\alpha 3$  (日本機械学会)

【出力領域計装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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		流体の最高温度 (°C)		外圧 (MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ A S	Ⅳ A S	Ⅲ A S	Ⅳ A S
出力領域計装	S	炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1	<input type="text"/>	0.05 以下	C <sub>H</sub> = 2.18*2 又は*3	C <sub>V</sub> = 1.08*2	C <sub>H</sub> = 2.93*4 又は*5	C <sub>V</sub> = 2.03*4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 \*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3 : 設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

\*4 : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>)

\*5 : 設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

1.2 機器要目

部材	V <sub>D</sub> (N)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
校正用導管	<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"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	<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"/>	<input type="text"/>

1.3 計算数値

部材	$V_s$ (N)		H (N)		$\delta_D$ (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
校正用導管	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	<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	$\ell$ (mm)		$P_B$ (N)		$F_E$ (N)		$M_E$ (N·mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
校正用導管	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## 1.4 結論

## 1.4.1 出力領域計装の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01-P02	32	172	32	260
			P01'-P02'	32	172	32	260
		一次一般膜+一次曲げ 応力強さ	P01-P02	80	258	89	391
			P01'-P02'	82	258	91	391
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03-P04	4	172	5	260
			P03'-P04'	5	172	7	260
		一次一般膜+一次曲げ 応力強さ	P03-P04	171	258	194	391
			P03'-P04'	175	258	198	391

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

校正用導管

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	21
節点数	—	個	22
継手効率	$\eta$	—	1.00

カバーチューブ

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	20
節点数	—	個	21
継手効率	$\eta$	—	1.00

(2) 要素の断面性状  
校正用導管

要素 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

カバーチューブ

要素 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

(3) 節点の質量

節点番号		節点質量 (kg)
校正用導管	カバーチューブ	
1	—	
2	1	
3	2	
4	3	
5	4	
6	5	
7	6	
8	7	
9	8	
10	9	
11	10	
12	11	
13	12	
14	13	
15	14	
16	15	
17	16	
18	17	
19	18	
20	19	
21	20	



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		流体の最高温度 (°C)	外圧(MPa)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	V <sub>A</sub> S	V <sub>A</sub> S
出力領域計装	常設耐震 /防止	炉心シュラウド (EL 25.843, 21.571) *1	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.93*2 又は*3	C <sub>V</sub> =2.03*2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度Ⅱ(基準地震動 S<sub>s</sub>)又はこれを上回る設計震度

\*3: 設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S<sub>s</sub>)又はこれを上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

2.2 機器要目

部材	V <sub>D</sub> (N)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
校正用導管	<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"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	<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"/>	<input type="text"/>

2.3 計算数値

部材	V <sub>s</sub> (N)		H (N)		δ <sub>D</sub> (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
校正用導管	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
カバーチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

部材	ℓ (mm)		P <sub>B</sub> (N)		F <sub>E</sub> (N)		M <sub>E</sub> (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
校正用導管	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
カバーチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 2.4 結論

## 2.4.1 出力領域計装の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01-P02	—	—	36	260
			P01'-P02'	—	—	36	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01-P02	—	—	91	391
			P01'-P02'	—	—	93	391
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03-P04	—	—	5	260
			P03'-P04'	—	—	7	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03-P04	—	—	194	391
			P03'-P04'	—	—	198	391

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

校正用導管

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	21
節点数	—	個	22
継手効率	$\eta$	—	1.00

カバーチューブ

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	20
節点数	—	個	21
継手効率	$\eta$	—	1.00

(2) 要素の断面性状  
校正用導管

要素 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

カバーチューブ

要素 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

(3) 節点の質量

節点番号		節点質量 (kg)
校正用導管	カバーチューブ	
1	—	
2	1	
3	2	
4	3	
5	4	
6	5	
7	6	
8	7	
9	8	
10	9	
11	10	
12	11	
13	12	
14	13	
15	14	
16	15	
17	16	
18	17	
19	18	
20	19	
21	20	

VI-2-6-5-3 残留熱除去ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9



## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図								
基礎・支持構造	主体構造									
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。 計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>									
		<table border="1"> <tr> <td>機器名称</td> <td>残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3A (I) (PX222-4A))</td> <td>残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3B (PX222-4B))</td> <td>残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3C (PX222-4C))</td> </tr> </table>	機器名称	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3A (I) (PX222-4A))	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3B (PX222-4B))	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3C (PX222-4C))				
機器名称	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3A (I) (PX222-4A))	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3B (PX222-4B))	残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3C (PX222-4C))							
		<table border="1"> <tr> <td>たて</td> <td colspan="3" rowspan="3" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>横</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> </tr> </table>	たて				横	高さ		
たて										
横										
高さ										
		<p>(単位：mm)</p>								

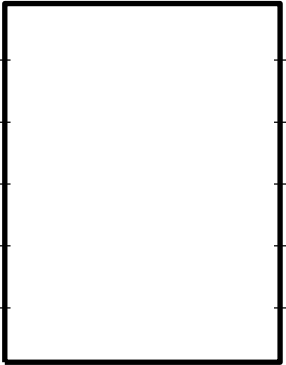
### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

残留熱除去ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3A (I) (PX222-4A))	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3B (PX222-4B))	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (2RIR-B2-3C (PX222-4C))	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

残留熱除去ポンプ出口圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

残留熱除去ポンプ出口圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去ポンプ出口圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去ポンプ出口圧力	常設/防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A S として ⅣA S の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去ポンプ出口圧力の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A)	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B)	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C)	水平	
	鉛直	



## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A)	S	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*3</sup>	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	206	247	短辺方向	長辺方向
	970 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4A)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4A)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*2</sup>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	194 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	—	232	—	長辺方向
	970 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

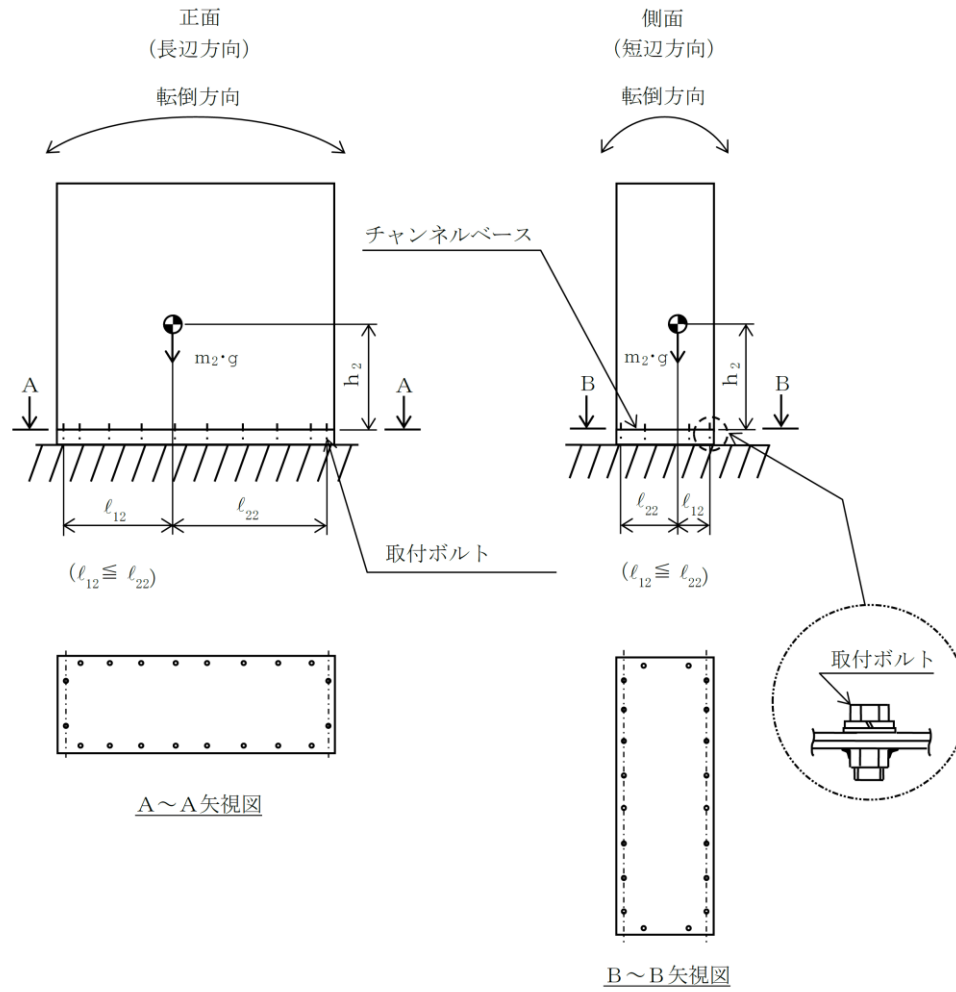
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4A)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【残留熱除去ポンプ出口圧力（PX222-4B）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B)	S	原子炉建物 EL 1.3* <sup>1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05* <sup>3</sup>	66

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100* <sup>1</sup>	16 (M16)	201.1	18	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * <sup>2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * <sup>2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> * <sup>2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220* <sup>1</sup>	320* <sup>1</sup>	7	206	247	短辺方向	長辺方向
	820* <sup>1</sup>	1020* <sup>1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4B)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4B)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.41*2	C <sub>V</sub> =1.05*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	7	—	232	—	長辺方向
	820*1	1020*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

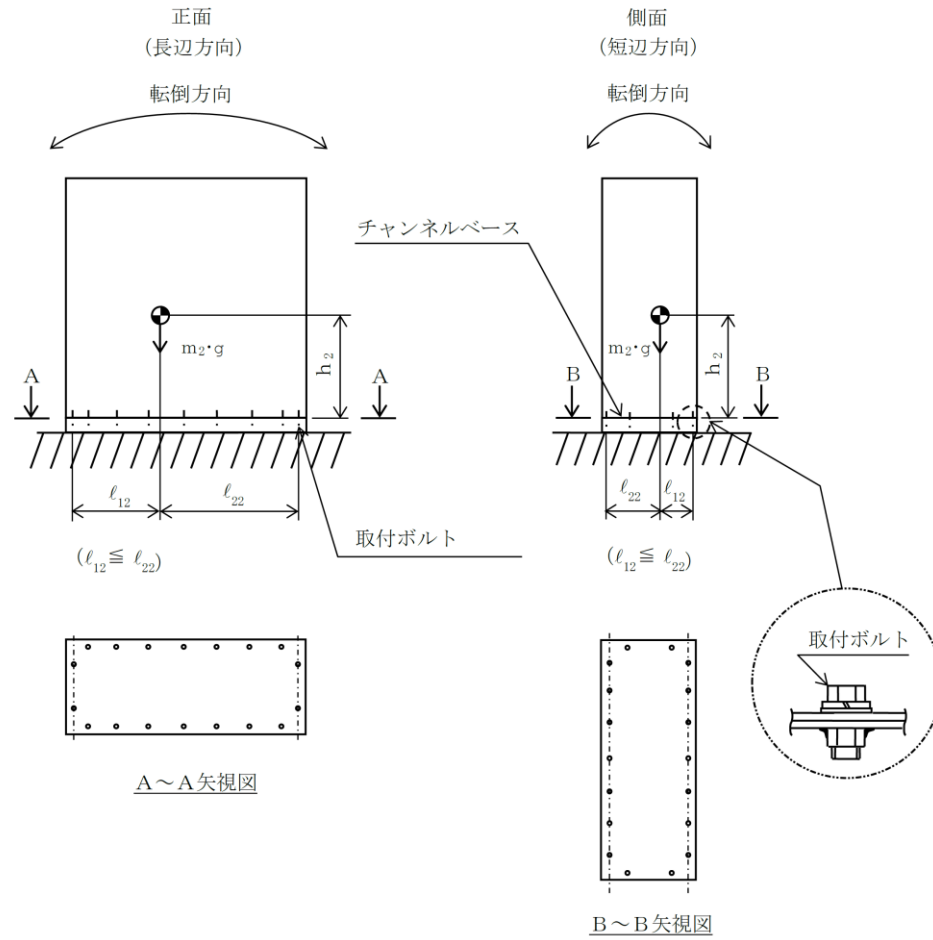
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4B)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C)	S	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*3</sup>	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	16	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	6	206	247	短辺方向	長辺方向
	670 <sup>*1</sup>	870 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4C)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口圧力 (PX222-4C)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*2</sup>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	16	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	6	—	232	—	長辺方向
	670 <sup>*1</sup>	870 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

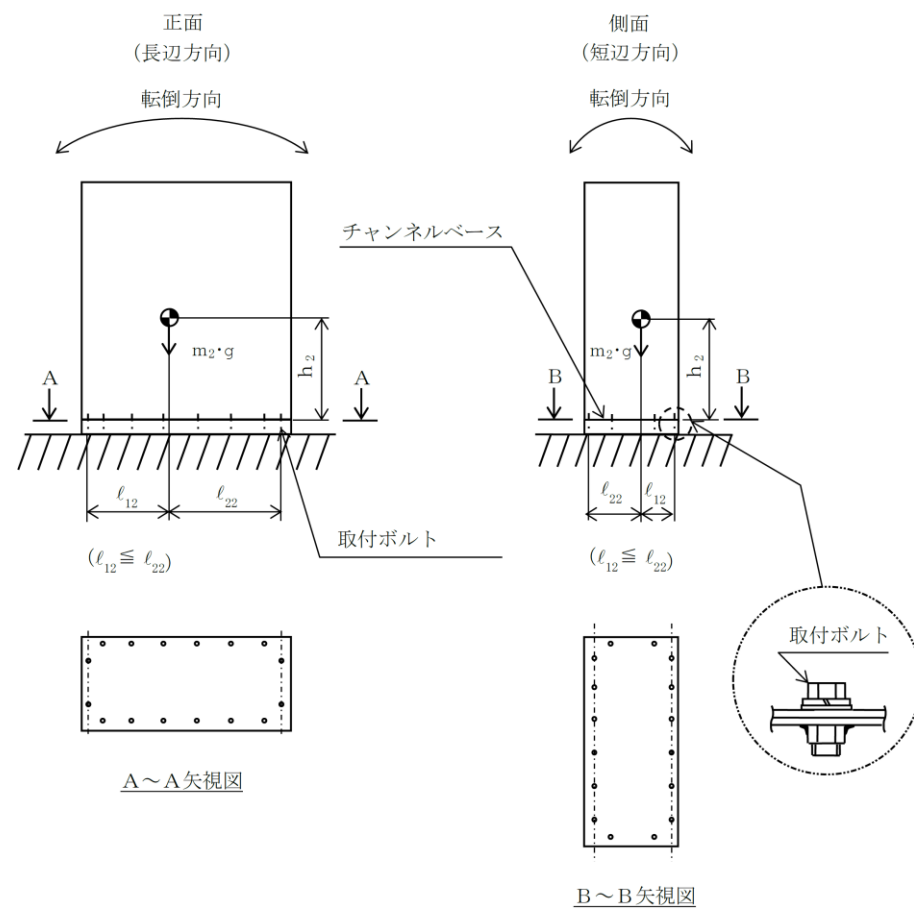
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口圧力 (PX222-4C)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





VI-2-6-5-4 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力  
の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	20
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器架台に固定される。</p> <p>計器架台は、基礎ボルト及び壁面に設置された埋込金物への溶接にて壁面に設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の応力評価は、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」にて示す低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定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、低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

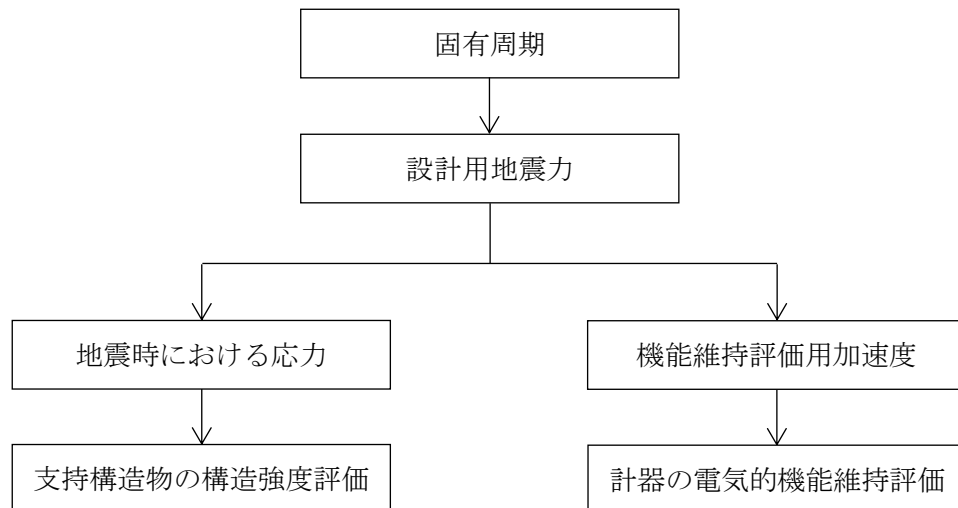


図 2-1 低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価フロー

### 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	溶接部の有効のど厚	mm
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-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 <sub>b</sub>	基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F <sub>b1</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F <sub>b2</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F <sub>w</sub>	溶接部に作用する引張力	N
F <sub>w1</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F <sub>w2</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
f <sub>sm</sub>	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ'	溶接の有効長さ	mm
ℓ	重心と下側基礎ボルト間の距離	mm
ℓ <sub>a</sub>	側面 (左右) 基礎ボルト間の距離	mm
ℓ <sub>b</sub>	上側溶接部と下側基礎ボルト間の距離	mm
m	計器架台の質量	kg
n <sub>b</sub>	基礎ボルトの本数	—
n <sub>w</sub>	溶接部の数	—
n <sub>fH</sub>	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向基礎ボルト, 溶接数	—
n <sub>fV</sub>	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向基礎ボルト, 溶接数	—

記号	記号の説明	単位
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
$Q_w$	溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w1}$	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w2}$	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
$s$	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma$	溶接部に生じるせん断応力	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_w$	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	MPa



## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について実施する。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 基本方針

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力が設置される計器架台の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器架台の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 計器架台は基礎ボルト及び溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向\*は、左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*：計器架台の転倒方向は、計器架台を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB拡張)	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*<sup>2</sup>：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。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	せん断	引張	せん断
ⅢAS	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
ⅣAS	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
ⅤAS (ⅤASとしてⅣAS の許容限界を用い る。)			

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
溶接部	SS41* (厚さ≤16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—

注記\* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
溶接部	SS41* (厚さ≤16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記\* : SS400 相当

### 5.3 設計用地震力

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の設計用地震力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。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8 <sup>*1</sup> )			C <sub>H</sub> =0.78 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.54 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.56 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.16 <sup>*3</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）

表5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8 <sup>*1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> =1.56 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.16 <sup>*2</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

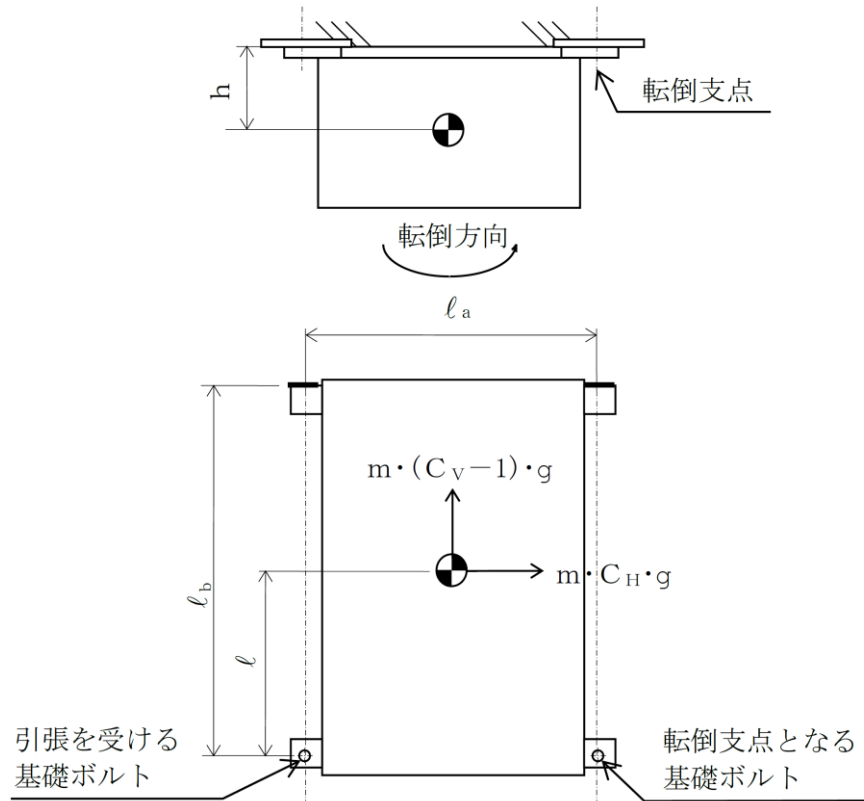


図5-1 計算モデル（基礎ボルト）（左右方向転倒）

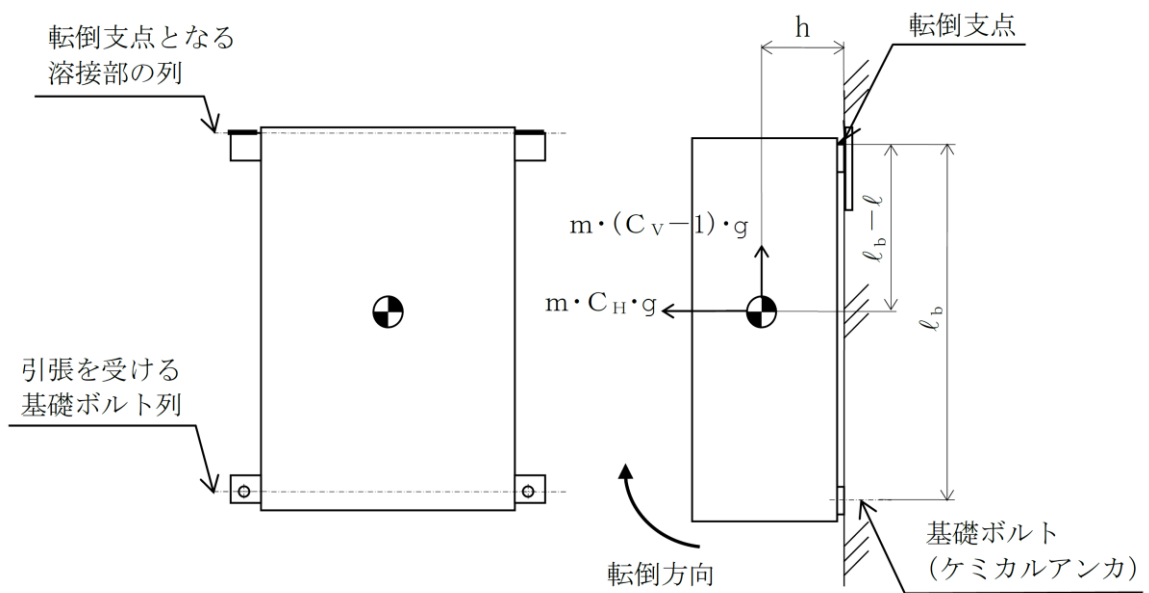


図5-2 計算モデル（基礎ボルト）（前後方向転倒）



## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

左右方向転倒の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(C_V - 1) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

前後方向転倒の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot (l_b - l) + (C_V - 1) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n_b \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力及びせん断力により発生するせん断応力について計算する。

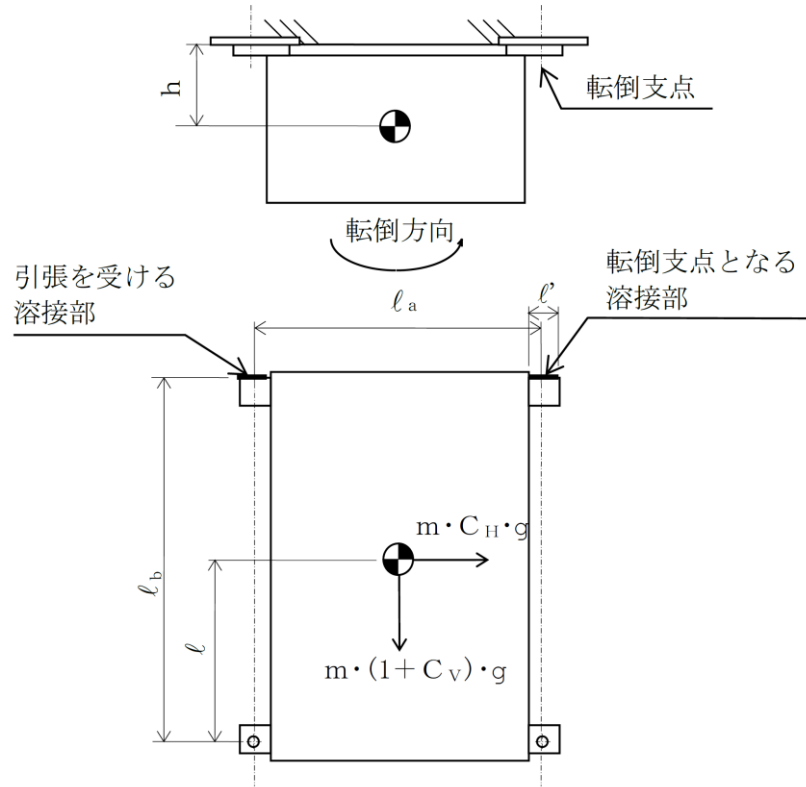


図 5-3 計算モデル (溶接部) (左右方向転倒)

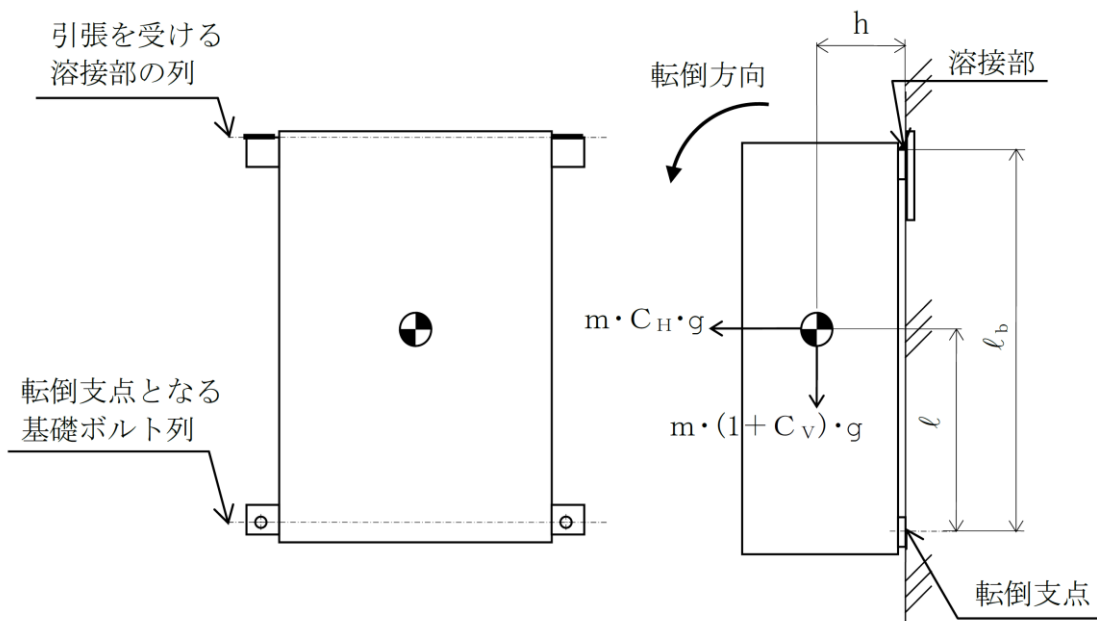


図 5-4 計算モデル (溶接部) (前後方向転倒)

## (1) 引張力により発生するせん断応力

溶接部に対する引張力は、図5-3及び図5-4で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

左右方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

前後方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_w = \text{MAX} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張力により発生するせん断応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 $A_w$ は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚 $a$ は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

(2) せん断力により発生するせん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

せん断力により発生するせん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

(3) 溶接部に生じるせん断応力

溶接部に生じるせん断応力は、各せん断応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルト及び溶接部の応力計算条件

基礎ボルト及び溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容組合せ応力  $f_{ts}$  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  $\tau_b$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

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

### 5.6.2 溶接部の応力評価

5.4.1.2項で求めた溶接部に発生するせん断応力は、許容せん断応力 $f_{sm}$ 以下であること。

ただし、 $f_{sm}$ 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 $f_{sm}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4)	水平	
	鉛直	



## 7. 評価結果

### 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイポンプ出口圧力 (PX223-4) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX223-4)	S	原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =0.78* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.54* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.56* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.16* <sup>3</sup>	66

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>b</sub>	n <sub>w</sub>	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		319	12 (M12)	—	—	—	113.1	—	2	—	206 (40mm<径≤100mm)	385 (40mm<径≤100mm)
溶接部		319	—	3.1	2.2	50	—	110.3	—	2	234 (厚さ≤16mm)	385 (厚さ≤16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	908	1060	1475	1	2	206	247	左右方向	左右方向
	908	1060	1475	1	2				
溶接部	908	1060	1475	1	2	234	270	前後方向	前後方向
	908	1060	1475	1	2				

注記\*：各ボルト、溶接部の機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.3.2 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>w</sub>		Q <sub>w</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部				

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=123^*$	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=148^*$
		せん断	$\tau_b=16$	$f_{sb}=95$	$\tau_b=25$	$f_{sb}=114$
溶接部	SS41	せん断	$\sigma=18$	$f_{sm}=135$	$\sigma=29$	$f_{sm}=155$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX223-4)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX223-4)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1)			—	—	C <sub>H</sub> =1.56*2	C <sub>V</sub> =1.16*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>b</sub>	n <sub>w</sub>	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		319	12 (M12)	—	—	—	113.1	—	2	—	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)
溶接部		319	—	3.1	2.2	50	—	110.3	—	2	221 (厚さ≤16mm)	373 (厚さ≤16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> *	n <sub>fV</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	908	1060	1475	1	2	—	232	—	左右方向
	908	1060	1475	1	2				
溶接部	908	1060	1475	1	2	—	261	—	前後方向
	908	1060	1475	1	2				

注記\*: 各ボルト、溶接部の機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

## 2.3 計算数値

## 2.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

## 2.3.2 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>w</sub>		Q <sub>w</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	—		—	

## 2.4 結論

## 2.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 25$	$f_{sb} = 107$
溶接部	SS41	せん断	—	—	$\sigma = 29$	$f_{sm} = 150$

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

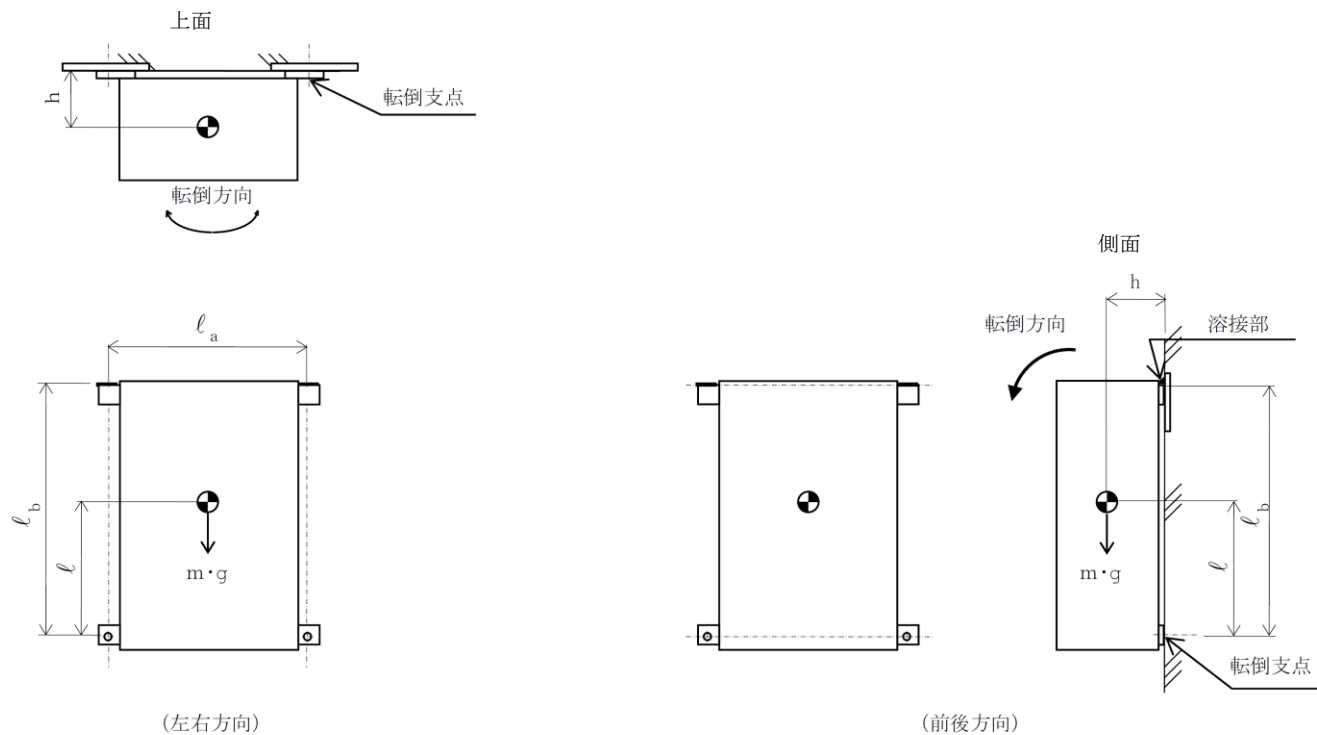
すべて許容応力以下である。

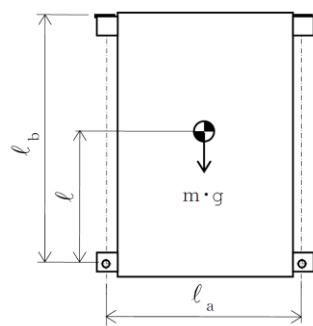
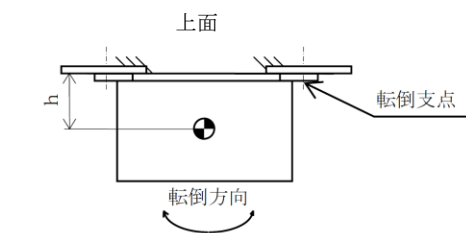
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

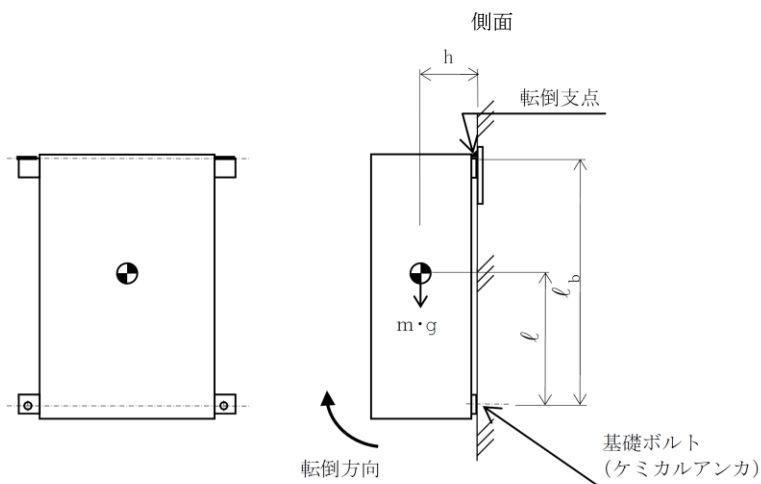
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ 出口圧力 (PX223-4)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度II（基準地震動 $S_s$ ）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





(左右方向)



(前後方向)



VI-2-6-5-5 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性について  
の計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器入口温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、残留熱除去系熱交換器入口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

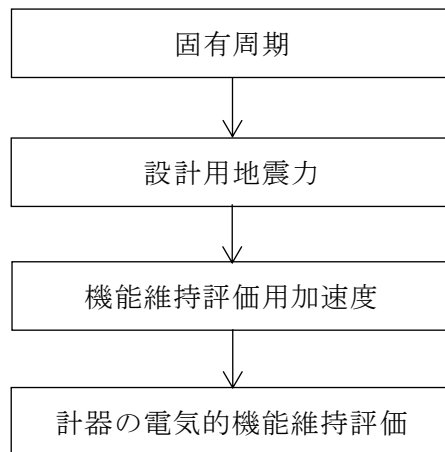


図 2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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)

## 3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器入口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-4-1-4「管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

## 4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

## 4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設置床の加速度又は基準地震動  $S_s$  による地震力により残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の配管の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度（検出器取付箇所配管に生じる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	残留熱除去系管 (RHR-R-5) EL 19.55	水平	4.00
		鉛直	3.00
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	残留熱除去系管 (RHR-R-10) EL 19.1	水平	7.00
		鉛直	2.00

表 4-2 機能維持評価用加速度（基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*2
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）により定まる加速度

#### 4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平	
	鉛直	
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



## 【残留熱除去系熱交換器入口温度（TE222-1A）の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	3.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 2. 重大事故等対処設備

## 2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	3.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 【残留熱除去系熱交換器入口温度（TE222-1B）の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平方向	7.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 2. 重大事故等対処設備

## 2.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (TE222-1B)	水平方向	7.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-6 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性について  
の計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	6
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器出口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器出口温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。	熱電対	<p>(単位：mm)</p>



## 2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、残留熱除去交換器出口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

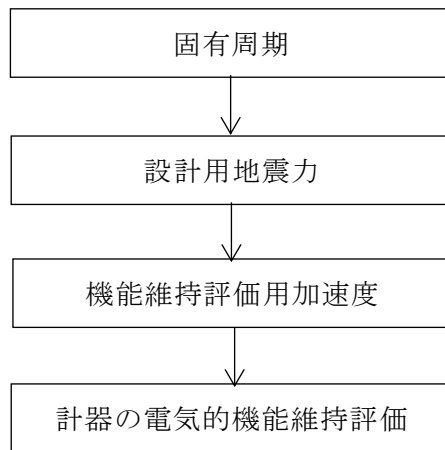


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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)

## 3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器出口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-4-1-4「管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について示す。

## 4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

## 4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設置床の加速度又は基準地震動  $S_s$  による地震力により残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の配管の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度（検出器取付箇所の配管に生じる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	残留熱除去系管 (RHR-R-5) EL 19.55	水平	4.00
		鉛直	2.00
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	残留熱除去系管 (RHR-R-10) EL 19.1	水平	2.00
		鉛直	8.00

表 4-2 機能維持評価用加速度（基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*2
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	原子炉建物 EL 15.3 (EL 23.8*1)	水平	1.44
		鉛直	1.73

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）により定まる加速度

#### 4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【残留熱除去系熱交換器出口温度（TE222-2A）の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 2. 重大事故等対処設備

## 2.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2A)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 【残留熱除去系熱交換器出口温度（TE222-2B）の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象施設

## 1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平方向	2.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	8.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は  
残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 2. 重大事故等対処設備

## 2.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (TE222-2B)	水平方向	2.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	8.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-7 残留熱除去ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱除去ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図															
基礎・支持構造	主体構造																
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3A (I) (FX222-1A))</th> <th>残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3B (FX222-1B))</th> <th>残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3C (FX222-1C))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		機器名称	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3A (I) (FX222-1A))	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3B (FX222-1B))	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3C (FX222-1C))	たて				横				高さ	
機器名称	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3A (I) (FX222-1A))	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3B (FX222-1B))	残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3C (FX222-1C))														
たて																	
横																	
高さ																	

(単位：mm)


### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

残留熱除去ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3A (I) (FX222-1A))	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3B (FX222-1B))	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口流量 (2RIR-B2-3C (FX222-1C))	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

残留熱除去ポンプ出口流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

残留熱除去ポンプ出口流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去ポンプ出口流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去ポンプ出口流量	常設/防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A S として ⅣA S の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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



表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去ポンプ出口流量の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A)	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B)	水平	
	鉛直	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A)	S	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*3</sup>	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	206	247	短辺方向	長辺方向
	970 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1A)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1A)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*2</sup>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	—	232	—	長辺方向
	970 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

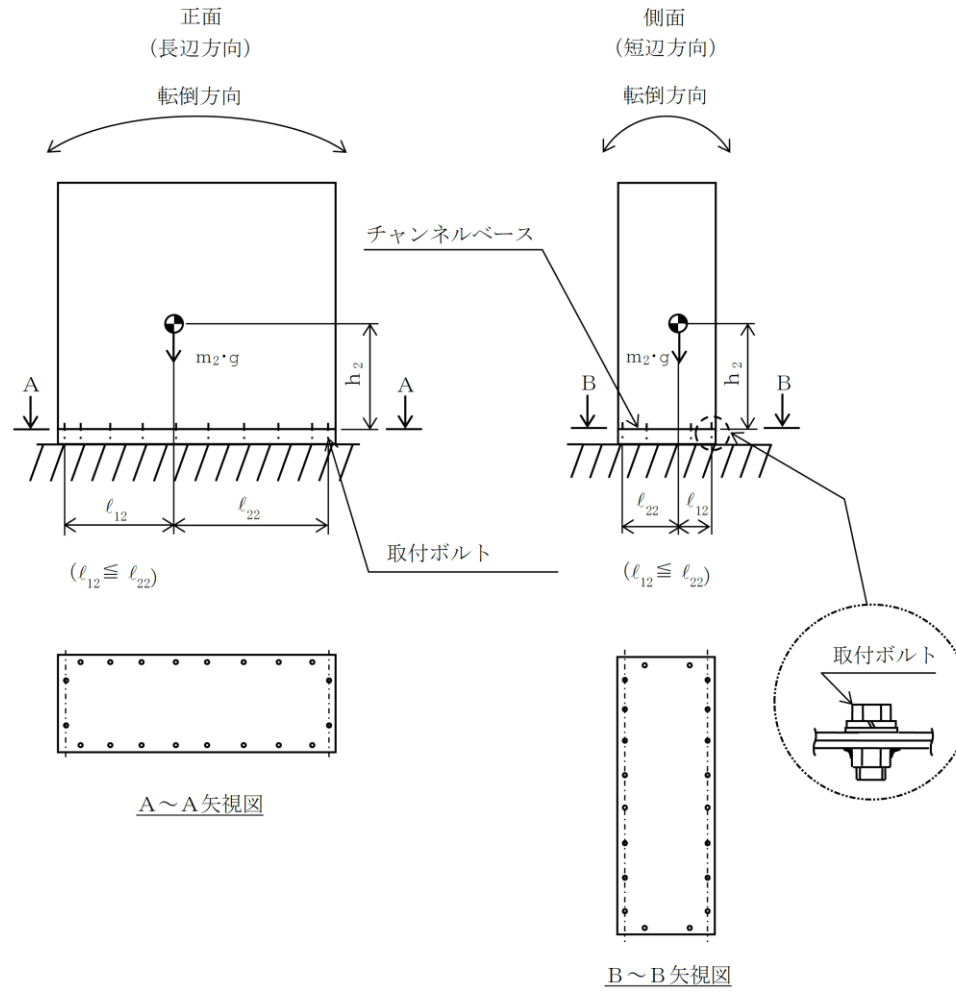
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1A)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B)	S	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*3</sup>	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度Ⅱ (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	18	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	7	206	247	短辺方向	長辺方向
	820 <sup>*1</sup>	1020 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1B)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1B)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.41*2	C <sub>V</sub> =1.05*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	7	—	232	—	長辺方向
	820*1	1020*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

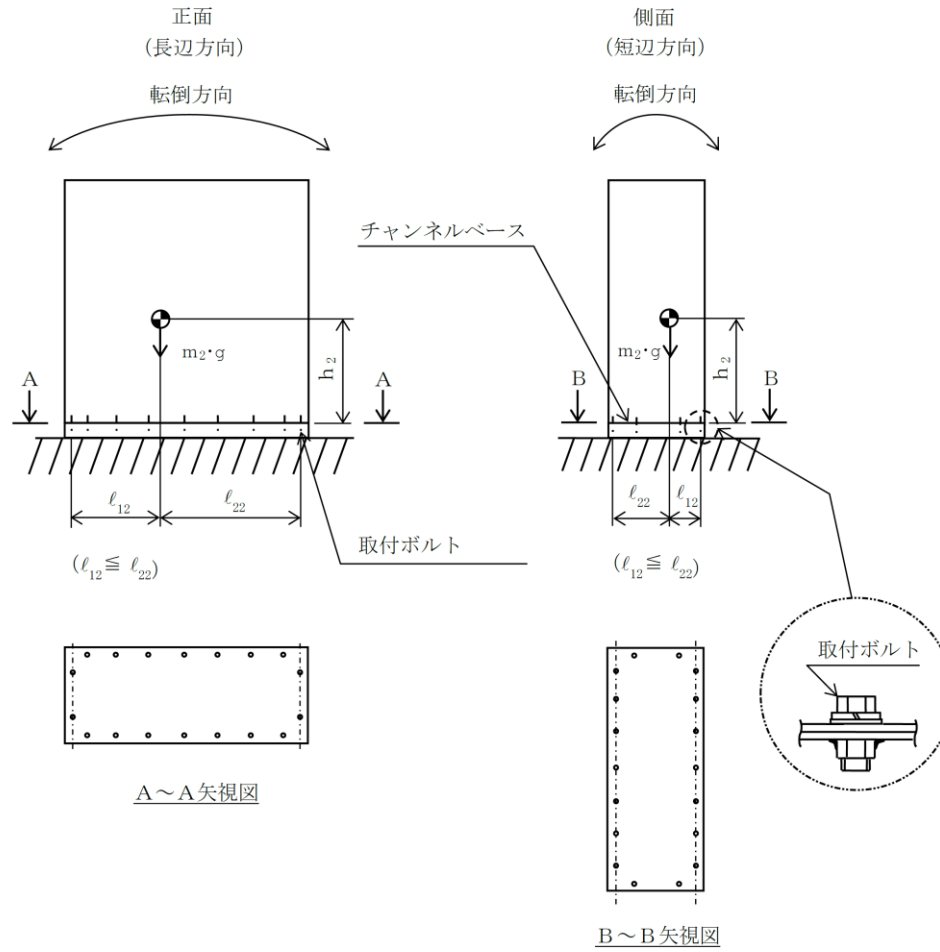
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1B)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C)	S	原子炉建物 EL 1.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.71 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.48 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.41 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.05 <sup>*3</sup>	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度Ⅱ (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	16	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	6	206	247	短辺方向	長辺方向
	670 <sup>*1</sup>	870 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1C)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去ポンプ出口流量 (FX222-1C)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.41*2	C <sub>V</sub> =1.05*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	16	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	6	—	232	—	長辺方向
	670*1	870*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

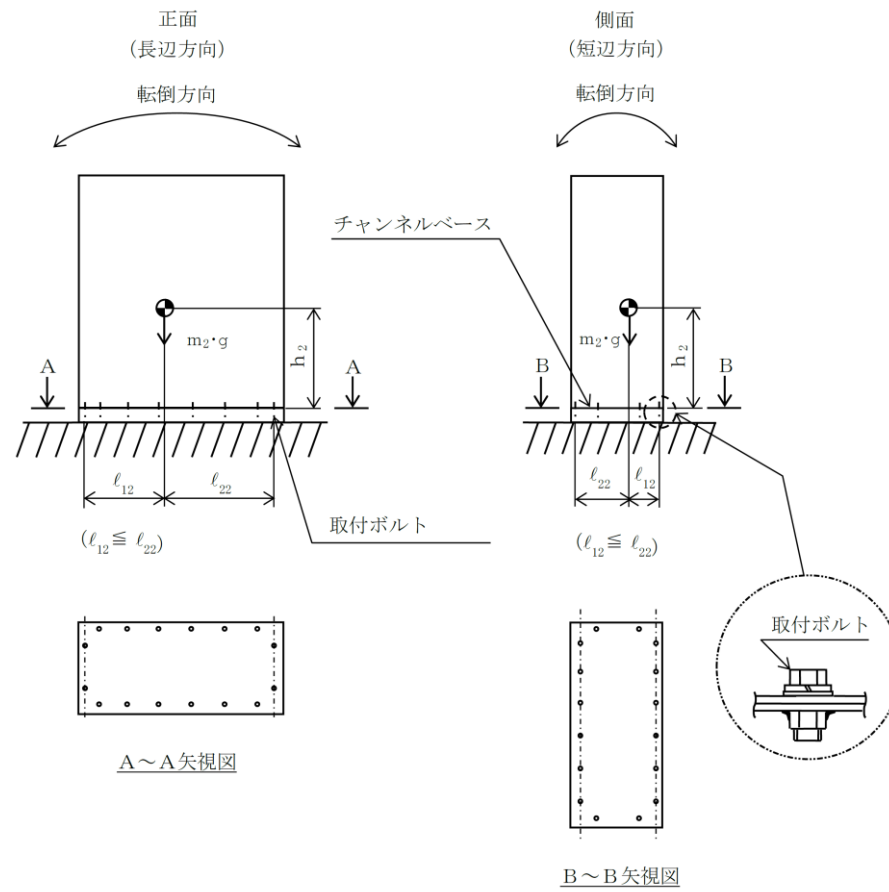
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去ポンプ 出口流量 (FX222-1C)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-8 原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>(正面図) (側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量 (2RIR-B2-1 (FX221-1))	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 (FX221-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A S として ⅣA S の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 (FX221-1)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量（FX221-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量 (FX221-1)	S	原子炉建物 EL 1.3*1			C <sub>H</sub> =0.71*2	C <sub>V</sub> =0.48*2	C <sub>H</sub> =1.41*3	C <sub>V</sub> =1.05*3	66

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	5	206	247	短辺方向	長辺方向
	570*1	670*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 (FX221-1)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却ポンプ 出口流量 (FX221-1)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建物 EL 1.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.41*2	C <sub>V</sub> =1.05*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	194 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	5	—	232	—	長辺方向
	570*1	670*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

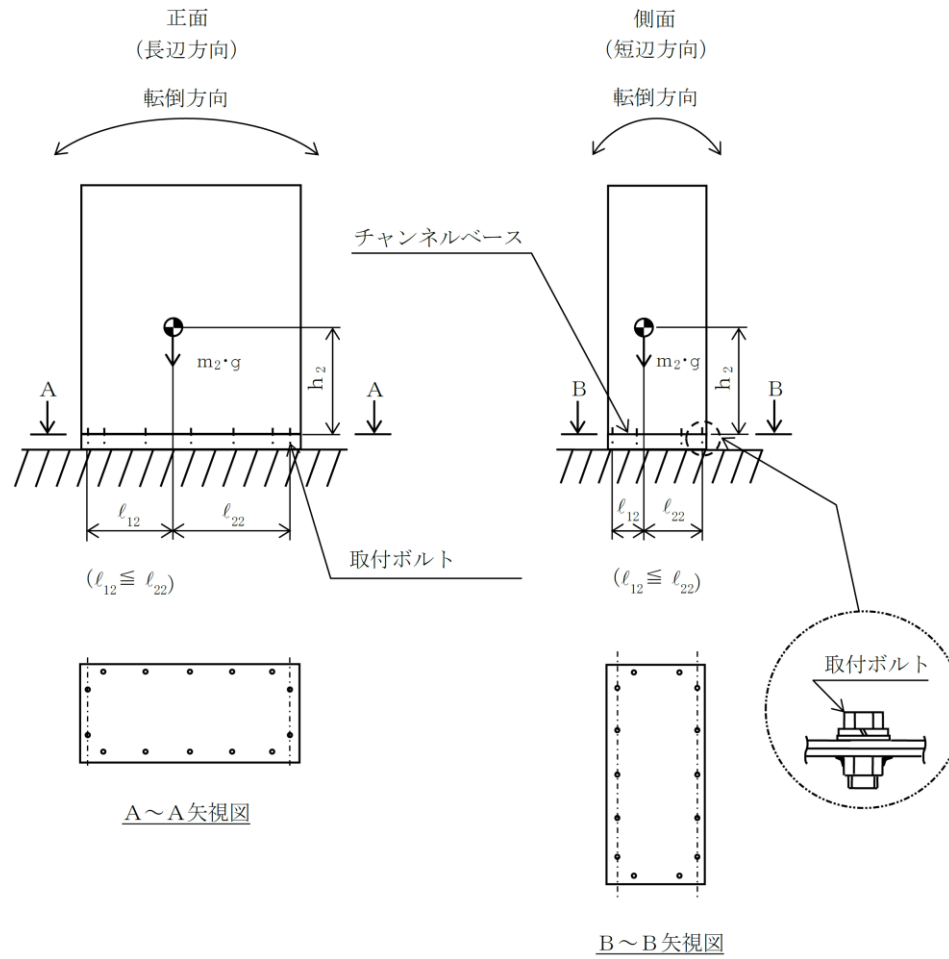
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量 (FX221-1)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.87	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-9 高圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

高圧炉心スプレイポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>(正面図) (側面図)</p>
		(単位：mm)

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

高圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

高圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (2RIR-B1-4 (FX224-1))	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX224-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイポンプ 出口流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A S として ⅣA S の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX224-1)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイポンプ出口流量（FX224-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX224-1)	S	原子炉建物 EL 8.8*1			C <sub>H</sub> =0.78*2	C <sub>V</sub> =0.54*2	C <sub>H</sub> =1.56*3	C <sub>V</sub> =1.16*3	66

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	5	206	247	短辺方向	長辺方向
	570*1	670*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ ポンプ出口流量 (FX224-1)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高压炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX224-1)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 8.8*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.56*2	C <sub>V</sub> =1.16*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	5	—	232	—	長辺方向
	570*1	670*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2} = 20$	$f_{ts2} = 174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb2} = 134$

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

すべて許容応力以下である。

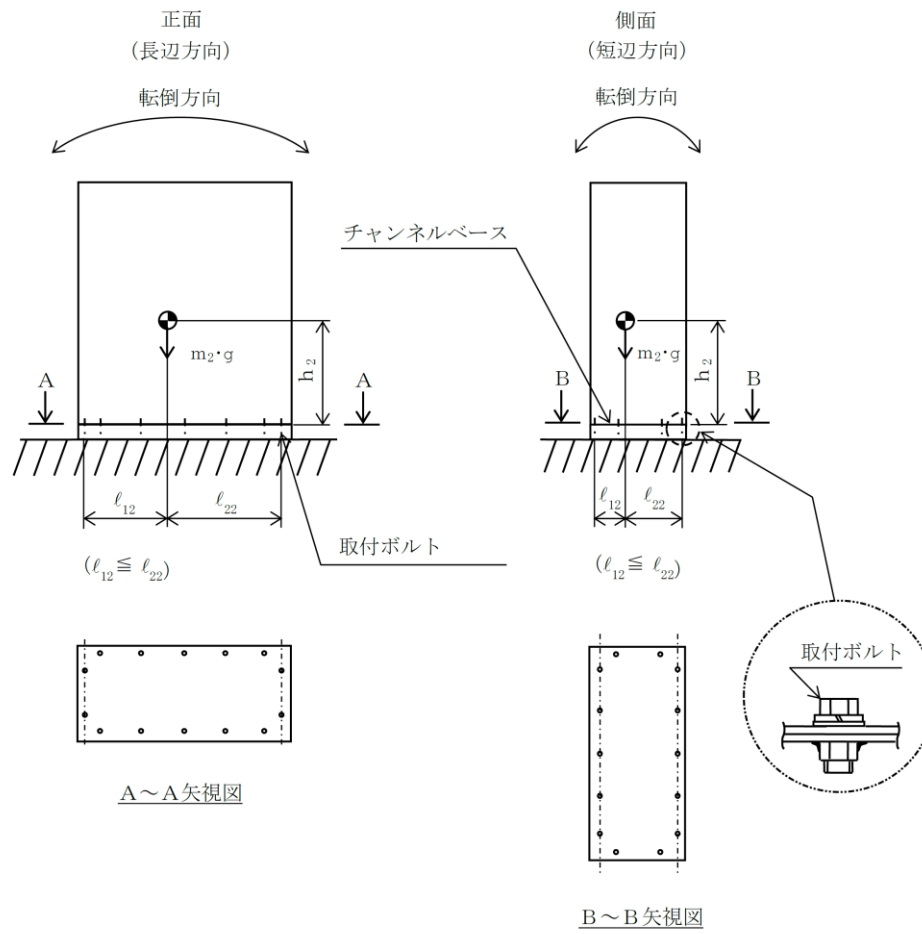
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ ポンプ出口流量 (FX224-1)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-10 低圧炉心スプレイポンプ出口流量の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	20
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器架台に固定される。</p> <p>計器架台は、基礎ボルト及び壁面に設置された埋込金物への溶接にて壁面に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

## 2.2 評価方針

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の応力評価は、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」にて示す低圧炉心スプレイポンプ出口流量の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定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、低圧炉心スプレイポンプ出口流量の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「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。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

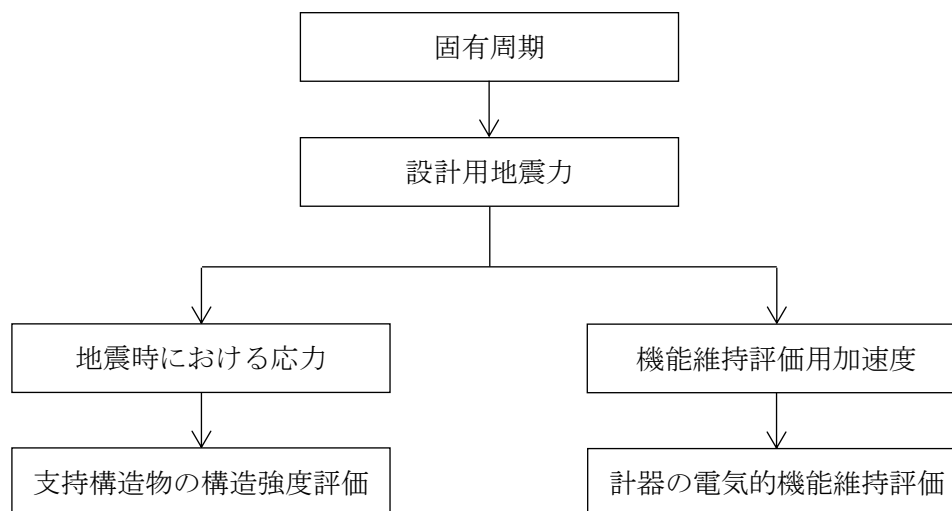


図 2-1 低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価フロー

### 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	溶接部の有効のど厚	mm
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-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 <sub>b</sub>	基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F <sub>b1</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F <sub>b2</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F <sub>w</sub>	溶接部に作用する引張力	N
F <sub>w1</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F <sub>w2</sub>	鉛直方向地震及び計器架台取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
f <sub>sm</sub>	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
ℓ'	溶接の有効長さ	mm
ℓ	重心と下側基礎ボルト間の距離	mm
ℓ <sub>a</sub>	側面 (左右) 基礎ボルト間の距離	mm
ℓ <sub>b</sub>	上側溶接部と下側基礎ボルト間の距離	mm
m	計器架台の質量	kg
n <sub>b</sub>	基礎ボルトの本数	—
n <sub>w</sub>	溶接部の数	—
n <sub>fH</sub>	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向基礎ボルト, 溶接数	—
n <sub>fV</sub>	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向基礎ボルト, 溶接数	—

記号	記号の説明	単位
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力（壁掛形）	N
$Q_w$	溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w1}$	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w2}$	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
$s$	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma$	溶接部に生じるせん断応力	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_w$	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について実施する。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 基本方針

低圧炉心スプレイポンプ出口流量が設置される計器架台の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、固有周期を確認する。低圧炉心スプレイポンプ出口流量の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器架台の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器架台に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 計器架台は基礎ボルト及び溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向\*は、左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*：計器架台の転倒方向は、計器架台を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイポンプ 出口流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイポンプ 出口流量	常設／防止 (DB拡張)	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	せん断	引張	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> S の許容限界を用い る。)			

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
溶接部	SS41* (厚さ≤16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—

注記\* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
溶接部	SS41* (厚さ≤16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記\* : SS400 相当



### 5.3 設計用地震力

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の設計用地震力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。

「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「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8 <sup>*1</sup> )			$C_H=0.78^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=1.56^{*3}$	$C_V=1.16^{*3}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8 <sup>*1</sup> )			—	—	$C_H=1.56^{*2}$	$C_V=1.16^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張りとせん断力について計算する。

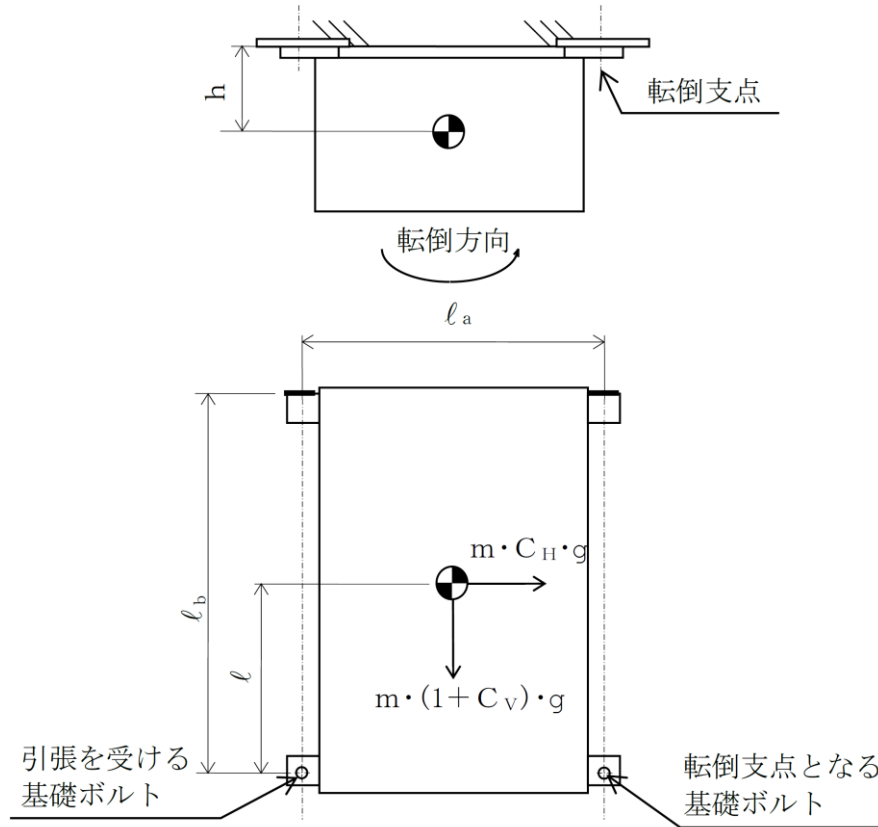


図5-1 計算モデル（基礎ボルト）（左右方向転倒）

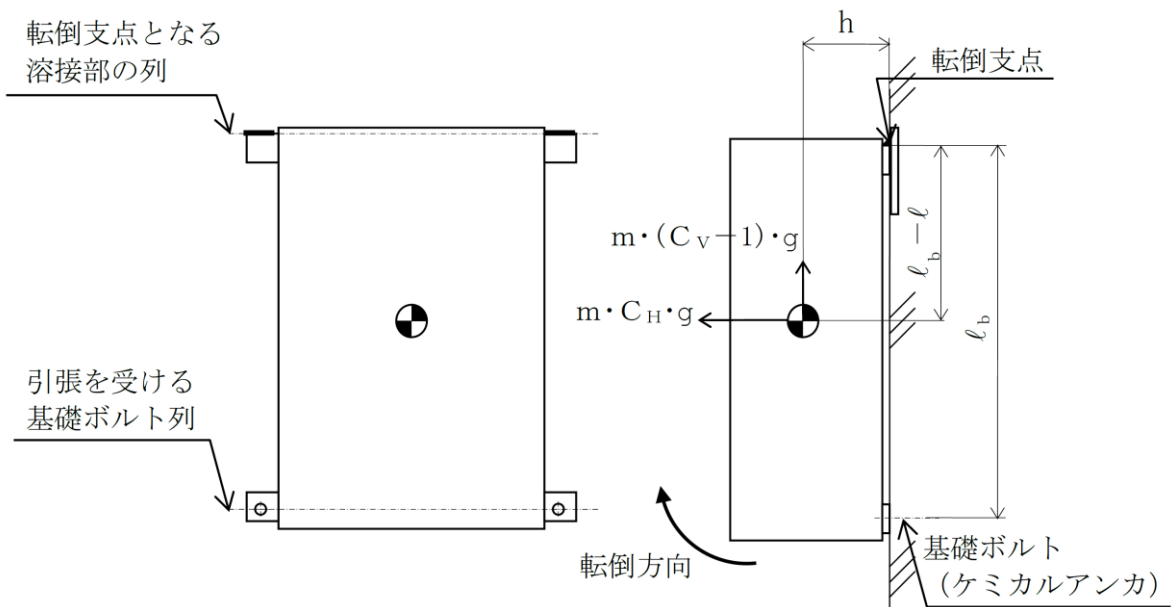


図5-2 計算モデル（基礎ボルト）（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

左右方向転倒の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(C_V - 1) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

前後方向転倒の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot (l_b - l) + (C_V - 1) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n_b \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力及びせん断力により発生するせん断応力について計算する。

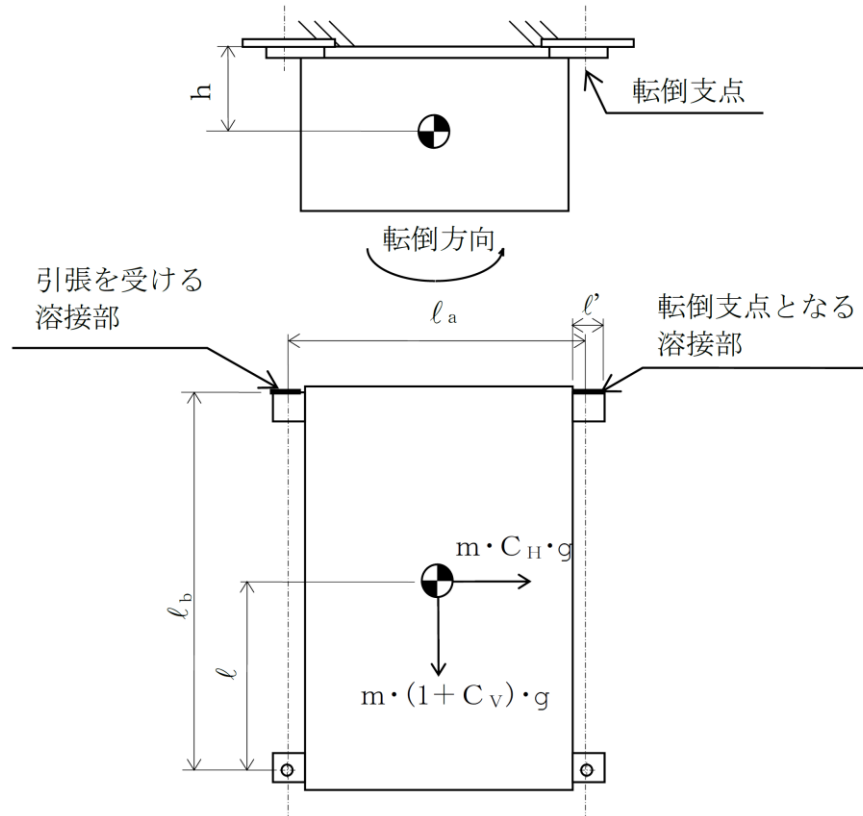


図5-3 計算モデル（溶接部）（左右方向転倒）

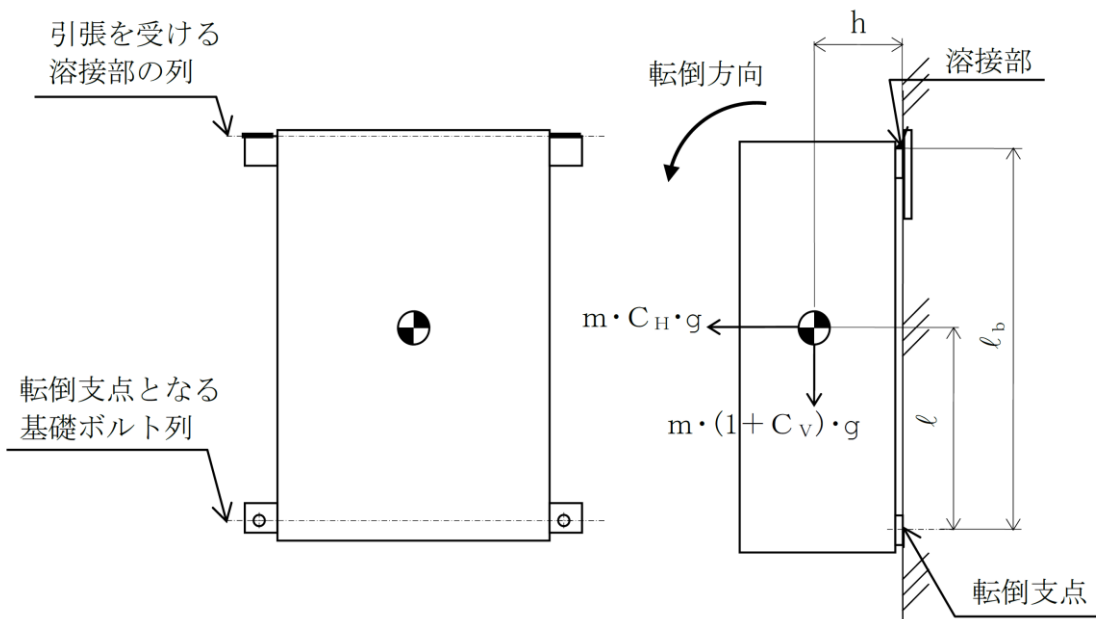


図5-4 計算モデル（溶接部）（前後方向転倒）

## (1) 引張力により発生するせん断応力

溶接部に対する引張力は、図5-3及び図5-4で基礎ボルト及び溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

左右方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

前後方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_w = \text{MAX} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張力により発生するせん断応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積  $A_w$  は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell' \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚  $a$  は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

(2) せん断力により発生するせん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

せん断力により発生するせん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

(3) 溶接部に生じるせん断応力

溶接部に生じるせん断応力は、各せん断応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルト及び溶接部の応力計算条件

基礎ボルト及び溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容組合せ応力  $f_{ts}$  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  $\tau_b$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

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



### 5.6.2 溶接部の応力評価

5.4.1.2項で求めた溶接部に発生するせん断応力は、許容せん断応力 $f_{sm}$ 以下であること。

ただし、 $f_{sm}$ 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 $f_{sm}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。低圧炉心スプレイポンプ出口流量の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1)	水平	
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイポンプ出口流量 (FX223-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX223-1)	S	原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1)			C <sub>H</sub> =0.78*2	C <sub>V</sub> =0.54*2	C <sub>H</sub> =1.56*3	C <sub>V</sub> =1.16*3	66

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>b</sub>	n <sub>w</sub>	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		319	12 (M12)	—	—	—	113.1	—	2	—	206 (40mm < 径 ≤ 100mm)	385 (40mm < 径 ≤ 100mm)
溶接部		319	—	3.1	2.2	50	—	110.3	—	2	234 (厚さ ≤ 16mm)	385 (厚さ ≤ 16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	908	1060	1475	1	2	206	247	左右方向	左右方向
	908	1060	1475	1	2				
溶接部	908	1060	1475	1	2	234	270	前後方向	前後方向
	908	1060	1475	1	2				

注記\*: 各ボルト、溶接部の機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.3.2 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>w</sub>		Q <sub>w</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部				

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 123^*$	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	$\tau_b = 16$	$f_{sb} = 95$	$\tau_b = 25$	$f_{sb} = 114$
溶接部	SS41	せん断	$\sigma = 18$	$f_{sm} = 135$	$\sigma = 29$	$f_{sm} = 155$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX223-1)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX223-1)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8*1)			—	—	C <sub>H</sub> =1.56*2	C <sub>V</sub> =1.16*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>b</sub>	n <sub>w</sub>	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		319	12 (M12)	—	—	—	113.1	—	2	—	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)
溶接部		319	—	3.1	2.2	50	—	110.3	—	2	221 (厚さ≤16mm)	373 (厚さ≤16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	908	1060	1475	1	2	—	232	—	左右方向
	908	1060	1475	1	2				
溶接部	908	1060	1475	1	2	—	261	—	前後方向
	908	1060	1475	1	2				

注記\*: 各ボルト、溶接部の機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.3.2 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>w</sub>		Q <sub>w</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	—		—	

2.4 結論

2.4.1 基礎ボルト及び溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 25$	$f_{sb} = 107$
溶接部	SS41	せん断	—	—	$\sigma = 29$	$f_{sm} = 150$

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

すべて許容応力以下である。

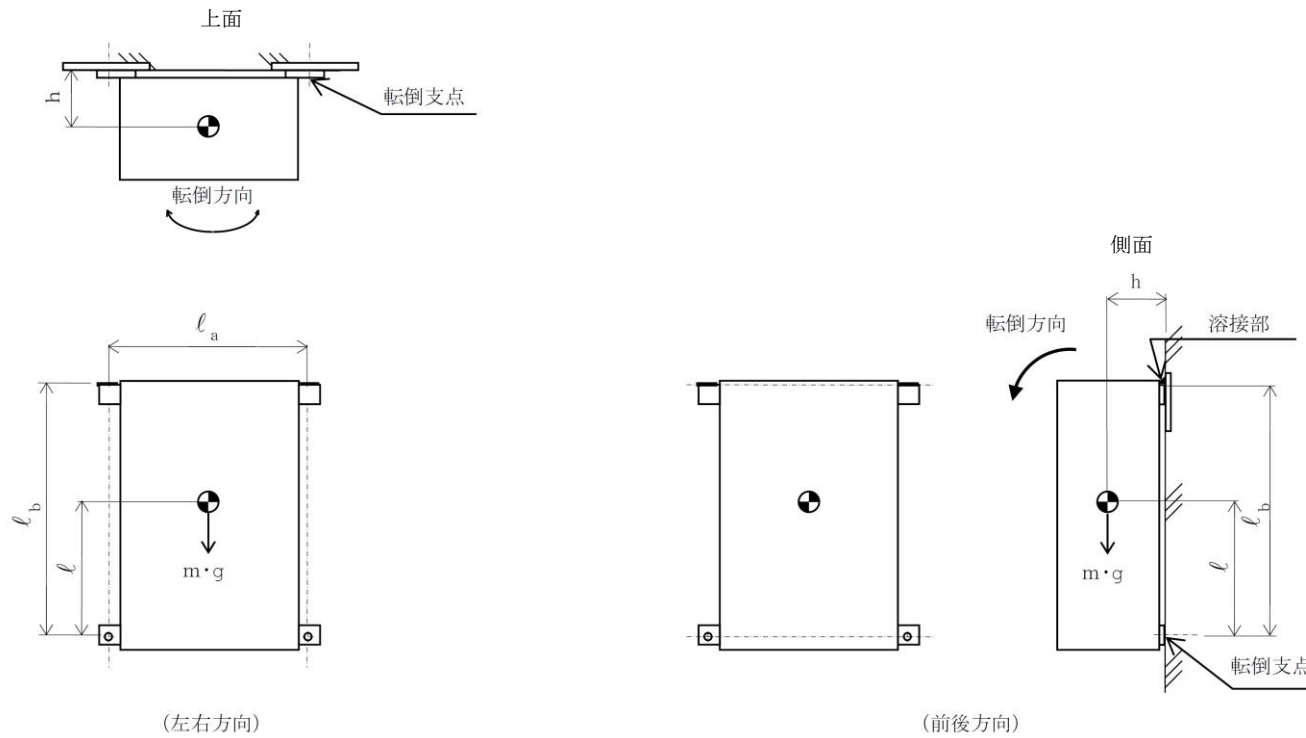


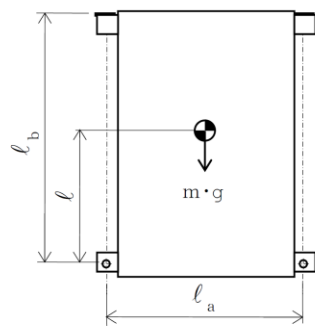
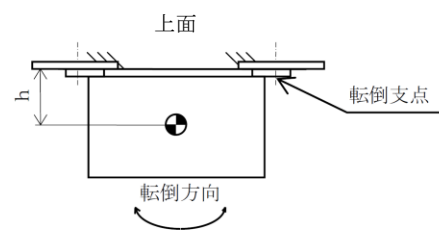
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

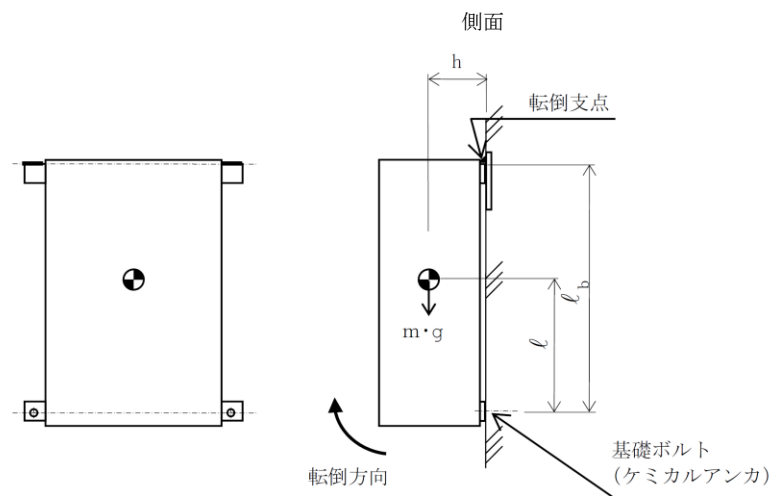
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイポンプ 出口流量 (FX223-1)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度II（基準地震動 $S_s$ ）により定まる加速度  
 機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





(左右方向)



(前後方向)

VI-2-6-5-11 高圧原子炉代替注水流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧原子炉代替注水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

高圧原子炉代替注水流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、高圧原子炉代替注水流量は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧原子炉代替注水流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトで壁面に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

高圧原子炉代替注水流量の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

高圧原子炉代替注水流量 (FX2B1-1)	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

高圧原子炉代替注水流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧原子炉代替注水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

高圧原子炉代替注水流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧原子炉代替注水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧原子炉代替注水流量 (FX2B1-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧原子炉代替注水流量	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *  (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *  (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電気的機能維持評価方法

高圧原子炉代替注水流量の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインピーク波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

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

機器名称	方向	機能確認済加速度
高圧原子炉代替注水流量 (FX2B1-1)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧原子炉代替注水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧原子炉代替注水流量（FX2B1-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧原子炉代替注水流量 (FX2B1-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 1.3 (EL 8.8 <sup>*1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> =1.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.99 <sup>*2</sup>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		184	12 (M12)	113.1	4	221 (径 ≤ 16mm)	373 (径 ≤ 16mm)

部材	l <sub>3</sub> <sup>*</sup> (mm)	l <sub>a</sub> <sup>*</sup> (mm)	l <sub>b</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>fV</sub> <sup>*</sup>	n <sub>fH</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	807	160	1140	2	2	—	261	—	左右方向
	807	160	1140	2	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

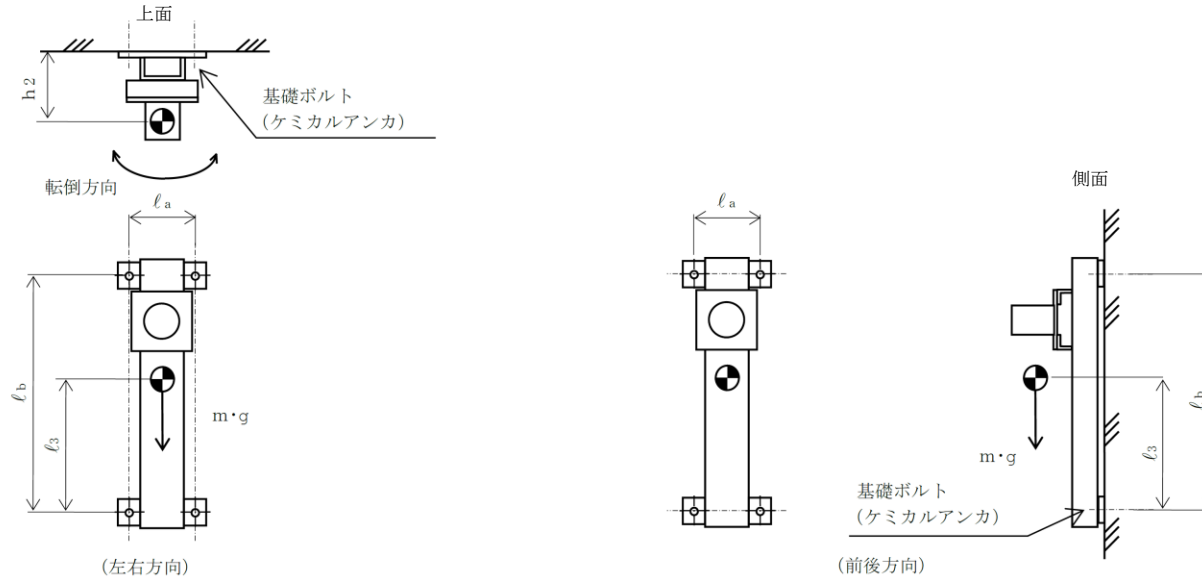
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高压原子炉代替注水流量 (FX2B1-1)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-12 代替注水流量（常設）の耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 超音波パルス送受信器 (FE2B2-1)	2
2.1 概要	2
2.2 一般事項	2
2.2.1 構造計画	2
2.2.2 評価方針	4
2.2.3 適用規格・基準等	4
2.3 評価部位	4
2.4 機能維持評価	5
2.4.1 機能維持評価用加速度	5
2.4.2 機能確認済加速度	6
2.5 評価結果	7
2.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

3. 流量変換器 (FX2B2-1)	9
3.1 概要	9
3.2 一般事項	9
3.2.1 構造計画	9
3.2.2 評価方針	11
3.2.3 適用規格・基準等	12
3.2.4 記号の説明	13
3.2.5 計算精度と数値の丸め方	14
3.3 評価部位	15
3.4 固有周期	16
3.4.1 固有周期の計算方法	16
3.4.2 固有周期の計算条件	17
3.4.3 固有周期の計算結果	17
3.5 構造強度評価	18
3.5.1 構造強度評価方法	18
3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	18
3.5.3 設計用地震力	22
3.5.4 計算方法	23
3.5.5 計算条件	25
3.5.6 応力の評価	26
3.6 機能維持評価	27
3.6.1 電氣的機能維持評価方法	27
3.7 評価結果	28
3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	28

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、代替注水流量（常設）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

代替注水流量（常設）は、超音波パルス送受信器及び流量変換器から構成される。代替注水流量（常設）の構造図を図1-1に示す。

「2. 超音波パルス送受信器（FE2B2-1）」においては、代替注水流量（常設）のうち超音波パルス送受信器が設計用地震力に対して十分な電気的機能を維持できることを説明する。電気的機能維持評価では、機能維持評価用加速度がすべて機能維持確認済加速度以下であることで評価する。

「3. 流量変換器（FX2B2-1）」においては、代替注水流量（常設）のうち流量変換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明する。構造強度評価では、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について評価を実施する。電気的機能維持評価では、機能維持評価用加速度がすべて機能維持確認済加速度以下であることで評価する。

超音波パルス送受信器及び流量変換器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、超音波パルス送受信器は重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。流量変換器は重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

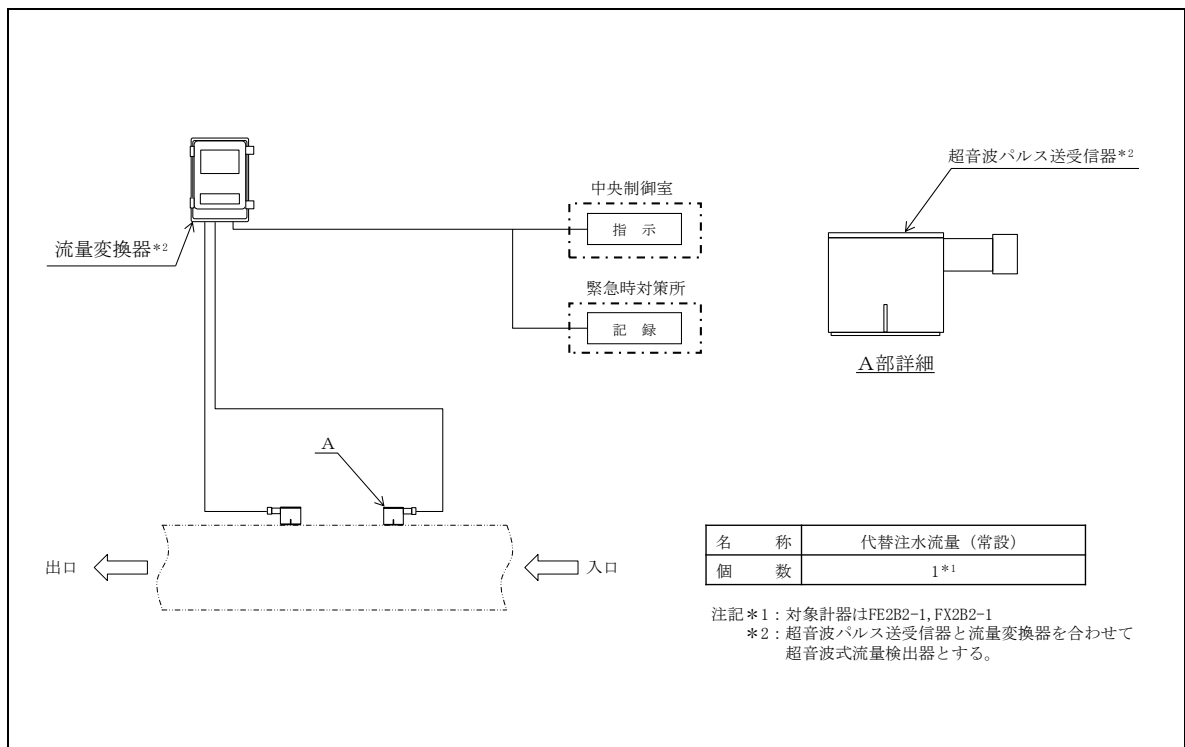


図1-1 代替注水流量（常設）の構造図

## 2. 超音波パルス送受信器 (FE2B2-1)

### 2.1 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、超音波パルス送受信器が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

超音波パルス送受信器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、低圧原子炉代替注水系管にガイドレールと固定金具と共に締付バンドで固定する。</p>	<p>超音波式流量検出器</p>	<p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 2.2.2 評価方針

超音波パルス送受信器の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「2.4 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.5 評価結果」に示す。

超音波パルス送受信器の耐震評価フローを図2-1に示す。

なお、超音波パルス送受信器は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

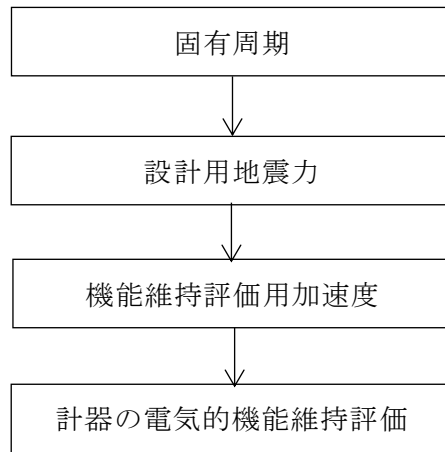


図2-1 超音波パルス送受信器の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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）

### 2.3 評価部位

超音波パルス送受信器は、低圧原子炉代替注水系管に締付バンドで固定されることから、低圧原子炉代替注水系管が支持している。低圧原子炉代替注水系管の構造強度評価はVI-2-5-5-5-2「管の耐震性についての計算書（低圧原子炉代替注水系）」にて実施しているため、本計算書では、低圧原子炉代替注水系管の地震応答解析結果を用いた超音波パルス送受信器の電氣的機能維持評価について示す。

## 2.4 機能維持評価

超音波パルス送受信器の電気的機能維持評価について、以下に示す。

### 2.4.1 機能維持評価用加速度

超音波パルス送受信器は低圧原子炉代替注水系管に締付バンドで固定されることから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設置床の加速度又は基準地震動  $S_s$  による地震力により超音波パルス送受信器取付部の配管の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 2-2 及び表 2-3 に示す。

表 2-2 機能維持評価用加速度（検出器取付箇所配管に生じる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
超音波パルス 送受信器 (FE2B2-1)	低圧原子炉代替注水 系管 (FLSR-F-3) EL 8.5407	水平	4.00
		鉛直	3.00

表 2-3 機能維持評価用加速度（基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度）

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

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*2
超音波パルス 送受信器 (FE2B2-1)	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽 EL 8.2*1 (EL 14.7*1)	水平	1.92
		鉛直	1.50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）を上回る設計震度により定まる加速度

#### 2.4.2 機能確認済加速度

超音波パルス送受信器の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同型式の検出器単体のサインビート波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-4 に示す。

表 2-4 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
超音波パルス送受信器 (FE2B2-1)	水平	□
	鉛直	□



## 2.5 評価結果

### 2.5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

超音波パルス送受信器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【超音波パルス送受信器 (FE2B2-1) の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

## 1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
超音波パルス送受信器 (FE2B2-1)	水平方向	4.00	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	3.00	<input type="checkbox"/>

注記\*：機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動S<sub>s</sub>により定まる加速度又は超音波パルス送受信器取付部の質点に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

### 3. 流量変換器 (FX2B2-1)

#### 3.1 概要

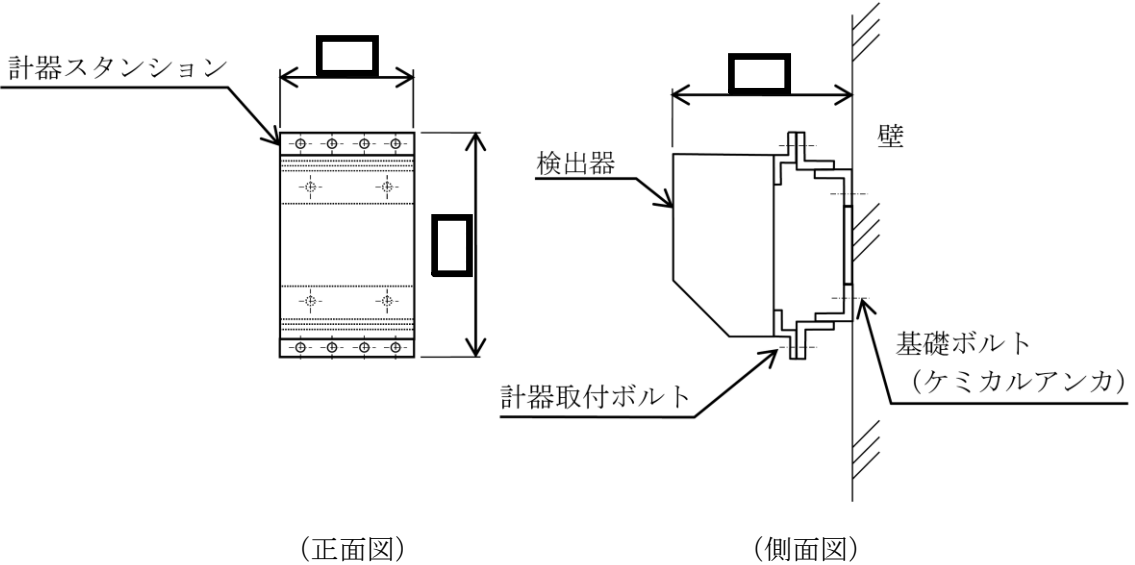
本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、流量変換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

#### 3.2 一般事項

##### 3.2.1 構造計画

流量変換器の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎ボルトで壁に設置する。</p>	<p>超音波式流量検出器</p>	 <p>(単位: mm)</p>

### 3.2.2 評価方針

流量変換器の応力評価は、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、「3.2.1 構造計画」にて示す流量変換器の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 固有周期」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、「3.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、流量変換器の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「3.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.7 評価結果」に示す。

流量変換器の耐震評価フローを図3-1に示す。

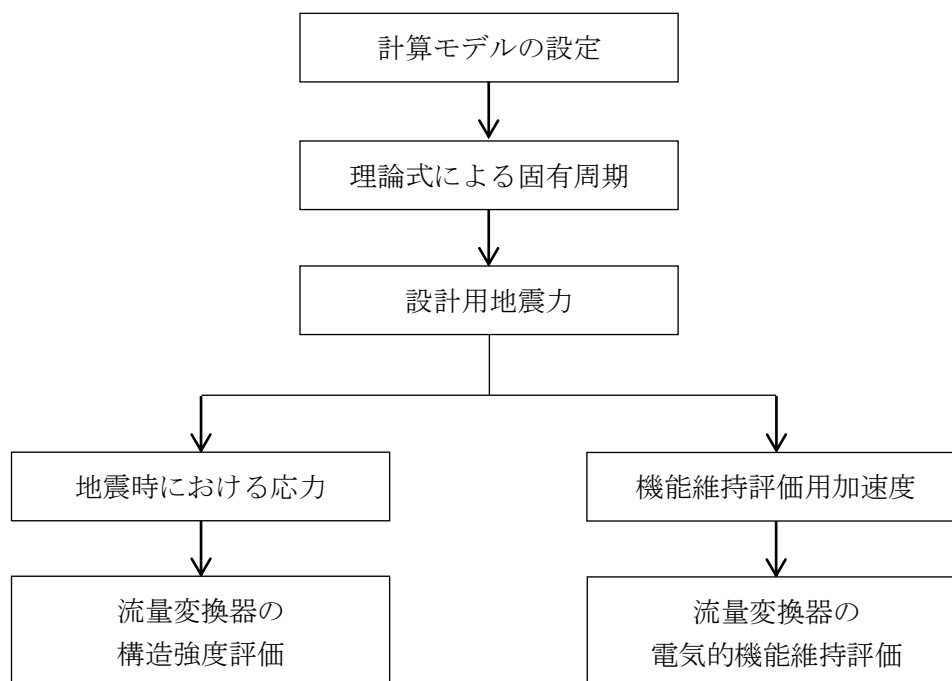


図3-1 流量変換器の耐震評価フロー

### 3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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。)

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$b$	サポート鋼材断面幅 (Z方向)	mm
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$E$	縦弾性係数	MPa
$F$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	サポート鋼材断面高さ (Y方向)	mm
$h_2$	取付面から重心までの距離 (壁掛形)	mm
$I_1$	断面二次モーメント (水平方向)	
$I_2$	断面二次モーメント (鉛直方向)	
$l_3$	重心と下側ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$l_a$	側面 (左右) ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$l_b$	上下ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$m$	計器スタンションの質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向転倒) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向転倒) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	s
$T_V$	鉛直方向固有周期	s
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

### 3.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 3-2 に示すとおりである。

表 3-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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



### 3.3 評価部位

流量変換器の耐震評価は、「3.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

流量変換器の耐震評価部位については、表 3-1 の概略構造図に示す。

### 3.4 固有周期

#### 3.4.1 固有周期の計算方法

流量変換器の固有周期の計算方法を以下に示す。

##### (1) 計算モデル

- a. 計器スタンションの質量は重心に集中するものとする。
- b. 計器スタンションの質量は上下のサポート鋼材それぞれ均等に加わるものとする。
- c. 計器スタンションは基礎ボルトで壁面に固定されており、固定端とする。
- d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- e. 計器スタンションは、図3-2に示す側面端固定の1質点系振動モデルとして考える。
- f. 1質点系振動モデルの梁断面は保守的にサポート鋼材の最小断面部分を設定し、断面二次モーメントが最小となるよう図心直上に重心が位置するよう上下二つに分割したモデルとして考える。
- g. せん断剛性については固有周期に対して影響軽微であるため考慮しない。

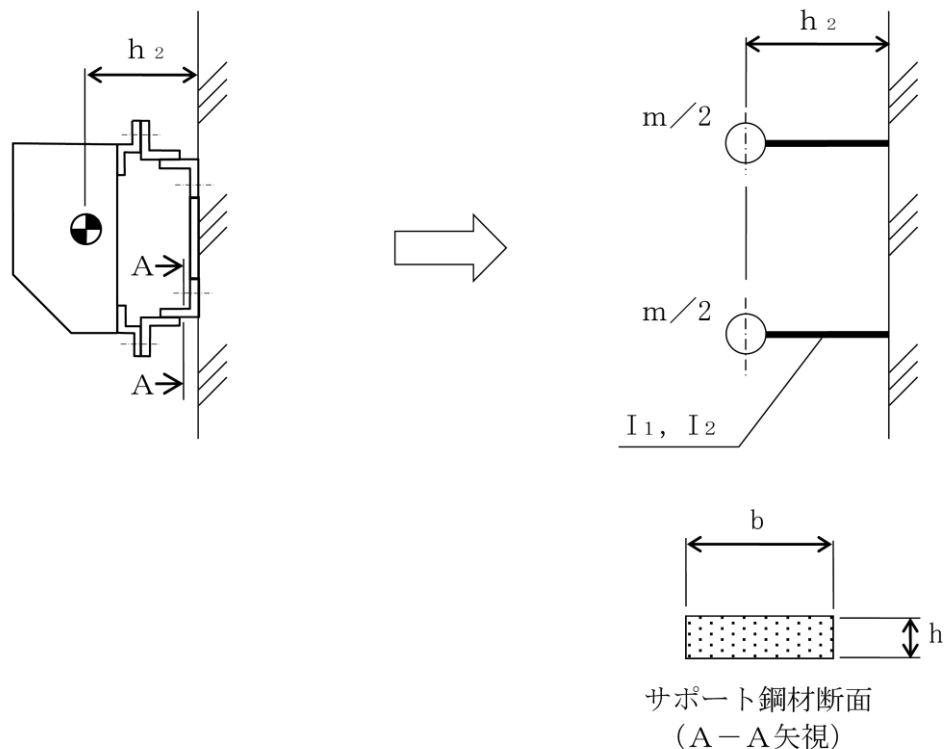


図3-2 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。なお、据付面に対して垂直方向の固有周期は十分に剛であると考えられることから、水平方向の固有周期は正面より見て左右方向に対して算出する。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(m/2)}{1000} \cdot \left(\frac{h_2^3}{3 \cdot E \cdot I_1}\right)} \dots\dots\dots (3.4.1.1)$$

ここで、 $I_1$ は以下とする。

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h \dots\dots\dots (3.4.1.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(m/2)}{1000} \cdot \left(\frac{h_2^3}{3 \cdot E \cdot I_2}\right)} \dots\dots\dots (3.4.1.3)$$

ここで、 $I_2$ は以下とする。

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \dots\dots\dots (3.4.1.4)$$

3.4.2 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【流量変換器 (FX2B2-1) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

3.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-3 に示す。計算の結果、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 3-3 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

### 3.5 構造強度評価

#### 3.5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 計器スタンションは基礎ボルトで壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討する。
- (5) 計器スタンションの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

流量変換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

##### 3.5.2.2 許容応力

流量変換器の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-5 のとおりとする。

##### 3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

流量変換器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	流量変換器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-6 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—

### 3.5.3 設計用地震力

流量変換器の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-7 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 3-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (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
流量変換器	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽 EL 8.2* <sup>1</sup> (EL 14.7* <sup>1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> = 2.31* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 1.80* <sup>2</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）を上回る設計震度



### 3.5.4 計算方法

#### 3.5.4.1 応力の計算方法

##### 3.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

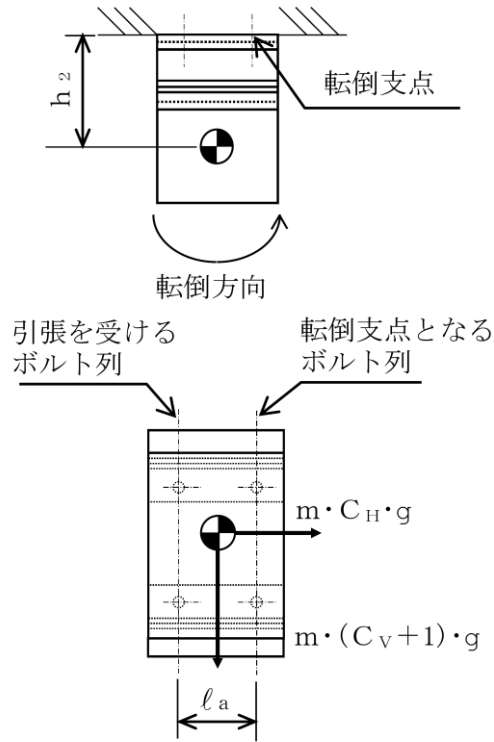


図3-3 計算モデル（左右方向転倒）

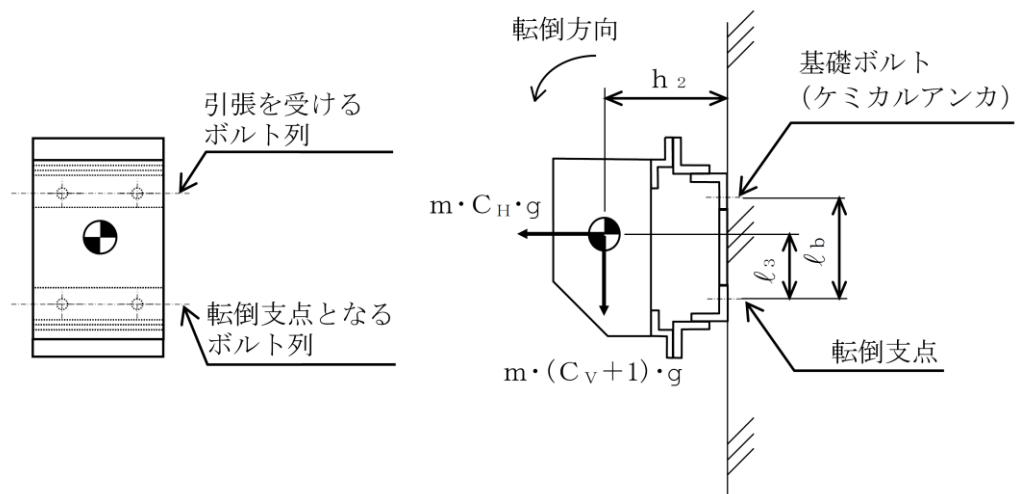


図3-4 計算モデル（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図3-3及び図3-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図3-3の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図3-4の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.5)$$

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.9)$$

### 3.5.5 計算条件

#### 3.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【流量変換器 (FX2B2-1) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

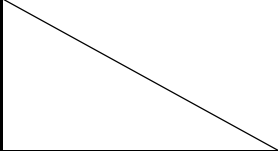
### 3.5.6 応力の評価

#### 3.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

3.5.4.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (3.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

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

### 3.6 機能維持評価

#### 3.6.1 電氣的機能維持評価方法

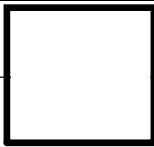
流量変換器の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

流量変換器の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-8 に示す。

表 3-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
流量変換器 (FX2B2-1)	水平	
	鉛直	

### 3.7 評価結果

#### 3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

流量変換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【流量変換器 (FX2B2-1) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
流量変換器 (FX2B2-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽 EL 8.2* <sup>1</sup> (EL 14.7* <sup>1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> =2.31* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.80* <sup>2</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		155	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)

部材	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	97	150	170	2	2	—	276	—	左右方向
	97	150	170	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

E (MPa)	b (mm)	h (mm)	I <sub>1</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>2</sub> (mm <sup>4</sup> )
201000				

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H =$ <input type="text"/>
鉛直方向	$T_V =$ <input type="text"/>

1.4.2 ボルトの応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 5$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

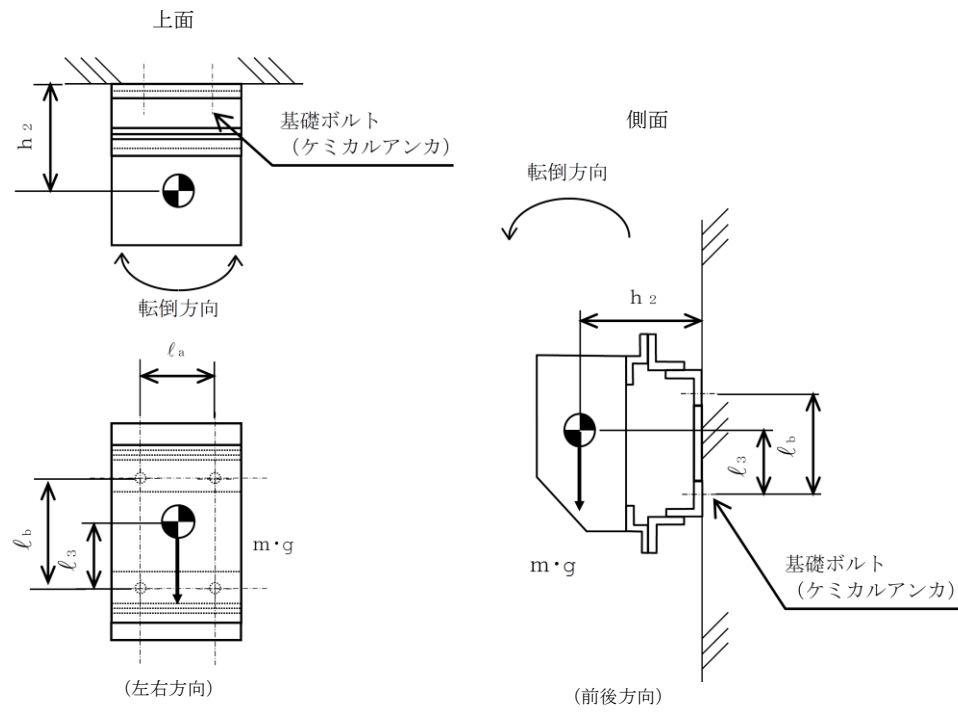
1.4.3 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
流量変換器 (FX2B2-1)	水平方向	1.92	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.50	<input type="text"/>

注記\*: 設計用震度 II (基準地震動  $S_s$ ) を上回る設計震度により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





VI-2-6-5-13 低圧原子炉代替注水流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧原子炉代替注水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

低圧原子炉代替注水流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、低圧原子炉代替注水流量は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧原子炉代替注水流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)</th> <th>低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td style="border: 2px solid black;"></td> <td style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td style="border: 2px solid black;"></td> <td style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td style="border: 2px solid black;"></td> <td style="border: 2px solid black;"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器名称	低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)	たて			横			高さ		
機器名称	低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)												
たて														
横														
高さ														

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

低圧原子炉代替注水流量の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験(自由振動試験)の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

低圧原子炉代替注水流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧原子炉代替注水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

低圧原子炉代替注水流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧原子炉代替注水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧原子炉代替注水流量（FX2B2-2A-1）の耐震性についての計算結果】、【低圧原子炉代替注水流量（FX2B2-2B-1）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧原子炉代替注水流量	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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



表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> *  (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *  (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)
V <sub>A</sub> S		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

低圧原子炉代替注水流量の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	水平	
	鉛直	
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧原子炉代替注水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		712	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	261	—	前後方向
	36	236	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 14$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

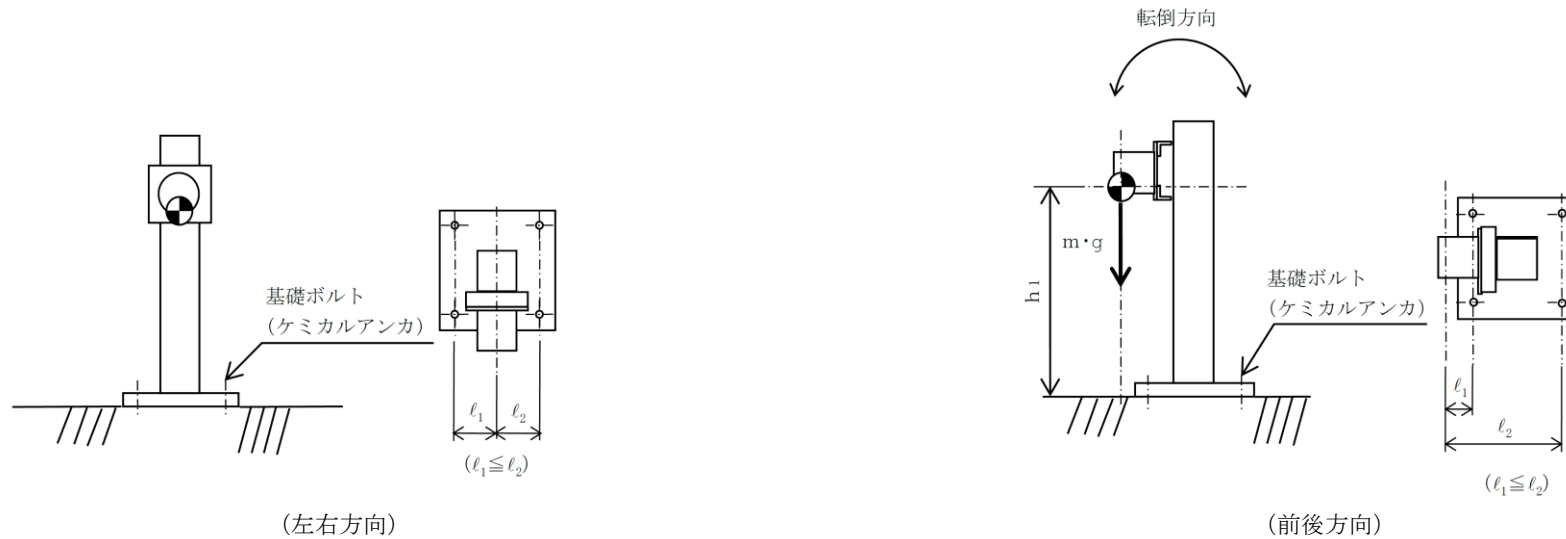
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2A-1)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

11



【低圧原子炉代替注水流量（FX2B2-2B-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		712	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	261	—	前後方向
	36	236	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 14$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

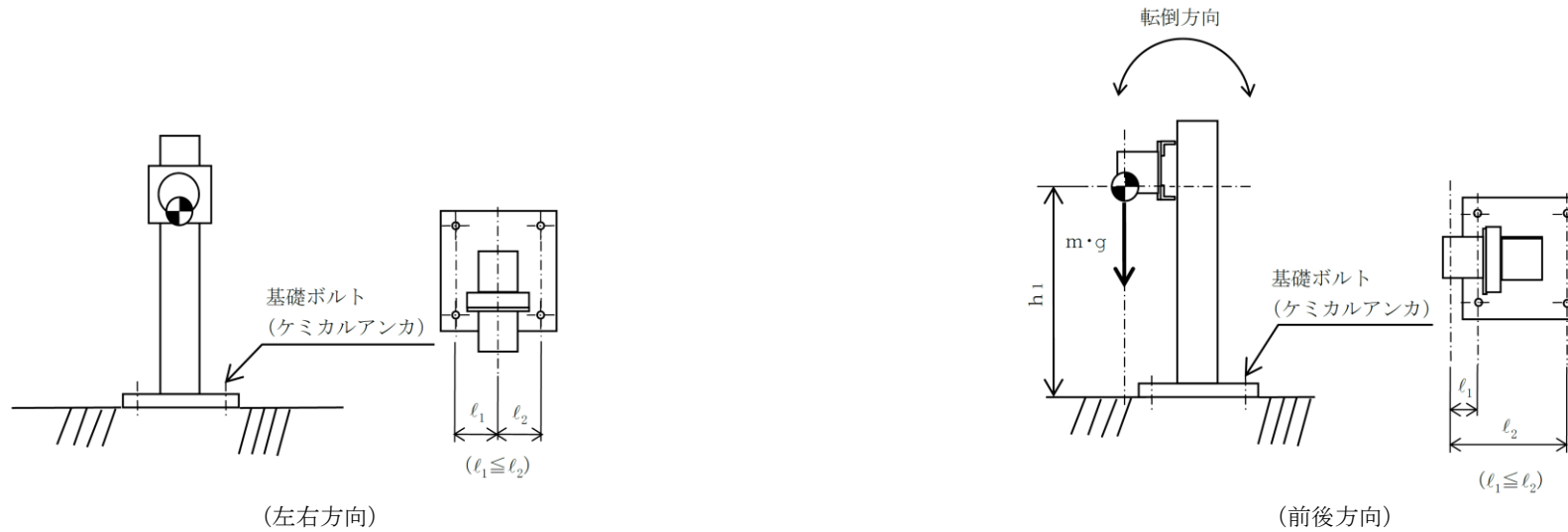
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量 (FX2B2-2B-1)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





VI-2-6-5-14 低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<table border="1" style="margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)</th> <th>低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>	機器名称	低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)	低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)	たて			横			高さ		
機器名称	低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)	低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)												
たて														
横														
高さ														

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の固有周期は，構造が同等な計器スターションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）(FX2B2-2A-2)の耐震性についての計算結果】、【低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）(FX2B2-2B-2)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

51 \*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS		

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

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



表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用） (FX2B2-2A-2)	水平	
	鉛直	
低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用） (FX2B2-2B-2)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）（FX2B2-2A-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		689	12 (M12)	113.1	4	221 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	261	—	前後方向
	23	223	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 12$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

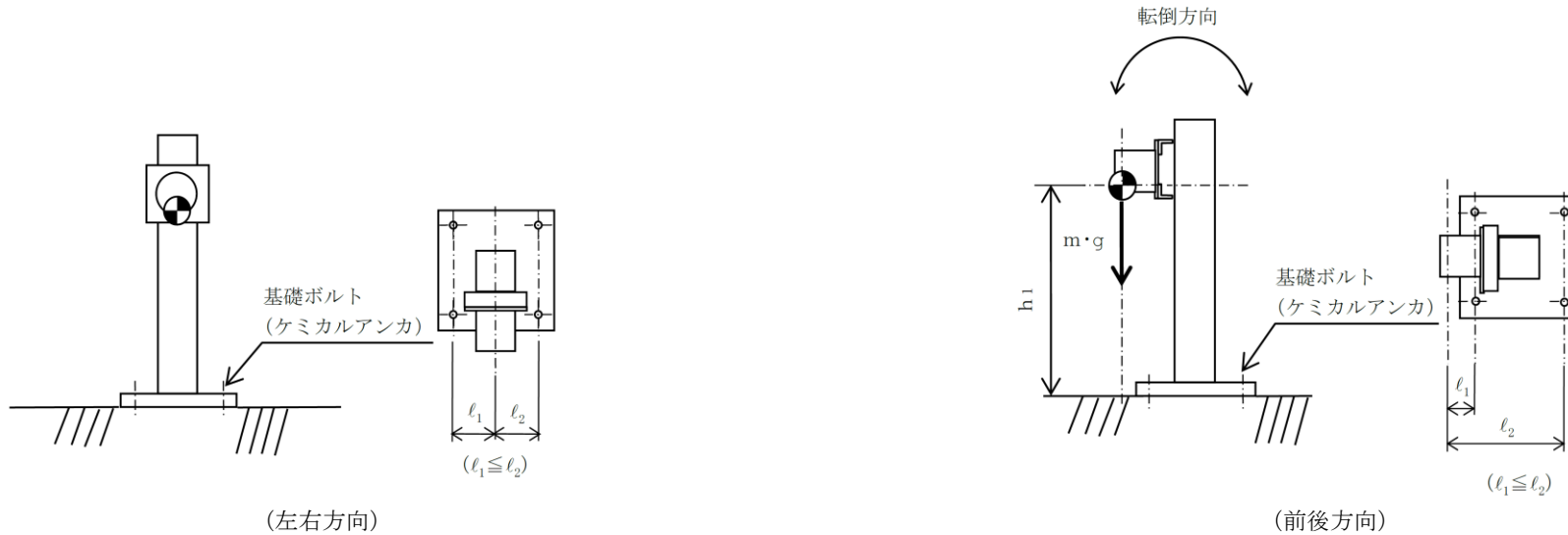
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2A-2)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

11



【低圧原子炉代替注水流量（狭帯域用）（FX2B2-2B-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		689	12 (M12)	113.1	4	221 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	261	—	前後方向
	23	223	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 12$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

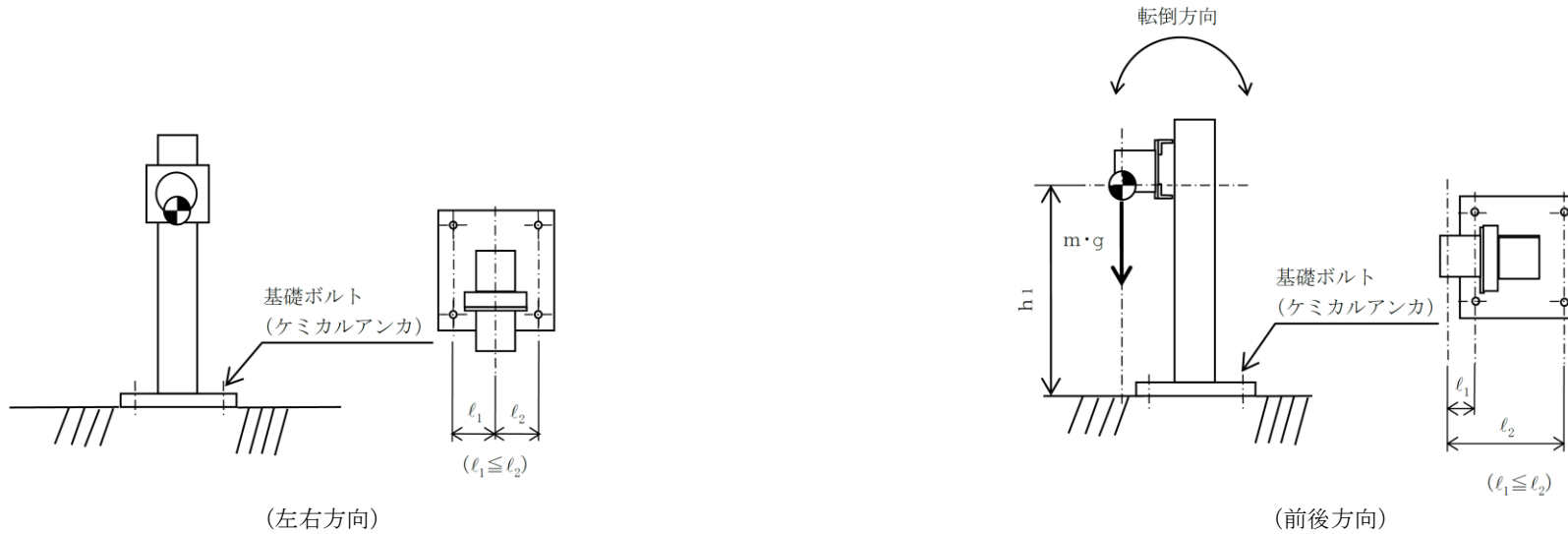
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用) (FX2B2-2B-2)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-15 残留熱代替除去系原子炉注水流量の  
耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱代替除去系原子炉注水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

残留熱代替除去系原子炉注水流量は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱代替除去系原子炉注水流量は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱代替除去系原子炉注水流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<div style="text-align: center;"> <p>(平面図)</p> <p>(正面図) 床</p> <p>(側面図)</p> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

残留熱代替除去系原子炉注水流量の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

残留熱代替除去系 原子炉注水流量 (FX222-10)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

残留熱代替除去系原子炉注水流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱代替除去系原子炉注水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

残留熱代替除去系原子炉注水流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱代替除去系原子炉注水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱代替除去系原子炉注水流量 (FX222-10) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱代替除去系 原子炉注水流量	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記\*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

51 \*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—



5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱代替除去系原子炉注水流量の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
残留熱代替除去系原子炉注水流量 (FX222-10)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱代替除去系原子炉注水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱代替除去系原子炉注水流量（FX222-10）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱代替除去系 原子炉注水流量 (FX222-10)	常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		835	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	261	—	前後方向
	33	233	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 18$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

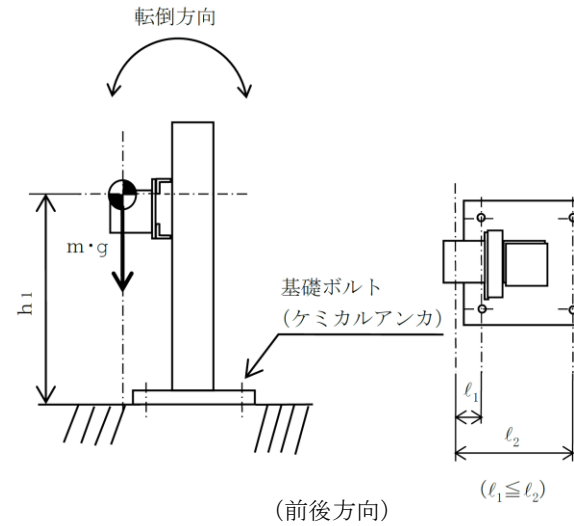
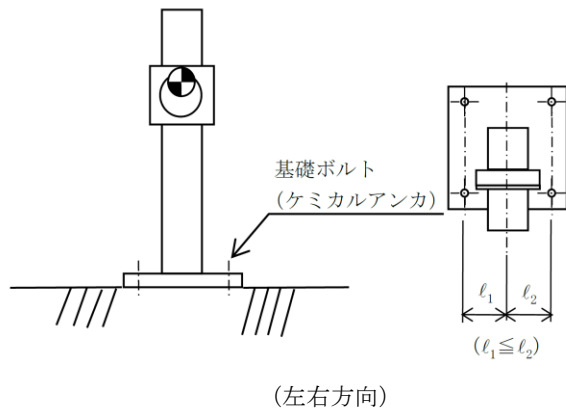
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱代替除去系 原子炉注水流量 (FX222-10)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-16 原子炉圧力の耐震性についての計算書（その1）

## 目 次

1. 原子炉圧力 (PX298-5A, PX293-1A, B, C, D)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.3.1 固有周期の確認	3
1.4 構造強度評価	4
1.4.1 構造強度評価方法	4
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
1.4.3 計算条件	4
1.5 機能維持評価	8
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	8
1.6 評価結果	9
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9
2. 原子炉圧力 (PX298-5B)	24
2.1 概要	24
2.2 一般事項	24
2.2.1 構造計画	24
2.3 固有周期	26
2.3.1 固有周期の確認	26
2.4 構造強度評価	27
2.4.1 構造強度評価方法	27
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	27
2.4.3 計算条件	27
2.5 機能維持評価	31
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	31
2.6 評価結果	32
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	32
2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	32

## 1. 原子炉圧力 (PX298-5A, PX293-1A, B, C, D)

### 1.1 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、原子炉圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

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

なお、原子炉圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																							
基礎・支持構造	主体構造																								
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>																								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">機器名称</th> <th style="width: 20%;">原子炉圧力 (2RIR-1-8A (I) (PX298-5A, PX293-1A))</th> <th style="width: 20%;">原子炉圧力 (2RIR-1-8B (I) (PX293-1B))</th> <th style="width: 20%;">原子炉圧力 (2RIR-1-8C (PX293-1C))</th> <th style="width: 20%;">原子炉圧力 (2RIR-1-8D (I) (PX293-1D))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				機器名称	原子炉圧力 (2RIR-1-8A (I) (PX298-5A, PX293-1A))	原子炉圧力 (2RIR-1-8B (I) (PX293-1B))	原子炉圧力 (2RIR-1-8C (PX293-1C))	原子炉圧力 (2RIR-1-8D (I) (PX293-1D))	たて					横					高さ				
機器名称	原子炉圧力 (2RIR-1-8A (I) (PX298-5A, PX293-1A))	原子炉圧力 (2RIR-1-8B (I) (PX293-1B))	原子炉圧力 (2RIR-1-8C (PX293-1C))	原子炉圧力 (2RIR-1-8D (I) (PX293-1D))																					
たて																									
横																									
高さ																									
		(単位：mm)																							



### 1.3 固有周期

#### 1.3.1 固有周期の確認

原子炉圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期

(単位：s)

原子炉圧力 (2RIR-1-8A (I) (PX298-5A, PX293-1A) )	水平			
	鉛直			
原子炉圧力 (2RIR-1-8B (I) (PX293-1B) )	水平			
	鉛直			
原子炉圧力 (2RIR-1-8C (PX293-1C) )	水平			
	鉛直			
原子炉圧力 (2RIR-1-8D (I) (PX293-1D) )	水平			
	鉛直			

## 1.4 構造強度評価

### 1.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

#### 1.4.2.2 許容応力

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

#### 1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-7 に示す。

### 1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (PX298-5A, PX293-1A) の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力 (PX293-1B) の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力 (PX293-1C) の耐震性についての計算結果】，【原子炉圧力 (PX293-1D) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	原子炉圧力高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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。

5

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-6 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

## 1.5 機能維持評価

### 1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5A)	水平	
	鉛直	
原子炉圧力 (PX293-1A)	水平	
	鉛直	
原子炉圧力 (PX293-1B)	水平	
	鉛直	
原子炉圧力 (PX293-1C)	水平	
	鉛直	
原子炉圧力 (PX293-1D)	水平	
	鉛直	

## 1.6 評価結果

### 1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力（PX298-5A, PX293-1A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (PX298-5A, PX293-1A)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	5	211	253	長辺方向	長辺方向
	520 <sup>*1</sup>	670 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉圧力 (PX293-1A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (PX298-5A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	5	—	232	—	長辺方向
	520*1	670*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

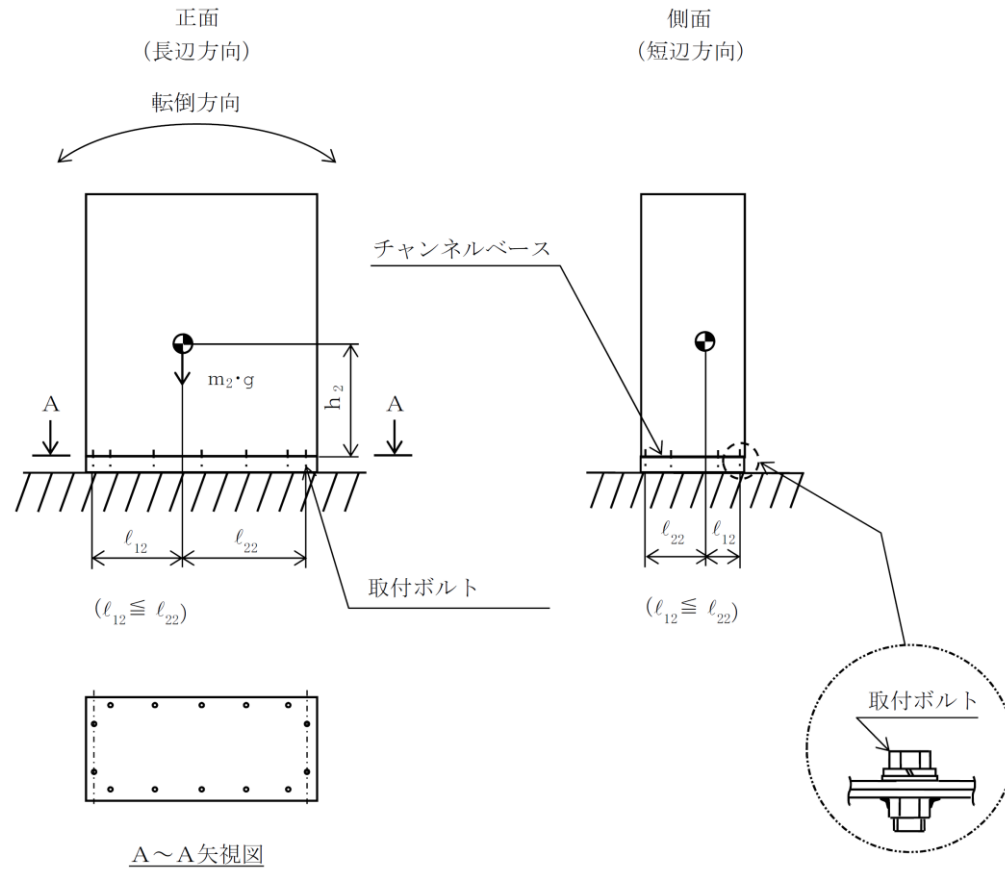
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉圧力 (PX293-1B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (PX293-1B)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	5	211	253	短辺方向	長辺方向
	620 <sup>*1</sup>	720 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

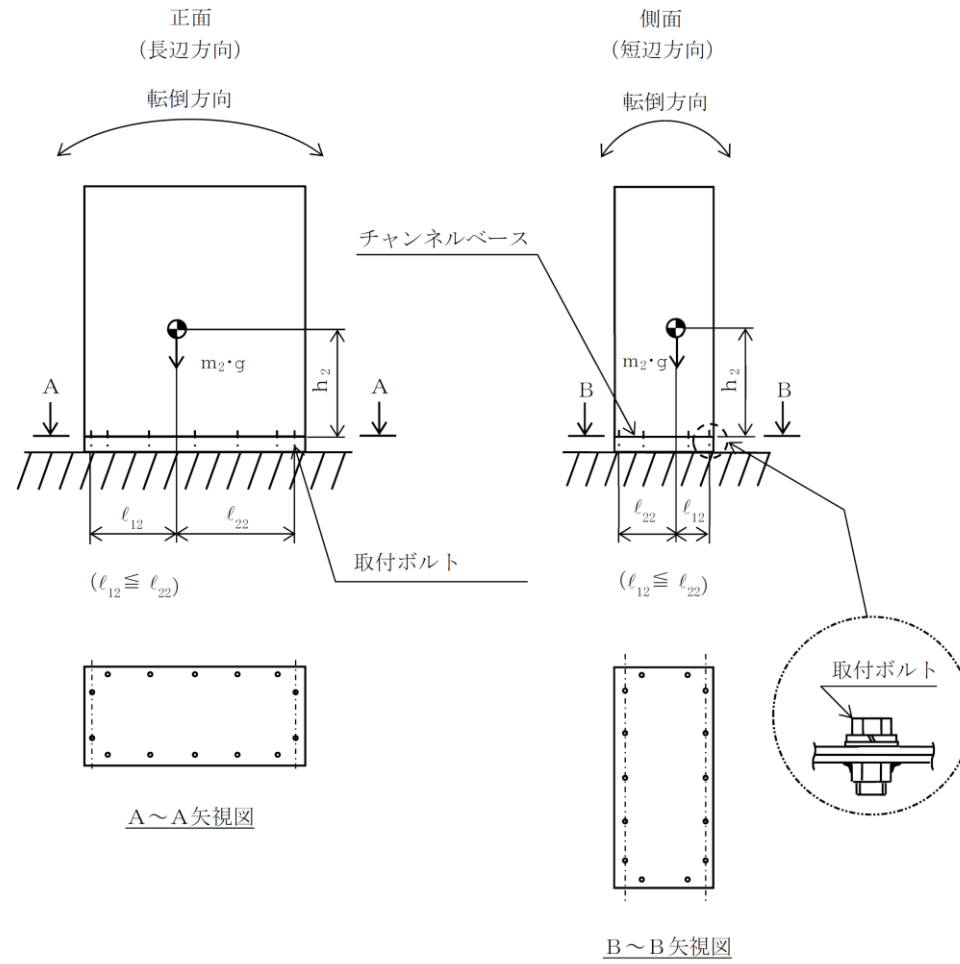
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX293-1B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉圧力 (PX293-1C) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉圧力 (PX293-1C)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	211	253	短辺方向	長辺方向
	1070 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

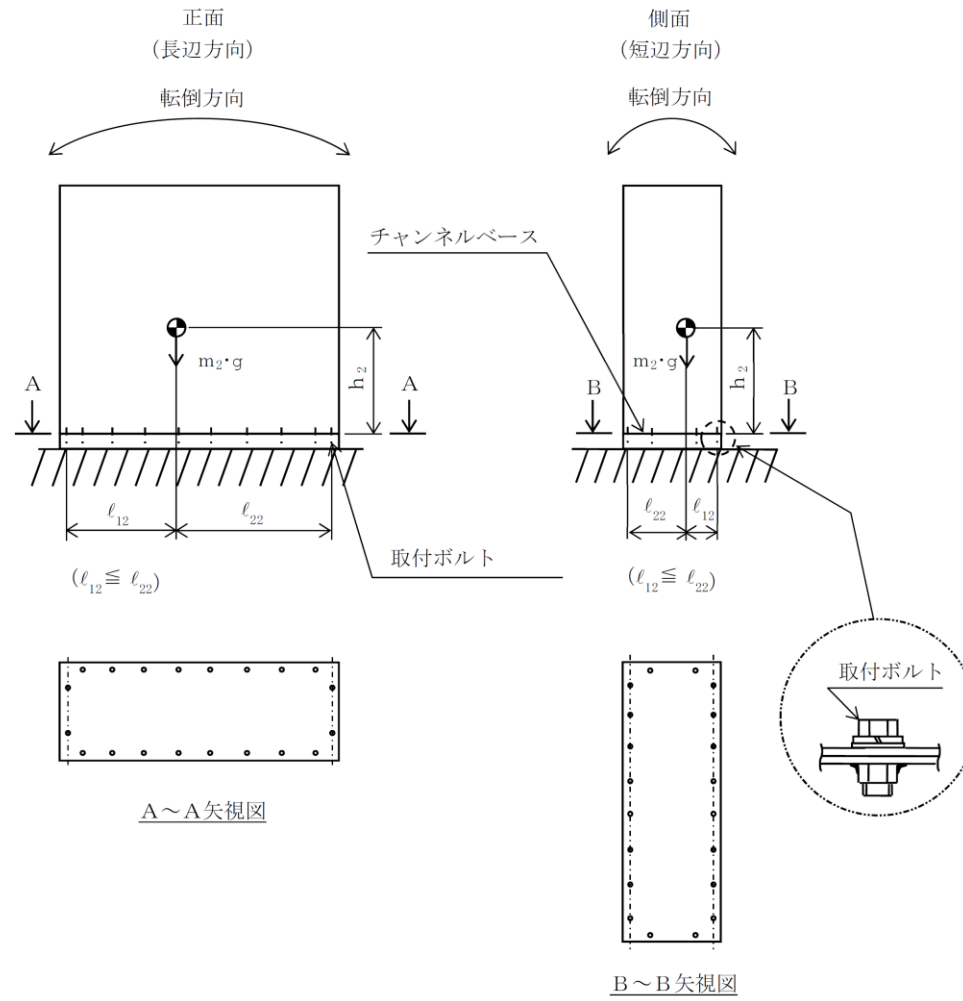
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX293-1C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉圧力 (PX293-1D) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (PX293-1D)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	5	211	253	長辺方向	長辺方向
	570 <sup>*1</sup>	670 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

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

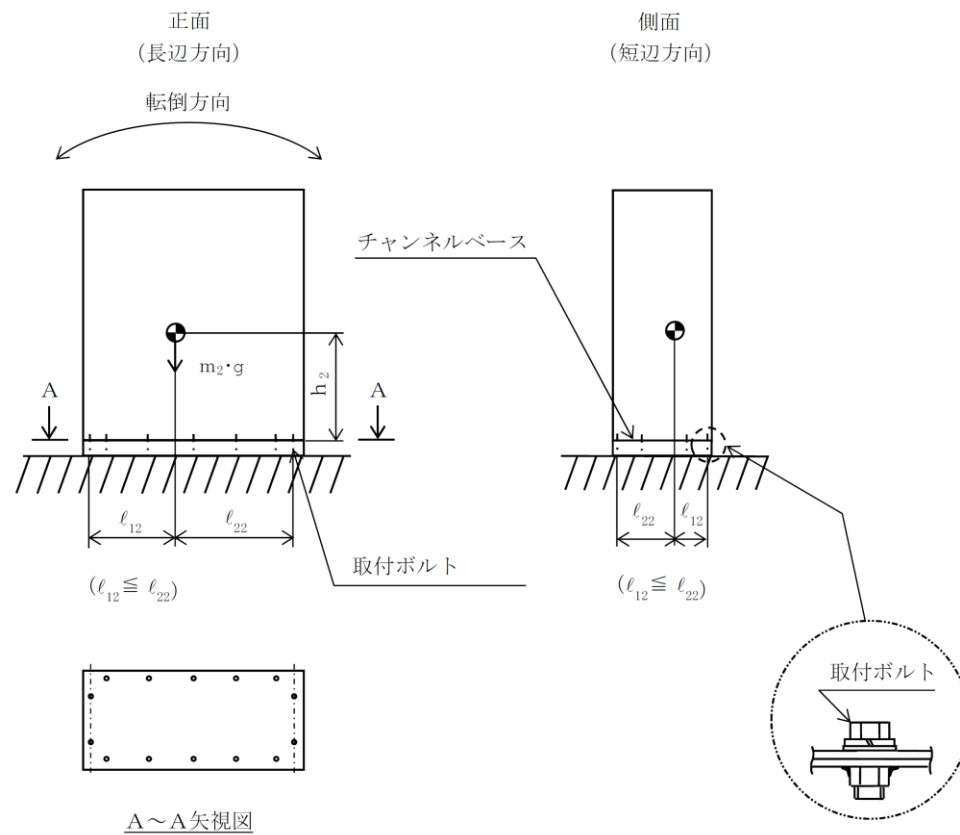
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX293-1D)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



## 2. 原子炉圧力 (PX298-5B)

### 2.1 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、原子炉圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

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

なお、原子炉圧力は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

## 2.3 固有周期

### 2.3.1 固有周期の確認

原子炉圧力の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期

(単位：s)

原子炉圧力 (PX298-5B)	水平	
	鉛直	



## 2.4 構造強度評価

### 2.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

#### 2.4.2.2 許容応力

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

#### 2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-7 に示す。

### 2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (PX298-5B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-4 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

表 2-7 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

## 2.5 機能維持評価

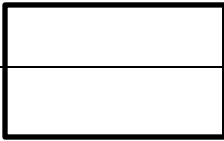
### 2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインピーク波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5B)	水平	
	鉛直	

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力 (PX298-5B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉圧力 (PX298-5B)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =1.18 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.75 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		673	12 (M12)	113.1	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	231	276	前後方向	前後方向
	26	174	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 7$	$f_{ts} = 138^*$	$\sigma_b = 16$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 106$	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (PX298-5B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*2</sup>	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		673	12 (M12)	113.1	4	212 (16mm < 径 ≤ 40mm)	373 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	254	—	前後方向
	26	174	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 16$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

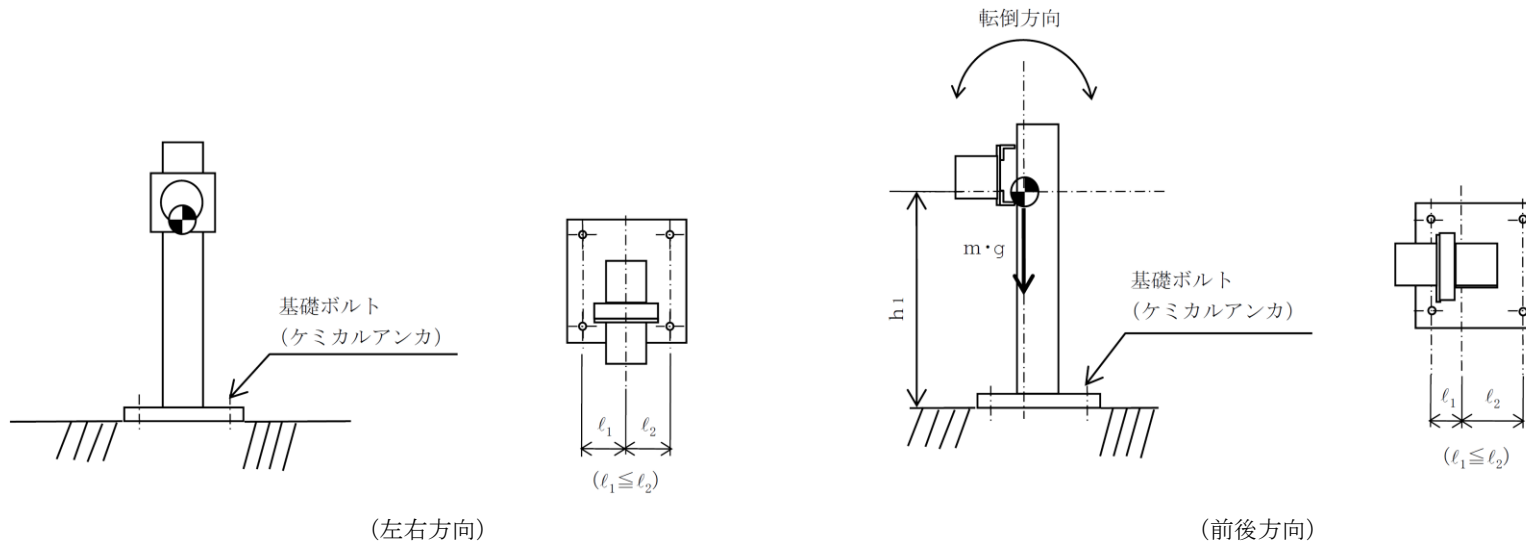
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (PX298-5B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-17 原子炉圧力（S A）の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉圧力（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

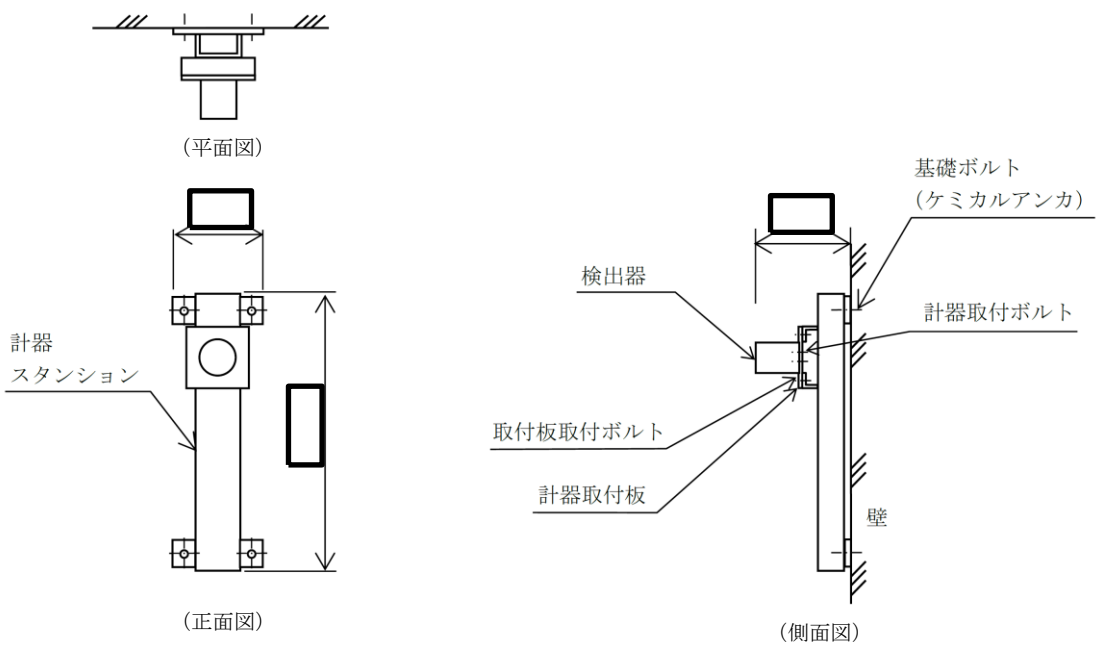
なお、原子炉圧力（SA）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉圧力（SA）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて壁面に設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	 <p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>検出器</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付板</p> <p>計器スターション</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>壁</p> <p>(単位 : mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

原子炉圧力（S A）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

原子炉圧力（S A） (PX298-9)	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力（SA）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力（SA）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉圧力（SA）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力（SA）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力（SA）(PX298-9)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力（S A）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *  (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉圧力（S A）の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力（S A） (PX298-9)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力（SA）（PX298-9）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力（SA） （PX298-9）	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建物 EL 8.8 (EL 10.1*1)			—	—	C <sub>H</sub> =1.63*2	C <sub>V</sub> =1.28*2	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度I（基準地震動S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		144	12 (M12)	113.1	4	221 (径 ≤ 16mm)	373 (径 ≤ 16mm)

部材	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	647	160	840	2	2	—	261	—	左右方向
	647	160	840	2	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

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

すべて許容応力以下である。

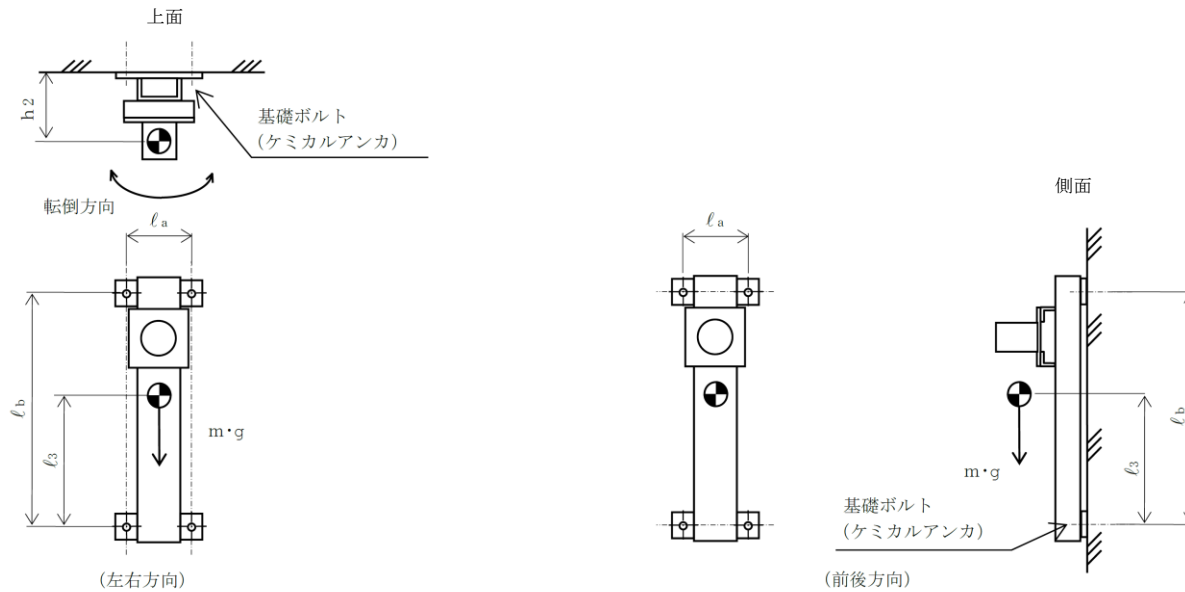
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (S A) (PX298-9)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.05	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-18 原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書



## 目 次

1. 原子炉水位（広帯域）(LX298-1B, D, LX298-3A, B, C, D, LX298-4A, B, C, D, LX298-8A, B, C, D, LX298-11A)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.3.1 固有周期の確認	3
1.4 構造強度評価	4
1.4.1 構造強度評価方法	4
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
1.4.3 計算条件	4
1.5 機能維持評価	10
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	10
1.6 評価結果	12
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	12
1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	12
2. 原子炉水位（広帯域）(LX298-1A, C, LX298-11B)	32
2.1 概要	32
2.2 一般事項	32
2.2.1 構造計画	32
2.3 固有周期	34
2.3.1 固有周期の確認	34
2.4 構造強度評価	35
2.4.1 構造強度評価方法	35
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	35
2.4.3 計算条件	35
2.5 機能維持評価	40
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	40
2.6 評価結果	41
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	41
2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	41

1. 原子炉水位（広帯域）（LX298-1B, D, LX298-3A, B, C, D, LX298-4A, B, C, D, LX298-8A, B, C, D, LX298-11A）

- 1.1 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、原子炉水位（広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（広帯域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 1.2 一般事項

- 1.2.1 構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表1-1に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																					
基礎・支持構造	主体構造																						
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A))</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8B (II) (LX298-3B, LX298-8A, C))</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8C (LX298-3C, LX298-4B, D))</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8D (II) (LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				機器名称	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8B (II) (LX298-3B, LX298-8A, C))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8C (LX298-3C, LX298-4B, D))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8D (II) (LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D))	たて					横					高さ		
機器名称	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8B (II) (LX298-3B, LX298-8A, C))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8C (LX298-3C, LX298-4B, D))	原子炉水位 (広帯域) (2RIR-1-8D (II) (LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D))																			
たて																							
横																							
高さ																							
(単位 : mm)																							

### 1.3 固有周期

#### 1.3.1 固有周期の確認

原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期 (単位：s)

原子炉水位（広帯域） (2RIR-1-8A (II) (LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A))	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (2RIR-1-8B (II) (LX298-3B, LX298-8A, C))	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (2RIR-1-8C (LX298-3C, LX298-4B, D))	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (2RIR-1-8D (II) (LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D))	水平	
	鉛直	

## 1.4 構造強度評価

### 1.4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

#### 1.4.2.2 許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

#### 1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-7 に示す。

### 1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（広帯域）（LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-3B, LX298-8A, C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-3C, LX298-4B, D）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称		耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	主蒸気隔離弁	原子炉水位低 （レベル2）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	高压炉心スプ レイ系	原子炉水位低 （レベル1 H）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	残留 熱除 去系	低压 注水 系	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	自動減圧系		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1-4 (1/2) 荷重の組合せ及び許容応力状態 (重大事故等対処設備)

施設区分		機器名称		設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位 (広帯域)		常設耐震/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	ATWS緩和 設備 (代替制 御棒挿入機 能)	原子炉水位低 (レベル2)	常設耐震/防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	ATWS緩和 設備 (代替原 子炉再循環ポ ンプトリップ 機能)	原子炉水位低 (レベル2)	常設耐震/防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-4 (2/2) 荷重の組合せ及び許容応力状態 (重大事故等対処設備)

施設区分		機器名称		設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	代替自動減圧 ロジック (代 替自動減圧機 能)	原子炉水位低 (レベル1)	常設耐震/防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記\*1: 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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



表 1-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-6 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

## 1.5 機能維持評価

### 1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8 (1/2) 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (LX298-3A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-4A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-4C)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-11A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-3B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-8A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-8C)	水平	
	鉛直	

表 1-8 (2/2) 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3C)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4D)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1D)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3D)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8D)	水平	
	鉛直	

S2 補 VI-2-6-5-18 R1

## 1.6 評価結果

### 1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（広帯域）（LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-3A, LX298-4A, C, LX298-11A)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	18	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	7	211	253	短辺方向	長辺方向
	920 <sup>*1</sup>	970 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	7	—	232	—	長辺方向
	920*1	970*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

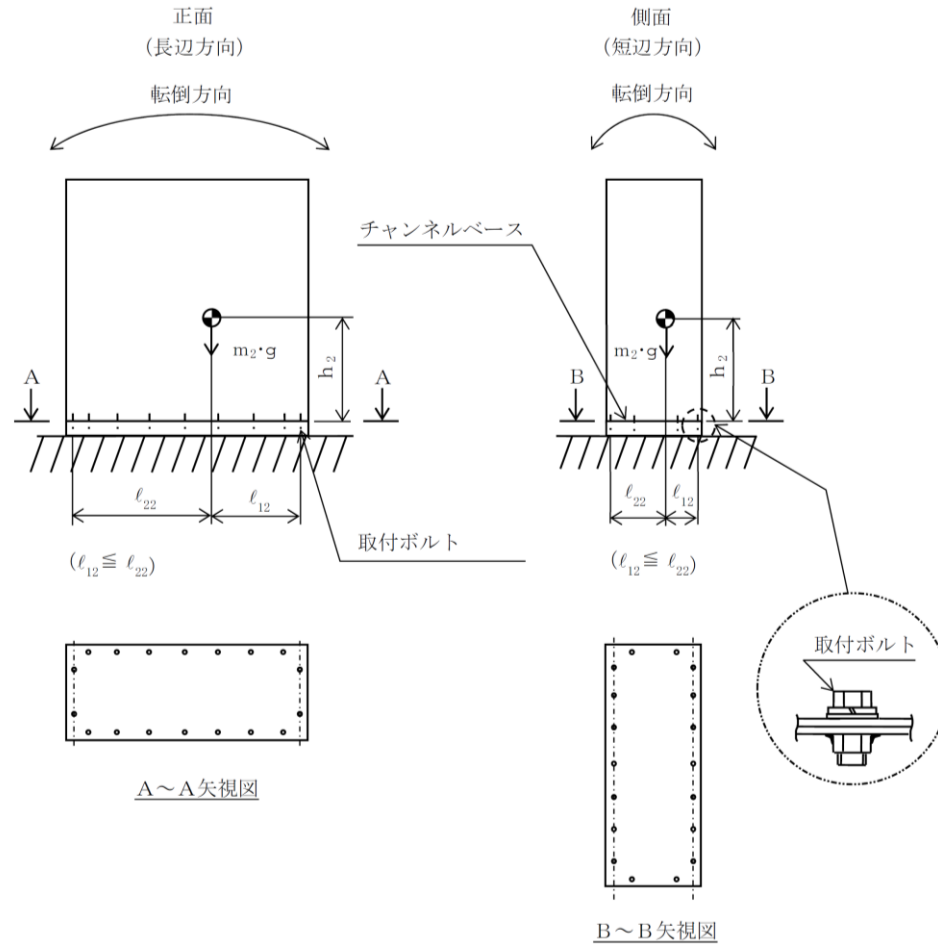
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（広帯域）（LX298-3B, LX298-8A, C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-3B, LX298-8A, C)	S	原子炉建物 EL 15.3*1			C <sub>H</sub> =0.89*2	C <sub>V</sub> =0.81*2	C <sub>H</sub> =1.59*3	C <sub>V</sub> =1.58*3	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	6	211	253	短辺方向	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8A, C)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	16	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	6	—	232	—	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

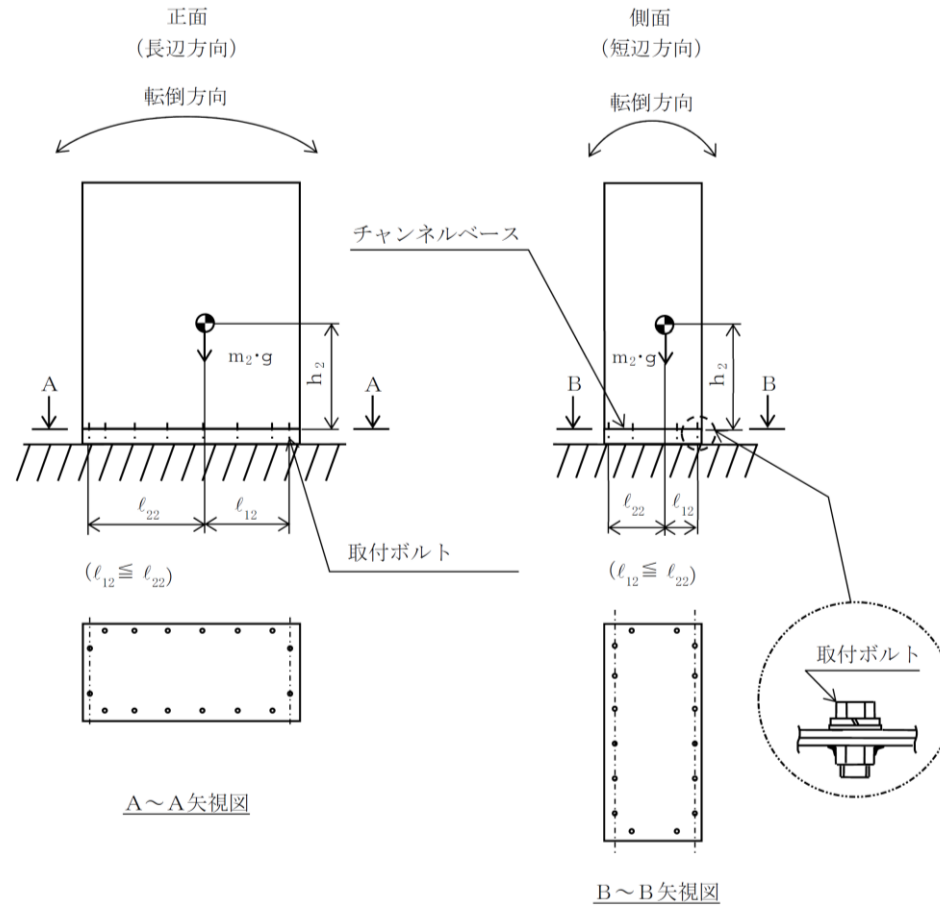
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（広帯域）（LX298-3C, LX298-4B, D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-3C, LX298-4B, D)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	211	253	短辺方向	長辺方向
	1070 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

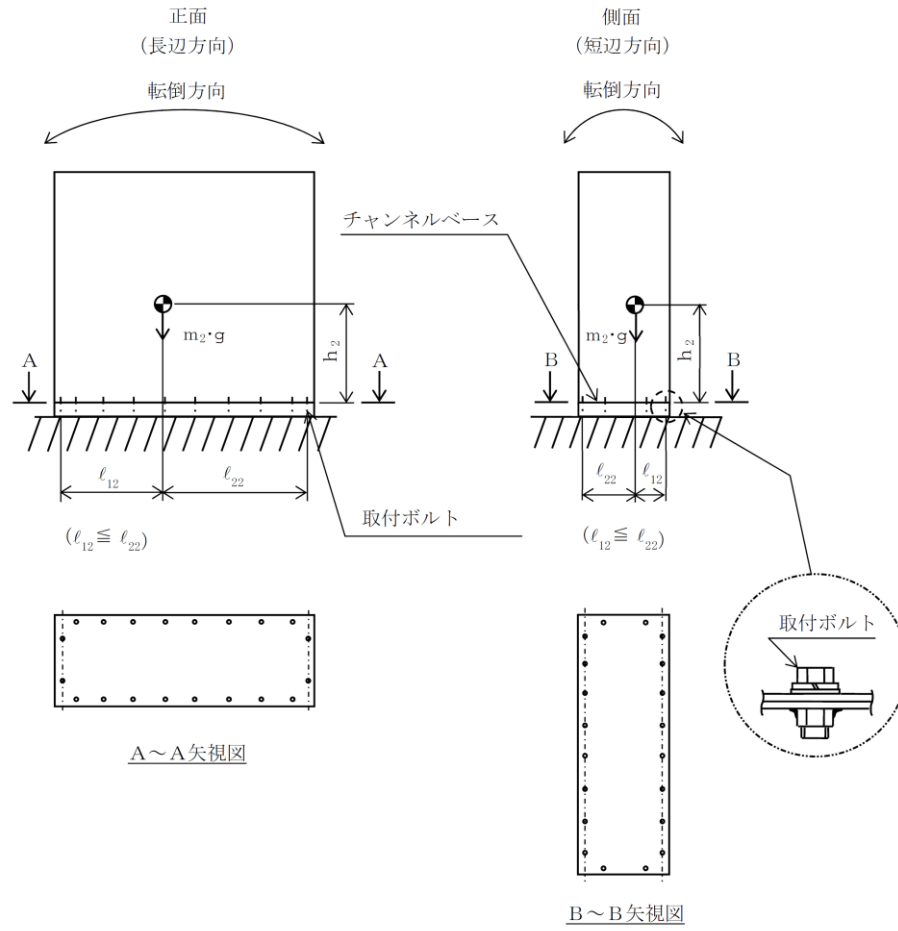
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-4D)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（広帯域）（LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-1B, D, LX298-3D, LX298-8B, D)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	6	211	253	短辺方向	長辺方向
	820 <sup>*1</sup>	920 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1B)	水平方向	1.32		
	鉛直方向	1.31		
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1D)	水平方向	1.32		
	鉛直方向	1.31		
原子炉水位 (広帯域) (LX298-3D)	水平方向	1.32		
	鉛直方向	1.31		
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8B)	水平方向	1.32		
	鉛直方向	1.31		
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8D)	水平方向	1.32		
	鉛直方向	1.31		

注記\* : 設計用震度Ⅱ (基準地震動S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1B, D, LX298- 8B, D)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.59*2	C <sub>V</sub> =1.58*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	16	194 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	6	—	232	—	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

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

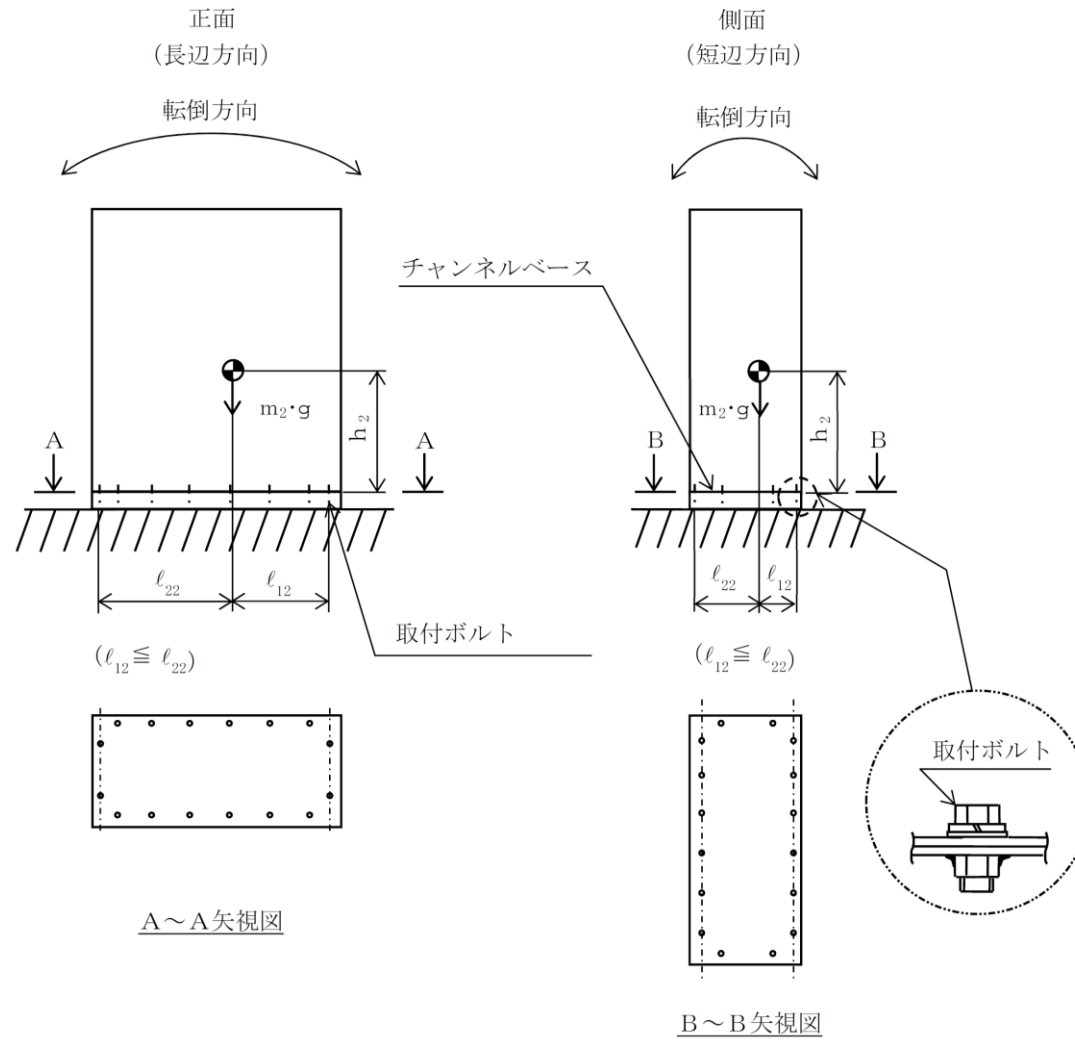
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1D)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-8D)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





## 2. 原子炉水位（広帯域）（LX298-1A, C, LX298-11B）

### 2.1 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、原子炉水位（広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（広帯域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（広帯域）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																		
基礎・支持構造	主体構造																			
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)	原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)	原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)	たて				横				高さ					
機器名称	原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)	原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)	原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)																	
たて																				
横																				
高さ																				

(単位：mm)

## 2.3 固有周期

### 2.3.1 固有周期の確認

原子炉水位（広帯域）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期

(単位：s)

原子炉水位（広帯域） (LX298-1A)	水平		
	鉛直		
原子炉水位（広帯域） (LX298-1C)	水平		
	鉛直		
原子炉水位（広帯域） (LX298-11B)	水平		
	鉛直		

## 2.4 構造強度評価

### 2.4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

#### 2.4.2.2 許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

#### 2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-7 に示す。

### 2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（広帯域）(LX298-1A)の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（広帯域）(LX298-1C)の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（広帯域）(LX298-11B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称		耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態	
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S	
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S	
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	低圧炉心スプ レイ系	原子炉水位低 （レベル1）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S	
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S	
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	残留 熱除 去系	低圧 注水 系	原子炉水位低 （レベル1）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
							$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	自動減圧系		原子炉水位低 （レベル1） とドライウェ ル圧力高の同 時信号	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
							$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称		設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）		常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	代替自動減 圧ロジック (代替自動 減圧機能)	原子炉水位低 (レベル1)	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

表 2-7 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—



## 2.5 機能維持評価

### 2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインピーク波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (LX298-1A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-1C)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（広帯域） (LX298-11B)	水平	
	鉛直	

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（広帯域）（LX298-1A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-1A)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =1.18 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.75 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		800	12 (M12)	113.1	4	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	231	276	前後方向	前後方向
	37	237	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 13$	$f_{ts} = 138^*$	$\sigma_b = 27$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 106$	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*2</sup>	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		800	12 (M12)	113.1	4	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	254	—	前後方向
	37	237	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 27$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

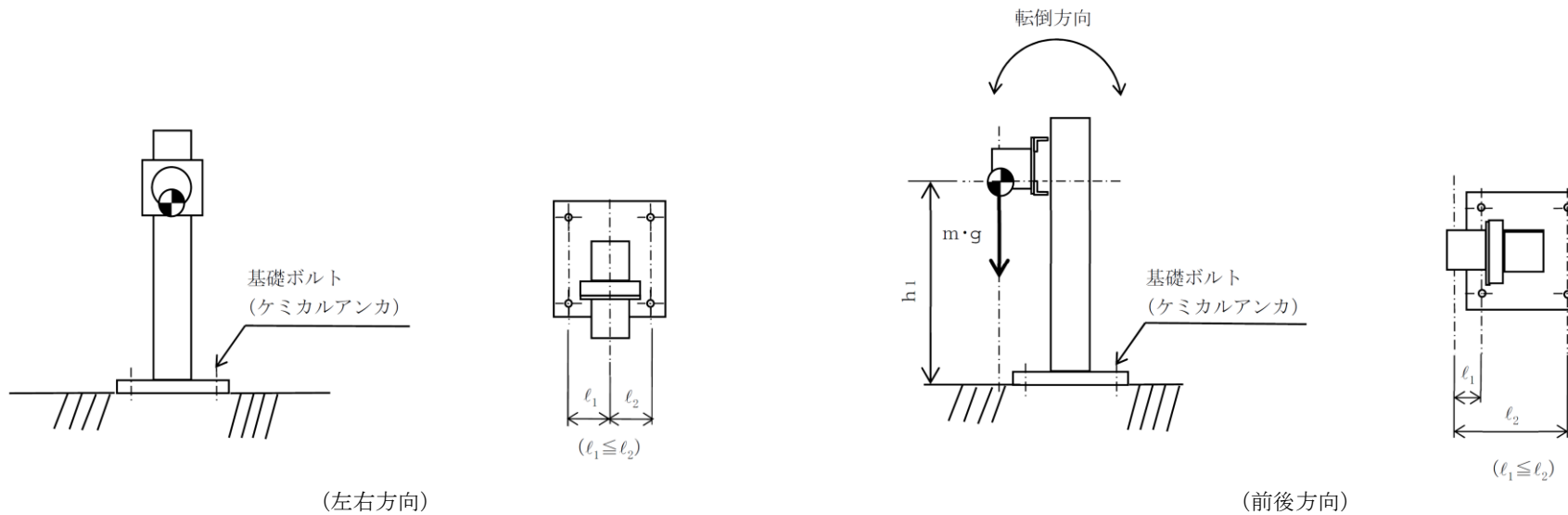
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

45



【原子炉水位（広帯域）（LX298-1C）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-1C)	S	原子炉建物 EL 15.3*1			C <sub>H</sub> =1.18*2	C <sub>V</sub> =0.75*2	C <sub>H</sub> =2.63*3	C <sub>V</sub> =1.50*3	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		772	12 (M12)	113.1	4	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	231	276	前後方向	前後方向
	26	226	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 138^*$	$\sigma_b = 24$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 106$	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)	常設耐震/防止	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*2</sup>	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		772	12 (M12)	113.1	4	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	254	—	前後方向
	26	226	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 24$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

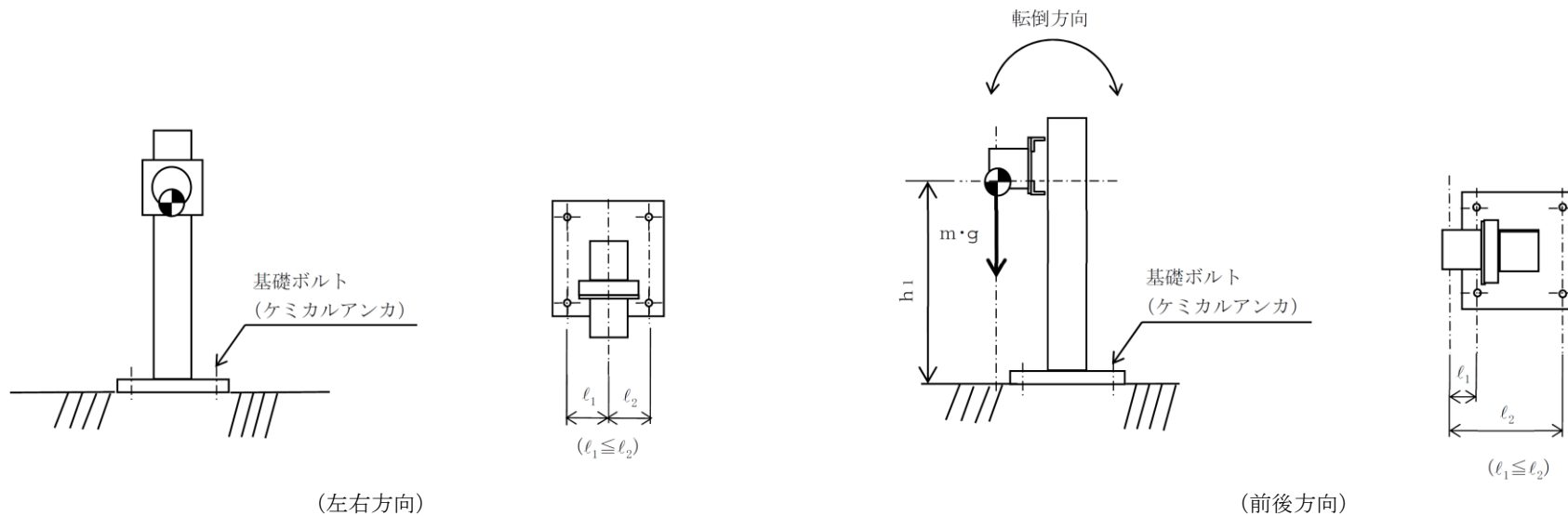
2.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-1C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

49



【原子炉水位（広帯域）（LX298-11B）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (LX298-11B)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =1.18 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.75 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		788	12 (M12)	113.1	4	231 (16mm<径≦40mm)	394 (16mm<径≦40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	231	276	前後方向	前後方向
	32	232	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 12$	$f_{ts} = 138^*$	$\sigma_b = 26$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 106$	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.50 <sup>*2</sup>	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		788	12 (M12)	113.1	4	212 (16mm < 径 ≤ 40mm)	373 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>f</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	100	100	2	—	254	—	前後方向
	32	232	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 26$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

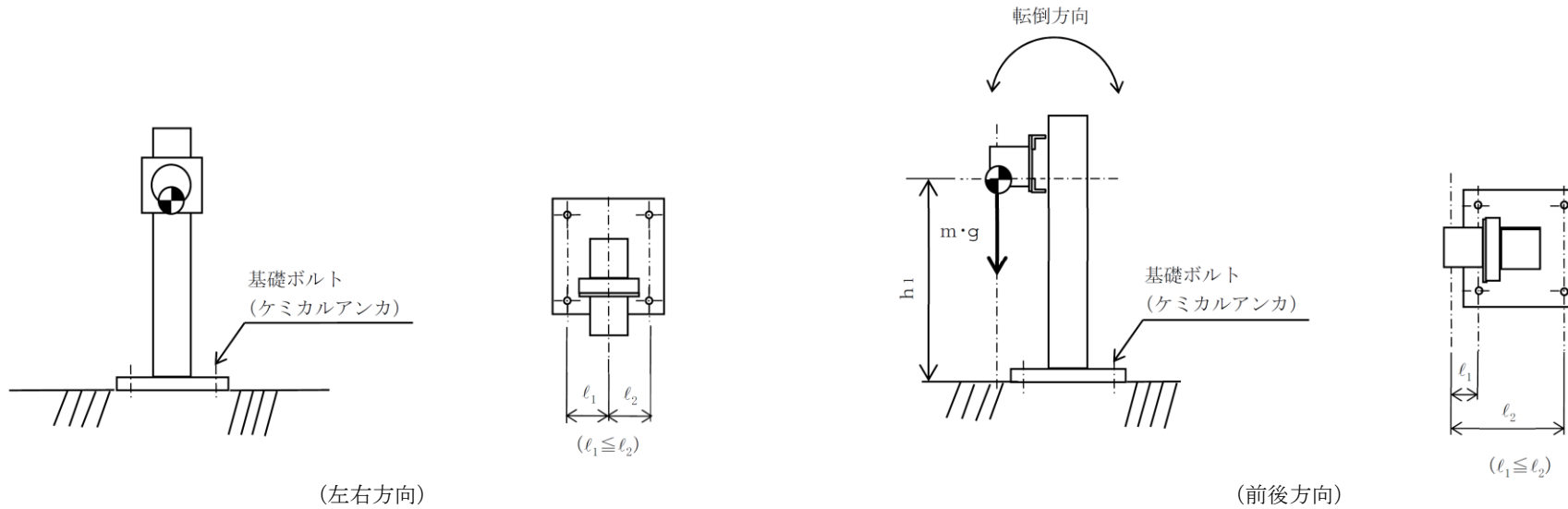
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (LX298-11B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

53



VI-2-6-5-19 原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9



## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（燃料域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

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

なお、原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8A (I) (LX298-12A))</th> <th>原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8B (I) (LX298-12B))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8A (I) (LX298-12A))	原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8B (I) (LX298-12B))	たて			横			高さ		
機器名称	原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8A (I) (LX298-12A))	原子炉水位 (燃料域) (2RIR-B1-8B (I) (LX298-12B))												
たて														
横														
高さ														

(単位：mm)

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

原子炉水位（燃料域） (2RIR-B1-8A (I) (LX298-12A))	水平		
	鉛直		
原子炉水位（燃料域） (2RIR-B1-8B (I) (LX298-12B))	水平		
	鉛直		

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（燃料域）(LX298-12A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（燃料域）(LX298-12B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢAS
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣAS

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	ⅤAS (ⅤASとして ⅣASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（燃料域） (LX298-12A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（燃料域） (LX298-12B)	水平	
	鉛直	



## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（燃料域）（LX298-12A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (LX298-12A)	S	原子炉建物 EL 8.8*1			C <sub>H</sub> =0.78*2	C <sub>V</sub> =0.54*2	C <sub>H</sub> =1.56*3	C <sub>V</sub> =1.16*3	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	7	211	253	短辺方向	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12A)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 8.8*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.56*2	C <sub>V</sub> =1.16*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	194 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	7	—	232	—	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

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

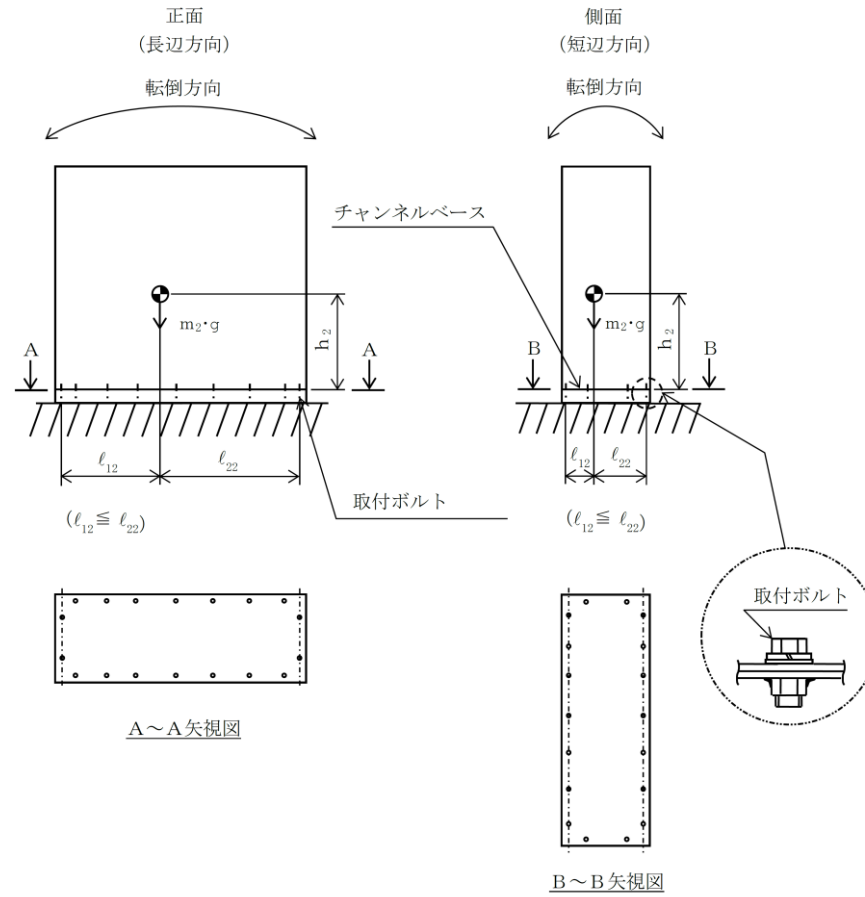
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12A)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（燃料域）（LX298-12B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (LX298-12B)	S	原子炉建物 EL 8.8*1			$C_H=0.78^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=1.56^{*3}$	$C_V=1.16^{*3}$	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

\*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$d_i$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)
取付ボルト ( $i=2$ )		1100*1	16 (M16)	201.1	18	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	$l_{1i}^{*2}$ (mm)	$l_{2i}^{*2}$ (mm)	$n_{fi}^{*2}$	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト ( $i=2$ )	220*1	320*1	7	211	253	短辺方向	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12B)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 8.8*1			—	—	C <sub>H</sub> =1.56*2	C <sub>V</sub> =1.16*2	100

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	18	194 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	7	—	232	—	長辺方向
	820*1	920*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

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

すべて許容応力以下である。

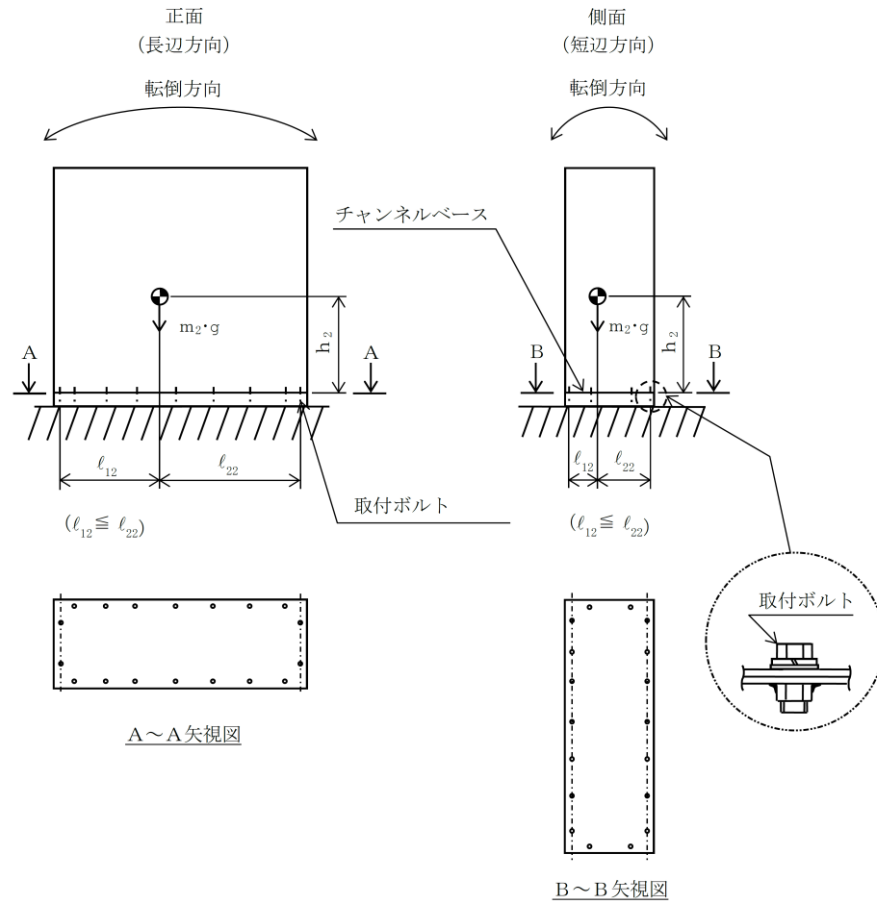
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (LX298-12B)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.96	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-20 原子炉水位（狭帯域）の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9

## 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、原子炉水位（狭帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（狭帯域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（狭帯域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉水位（狭帯域）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																					
基礎・支持構造	主体構造																						
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX293-1A))</th> <th>原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8B (I) (LX293-1B))</th> <th>原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8C (LX293-1C))</th> <th>原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8D (I) (LX293-1D))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				機器名称	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX293-1A))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8B (I) (LX293-1B))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8C (LX293-1C))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8D (I) (LX293-1D))	たて					横					高さ		
機器名称	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8A (II) (LX293-1A))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8B (I) (LX293-1B))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8C (LX293-1C))	原子炉水位 (狭帯域) (2RIR-1-8D (I) (LX293-1D))																			
たて																							
横																							
高さ																							

(単位：mm)

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

原子炉水位（狭帯域）が設置される計装ラックの固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し，確認する。試験の結果，剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

原子炉水位（狭帯域） (2RIR-1-8A (Ⅱ) (LX293-1A))	水平			
	鉛直			
原子炉水位（狭帯域） (2RIR-1-8B (Ⅰ) (LX293-1B))	水平			
	鉛直			
原子炉水位（狭帯域） (2RIR-1-8C (LX293-1C))	水平			
	鉛直			
原子炉水位（狭帯域） (2RIR-1-8D (Ⅰ) (LX293-1D))	水平			
	鉛直			



#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（狭帯域）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（狭帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉水位（狭帯域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（狭帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（狭帯域）(LX293-1A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（狭帯域）(LX293-1B) の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（狭帯域）(LX293-1C) の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（狭帯域）(LX293-1D) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称		耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（狭帯域）		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	非常用ガス処 理系	原子炉水位低 （レベル3）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	その他の原子 炉格納容器隔 離弁（1）	原子炉水位低 （レベル3）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	その他の原子 炉格納容器隔 離弁（2）	原子炉水位低 （レベル3）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	原子炉水位低		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
						$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)					

注記\* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（狭帯域）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1C)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1D)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（狭帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1A)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	18	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	7	211	253	短辺方向	長辺方向
	920 <sup>*1</sup>	970 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

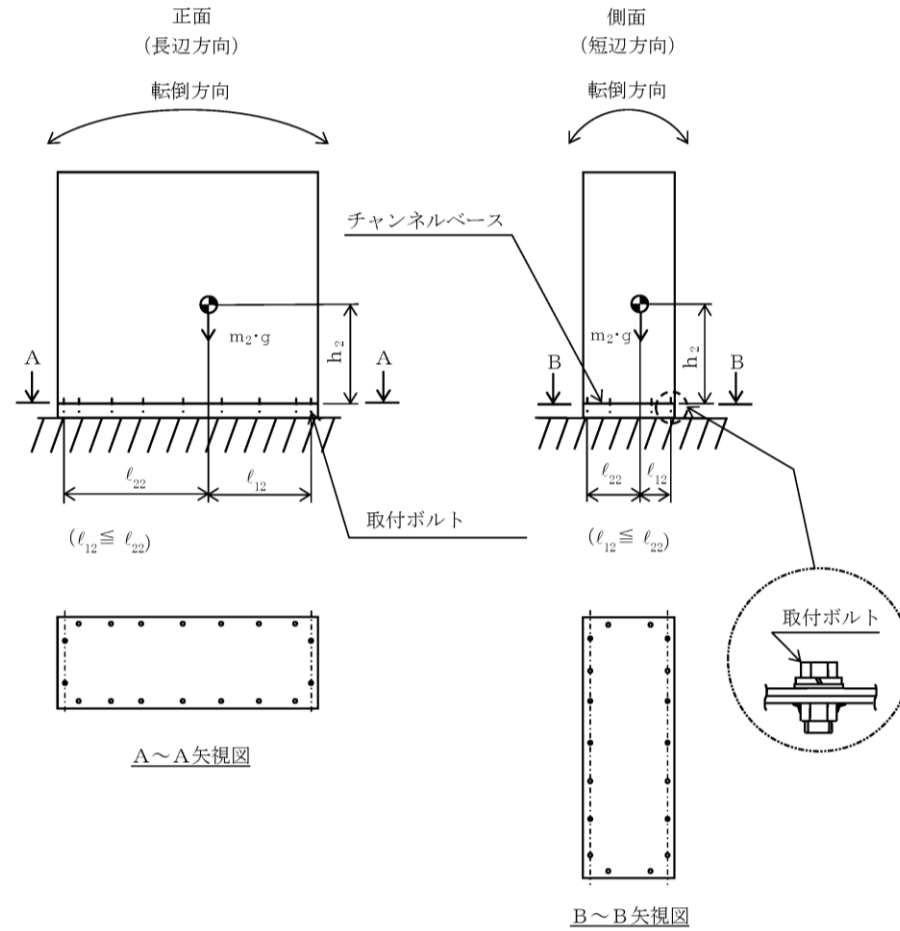
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (狭帯域) (LX293-1A)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1B）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1B)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	5	211	253	短辺方向	長辺方向
	620 <sup>*1</sup>	720 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

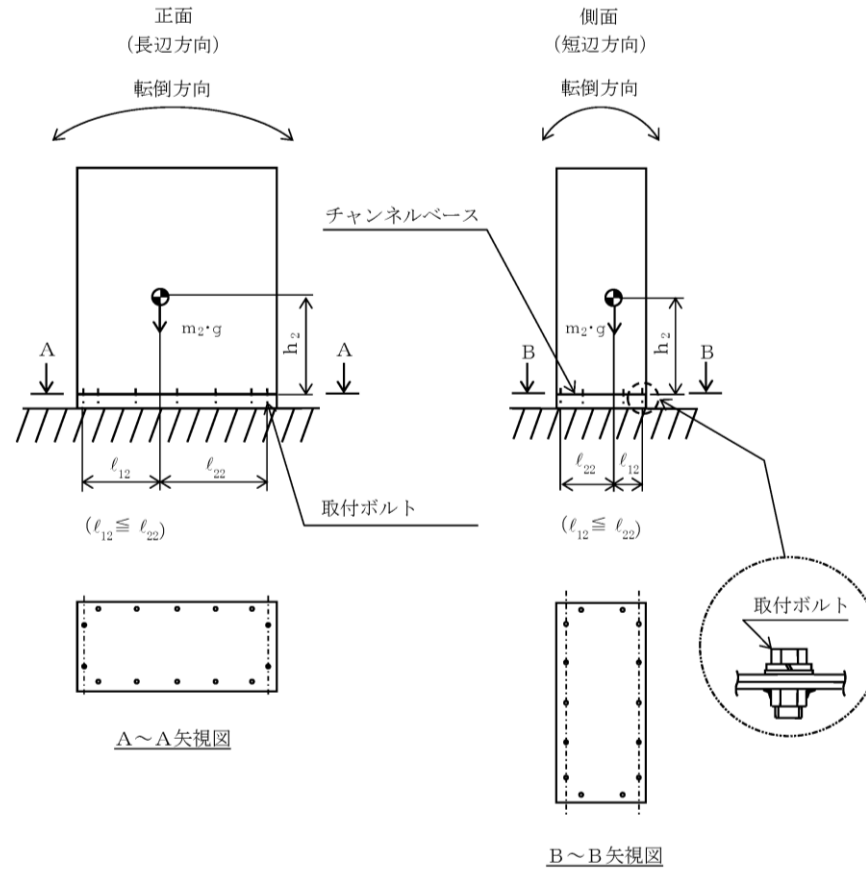
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (狭帯域) (LX293-1B)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1C）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1C)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	20	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	8	211	253	短辺方向	長辺方向
	1070 <sup>*1</sup>	1170 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

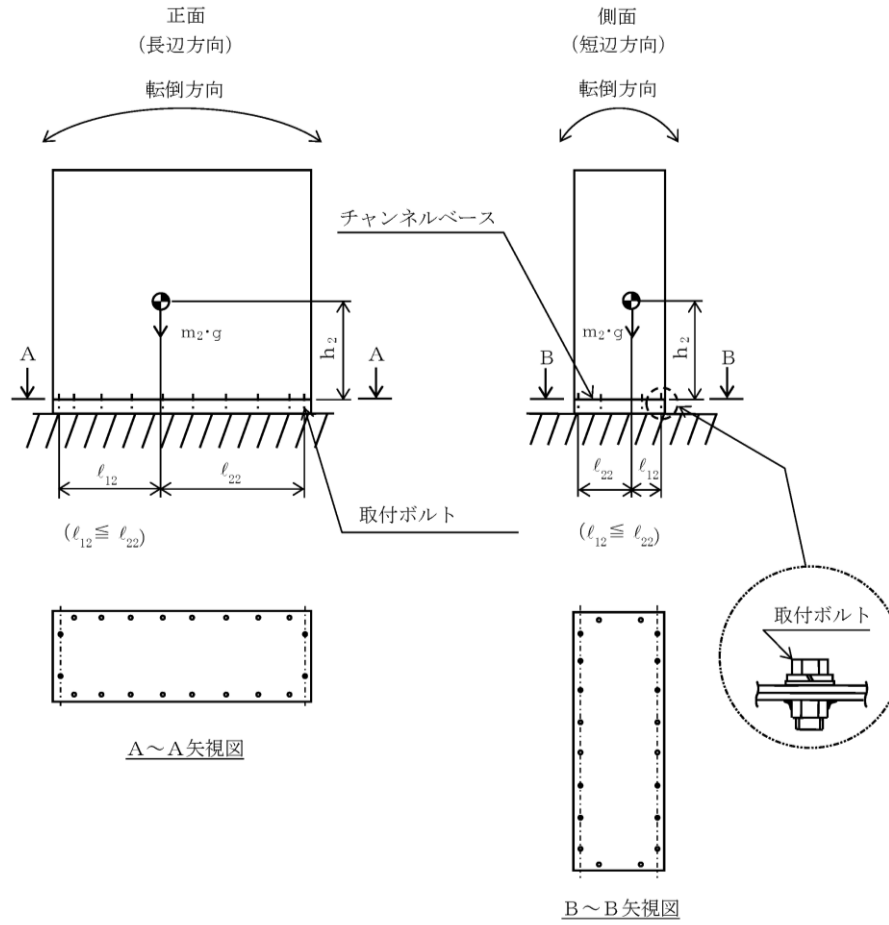
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (狭帯域) (LX293-1C)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（狭帯域）（LX293-1D）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (LX293-1D)	S	原子炉建物 EL 15.3 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =0.89 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*3</sup>	50

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	5	211	253	長辺方向	長辺方向
	570 <sup>*1</sup>	670 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

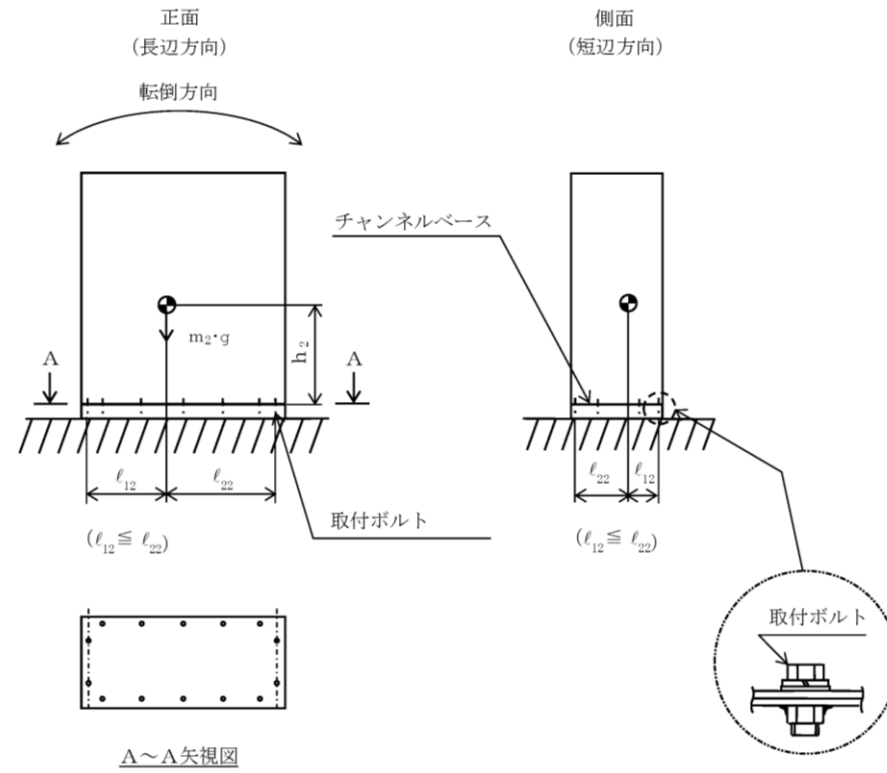
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (狭帯域) (LX293-1D)	水平方向	1.32	
	鉛直方向	1.31	

注記\*：設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-21 原子炉水位（S A）の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉水位（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（SA）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉水位（SA）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎ボルトにて壁面に設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

原子炉水位（S A）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

原子炉水位（S A） (LX298-13)	水平	
	鉛直	

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（SA）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（SA）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉水位（SA）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（SA）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（SA）(LX298-13)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（S A）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

51 \*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *  (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>s</sub> *  (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（S A）の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（S A） (LX298-13)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（SA）（LX298-13）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（SA） (LX298-13)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建物 EL 8.8 (EL 10.1 <sup>*1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> =1.63 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.28 <sup>*2</sup>	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度I（基準地震動S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		194	12 (M12)	113.1	4	221 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>3</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>a</sub> <sup>*</sup> (mm)	ℓ <sub>b</sub> <sup>*</sup> (mm)	n <sub>fV</sub> <sup>*</sup>	n <sub>fH</sub> <sup>*</sup>	F (MPa)	F <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	797	160	1040	2	2	—	261	—	左右方向
	797	160	1040	2	2				

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 5$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

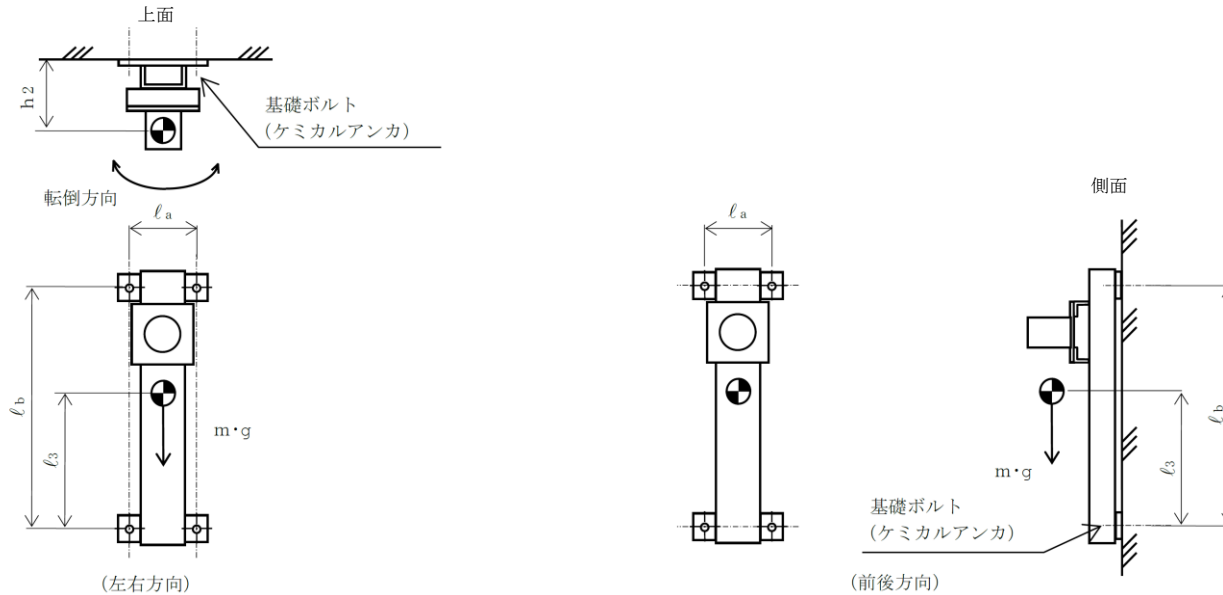
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (S A) (LX298-13)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.05	

注記\* : 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-22 ドライウェル圧力の耐震性についての計算書（その1）



## 目 次

1. ドライウェル圧力 (PX217-2A)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.3.1 固有周期の確認	3
1.4 構造強度評価	4
1.4.1 構造強度評価方法	4
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
1.4.3 計算条件	4
1.5 機能維持評価	8
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	8
1.6 評価結果	9
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
2. ドライウェル圧力 (PX217-2B)	13
2.1 概要	13
2.2 一般事項	13
2.2.1 構造計画	13
2.3 固有周期	15
2.3.1 固有周期の確認	15
2.4 構造強度評価	16
2.4.1 構造強度評価方法	16
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	16
2.4.3 計算条件	16
2.5 機能維持評価	20
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	20
2.6 評価結果	21
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	21

## 1. ドライウェル圧力 (PX217-2A)

### 1.1 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、ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、ドライウェル圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表1-1に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>(正面図) (側面図)</p>
		(単位：mm)

### 1.3 固有周期

#### 1.3.1 固有周期の確認

ドライウェル圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期 (単位：s)

ドライウェル圧力 (2RIR-2-8B (PX217-2A))	水平	
	鉛直	

## 1.4 構造強度評価

### 1.4.1 構造強度評価方法

ドライウエル圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウエル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-3 に示す。

#### 1.4.2.2 許容応力

ドライウエル圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-4 のとおりとする。

#### 1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウエル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

### 1.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル圧力 (PX217-2A) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 1-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1-4 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 1-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当



## 1.5 機能維持評価

### 1.5.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル圧力の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-6 に示す。

表 1-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (PX217-2A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	

## 1.6 評価結果

### 1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウエル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ドライウエル圧力 (PX217-2A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力 (PX217-2A)	S	原子炉建物 EL 23.8*1			C <sub>H</sub> =1.19*2	C <sub>V</sub> =1.10*2	C <sub>H</sub> =1.73*3	C <sub>V</sub> =2.07*3	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1100*1	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	220*1	320*1	6	211	253	長辺方向	長辺方向
	670*1	870*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>s</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

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

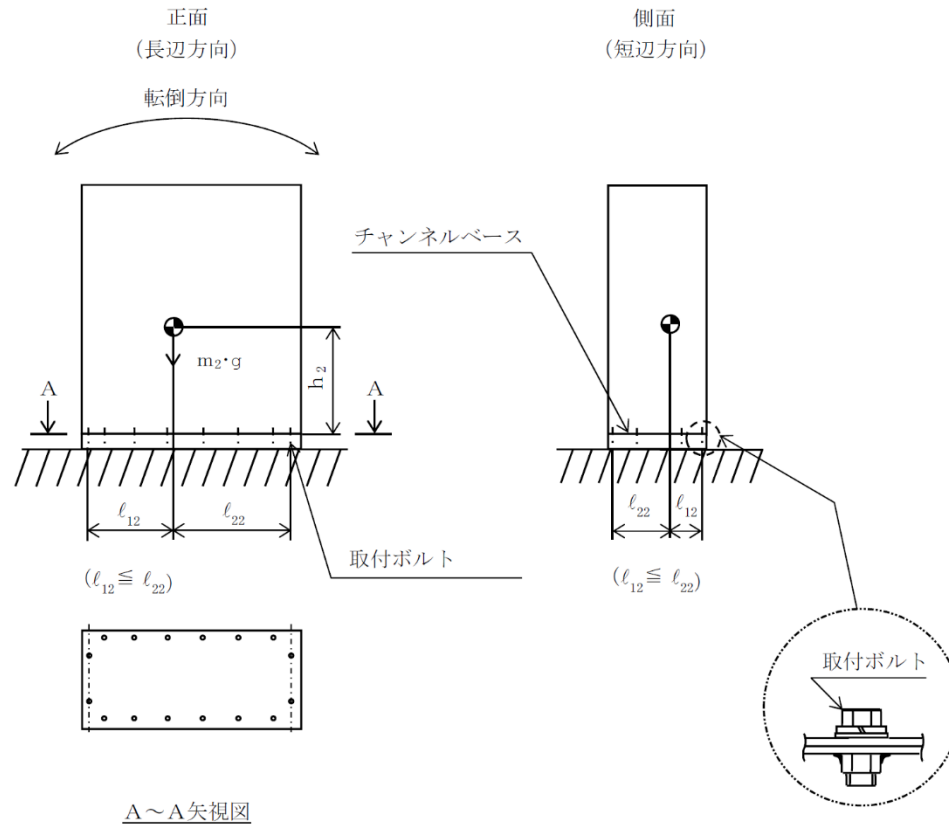
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (PX217-2A)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.73	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



## 2. ドライウェル圧力 (PX217-2B)

### 2.1 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、ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

ドライウェル圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

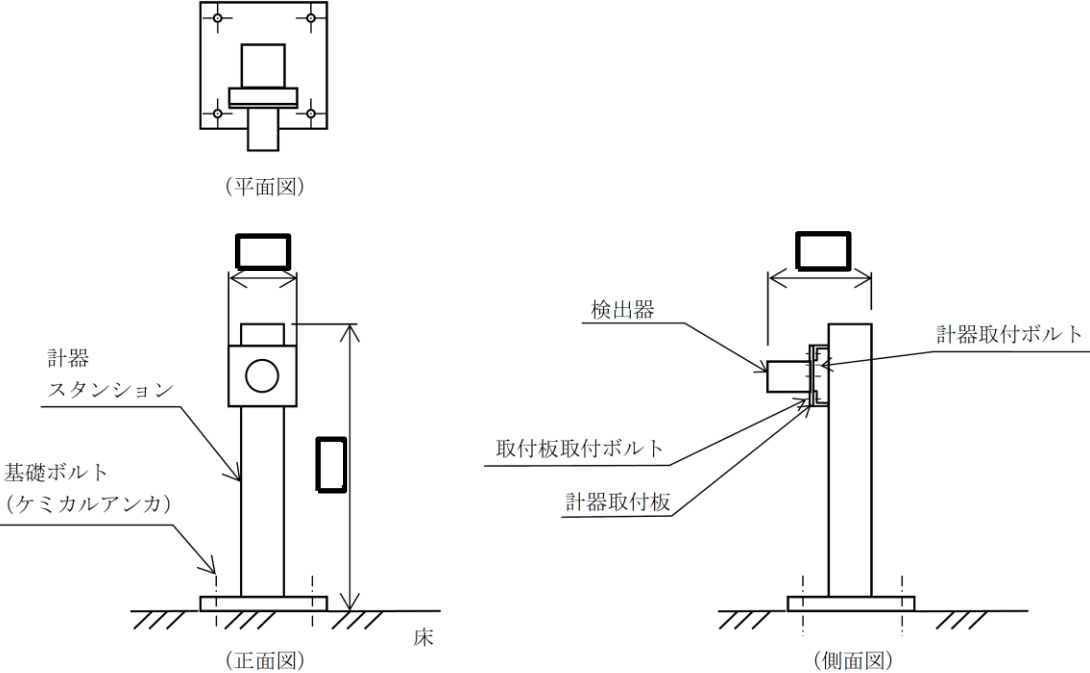
なお、ドライウェル圧力は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<div style="text-align: center;">  </div>

## 2.3 固有周期

### 2.3.1 固有周期の確認

ドライウエル圧力の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期

(単位：s)

ドライウエル圧力 (PX217-2B)	水平	
	鉛直	



## 2.4 構造強度評価

### 2.4.1 構造強度評価方法

ドライウエル圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

### 2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウエル圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

#### 2.4.2.2 許容応力

ドライウエル圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

#### 2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウエル圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

### 2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウエル圧力 (PX217-2B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-4 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 2-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—

## 2.5 機能維持評価

### 2.5.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル圧力の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計器スタンションに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (PX217-2B)	水平	
	鉛直	

## 2.6 評価結果

### 2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウエル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ドライウエル圧力 (PX217-2B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力 (PX217-2B)	S	原子炉建物 EL 23.8*1			C <sub>H</sub> =1.20*2	C <sub>V</sub> =0.98*2	C <sub>H</sub> =2.17*3	C <sub>V</sub> =1.95*3	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		784	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	50	150	2	241	276	前後方向	前後方向
	7	193	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 144^*$	$\sigma_b = 18$	$f_{ts} = 165^*$
		せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 111$	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 127$

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

すべて許容応力以下である。

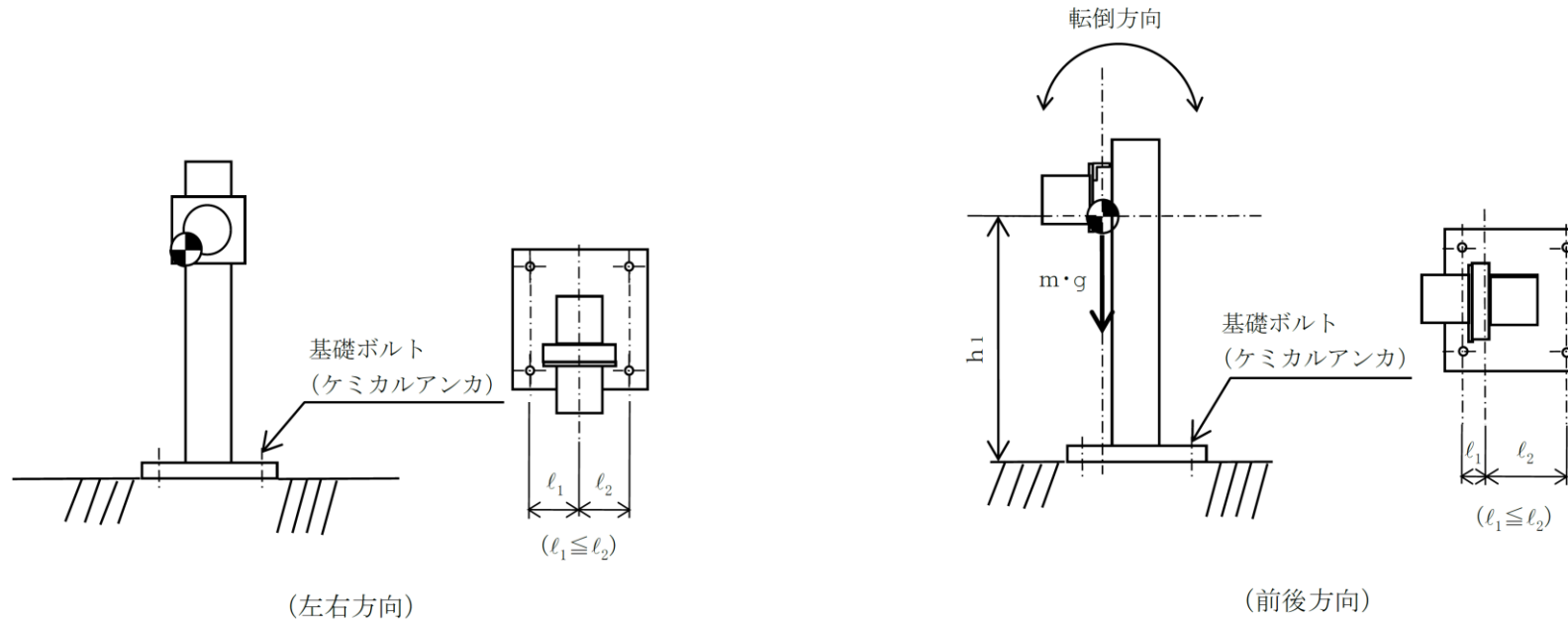
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル圧力 (PX217-2B)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.73	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

23





VI-2-6-5-23 サプレッションチェンバ圧力の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9

## 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、サプレッションチェンバ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

サプレッションチェンバ圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、サプレッションチェンバ圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッションチェンバ圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラック (2RIR-2-8B) に固定される。 計装ラック (2RIR-2-8B) は、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>計装ラック (2RIR-2-8B (PX217-3A))</p>
<p>検出器は、計器取付ボルトにて計器取付板に固定され、計器取付板は、取付板取付ボルトにて計装ラック (2RIR-2-8D) に固定される。 計装ラック (2RIR-2-8D) は、ラック取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは溶接にて後打金物及び基礎に埋め込まれた金物に固定する。 後打金物は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>		<p>計装ラック (2RIR-2-8D (PX217-3B))</p>

(単位：mm)

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

サプレッションチェンバ圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

サプレッションチェンバ圧力 (2RIR-2-8B (PX217-3A))	水平		
	鉛直		
サプレッションチェンバ圧力 (2RIR-2-8D (PX217-3B))	水平		
	鉛直		

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

サプレッションチェンバ圧力の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバ圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバ圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3A) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションチェンバ圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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



表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションチェンバ圧力の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の水平方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体のサインビート波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。計装ラックに設置される検出器の鉛直方向の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3A)	水平	<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>
	鉛直	
サプレッションチェンバ圧力 (PX217-3B)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サブプレッションチェンバ圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバ圧力 (PX217-3A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンバ 圧力 (PX217-3A)	S	原子炉建物 EL 23.8 <sup>*1</sup>			C <sub>H</sub> =1.19 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07 <sup>*3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100 <sup>*1</sup>	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	l <sub>1 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	l <sub>2 i</sub> <sup>*2</sup> (mm)	n <sub>f i</sub> <sup>*2</sup>	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220 <sup>*1</sup>	320 <sup>*1</sup>	6	211	253	長辺方向	長辺方向
	670 <sup>*1</sup>	870 <sup>*1</sup>	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

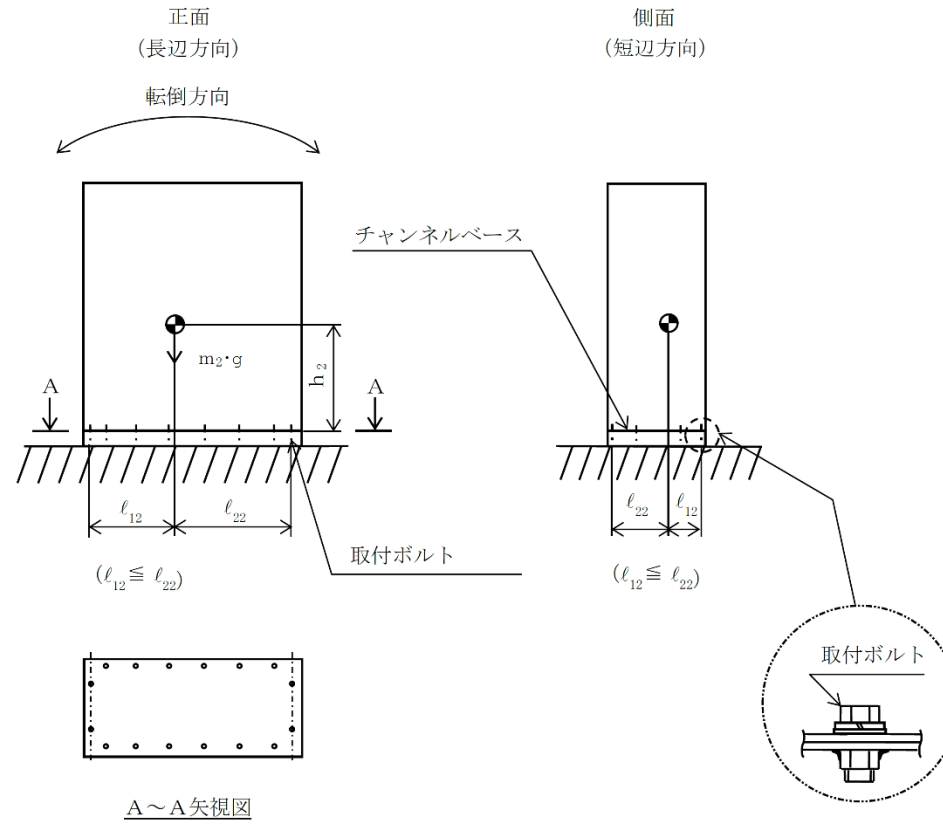
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバ 圧力 (PX217-3A)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.73	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【サブプレッションチェンバ圧力 (PX217-3B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンバ 圧力 (PX217-3B)	S	原子炉建物 EL 23.8*1			C <sub>H</sub> =1.19*2	C <sub>V</sub> =1.10*2	C <sub>H</sub> =1.73*3	C <sub>V</sub> =2.07*3	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 II (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i = 2)		1100*1	16 (M16)	201.1	14	211 (40mm < 径 ≤ 100mm)	394 (40mm < 径 ≤ 100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i = 2)	220*1	320*1	5	211	253	長辺方向	長辺方向
	620*1	720*1	2				

注記\*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=158^*$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

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

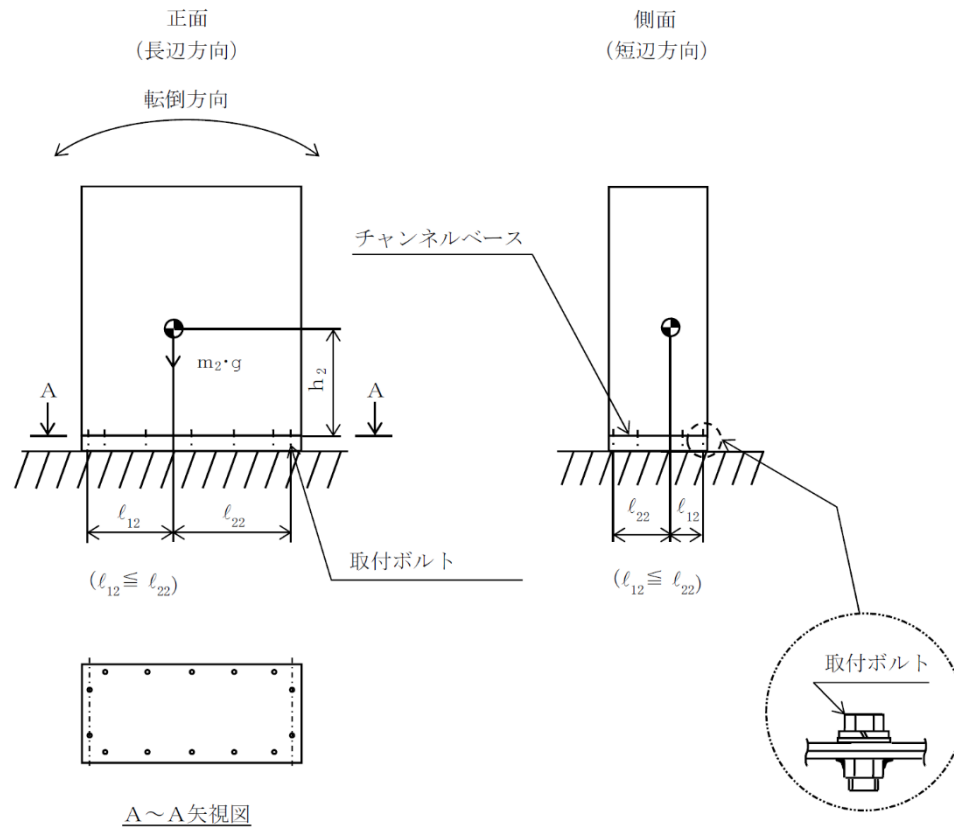
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバ 圧力 (PX217-3B)	水平方向	1.44	
	鉛直方向	1.73	

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





VI-2-6-5-24 サプレッションプール水温度の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 構造強度評価	13
5.1 構造強度評価方法	13
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
5.3 設計用地震力	17
5.4 計算方法	20
5.5 計算条件	24
5.6 応力の評価	24
6. 機能維持評価	25
6.1 電氣的機能維持評価方法	25
7. 評価結果	27
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	27

## 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、サプレッションプール水温度が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

サプレッションプール水温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッションプール水温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (1/2)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、保護管に圧縮継手により固定され、保護管は、サポート鋼材にて固定する。 サポート鋼材は、溶接によりサプレッションチェンバ補強リングに設置する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	

表 2-1 構造計画 (2/2)

計画の概要		概略構造図				
基礎・支持構造	主体構造					
		対象機器	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-1)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-2)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-3)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-4)
		たて				
		横				
		高さ				
		対象機器	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-5)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-6)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-1)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-2)
		たて				
		横				
		高さ				
		対象機器	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-3)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-4)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-5)	サブプレッション プール水温度 (TE222-5B-6)
		たて				
		横				
		高さ				

(単位 : mm)

## 2.2 評価方針

サプレッションプール水温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッションプール水温度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッションプール水温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッションプール水温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

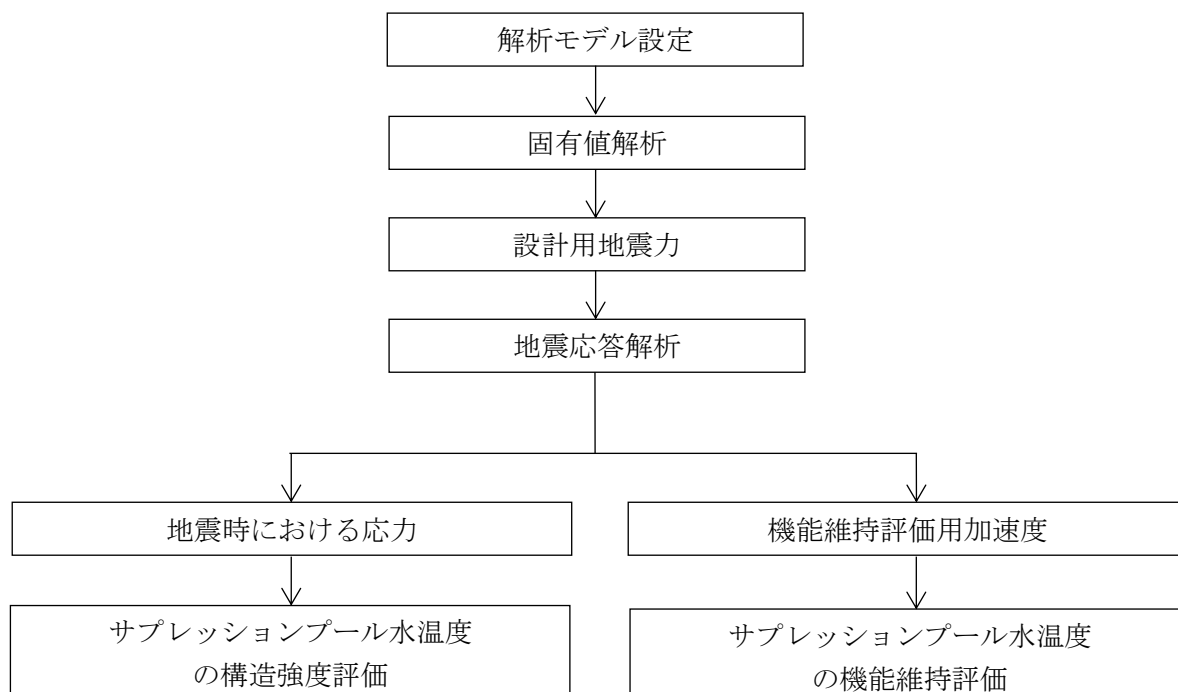


図2-1 サプレッションプール水温度の耐震評価フロー

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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	溶接部の有効のど厚	mm
A	サポート鋼材の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>wy</sub>	溶接部の F <sub>y</sub> に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>wz</sub>	溶接部の F <sub>z</sub> に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub>	溶接の有効長さ (Z 方向)	mm
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F <sub>x</sub>	溶接部に作用する力 (X 方向)	N
F <sub>y</sub>	溶接部に作用する力 (Y 方向)	N
F <sub>z</sub>	溶接部に作用する力 (Z 方向)	N
f <sub>sm</sub>	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h <sub>1</sub> , h <sub>2</sub>	溶接の有効長さ (Y 方向)	mm
M <sub>x</sub>	溶接部に作用するモーメント (X 軸周り)	N・mm
M <sub>y</sub>	溶接部に作用するモーメント (Y 軸周り)	N・mm
M <sub>z</sub>	溶接部に作用するモーメント (Z 軸周り)	N・mm
s	溶接脚長	mm
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z <sub>1</sub>	サポート鋼材の弱軸回りの断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>2</sub>	サポート鋼材の強軸回りの断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>p</sub>	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>p</sub> '	サポート鋼材のねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	溶接全断面における Y 軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>z</sub>	溶接全断面における Z 軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
π	円周率	—
σ <sub>t</sub>	溶接部に生じる引張力又は圧縮力により発生するせん断応力	MPa
σ <sub>b</sub>	溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力	MPa
σ <sub>w</sub>	溶接部に生じるせん断応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目 <sup>*3</sup>	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2, *3</sup>
力	N	有効数字 5 桁目 <sup>*3</sup>	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2, *3</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*4</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：計算機プログラム固有の桁処理により算出値が有効数字 4 桁以下となる場合は、計算機プログラム保有の最大桁数表示とする。

\*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 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

サプレッションプール水温度の耐震評価は、「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溶接部について実施する。サプレッションプール水温度の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有値解析方法

サブプレッションプール水温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サブプレッションプール水温度は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとする。

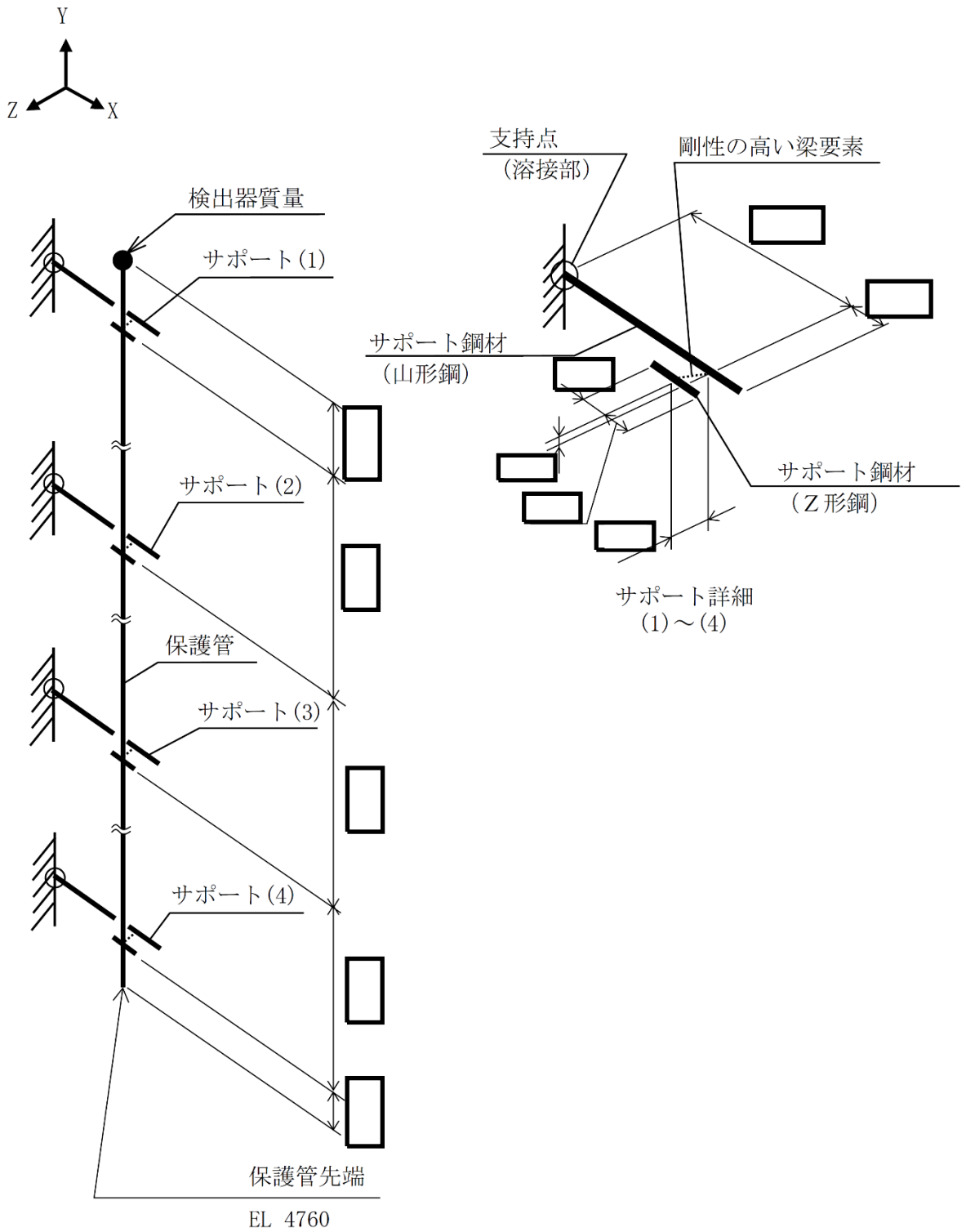
##### 4.2 解析モデル及び諸元

サブプレッションプール水温度の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) サブプレッションプール水温度の保護管の質量は、保護管自身の質量のほか、内包水及び水の付加質量\*を考慮する。
- (2) サブプレッションプール水温度の検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (3) サブプレッションプール水温度の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定する。
- (4) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「N S A F E」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

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



(単位：mm)

図 4-1 解析モデル

### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 に示す。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 4-1 固有値解析結果

機器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Z方向	
TE222-5A-1	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-2	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-3	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-4	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-5	1次	水平		—	—	—
TE222-5A-6	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-1	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-2	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-3	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-4	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-5	1次	水平		—	—	—
TE222-5B-6	1次	水平		—	—	—

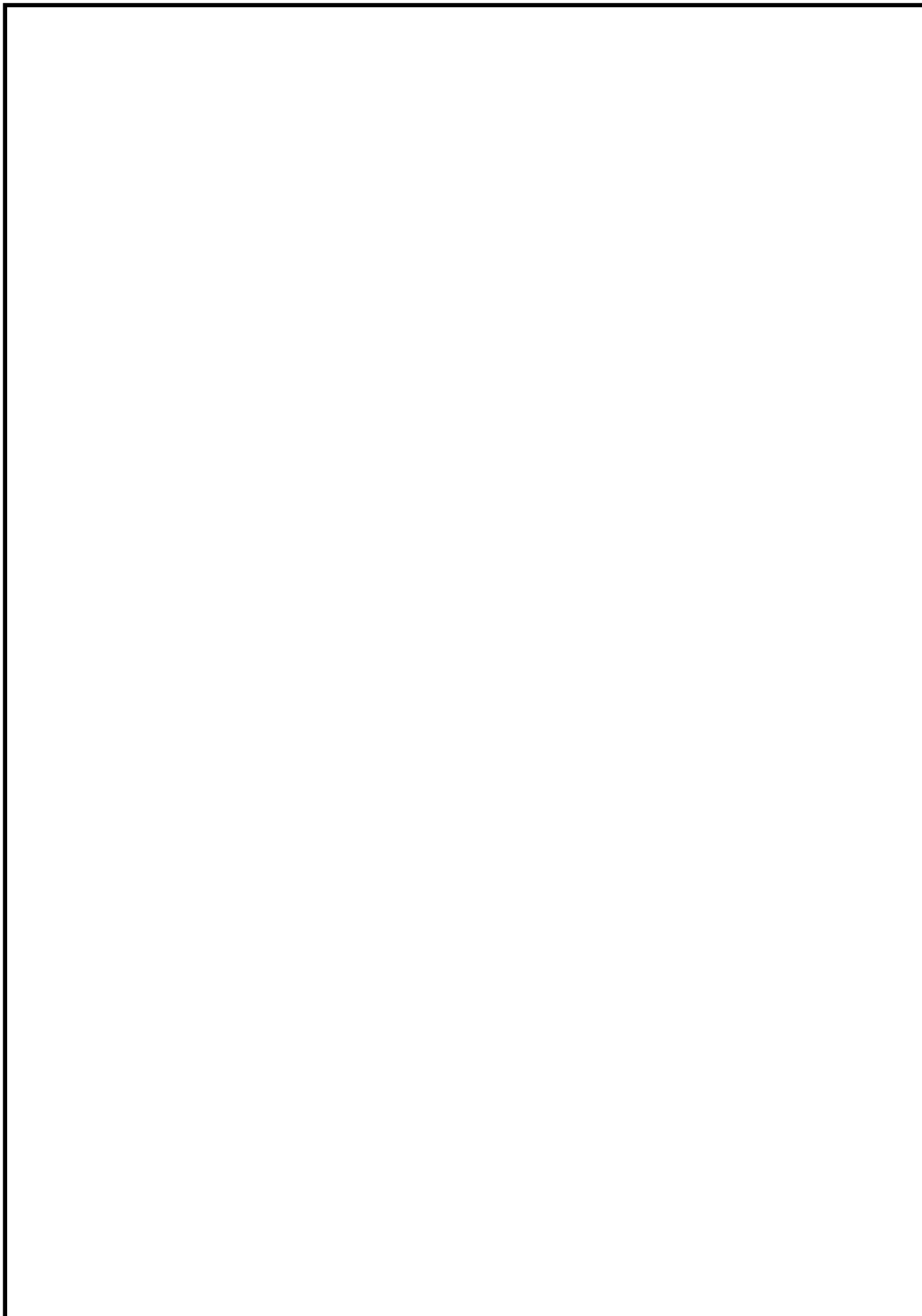


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向  s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、サプレッションプール水温度に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。

また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションプール水温度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

サプレッションプール水温度の許容応力は、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

サプレッションプール水温度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションプール水温度	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_s^*$

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	198	504	205
溶接部	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

### 5.3 設計用地震力

サブプレッションプール水温度の設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-4に示す。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」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）（1/3）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-1)	サブプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-2)	サブプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-3)	サブプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-4)	サブプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サブプレッション プール水温度 (TE222-5A-5)	サブプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）（2/3）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション プール水温度 (TE222-5A-6)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-1)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-2)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-3)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-4)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-5)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> = 2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> = 6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> = 4.58* <sup>3</sup>

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）（3/3）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (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
サプレッション プール水温度 (TE222-5B-6)	サプレッション チェンバ (補強リング及び サポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	C <sub>H</sub> = 3.18*2	C <sub>V</sub> = 2.35*2	C <sub>H</sub> = 6.15*3	C <sub>V</sub> = 4.58*3

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

\*3：設計用震度（基準地震動 S s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の応力

溶接部の応力は，三次元はりモデルによる個別解析から溶接部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

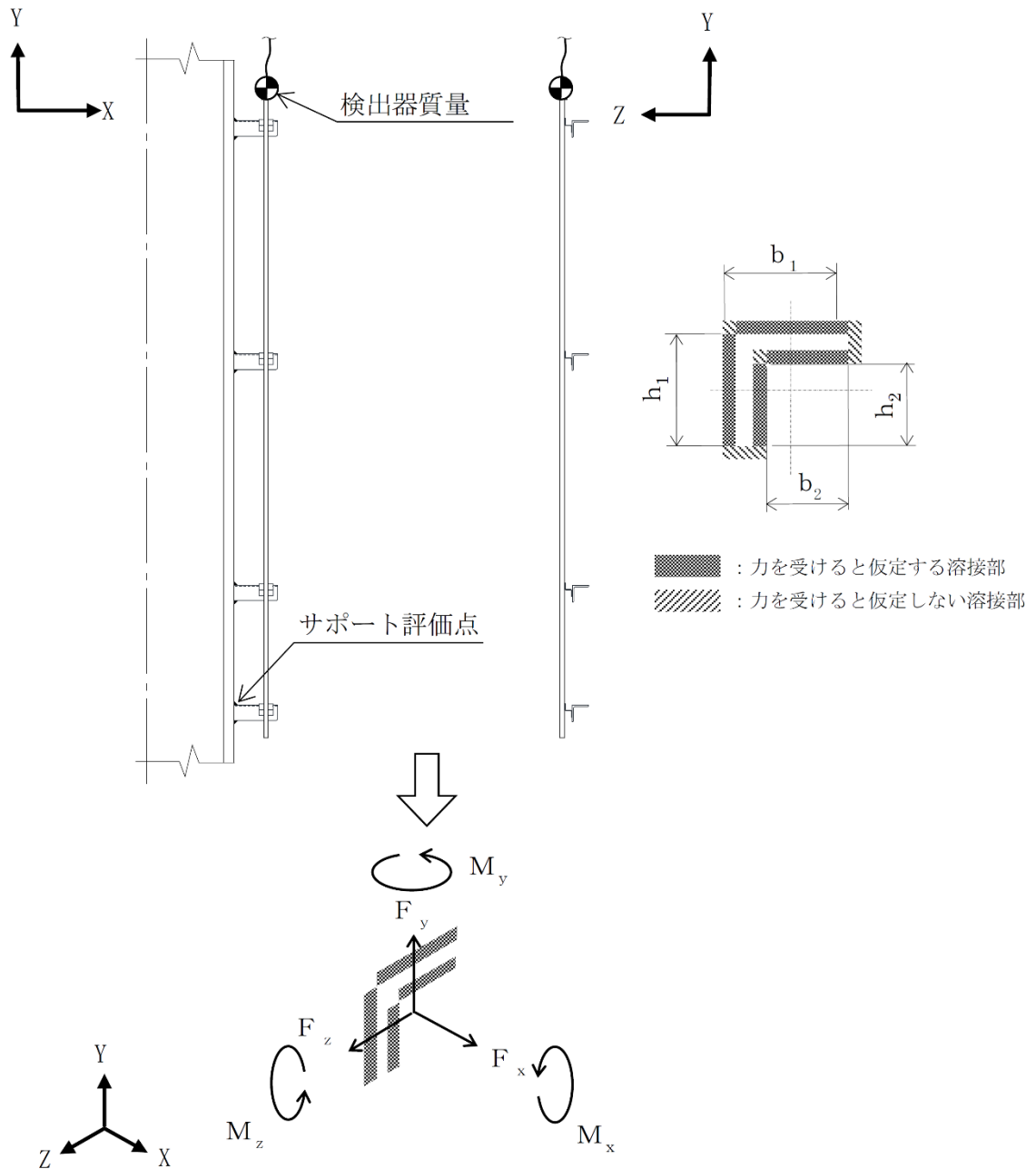


図 5-1 計算モデル（溶接部）

個別解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5-5 及び表 5-6 に示す。

表 5-5 サポート発生反力, モーメント (弾性設計用地震動 S d 又は静的震度)

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
TE222-5A-1						
TE222-5A-2						
TE222-5A-3						
TE222-5A-4						
TE222-5A-5						
TE222-5A-6						
TE222-5B-1						
TE222-5B-2						
TE222-5B-3						
TE222-5B-4						
TE222-5B-5						
TE222-5B-6						



表 5-6 サポート発生反力, モーメント (基準地震動 S s)

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
TE222-5A-1						
TE222-5A-2						
TE222-5A-3						
TE222-5A-4						
TE222-5A-5						
TE222-5A-6						
TE222-5B-1						
TE222-5B-2						
TE222-5B-3						
TE222-5B-4						
TE222-5B-5						
TE222-5B-6						

S2 補 VI-2-6-5-24 R1

- (1) 引張力又は圧縮力により発生するせん断応力  
 溶接部に対する引張力又は圧縮力により発生するせん断応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力又は圧縮力により発生するせん断応力 (σ<sub>t</sub>)

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

ここで、引張力 (圧縮力) を受ける溶接部の有効断面積 A<sub>w</sub> は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ただし、h<sub>1</sub>、h<sub>2</sub>、b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub> は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

## (2) せん断力により発生するせん断応力

溶接部に対するせん断力により発生するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力により発生するせん断応力（ $\tau$ ）

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、 $A_{wy}$ 、 $A_{wz}$ はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 $Z_p$ は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wy}$ 、 $A_{wz}$ は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

## (3) 曲げモーメントにより発生するせん断応力

溶接部に対する曲げモーメントにより発生するせん断応力は、図5-1でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げモーメントにより発生するせん断応力（ $\sigma_b$ ）

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$Z_y$ 、 $Z_z$ は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

## (4) 溶接部に生じるせん断応力

溶接部に生じるせん断応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

溶接部に生じるせん断応力（ $\sigma_w$ ）

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】、【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) 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 溶接部の応力評価

5.4.1.1項で求めた溶接部に発生するせん断応力は、許容せん断応力 $f_{sm}$ 以下であること。ただし、 $f_{sm}$ は下表による。

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 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 <sub>s</sub> による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 $f_{sm}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

サブレーションプール水温度の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

サブレーションプール水温度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (1/2) (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-1)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-2)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-3)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-4)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-5)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5A-6)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5B-1)	水平	
	鉛直	
サブレーションプール水温度 (TE222-5B-2)	水平	
	鉛直	

表 6-1 機能確認済加速度 (2/2)

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

機器名称	方向	機能確認済加速度	
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-3)	水平		
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-4)	水平		
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-5)	水平		
	鉛直		
サプレッションプール水温度 (TE222-5B-6)	水平		
	鉛直		

## 7. 評価結果

### 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

サブプレッションプール水温度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。  
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，電氣的機能を維持できることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-1)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

29

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-1)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

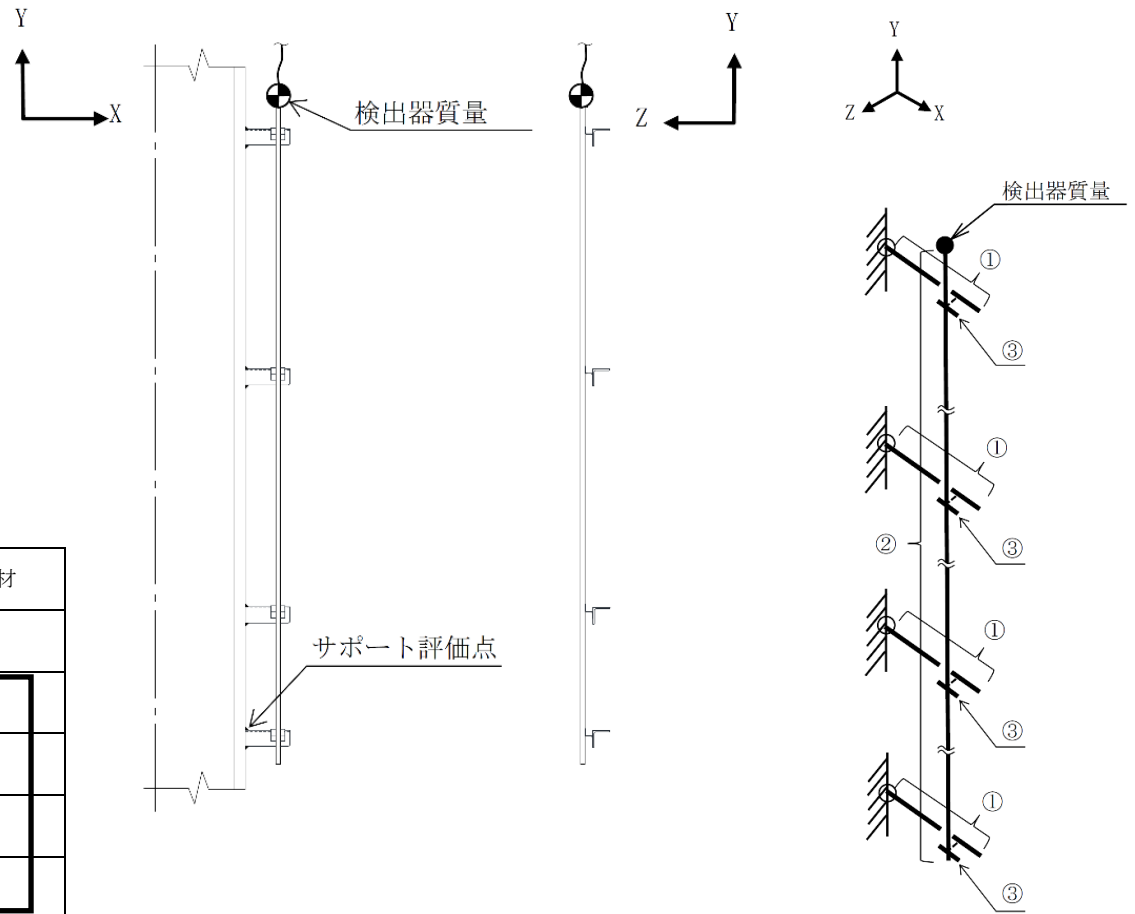
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-1)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-2)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3* <sup>1</sup> )		0.05 以下	C <sub>H</sub> =3.18* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.35* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =6.15* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =4.58* <sup>3</sup>	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

32

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-2)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

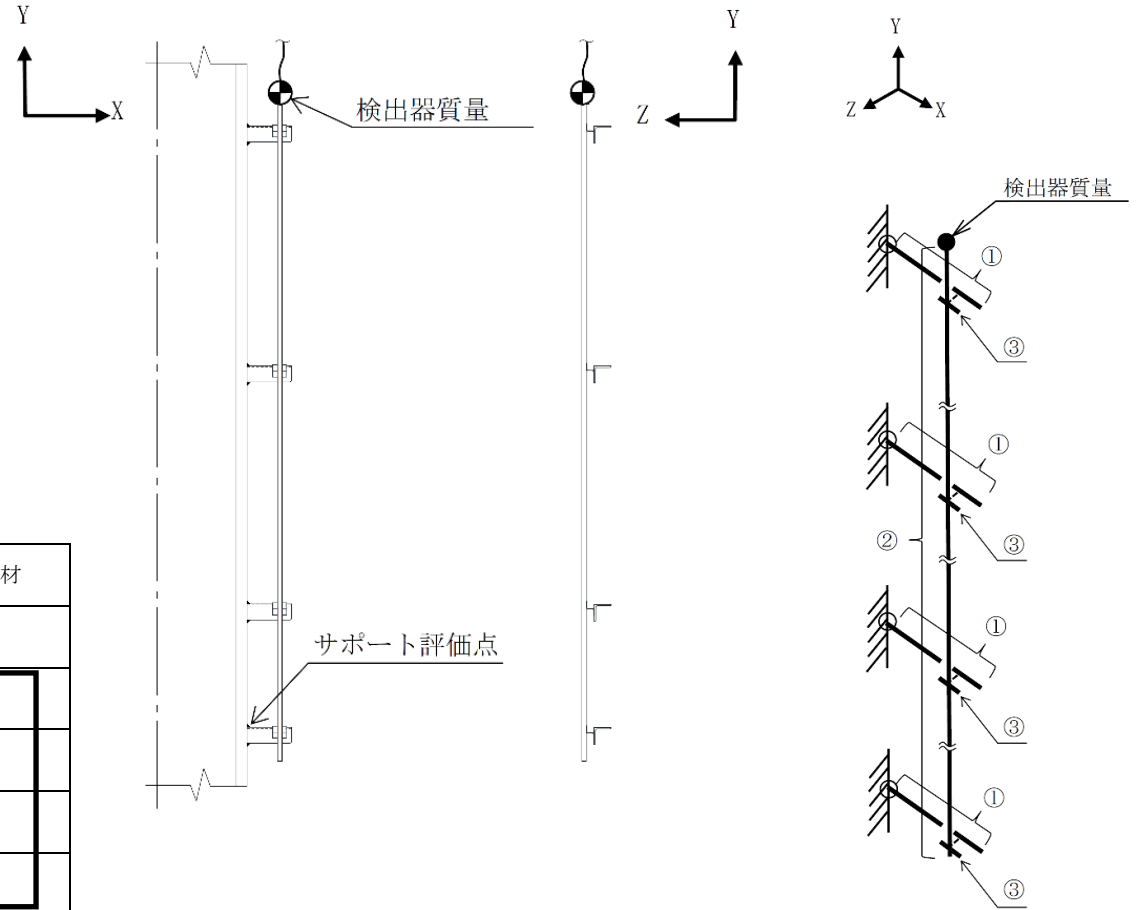
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-2)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-3)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

35

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-3)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

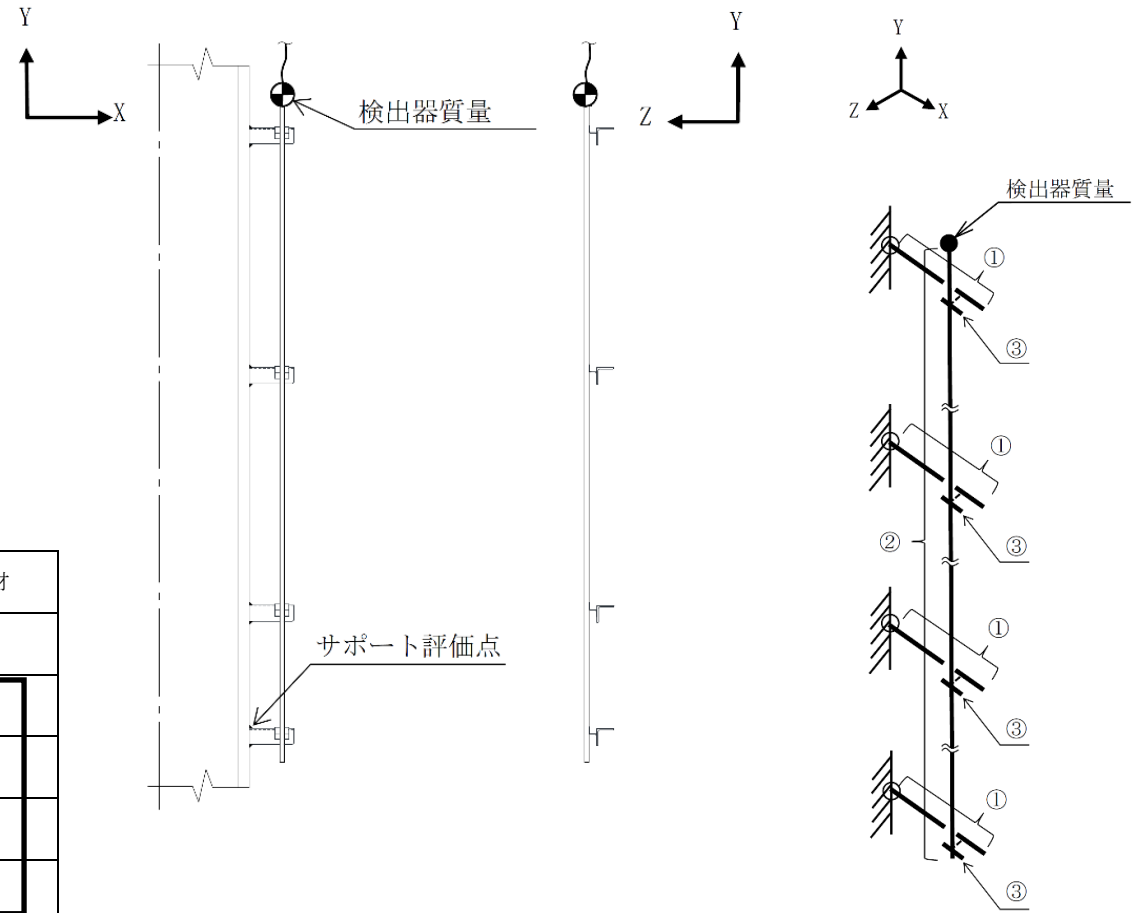
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-3)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-4)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205



1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

38

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-4)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

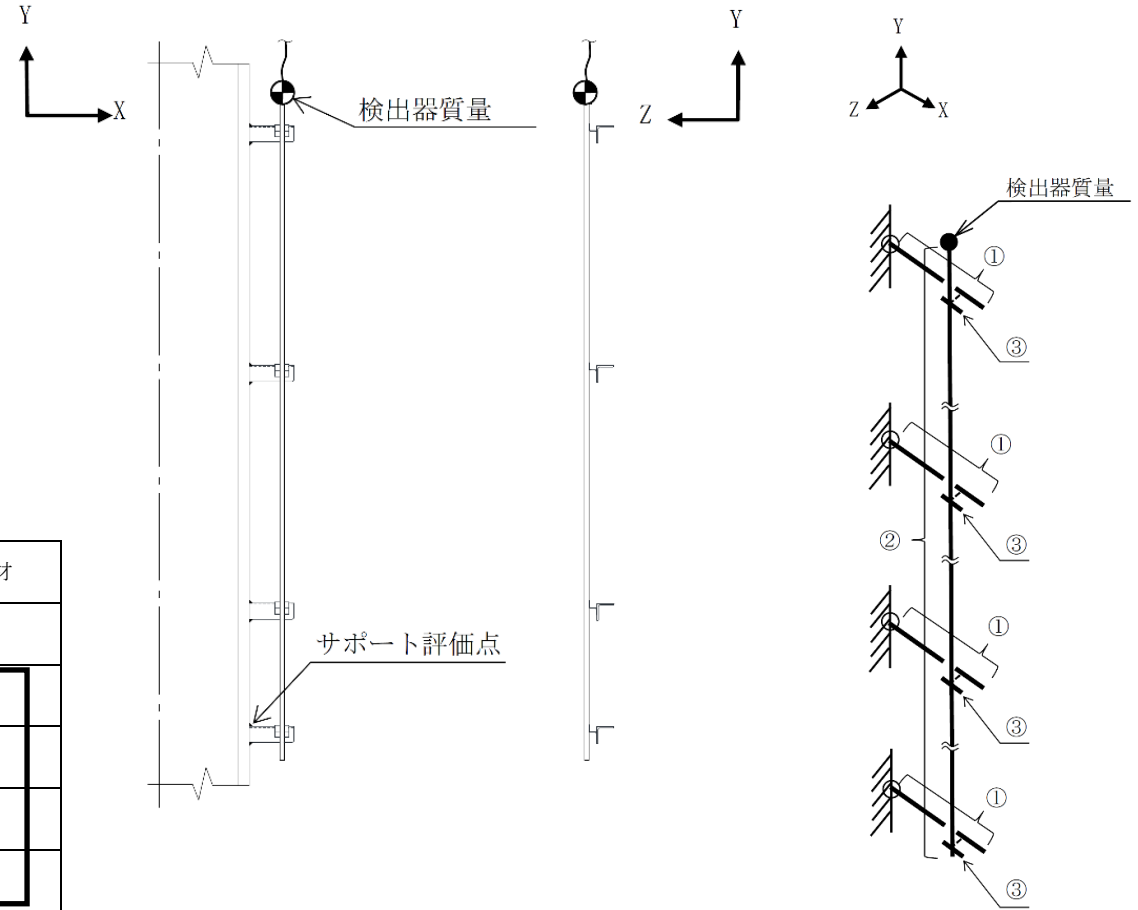
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-4)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-5)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-5)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

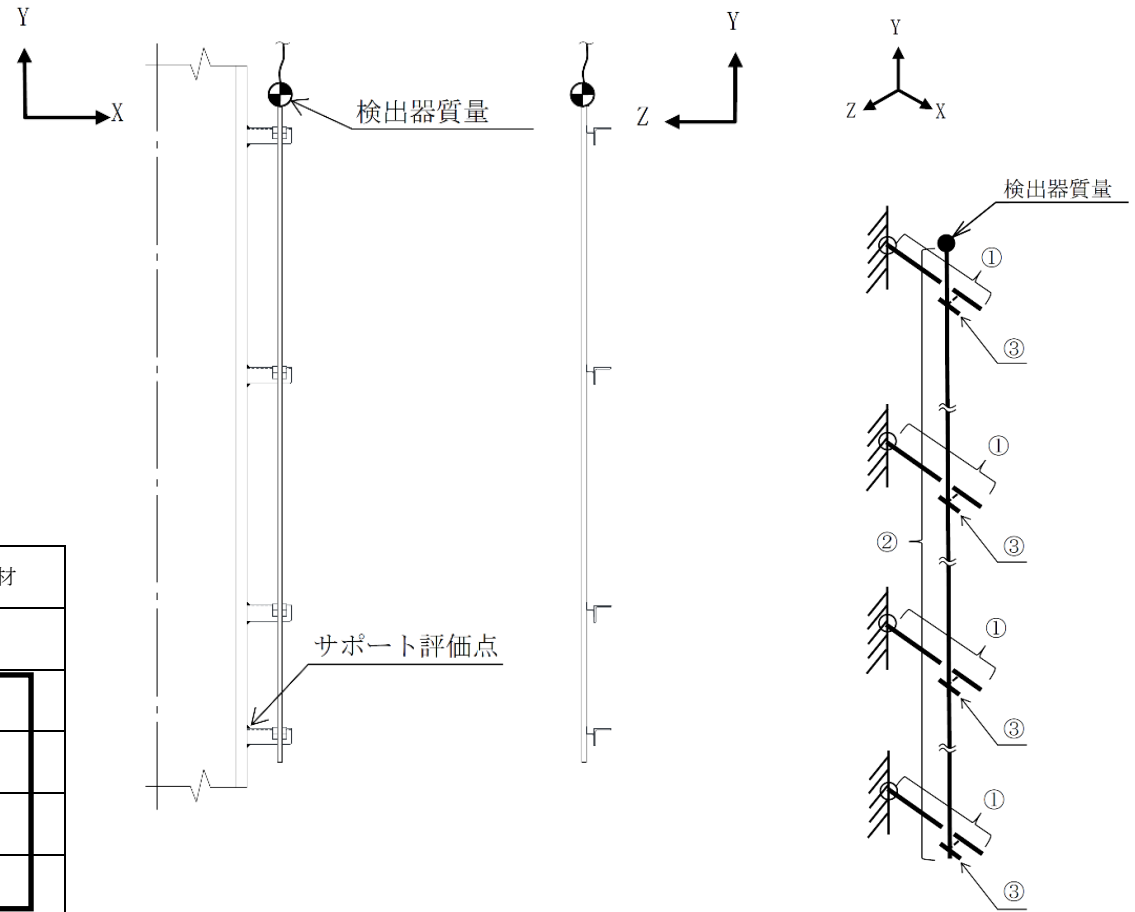
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-5)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5A-6)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

S2 補 VI-2-6-5-24 R1

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5A-6)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

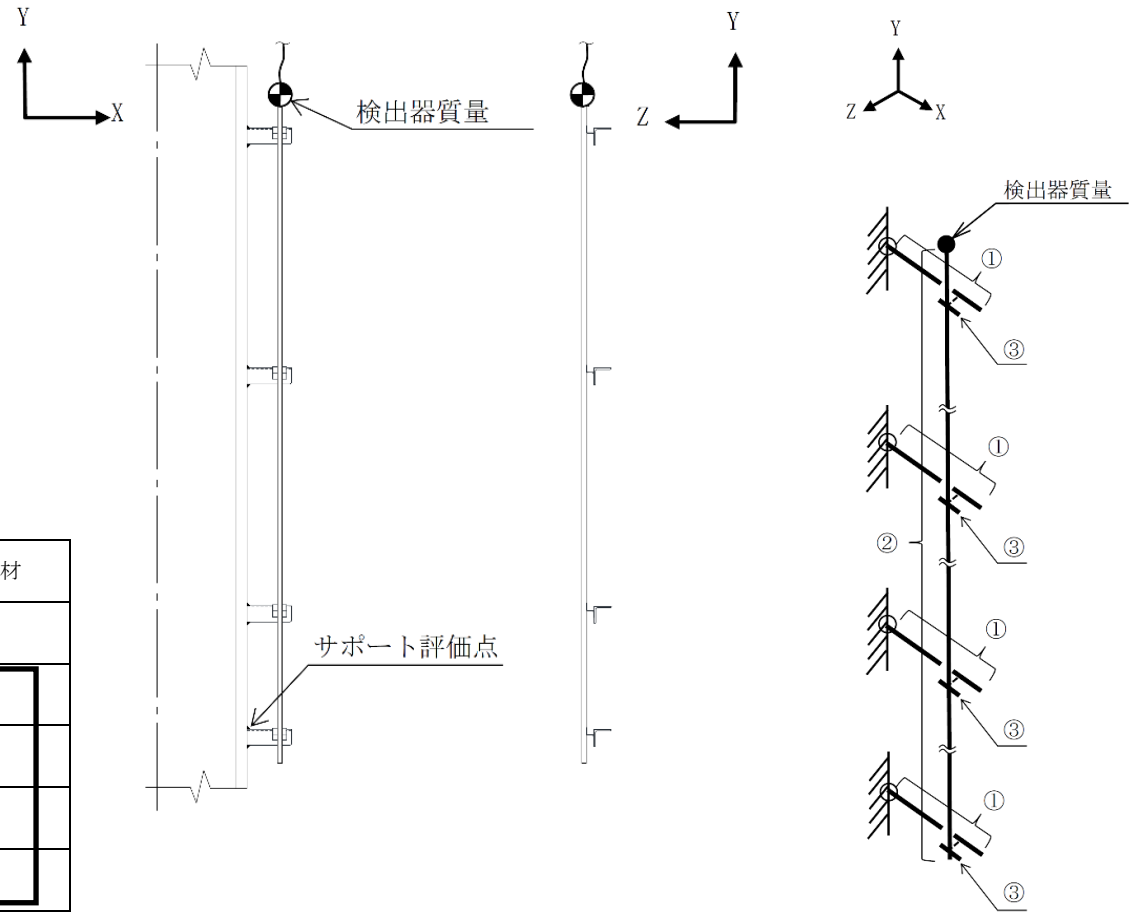
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5A-6)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)



【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-1)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

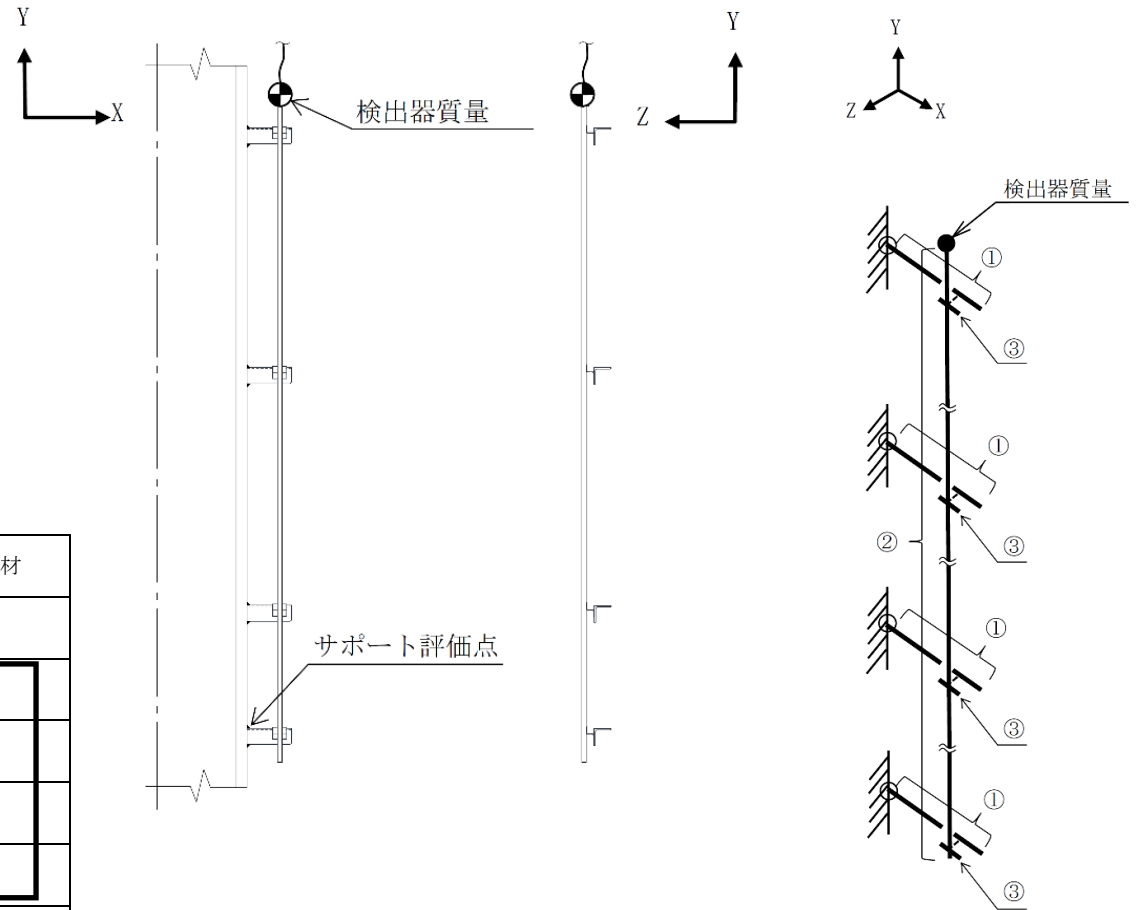
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-1)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-1)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-2)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

50

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

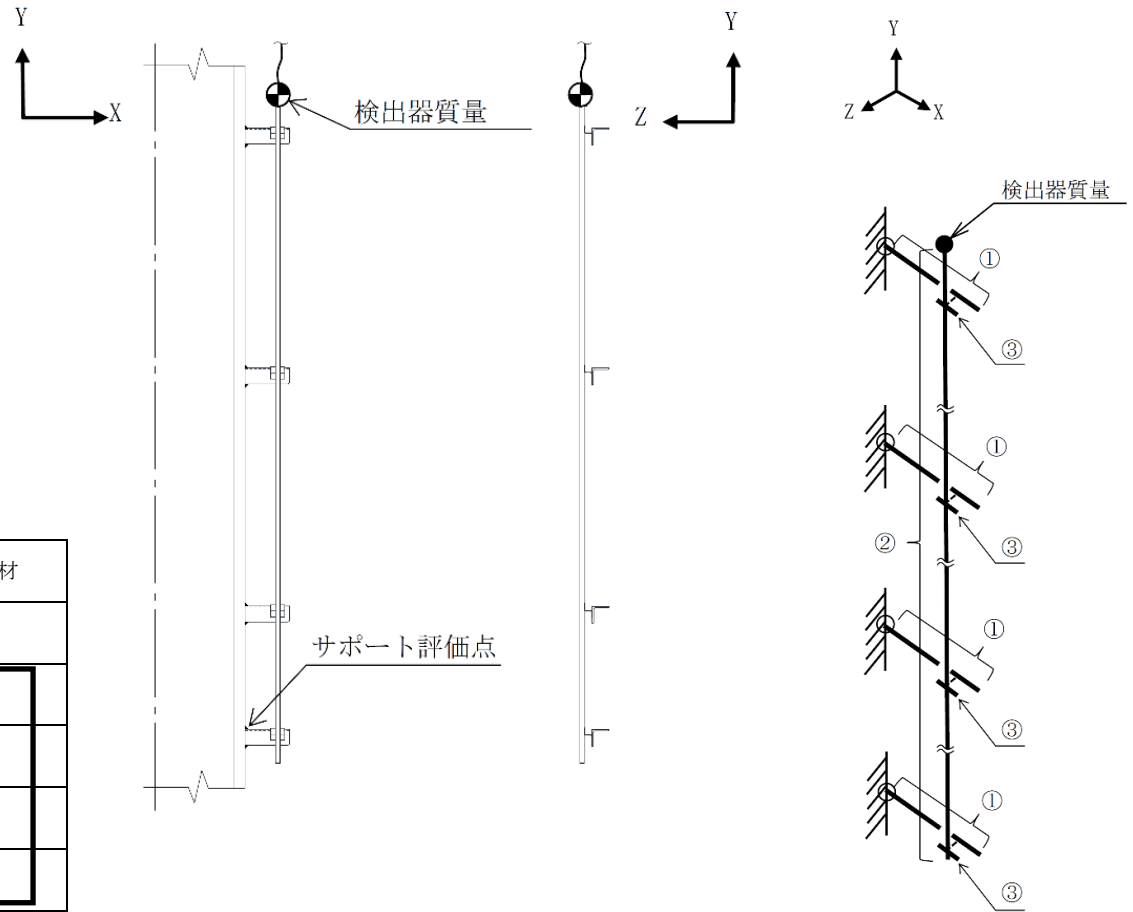
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-2)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度  
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-2)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-3)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

53

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-3)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

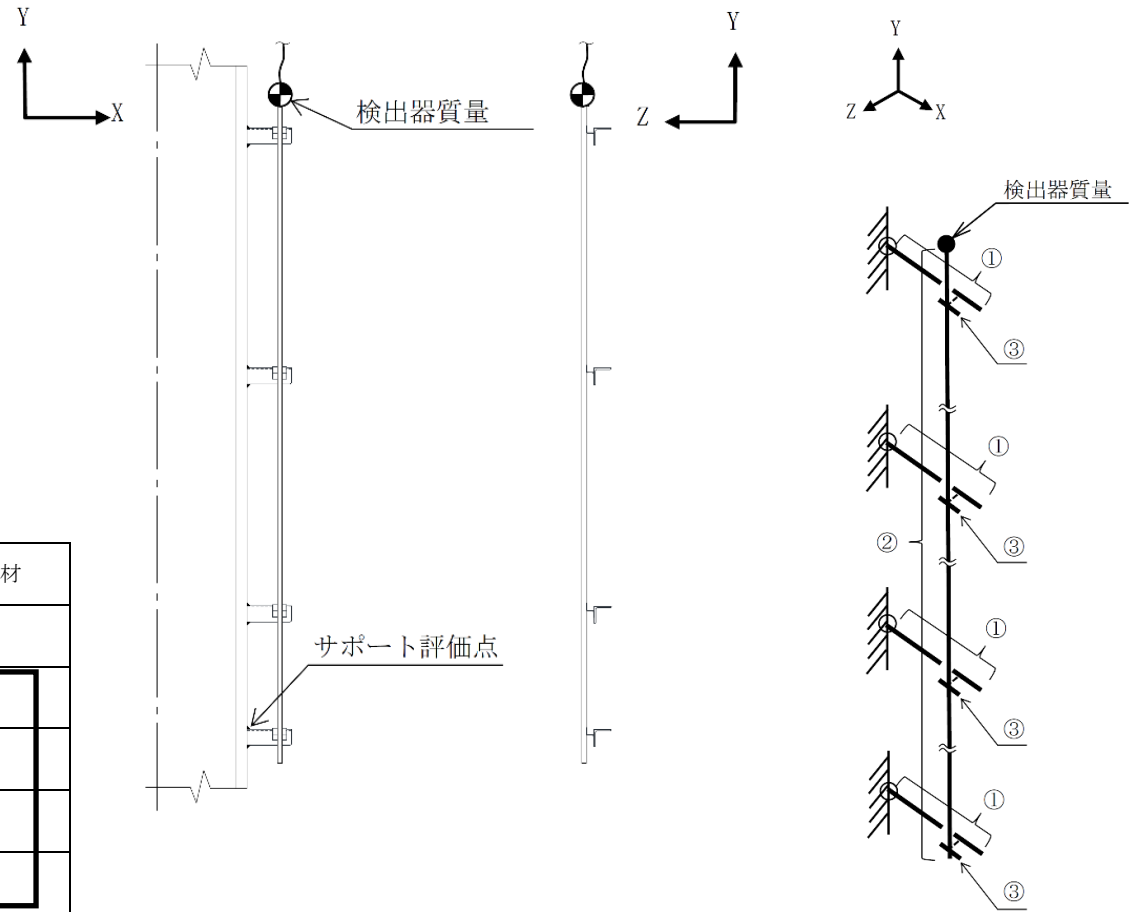
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-3)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-4)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

56

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-4)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

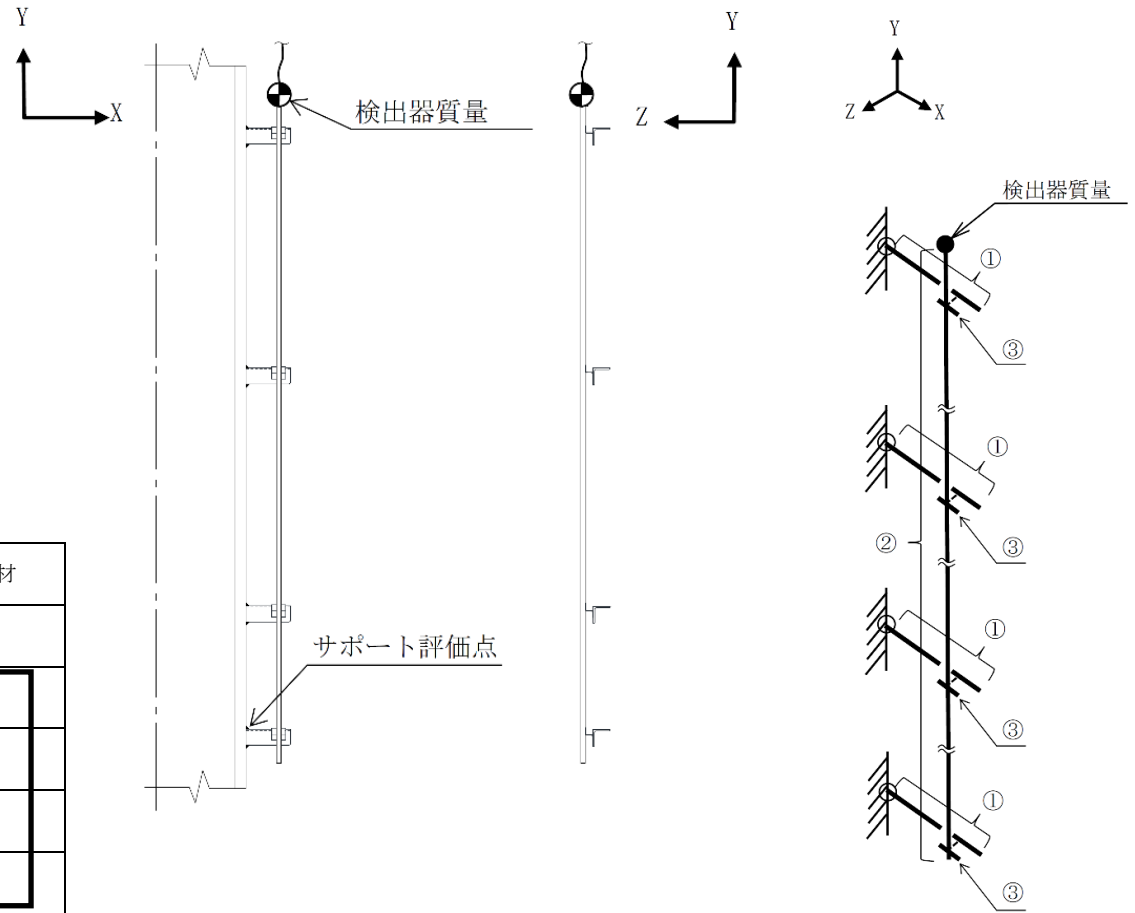
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-4)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-5)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

59

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-5)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

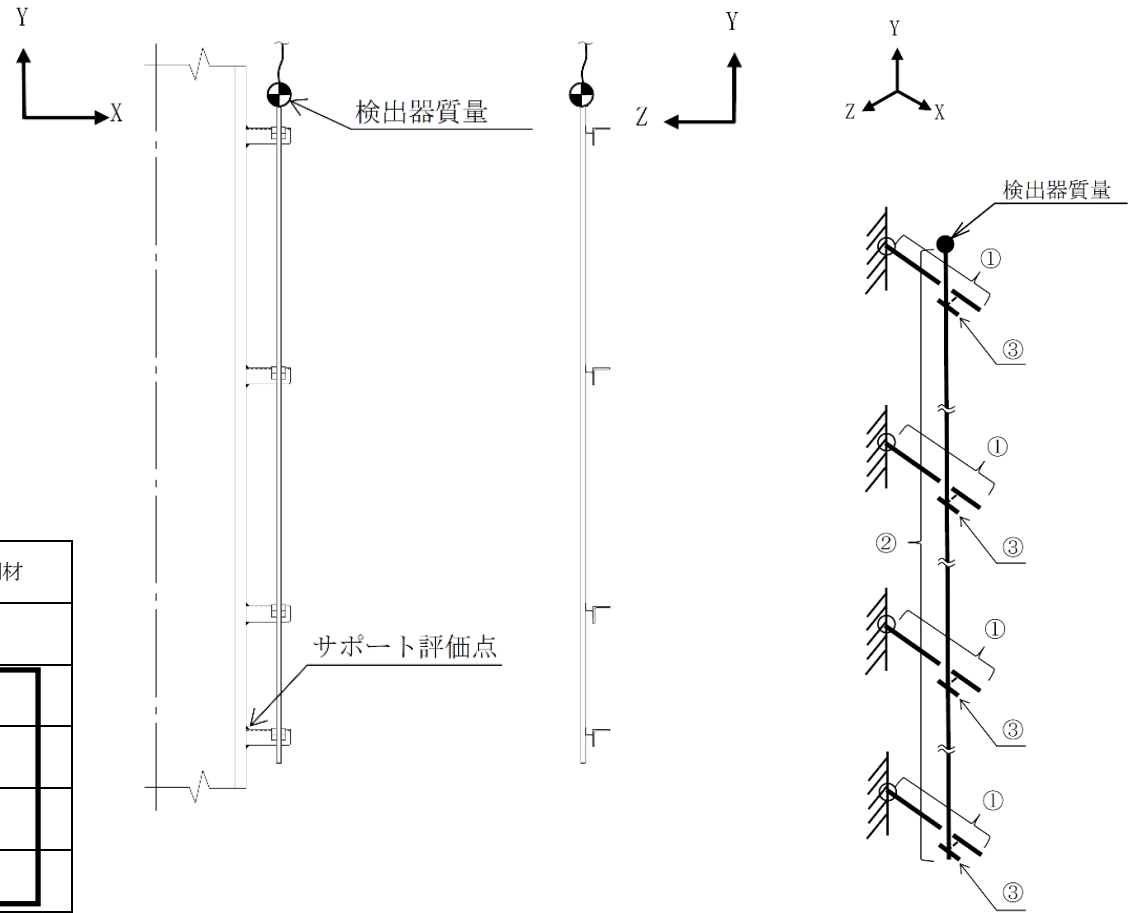
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-5)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)

【サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションプール水温度 (TE222-5B-6)	S	サブプレッションチェンバ (補強リング及びサポート) EL 4.81 (EL 11.4~1.3*1)		0.05 以下	$C_H=3.18^{*2}$	$C_V=2.35^{*2}$	$C_H=6.15^{*3}$	$C_V=4.58^{*3}$	50

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 設計用震度 (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

\*3: 設計用震度 (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wy</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wz</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部														198	504	205	205	205



1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部						

62

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SUS304	せん断	$\sigma_w=5$	$f_{sm}=118$	$\sigma_w=8$	$f_{sm}=118$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションプール 水温度 (TE222-5B-6)	水平方向	4.34	
	鉛直方向	3.69	

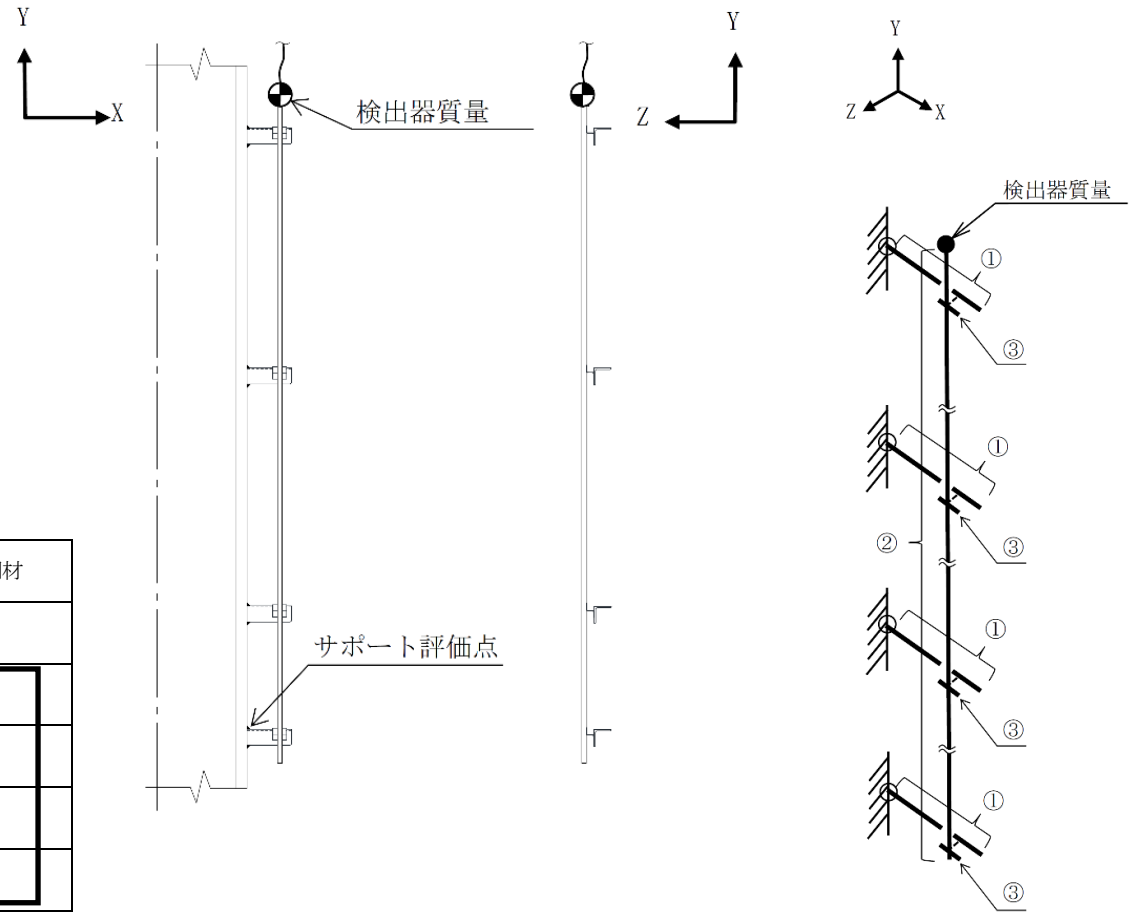
注記\*：設計用震度（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目	記号	単位	入力値 (TE222-5B-6)
材質	—	—	SUS304
質量	m	kg	<input type="text"/>
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	50
縦弾性係数	E	MPa	193000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>



(2) 部材の機器要目

材料	サポート鋼材	保護管	サポート鋼材
対象部材	①	②	③
A (mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z <sub>p'</sub> (mm <sup>3</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
断面形状 (mm)	 (a × b × c)	 (a × b)	 (a × b × c × d)